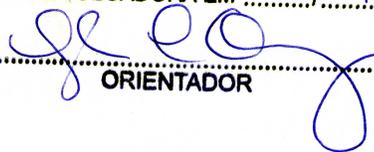


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Herculano Xavier
da Silva Junior E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 20 / 07 / 2009


.....
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Metodologia de Rotulagem Ambiental no Brasil:
Identificação, Classificação e Seleção, por
Critérios Ambientais e Socioeconômicos dos
Refrigeradores Residenciais**

Autor: **Herculano Xavier da Silva Junior**

Orientador: **Guilherme de Castilho Queiroz**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**Metodologia de Rotulagem Ambiental no Brasil:
Identificação, Classificação e Seleção, por
Critérios Ambientais e Socioeconômicos dos
Refrigeradores Residenciais**

Autor: **Herculano Xavier da Silva Junior**

Orientador: **Guilherme de Castilho Queiroz**

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos.

Tese de Doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2009
São Paulo - Brasil

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

Si38m Silva Junior, Herculano Xavier da
Metodologia de Rotulagem Ambiental no Brasil: Identificação,
Classificação e Seleção, por Critérios Ambientais e Socioeconômicos
dos Refrigeradores Residenciais / Silva Junior, Herculano Xavier da.
--Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Guilherme de Castilho Queiroz
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Eco-rotulagem. 2. Desenvolvimento energético. 3.
Eletrodoméstico – Conservação de energia. 4. Política ambiental. I.
Queiroz, Guilherme de Castilho. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Ecolabelling programme methodology in Brazil: identification,
ranking and selection by environmental and socioeconomic criteria
for residential refrigerators

Palavras-chave em Inglês: Ecolabelling programme, Energy development, Energy
conservations electric household appliances,
Environmental and socioeconomic criteria

Área de concentração:

Titulação: Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Sergio Valdir Bajay, Edson Adriano Vendrusculo, Nathan
Mendes, Leda Coltro

Data da defesa: 20/07/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

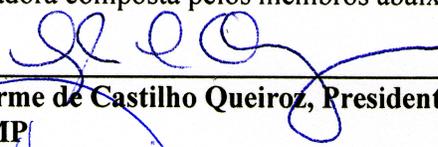
TESE DE DOUTORADO

**Metodologia de Rotulagem Ambiental no Brasil:
Identificação, Classificação e Seleção, por
Critérios Ambientais e Socioeconômicos dos
Refrigeradores Residenciais**

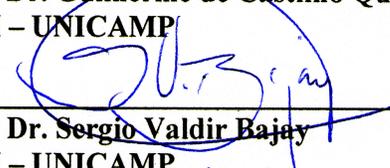
Autor: **Herculano Xavier da Silva Junior**

Orientador: **Guilherme de Castilho Queiroz**

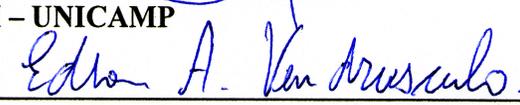
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese de Doutorado:



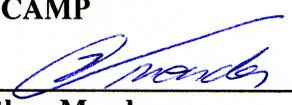
Prof. Dr. Guilherme de Castilho Queiroz, Presidente
FEM – UNICAMP



Prof. Dr. Sergio Valdir Bajay
FEM – UNICAMP



Prof. Dr. Edson Adriano Vendrusculo
FEEC – UNICAMP



Prof. Dr. Nathan Mendes
CCET – PUCPR



Dra. Leda Coltro
CETEA ITAL

Campinas, 20 de Julho de 2009

Dedicatória

A meus pais, Herculano e Rita Maria, irmãos, Priscila, Patrícia e Virgínia, e sobrinhos, Pedro, Bianca e Laura, pela luta e dedicação incansáveis, compartilho toda a felicidade que certamente estão sentindo neste momento.

Agradecimentos

Ao amigo e orientador Dr. Guilherme de Castilho Queiroz pela rica orientação atenta, paciente e crítica quando necessária na elaboração da Tese.

Aos componentes da banca de qualificação e defesa, Prof. Dr. Sérgio Bajay, Dr. Edson Vendrusculo, Prof. Dr. Nathan Mendes e Dra. Leda Coltro pelas críticas e sugestões que possibilitaram tornar este trabalho melhor.

Ao programa de bolsas de estudo CAPES, cujo financiamento possibilitou a realização, com maior tranquilidade, deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luis Maria Serra Renobales, diretor do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Zaragoza, pelo convite, recepção e dedicada orientação nos meus estudos de Tese na Espanha. Para que esta fantástica experiência ocorresse devo agradecer ao banco Santander por custear todas as despesas e ao prof. Dr. Gilberto De Martinho Jannuzzi pela indicação, ajudando na aprovação da bolsa de estudos para minha estadia na Espanha.

À Equipe da BSH Continental, Daniel André Malandrin, Leonardo Rocha Fontes, Márcia Mantovani, Taciana Tortorella e Ivana Ribeiro pela recepção e apresentação da unidade fabril de refrigeradores em Hortolândia – SP e pelos dados técnicos fornecidos que possibilitaram tornar a metodologia desta Tese melhor.

Aos meus tios Joaquim e Elaine, que me acolheram em muitos momentos difíceis nestes anos de convivência.

Aos amigos Rodolfo, Paccola, Gabriel, Fabiana, Fernanda, Nelson, Mauro, Ivo e Andréia, que tive o privilégio de conviver e pela ajuda nos momentos de muita ansiedade e dificuldades na elaboração deste trabalho.

E, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram de alguma maneira para execução desta dissertação.

Resumo

SILVA Jr., Herculano Xavier da, Metodologia de Rotulagem Ambiental no Brasil: Identificação, Classificação e Seleção, por Critérios Ambientais e Socioeconômicos dos Refrigeradores Residenciais, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 227p. Tese (Doutorado)

O objetivo desta Tese é criar uma metodologia de identificação, classificação e seleção dos refrigeradores de 1 porta de acordo com critérios ambientais e socioeconômicos a serem propostos e estabelecidos num Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro, para avaliar o atual patamar evolutivo do Setor, as possibilidades de melhoria da qualidade ambiental e os ganhos, tanto ambientais quanto socioeconômicos e energéticos, com a substituição do parque de refrigeradores residenciais. A metodologia foi dividida em duas partes principais: a 1ª Parte é responsável pela metodologia de identificação, classificação e seleção dos refrigeradores para concessão do Rótulo Ambiental Brasileiro. Tal metodologia foi desenvolvida seguindo os conceitos de Ciclo de Vida do Produto, análise de risco e princípio de Pareto. A 2ª Parte - “Ganhos Globais”, é focada no desenvolvimento da metodologia de análise técnico-econômica que fornece os resultados das possíveis economias alcançadas com a simulação da substituição do parque de refrigeradores antigos do País. Os resultados alcançados com a simulação da metodologia desenvolvida apresentam importantes dados para subsidiar o desenvolvimento de um Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro para refrigeradores residenciais. Uma conclusão importante é a necessidade de se olhar com mais cuidado para os gases contidos nos refrigeradores antigos e/ou usados nos novos cujo potencial de aquecimento global apresenta-se consideravelmente alto. Diante disto, este estudo de Tese pode ser utilizado como auxílio aos planejadores e/ou tomadores de decisão no tocante à realização de planejamentos estratégicos tanto para o governo (no auxílio à formação de políticas públicas), quanto para o setor industrial, para auxiliar em linhas de pesquisas de desenvolvimento de produtos (refrigeradores) com menor impacto ambiental, em benefício da sociedade.

Palavras-Chave

Programa de Rotulagem Ambiental, Rótulo Ambiental, Critérios Ambientais, Critérios Socioeconômicos, Eficiência Energética, Ganhos Globais, Ciclo de Vida do Produto, Redução de Emissão de CO₂.

Abstract

SILVA Jr., Herculano Xavier da, Ecolabelling Programme Methodology in Brazil: Identification, Ranking and Selection by Environmental and Socioeconomic Criteria for Household Refrigerators, Campinas: Faculty of Mechanical Engineering, University of Campinas, 2009. 227p. (Doctorate)

The objective of this thesis is to create a methodology to identify, rank and select one-door refrigerators in accordance to environmental and socioeconomic criteria set by a Brazilian Ecolabelling Programme, to identify the current status of the Sector, the possibilities of improvements in environmental quality and the gains, either environmental, economic or in terms of energy savings, by replacing the household refrigerators stock. The methodology was divided in two main parts: the first part presents the methodology for the identification, ranking and selection of the refrigerators to concede the Brazilian Ecolabel. This methodology was developed based on the concepts of Product Life Cycle, risk analysis and Pareto principle; the second part (“Global Gains”) is focused on the development of the technical-economic analysis methodology that will provide the results of the potential savings with the simulation of the replacing of the country’ stock of old refrigerators. The results achieved by the simulation of the methodology developed in this study provide important data to subsidize the development of the Brazilian Ecolabelling Programme for household refrigerators. An important conclusion is the need to take a closer look at the gases contained in old refrigerators and/or in new refrigerators, which present considerably high Global Warming Potential. Thus, this Thesis can contribute to assist planners and decision makers in developing strategic plans either by the government (development of public policies) or by the industrial sector to assist the definition of the Products Research and Development activities (refrigerators) with smaller environmental impact, to benefit society.

Key Words

Ecolabelling Programme, Ecolabel, Environmental Criteria, Socioeconomic Criteria, Energy Efficiency, Global Gains, Product Life Cycle, CO₂ Emission Reduction.

Índice

Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Nomenclatura	xvii
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 Rotulagem Ambiental.....	1
1.2 Objetivo da Tese.....	10
1.3 Estrutura do Trabalho.....	10
Capítulo 2	12
Os Programas de Rotulagem Ambiental	12
2.1 Programas de Rotulagem Ambiental.....	12
2.2 Rótulos de Qualidade Ambiental.....	13
2.3 Programas de Rotulagem Ambiental como Instrumentos de Política Pública.....	15
2.3.1 Oportunidades Mercadológicas com o Uso do Rótulo Ambiental.....	16
2.4 Exemplos de Aplicação de Programas de Rotulagem Ambiental.....	18
2.4.1 Rótulo Ambiental - <i>Blue Angel</i>	19
2.4.2 Rótulo Ambiental - <i>Green Seal</i>	21
2.4.3 Rótulo Ambiental - <i>European Ecolabel</i>	24
2.4.4 Rótulo Ambiental - Qualidade Ambiental - ABNT.....	31
2.5 Normas Internacionais de Rotulagem Ambiental.....	38
Capítulo 3	42
Descrição da Metodologia Proposta: Parte 1 – Concessão do Rótulo Ambiental Brasileiro e Parte 2 – Ganhos Globais	42

3.1	Representação Geral da Metodologia de Rotulagem Ambiental Proposta	42
3.2	Critérios Ambientais	44
3.3	Descrição da Metodologia para Rotulagem Ambiental dos Refrigeradores	48
3.4	1ª Parte da Metodologia Proposta - Dados Necessários dos Refrigeradores Analisados...48	
3.4.1	Critério 1º - Selo Comparativo de Eficiência Energética (SEE) e Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR).....	50
3.4.2	Critério 2º - Tipo de Gases Refrigerantes (TGR).....	52
3.4.3	Critério 3º - Tipo de Gases Agentes de Expansão de Espumas (TGAE).....	53
3.4.4	Critério 4º - Custo do Ciclo de Vida (CCV)	53
3.4.5	Valoração do Risco para o Rótulo Ambiental.....	55
3.5	2ª Parte da Metodologia Proposta: Ganhos Globais - Análise das Possíveis Economias Atingidas com a Substituição do Parque de Refrigeradores Antigos Existente Hoje no Brasil por Modelos de Refrigeradores com Características para Aprovação do Rótulo Ambiental.....	62
3.5.1	Formulação do Cálculo do Número de Refrigeradores Substituídos por Ano e Seus Respectivos Consumos.....	63
3.5.2	Formulação do Cálculo da Emissão de CO ₂ no Ambiente Oriundo do Tipo de Geração de Energia Elétrica.....	68
3.5.3	Formulação do Cálculo da Emissão de CO ₂ no Ambiente Devido ao Uso e/ou Descarte Incorreto dos Gases Refrigerantes e Agentes de Expansão de Espumas	70
	Capítulo 4	74
	Simulação de Implantação da Metodologia Proposta: Parte 1 – Concessão do Rótulo Ambiental e Parte 2 – Ganhos Globais.....	74
4.1	Parte 1 – Concessão do Rótulo Ambiental: Identificação, Classificação e Seleção dos Refrigeradores Ambientalmente Preferíveis	75
4.1.1	Dados de Entrada para Concessão do Rótulo Ambiental.....	75
4.1.2	Definição dos Níveis de Exigência dos Critérios para a Concessão do Rótulo Ambiental.....	79
4.2	Simulação e Análise dos Resultados Alcançados com a Implantação do Rótulo Ambiental.....	80
4.2.1	Análise dos Resultados da Metodologia de Concessão do Rótulo Ambiental.....	81

4.3	Parte 2 da Metodologia Desenvolvida – Ganhos Globais: Cálculo das Possíveis Economias Alcançadas com a Simulação da Substituição do Parque de Refrigeradores Antigos no País.....	88
4.3.1	Dados de Entrada Coletados para a Simulação das Possíveis Economias Alcançadas	90
4.3.2	Simulação dos Dados Coletados e Análise dos Resultados com a Aplicação da 2ª Parte da Metodologia Desenvolvida: Ganhos Globais.....	97
	Simulação e Análise da Evolução Entre os Refrigeradores Antigos e Novos	98
	Simulação e Análise das Possíveis Economias Alcançadas.....	99
	Simulação e Análise das Reduções Alcançadas de Emissão de CO2	105
	Simulação e Análise dos Possíveis Ganhos com o Mercado de Carbono no MDL.....	109
	Capítulo 5.....	113
	Conclusões e Sugestões.....	113
	Referências Bibliográficas	119
	Anexo A	137
	Programas de Padrões e de Selos de Eficiência Energética	137
	O Padrão de Eficiência Energética.....	137
	O Selo de Eficiência Energética.....	138
	Anexo B	143
	Rotulagem Ambiental	143
	Normas Internacionais Série ISO 14020: Declarações e Rótulos Ambientais.....	147
	Classificação dos Rótulos de Qualidade Ambiental	150
	Rótulo Tipo I – Rótulos Ambientais (ABNT ISO 14024)	151
	Processo de Concessão do Rótulo Tipo I – Rótulos Ambientais	152
	Tipos de Critérios para Concessão de Rótulos Ambientais	154
	Estabelecimento de um Critério Ambiental	155
	Implementação de Modificações nos Critérios Ambientais do Produto.....	157
	Certificação e Licenciamento.....	158
	Rótulo Ambiental Tipo II – Auto Declaração Ambiental (ABNT ISO 14021).....	159
	Rótulo Ambiental Tipo III – Declarações Ambientais (ISO/TR 14025)	161
	Anexo C	163
	Análise de Risco.....	163

Conceituação de Análise de Risco	163
“Risco”	164
Metodologia de Análise de Risco Proposta para a Rotulagem Ambiental	168
Montagem do Sistema de Valoração do Risco.....	170
Montagem da Planilha de Cálculo para o Rótulo Ambiental Brasileiro de Refrigeradores de 1 porta.....	171
Descrição da Montagem da Planilha de Análise de Cálculo para a Metodologia de Rotulagem Ambiental	172
Parte 1ª – Concessão do Rótulo Ambiental.....	173
Planilha de Entrada de Dados.....	173
Planilha de Memória de Cálculo 1	176
Critério 1ºb - Índice de Capacidade de Refrigeração - ICR.....	178
Critério 4º Custo do Ciclo de Vida (CCV) do Refrigerador	179
Planilha de Memória de Cálculo 2	179
Planilhas de Resultados da Análise de Risco.....	180
Planilha “Resultados Individuais Detalhados (Relatório de Ocorrências)”	180
Planilha “Estatística Detalhada em Gráficos”	183
Planilha “Resultados Consolidados em Gráficos”	184
Parte 2 - Detalhamento da Planilha de Economias Atingidas com a Substituição de Refrigeradores Antigos	189
Planilha de Entrada de Dados.....	190
Planilhas “Memória de Cálculo 3, 4, 5, 6 e 7”	191
Planilha “Resultados Consolidados”	192
1ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Tempo de Substituição dos Refrigeradores Antigos por Novos.....	193
2ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Possíveis Economias Alcançadas.....	195
3ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Potencial de Redução de Emissão de CO ₂	195
4ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Potencial de Ganhos com MDL	196
Anexo D	197
Princípio 80/20 de Pareto	197

Anexo E199
Gráficos Simulados e Não Apresentados no Corpo da Tese..... 199
Gráficos Simulados no Caso Referência (Taxas Crescimento 3,4% e 1,8% e Substituição
1%)..... 199

Índice Figuras

Figura 1.1 – Diagrama Esquemático para o Estabelecimento dos Critérios	7
Figura 1.2 – Setor Residencial Brasileiro: Distribuição Percentual, por Usos Finais, do Consumo de Eletricidade.....	9
Figura 2.1 – Diagrama Esquemático do Ciclo de Vida (ACV): Refrigerador	15
Figura 2.2 – Rótulo Ambiental - <i>Blue Angel</i>	19
Figura 2.3 – Rótulo Ambiental <i>Green Seal</i>	22
Figura 2.4 – Rótulos Ambientais <i>Green Seal Laureate</i>	23
Figura 2.5 – Rótulo Ambiental <i>European Ecolabel</i>	25
Figura 2.6 – Ilustração dos Produtos com Rótulo <i>Ecolabel</i> na Residência dos Consumidores Europeus.....	27
Figura 2.7 – Ilustração das Categorias A, A+ e A++ no Selo de Eficiência Energética para Refrigeradores e <i>Freezers</i> da União Europeia	29
Figura 2.8 – Diagrama Esquemático para a Obtenção e Manutenção da Certificação	34
Figura 2.9 – Rótulo Qualidade Ambiental - ABNT	35
Figura 2.10 – Rótulo Qualidade Ambiental - ABNT/CERFLOR.....	35
Figura 2.11 – Rótulo Qualidade Ambiental (CERFLOR) para Florestas Plantadas e Renováveis.	36
Figura 3.1 – Fluxograma Esquemático da Metodologia de Rotulagem Ambiental Proposta por Este Estudo de Tese.....	43
Figura 4.1 – Simulação do Desempenho por Quantidades de Modelos Amostrados Avaliados. ...	81
Figura 4.2 – Simulação do Desempenho por Percentuais de Modelos Amostrados Avaliados.....	82
Figura 4.3 – Dados dos Gases Refrigerantes e dos Gases de Expansão de Espumas	90
Figura 4.4 – Fatia de Mercado das Marcas de Refrigeradores.....	93
Figura 4.5 – Dados: Tarifa de Energia Elétrica, Câmbio, Consumo Per Capita, Valor da tCO ₂ e Emissão Média de CO ₂ do SIN	94
Figura 4.6 – Dados: N° de Residências no País, Taxa de Crescimento Residencial, Penetração dos Refrigeradores nas Residências, Taxa de Crescimento da Penetração, Taxa de Substituição de Refrigeradores Antigos e Horas de Funcionamento do Refrigerador	95
Figura 4.7 – Variação do Consumo dos Refrigeradores Novos ao Longo dos Anos por Tipo de Combinação.....	101
Figura 4.8 – Economia Anual de Energia Elétrica com a Substituição dos Refrigeradores	103
Figura 4.9 – Economia de Energia Acumulada ao Longo dos Anos com a Substituição dos Refrigeradores	104
Figura 4.10 – Economia na Fatura de Energia Elétrica Acumulada ao Longo dos Anos.....	105
Figura 4.11 – Emissão de CO ₂ Evitada com a Economia de Energia para o SIN.....	106
Figura 4.12 – Emissão de CO ₂ Evitada com a Mudança de Gás Refrigerante e de Expansão de Espumas	107

Figura 4.13 – Possíveis Ganhos com MDL Oriundo da Economia de Energia	109
Figura 4.14 – Possíveis Ganhos com MDL Oriundo dos Gases Refrigerantes e de Expansão de Espumas	111
Figura Anexo A1 – Selos Comparativo e de Aprovação (exemplos brasileiro)	139
Figura Anexo A2 – Exemplo dos Selos mais Conhecidos	141
Figura Anexo B1 – Ciclo de <i>Möbius</i>	160
Figura Anexo B2 – Ilustração de Um Inventário do Ciclo de Vida	161
Figura Anexo C1 – Diagrama Esquemático da Análise de Risco para o Rótulo Ambiental	169
Figura Anexo C2 – Diagrama Esquemático para Montagem da Planilha de Cálculo	172
Figura Anexo C3 – Janela Principal da Planilha	173
Figura Anexo C4 – Planilha de Entrada de Dados: Variáveis Utilizadas	174
Figura Anexo C5 – Ilustração da Forma de Entrada de Dados: Selo Comparativo de Eficiência Energética	176
Figura Anexo C6 – Ilustração da Planilha “Memória de Cálculo 1”	177
Figura Anexo C7 – Ilustração dos Critérios na Planilha “Memória de Cálculo 1”	177
Figura Anexo C8 – Ilustração do Critério 1 ^o b - Índice de Capacidade de Refrigeração	178
Figura Anexo C9 – Ilustração da Planilha Memória de Cálculo 2	180
Figura Anexo C10 – Ilustração da Planilha de Resultados Individuais	181
Figura Anexo C11 – Ilustração da Seleção do Critério a Ser Analisado	182
Figura Anexo C12 – Planilha de Resultados Detalhados em Gráficos	183
Figura Anexo C13 – Situação dos Refrigeradores no Selo de Eficiência Energética	183
Figura Anexo C14 – Planilha de Dados Consolidados em Gráficos	184
Figura Anexo C15 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critério SEE	186
Figura Anexo C16 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critério SEE/ICR	187
Figura Anexo C17 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critérios SEE/ICR e TGAE	188
Figura Anexo C18 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critérios SEE/ICR, TGAE e TGR	188
Figura Anexo C19 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critérios SEE/ICR, TGAE, TGR e CCV	189
Figura Anexo C20 – Planilha de Entrada de Dados para Cálculo das Economias	191
Figura Anexo C21 – Planilha de Resultados Consolidados: Cálculo das Economias (visão geral)	192
Figura Anexo C22 – Planilha de Resultados Consolidados: Gráficos do Número de Refrigeradores Novos e Usados (todas as vidas úteis)	193
Figura Anexo C23 – Gráfico do Número de Refrigeradores (escolha da vida útil, 16 anos)	194
Figura Anexo E1 – Gráfico do Consumo dos Refrigeradores Novos e Antigos (vida útil, 16 anos)	199
Figura Anexo E2 – Gráfico da Potência Média Reduzida por Ano (vida útil, 16 anos)	200
Figura Anexo E3 – Gráfico da Potência Média Reduzida Acumulada por Ano (vida útil, 16 anos)	200
Figura Anexo E4 – Gráfico do Potencial de Redução de Emissão de CO ₂ no SIN (vida útil, 16 anos)	201

Figura Anexo E5 – Potencial de Redução de Emissão de CO₂ no SIN + G.R. e Ag. Exp. Esp.
(V.U. 16 anos).....201
Figura Anexo E6 – Potencial de Ganho com MDL no SIN (vida 16 anos).....202
Figura Anexo E7 – Potencial de Ganho com MDL no SIN + G.R. e Ag. Exp. Esp. (vida 16 anos)
.....202

Índice Tabelas

Tabela 2.1 – Quadro Informativo Sinótico dos Seminários de Rotulagem Ambiental Realizados no Brasil	37
Tabela 2.2 – Matriz Usual de Seleção de Critérios Ambientais de Produto	39
Tabela 3.1 – Variável Tempo de Exposição para os Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho.	56
Tabela 3.2 – Variável Magnitude para os Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho	57
Tabela 3.3 – Variável Consequências para os Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho.....	58
Tabela 3.4 – Valores de Risco Possíveis para Cada Um dos Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho	59
Tabela 3.5 – Valor de Risco Máximo Que o Refrigerador Pode Atingir para Receber o Rótulo Ambiental.....	60
Tabela 3.6 – Exemplo do Relatório Individual Detalhado Desenvolvido para a Metodologia de Identificação, Classificação e Seleção dos Refrigeradores Analisados	61
Tabela 4.1 – Modelos Analisados na Planilha de Concessão do Rótulo Ambiental.....	76
Tabela 4.2 – Tipo de Gás Refrigerante Usado e o Preço Médio do Modelo Encontrado no Mercado.....	77
Tabela 4.3 – Simulação Comparando Resultados das Exigências Brasil, EUA e UE	85
Tabela 4.4 – Simulação Comparando Resultados das Exigências Brasil, EUA e UE Diante das Discussões entre ELETROS e IMNMETRO	87
Tabela 4.5 – Dados Percentuais por Faixa de Volume dos Refrigeradores no Mercado	91
Tabela 4.6 – Dados Percentuais de Mercado por Idade do Refrigerador e por Penetração do Tipo de Gás Refrigerante e de Expansão de Espumas.....	92
Tabela 4.7 – Dados Percentuais de Penetração do Tipo de Gás Refrigerante e de Expansão de Espumas dos Refrigeradores Novos.....	93
Tabela 4.8 – Dados Percentuais do Aumento de Consumo com o Aumento da Idade dos Refrigeradores de 1 Porta.....	96
Tabela 4.9 – Consolidação dos Resultados Encontrados com a Simulação da Metodologia	112
Tabela Anexo A1 – Exemplo de Índice de Eficiência Energética para Refrigeradores no Brasil	137
Tabela Anexo A2 – Quantidade de modelos de Refrigeradores, por Categorias, Permitidos para Comercialização no Brasil, em 2008.....	140
Tabela Anexo C 1 - Utilização das Cores na Planilha	182

Nomenclatura

Letras Latinas

CFC	Cloro-Fluor-Carbono
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
HCFC's	Hidro-Cloro-Fluor-Carbonos
HFC's	Hidro-Fluor-Carbonos
N	Vida útil do produto
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
P	Preço de compra a varejo para o consumidor
r	Taxa de desconto real para o consumidor
R-134a	HFC ou CFC <i>Free</i>
R-141b	HCFC
R-22	HCFC
R-600 ^a	Gás Isobutano

Letras Gregas

Δ	Delta (diferenciação entre dois valores)
Σ	Somatório

Unidades

€	Euros (moeda da União Europeia)
dB(A)	Decibéis (Unidade de Medida de Ruídos)
g	Gramas
G	Giga [10 ⁹]
GW	Giga Watt
h	Hora

ha	Hectar
Hz	Hertz
J	Joule
k	Quilo [10^3]
kg	Quilograma [10^3 grama]
kWh	Quilo Watt hora
L	Litro
M	Mega [10^6]
MtCO ₂	Mega Tonelada de Dióxido de Carbono
MW	Mega Watt
MWh	Mega Watt hora
°C	Graus Celsius
R\$	Reais [moeda do Brasil]
T	Tera [10^{12}]
t	Tonelada [10^3 Quilograma]
tCO ₂	Tonelada de Dióxido de Carbono
TWh	Terá Watt hora
US\$	Dólar [moeda dos Estados Unidos da América]
V	Volts
W	Watt
Wh	Watt-hora

Siglas e Abreviaturas

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnica
ABNT/CC	Comissão de Certificação
ABNT/CTC	Comitê técnico de Certificação
ABNT/DTC	Gerência de Certificação
AC	Antes de Cristo
ACCV (LCCA)	Análise do Custo do Ciclo de Vida
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AEE	Área Econômica Europeia

Life Cycle Cost Analysis

AMN	Associação MERCOSUL de Normalização	
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica	
ANP	Agência Nacional do Petróleo	
BA	Bahia	
BC	Banco Central	
BEN	Balanco Energético Nacional	
C	Consequências	
C/	Com = Considerando	
C/FCE	Resultados considerando o Fator de Correção de Eficiência	
C/Revis	Considerando a inserção de Revisão do R.A.	
CCMA	Comitê de Comércio e Meio Ambiente	
CCV (LCC)	Custo do Ciclo de Vida	<i>Life Cycle Cost</i>
CEC	Custo da Energia Conservada	
CEE	Consumo de Energia Elétrica	
CERFLOR	Programa Brasileiro de Certificação Florestal	
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética	
CI	Custo por Inovação	
CIEAM	Centro das Indústrias do Estado do Amazonas	
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo	
CIF	<i>Cost Insurance Freight</i>	Embarque com Cobrança de Frete (taxa)
CLASP	<i>Collaborative Labeling And Appliance Standards Program</i>	
CM _M	Consumo Médio por Marca dos Refrigeradores Categoria “A”	
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento	
CO	Custos Operacionais Anuais	
CO _{2eq}	Total Ponderado de CO ₂ equivalente por Refrigerador	
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social	
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural	
COPANT	Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas	
CPM _A	Consumo Ponderado do Mercado Amostrado	
CPR _{fA}	Consumo Ponderado dos Refrigeradores Antigos	

CREA	Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura	
CR _{IN}	Consumo dos Refrigeradores Novos no ano base	
CR _{fS}	Consumo dos Refrigeradores Substituídos por ano	
C _{tCO2}	Valor por tCO ₂ reduzido	
cte	Constante	
DC	Depois de Cristo	
DFAAM	Diretoria de Formação e Aperfeiçoamento do Estado do Amazonas	
E	Exposição	
ECE	Taxa de Iluminação Pública e Encargo de Capacidade Emergencial	
EE _{EL}	Economia de Energia Elétrica	
EIE	<i>Environmental Impact Evaluation</i>	
ELETOBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S/A	
EMAS	<i>Eco-Management and Audit Scheme</i>	
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>	Agência de Proteção Ambiental
ES	Espírito Santo	
EU (UE)	<i>European Union</i>	União Europeia
EUA (USA)	Estados Unidos da América	<i>United States of America</i>
F	Fabricantes	
FC	Fator de Conversão de TJ ⇔ TWh	
FCE	Fator de Correção de Eficiência	
FC _{US\$ p/ R\$}	Fator de Conversão (câmbio) de Dólar Americano para Real	
FEC	Fator de Emissão do Combustível	
FE _{CO2}	Fator de Emissão de CO ₂	
FI	Faixa de Idade dos Refrigeradores	
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais	
FIERGS	Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul	
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo	
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro	
FM _F	Fatia do Mercado por Fabricante	
FM _I	Fatia do Mercado por Idade	
FOB	<i>Free on Board</i>	Embarque Livre de Produtos sem Taxas
FOC	Fator de Oxidação do Combustível	

FRC	Fator de Recuperação de Capital	
FVR	Faixas de Volume Analisadas dos Refrigeradores	
GAEE	Gás Agente de Expansão de Espumas	
GATT	<i>General Agreement on Tariffs an Trade</i>	
GE	General Electric	
GEA	<i>Group for Efficient Appliance</i>	Grupo para Aparelhos Eficientes
GEE	Ganho de Eficiência Energética	
GEE _C	Ganho de Eficiência Energética Corrigida	
GEN	<i>Global Ecolabelling Network</i>	
GN	Gás Natural	
GR	Gás Refrigerante	
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços	
ICR	Índice de Capacidade de Refrigeração	
ICV	Inventário do Ciclo de Vida	
IEA	<i>International Energy Agency</i>	Agência Internacional de Energia
IEC	<i>International Electrotechnical Comission</i>	
IEE (EER)	Índice de Eficiência Energética	<i>Energy Efficiency Rate</i>
IMP	Imposto Incidentes na Tarifa de Energia Elétrica como, p.ex., ICMS, PIS, COFINS, etc.	
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial	
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas	
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change Scientific Assessment</i>	Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima
ISO	<i>International Standardizing Organization</i>	
M	Magnitude	
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia	
MDL (CDM)	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	<i>Clean Development Mechanism</i>
MG	Minas Gerais	
MIDIC	Ministério da Indústria e do Comércio	

MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>	
MMA	Ministério de Meio Ambiente	
MMA/SDS	Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável	
MME	Ministério de Minas e Energia	
NR _d	Número de Residências	
NR _{fN}	Número de Novos Refrigeradores nas Residências	
NR _{fN_s}	Número de Refrigeradores Novos em função da Substituição	
NR _{fP}	Número de Refrigeradores no País para o (s) Ano (s) Subsequente (s)	
NR _{fP_b}	Número de Refrigeradores no País para o ano Base	
NR _{fS}	Número de Refrigeradores Substituídos	
NR _{fSN}	Número dos Refrigeradores Novos em Substituição dos Antigos	
OMC	Organização Mundial do Comércio	
ONU	Organização das Nações Unidas	
P	Preço de Compra do Refrigerador para o Consumidor Final	
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento	
p.ex.	por exemplo	
PAG (GWP)	Potencial de Aquecimento Global	<i>Global Warming Potential</i>
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público	
PAY	<i>Payback Period</i>	Período de Retorno do Investimento
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem	
PCM _A	Percentual do Consumo do Mercado Amostrado superior ao CPM _A	
PDO	Potencial de Destruição do Ozônio	
PEFC	<i>Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes</i>	
PG	Penetração do Gás Analisado no Mercado de Refrigeradores	
PIB	Produto Interno Bruto	
PIS	Programa de Integração Social	
pmC	Peso Molecular do Carbono	
pmCO ₂	Peso Molecular do CO ₂	
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios	

PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PR	Paraná
Pr	Probabilidade
PR _f	Penetração dos Refrigeradores nas Residências
PRN _{CO2eq}	Total de CO ₂ equivalente para População de Refrigeradores Novos em função da substituição
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRS _{CO2eq}	Total de CO ₂ equivalente para a População de Refrigeradores Substituídos
QG	Quantidade do Gás Analisado
QPG	Quantidade do Gás Analisado por Volume Médio Ponderado
R	Risco
R	Taxa de Retorno do Investimento
R.A.	Rótulo Ambiental
RE _{CO2}	Redução de Emissão de CO ₂
Revis	Revisão
RGR	Reserva Global de Reversão
RS	Rio Grande do Sul
S/	Sem = Desconsiderando
S/FCE	Resultados desconsiderando o Fator de Correção de Eficiência
S/Revis	Desconsiderando a inserção de Revisão do R.A.
SC	Santa Catarina
SEA	Secretaria de Estado do Ambiente
SEBRAE	Agência de Apoio ao Empreendedor e Pequeno Empresário
SEE	Selo Comparativo de Eficiência Energética
SGA	Sistema Gestão Ambiental
SIN	Sistema Elétrico Interligado Nacional
TCP	Taxa de Crescimento da Penetração
TCR _d	Taxa de Crescimento Residencial
TE _{EL}	Tarifa de Energia Elétrica regulada pela ANEEL
TGAE	Tipo de Gases Agentes de Expansão de Espumas
TGR	Tipo de Gases Refrigerantes
TIR	Taxa Interna de Retorno do Investimento
TSR _f	Taxa de Substituição de Refrigeradores Antigos

U.S.DOE	<i>United States Department of Energy</i>	Departamento de Energia dos Estados Unidos
UICN	União Mundial para a Natureza	
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Comércio e Desenvolvimento	
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura	
US\$	Dólar Americano	
VA (AV)	Volume Ajustado	<i>Adjusted Volume</i>
VC	Volume do Congelador	
VCC	Valor do Crédito de Carbono	
VEE _{EL}	Valor Economizado de Energia Elétrica por ano	
VPL	Valor Presente Líquido	
Vref	Volume do Refrigerador	

Capítulo 1

Introdução

“Converteis uma árvore em lenha e poderás queimar para vós; mas já não produzirá flores nem fruto”.

Rabindranath Tagore (1861 – 1941)

Filósofo e escritor indiano

1.1 Rotulagem Ambiental

A preocupação com o meio ambiente pode ser observada na frase de um homem considerado pela humanidade como um dos maiores pensadores da história - Platão, o filósofo (428 – 347 AC): “A água pode ser facilmente contaminada com o uso de qualquer tipo de droga. Necessita, portanto, de proteção, de uma lei com seguinte teor: Quem contaminar intencionalmente a água será obrigado, além de pagar uma indenização, a purificar o manancial ou depósito de água...” (DUARTE, 1997).

Todavia, a preocupação com o meio ambiente começou a se tornar mais abrangente em 1913, quando se realizou a primeira Conferência Internacional sobre a Proteção da Natureza, realizada em *Berna* (Suíça). Esta foi reavivada somente décadas mais tarde, com a Conferência de *Brunnen*, em 1947, e obteve seu auge com a criação da União Mundial para a Natureza (UICN), em 1948. Porém, o marco da internacionalização do movimento ambientalista veio acontecer definitivamente com a Conferência Científica da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre a Conservação e Utilização dos Recursos, em 1949 (PRESSOUYRE, 2000).

Na década seguinte, foram criadas novas entidades voltadas à proteção da natureza, dentre as quais encontravam-se as primeiras organizações brasileiras: A Associação de Defesa da Fauna

e Flora, em 1956, e a Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, em 1958 (CORRÊA, 1998).

Nos anos de 1960, ocorreu o chamado “Primeiro Surto de Ambientalismo”. O movimento cresceu de forma significativa, ganhando contornos de quase ideologia, formando-se os primeiros partidos “verdes”, em muitos países (CORRÊA, 1998).

Após a primeira grande disseminação do ambientalismo dos anos 60 no século passado, surgiram outros importantes movimentos que ajudaram a desencadear, ainda mais, a formação de uma consciência de proteção ao meio ambiente. Alguns dos principais movimentos foram: a Conferência sobre a Biosfera, realizada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em Paris, em 1968; a Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, em 1972¹; o Protocolo de Montreal, em 1987²; a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecido como Eco-92, no Rio de Janeiro, em 1992³; e a Ratificação do Protocolo de *Kyoto* no Japão, em 2004. Com todas estas experiências e com o aumento da preocupação da sociedade com o meio ambiente, toma força a criação de um novo enfoque para o comércio internacional, levando em consideração as políticas ambientais que vêm sendo aplicadas.

Outras iniciativas que podem ser consideradas precursoras à busca por um consumo e desenvolvimento sustentável são: a criação de programas como os de padrões e de selos de

¹ “Em 1972 foi publicado um livro que causou muita polêmica e debate: *Os Limites do Crescimento*. Este foi o resultado do trabalho de investigação realizado por uma equipe do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), coordenada por Donella Meadows, a pedido do Clube de Roma, uma associação informal de empresários, estadistas e cientistas. Basicamente, afirmou-se que, ao ritmo do crescimento da população, da utilização de recursos naturais, da poluição, entre outros, por finais do Séc. XXI, a Humanidade correria sérios riscos de sobrevivência (SOUSA, 2005).

² O Relatório Brundtland é o documento intitulado “Nosso Futuro Comum”, publicado em 1987, no qual desenvolvimento sustentável é concebido como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (SCRIBD, 2009).

³ Agenda 21 é um documento consensual para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países num processo preparatório que durou dois anos e culminou com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, no Rio de Janeiro, também conhecida por ECO-92. É um programa de ação, baseado num documento de 40 capítulos, que constitui a mais ousada e abrangente tentativa já realizada de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (ECOLNEWS, 2009 e MMA, 2009a).

eficiência energética, podendo tais programas serem voluntários ou obrigatórios (*vide* Anexo A); e a criação de programas de rotulagem ambiental, com caráter voluntário, aplicados por governos e pelo mercado com o objetivo de melhoria do desempenho ambiental de produto.

Os rótulos ambientais, como instrumentos, visam orientar a preferência do consumidor em adquirir produtos com melhor desempenho, menor consumo energético e menores impactos negativos ao meio ambiente, quando comparados com outros produtos de similar funcionalidade no mercado. Ao mesmo tempo, estimula os fabricantes a desenvolverem novas tecnologias “menos poluentes”, mantendo-se, desta forma, na corrida em busca do desenvolvimento sustentável e de uma nova classe de consumidores mais conscientes e responsáveis.

Os programas de eficiência energética tiveram seu início em 1962, na Polônia, com a criação dos primeiros padrões de eficiência energética obrigatórios para a economia de energia de vários aparelhos e/ou equipamentos elétricos. Para o caso específico desta pesquisa, a qual é focada nos refrigeradores⁴ residenciais de 1 porta, os primeiros programas de padrão e de selo de eficiência energética foram estabelecidos pela França, em 1966. Os próximos países a adotarem a estratégia destes programas para refrigeradores foram os Estados Unidos (padrões e selos) e Alemanha (padrões), em 1976, seguidos por Rússia (padrões) e Canadá (padrões e selos), em 1978. Nos anos subsequentes, surgiram vários outros países que aderiram a estes programas de eficiência energética, contabilizando um total de 44 países, além daqueles da União Europeia - UE⁵ (CLASP, 2005).

No ano de 1984, o Brasil iniciou sua participação com selos de eficiência energética com caráter voluntário. A participação do Brasil nos programas de eficiência energética ganhou mais força com a criação dos padrões da Lei nº 10.295, de 2001, que dispõe sobre o estabelecimento

⁴O Refrigerador faz parte dos chamados eletrodomésticos da linha branca, que incluem também *freezers*, lavadoras de roupa (somente automática), secadoras de roupa, lavadoras de louça, fogões a gás e elétricos, fornos de microondas e condicionadores de ar (CUNHA, 2003).

⁵No início, em 1992, os países da UE que faziam parte dos programas de padrões e selos de eficiência energética compunham um grupo de 15 membros: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido. A partir de 2004, a UE ganhou mais 10 associados que aderiram a tais programas, os quais são: Estônia, Hungria, Lituânia, Malta, Polônia, Eslováquia, Eslovênia, Letônia, República Tcheca e Chipre (CLASP, 2005).

de níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia elétrica. Os programas para refrigeradores evoluíram de voluntários para obrigatórios com a Portaria Interministerial nº 362 (Refrigeradores e Congeladores), de 24 de dezembro de 2007. Esta estabelece que os aparelhos refrigeradores e congeladores que não atenderem aos requisitos definidos na Portaria (os padrões mínimos de eficiência energética) não poderão ser fabricados ou importados no prazo de 90 dias após a publicação no diário oficial (a publicação ocorreu em 26/12/2007). Portanto, a proibição de fabricação ou importação de tais aparelhos já vale desde março de 2008. O prazo máximo para a comercialização dos estoques existentes de refrigeradores e congeladores foi estipulado em 270 dias, ou seja, até setembro de 2008 (MME, 2008a).

Com a implantação dos padrões e selos de eficiência energética, alguns países começaram a dar um passo a mais na busca da proteção do meio ambiente e de um desenvolvimento sustentável. Surgiu, em 1977, o primeiro Programa de Rotulagem Ambiental implantado por um país, o programa alemão “*Blue Angel*”. Devido ao seu sucesso, foi utilizado como exemplo para outros países no desenvolvimento de seus programas, tais como: o programa canadense “*Environmental Choice*”, em 1988; o “*Eco Mark*”, desenvolvido pelo Japão, em 1989; o primeiro programa entre países (Finlândia, Islândia, Dinamarca, Noruega e Suécia), o “*Nordic Swan*”, em 1989; o primeiro programa privado, o “*Green Seal*”, elaborado nos Estados Unidos, também em 1989; e o programa regional de maior abrangência, “*Ecolabelling*”, elaborado pela União Europeia, em 1992 (CLASP, 2005).

Desde então, novos programas de rotulagem ambiental surgiram e, em 1994, foi fundada a Rede de Rotulagem Ambiental Mundial (GEN - *Global Ecolabelling Network*), a qual, em 2008, já contava com a participação de 26 países membros (dentre eles o Brasil) e com 24 programas de rotulagem ambiental em funcionamento (GEN, 2008).

O programa brasileiro⁶ de rotulagem ambiental Tipo I⁷ (Norma ISO 14024) compara produtos com outros da mesma categoria. Os rótulos são concedidos aos produtos ambientalmente preferíveis, com base na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). O programa é coordenado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e foi idealizado em 1993. Atualmente, sua única utilização é na certificação de florestas plantadas no Brasil e segue a norma NBR 14789 de “Manejo Florestal”.

O CERFLOR, nome do rótulo ambiental brasileiro, usado para a categoria de manejo florestal, passou a ser coordenado pelo INMETRO e já certificou 1.069.334 hectares dos 6.126.000 hectares de floresta plantada existente no País (PACHECO, 2008; BVQI, 2009; INMETRO, 2009 e ABRAF, 2009). Todavia, o CERFLOR, para manejo florestal, não é reconhecido pela GEN. O motivo para tal fato não está claro na literatura e no próprio sítio de *internet* da GEN. Como o CERFLOR utiliza normas de multicritério seguindo os princípios exigidos na série de normas ISO 14020, descartou-se a hipótese de não reconhecimento por problemas técnicos de avaliação. Desde logo, a hipótese assumida para o não reconhecimento do CERFLOR no manejo florestal brasileiro é que a GEN somente reconhece a ABNT como órgão certificador do Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro. De fato, o único associado brasileiro na GEN é a ABNT (GEN, 2009).

No caso específico dos eletrodomésticos e, mais precisamente, dos refrigeradores residenciais, o Brasil ainda não possui um Programa de Rotulagem Ambiental e nem uma metodologia de identificação, classificação e seleção dos melhores aparelhos (na visão técnico-ambiental e socioeconômica) atualmente produzidos e/ou comercializados no País.

⁶ Além do programa de rotulagem ambiental da ABNT, desenvolveu-se também o Programa Silêncio / Selo Ruído, em dezembro de 1994. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) instituiu o “selo ruído” com base na resolução nº 002/1990 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em que os fabricantes são obrigados a submeter seus produtos à avaliação de ruído no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Atualmente, os aparelhos eletrodomésticos obrigados a terem o selo ruído são os liquidificadores (fevereiro/2000), secadores de cabelo (agosto/2000) e aspiradores de pó (fevereiro/2004) (IBAMA, 2009).

⁷ Os Rótulos Ambientais do Tipo I (Norma ISO 14024) levam em consideração vários atributos dos produtos, por isso são chamados de “multicriteriosos” e certificados por entidades independentes, como agências governamentais, setor privado ou sem fins lucrativos que não estão diretamente relacionados ao processo produtivo do produto e devem conter caráter estritamente voluntário para sua adesão. Seu detalhamento é apresentado no Anexo B.

Iniciativas como a política de troca de refrigeradores, que vêm demonstrando ser um símbolo de como a questão ambiental e de estímulo econômico podem andar juntas, podem ser um forte agente divulgador dos programas de rotulagem ambiental no Brasil. Por exemplo, o governo quer trocar 10 milhões de refrigeradores, tirando de circulação os antigos, que consomem muita energia elétrica e utilizam o gás CFC no seu sistema de refrigeração e nas espumas isolantes (PROCELINFO, 2009), podendo-se atrelar a tal iniciativa, como medida de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, a implantação de um Programa de Rotulagem Ambiental para refrigeradores no Brasil. Este programa teria como premissa garantir a redução dos impactos negativos ao meio ambiente dos produtos em todo seu ciclo de vida, ou seja, do “berço ao túmulo”⁸, a fim de oferecer à sociedade produtos de melhor qualidade ambiental.

Para que seja implantado um Programa de Rotulagem Ambiental para refrigeradores comercializados e/ou fabricados no País, haveria a necessidade do órgão certificador nacional, a ABNT, desenvolver critérios ambientais, caso não existam, para cada categoria de produto requerido (p.ex., refrigerador doméstico de 1 porta). Diante disto, a ABNT criou uma sequência de etapas, ilustradas na Figura 1.1, para o desenvolvimento dos critérios ambientais que são a base de análise do ganho técnico-econômico e ambiental obtido com a concessão do Rótulo Ambiental para uma dada categoria de produto.

⁸ De acordo com a Norma ISO 14040, de 2006, a ACV busca investigar e selecionar os impactos ambientais mais significativos ao longo de todas as etapas da vida de um produto, ou seja, considerando os estudos desde a produção da matéria-prima, incluindo distribuição, uso, reciclagem e/ou reaproveitamento (revalorização) e disposição final.

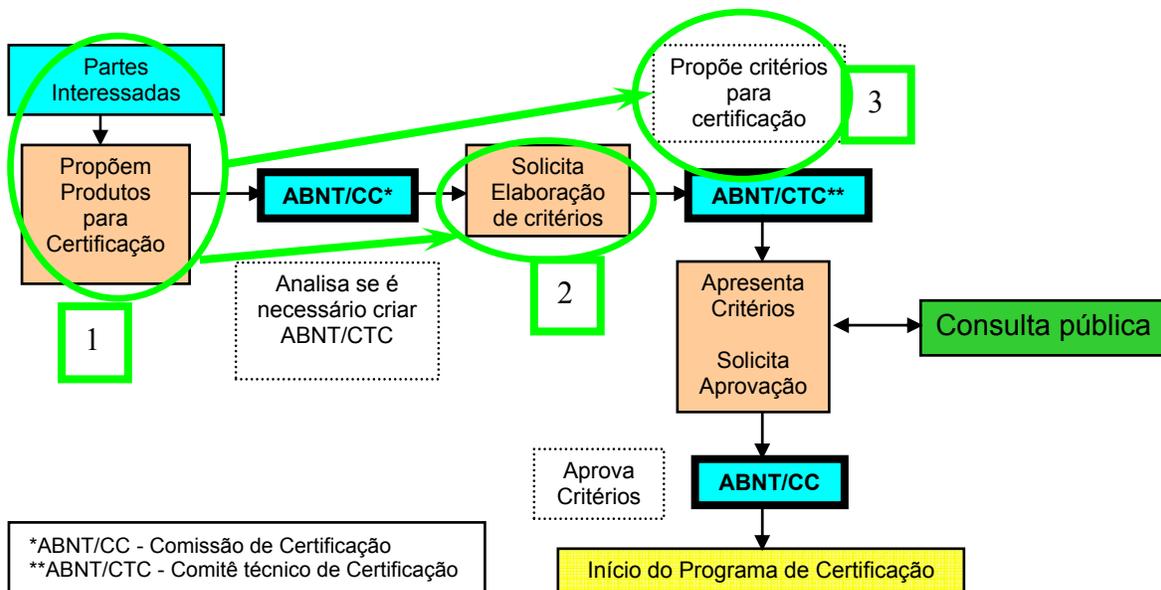


Figura 1.1 – Diagrama Esquemático para o Estabelecimento dos Critérios
 Fonte: Cabral (2000)

Este estudo propõe uma metodologia de rotulagem ambiental com base em critérios ambientais a serem estabelecidos com foco nas etapas de sugestão do produto a ser rotulado (1), solicitação de elaboração dos critérios ambientais (2) e a própria proposta de critérios ambientais para certificação (3) (todas as outras etapas apresentadas nas Figura 1.1 cabem somente à ABNT administrar).

Segundo a ABNT NBR ISO 14024 (2004), os “critérios ambientais do produto devem ser estabelecidos para diferenciar produtos preferíveis do ponto de vista ambiental a outros na categoria de produto, com base em uma diferença mensurável (...) [e] somente quando essas diferenças forem significativas” no impacto.

Seguindo as premissas exigidas acima, para a criação de critérios ambientais, fez-se uma análise crítica dos refrigeradores de 1 porta utilizados, comercializados e/ou produzidos no Brasil. A primeira análise está vinculada às políticas públicas, em que o refrigerador apresenta características mercadológicas e adaptabilidade a mudanças tecnológicas importantes para assegurar o sucesso na ação de políticas com o foco na implantação de programas de rotulagem ambiental. Por exemplo, no ano de 2006, ajudado pela “queda nas taxas de juros, a ampliação dos prazos dos crediários, a maior estabilidade no emprego e a melhoria na massa salarial”, o refrigerador foi o líder de vendas dentre os produtos que constituem a categoria da linha branca

comercializados no Brasil (ELETROS, 2007c). Tal liderança provavelmente permanecerá ainda por um bom tempo. A causa disso são as campanhas de substituição dos refrigeradores antigos, citadas anteriormente, além da maior penetração nas residências brasileiras. Vale ressaltar que os refrigeradores são imprescindíveis na preservação dos produtos, aumentando a durabilidade (com mesma qualidade) dos alimentos.

A outra análise crítica realizada focou o fator social. A indústria de refrigeradores tem grande potencial, sendo responsável pela geração de milhares de empregos (≈ 32 mil diretos no setor produtivo brasileiro de refrigeradores e ≈ 40 mil empregos indiretos no setor varejista no Brasil), geração de renda familiar e melhoria na qualidade de vida da população (MASCARENHAS, 2005).

No fator técnico-ambiental, identificou-se o maior potencial de contribuição desta Tese para o País, sociedade e meio ambiente, com a criação de critérios ambientais e a implantação de um programa de rotulagem ambiental para refrigeradores domésticos no Brasil. Atualmente, no País, existem cerca de 47 milhões de refrigeradores instalados nas residências. Destes, aproximadamente 20 milhões (42%) têm 08 anos ou mais de uso, ou seja, a maior parte ainda utiliza o gás refrigerante CFC (proibido após 1º de janeiro de 2001, no Brasil) e são menos eficientes energeticamente porque foram produzidos antes da Lei nº 10.295 de 2001, que passou a controlar os níveis máximos de consumo de eletricidade dos equipamentos consumidores de energia elétrica comercializados no País (MASCARENHAS, 2005; ELETROBRÁS/PROCEL, 2007; MELO e JANNUZZI, 2008).

Uma informação importante, que subsidia a criação do Programa de Rotulagem Ambiental brasileiro, é que o refrigerador está entre os aparelhos que mais consomem energia em uma residência, sendo o responsável por 22% de todo o consumo, como ilustra a Figura 1.2. Isto significa que, como o setor residencial brasileiro consumiu uma energia de $\approx 90,9$ TWh, em 2007, somente os refrigeradores foram responsáveis por um consumo de 21,97 TWh (BEN, 2008).

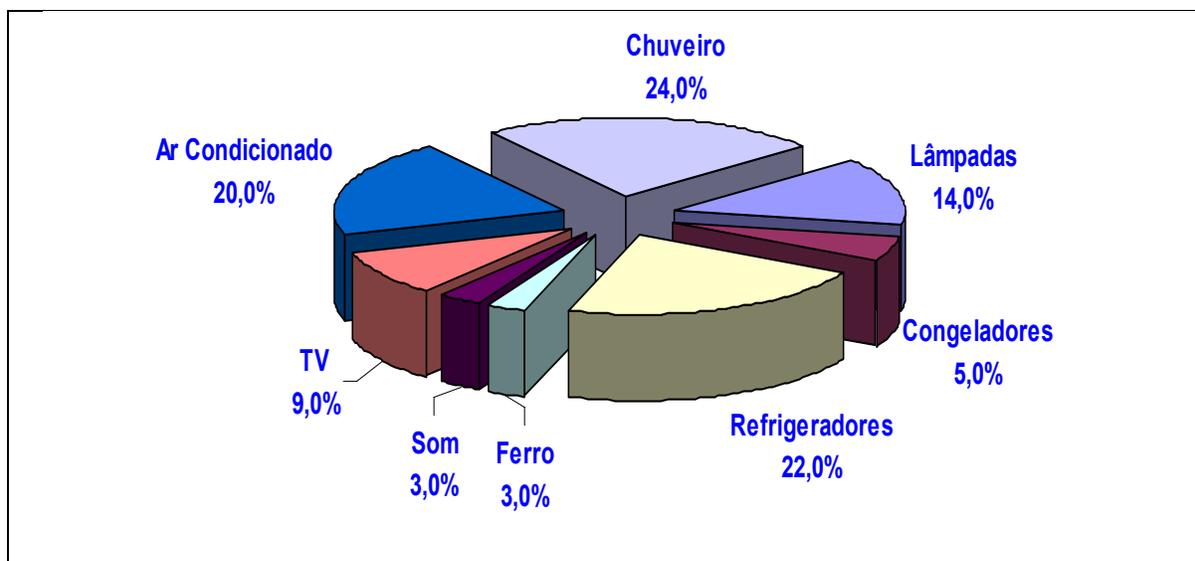


Figura 1.2 – Setor Residencial Brasileiro: Distribuição Percentual, por Usos Finais, do Consumo de Eletricidade

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL (2007)

Vale destacar também que o refrigerador já faz parte da categoria “Eletrodomésticos”, pré-escolhida pela ABNT para a criação dos critérios ambientais dentro do Programa de Rotulagem Ambiental brasileiro, porém ainda não colocado em prática.

Mais um motivo que influencia fortemente a escolha da utilização dos refrigeradores residenciais de 1 porta é por estes terem uma grande penetração nas casas brasileiras. Segundo Mascarenhas (2005), o refrigerador de 1 porta representa, aproximadamente, 60% do montante de refrigeradores existentes nas residências do Brasil. Não se descarta a necessidade da realização de um estudo para os outros modelos de refrigeradores em futuros trabalhos. Uma vez estabelecidos os critérios ambientais para um tipo de modelo de refrigeradores, automaticamente, os mesmos podem ser replicados para os demais existentes, como, por exemplo, os de 2 portas, 2 portas *Frost Free*, *Freezers* horizontais e verticais, entre outros.

Outros aspectos considerados importantes para esta pesquisa estão relacionados ao conceito de ciclo de vida do produto (extração da matéria-prima, produção, distribuição, uso final, revalorização e disposição final). Através de estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), é possível verificar que os gases refrigerantes e os gases agentes de expansão de espumas utilizados nos refrigeradores podem contribuir tanto quanto, ou até mais, que o consumo de energia elétrica apresentado pelo aparelho em impactos negativos ao meio ambiente, como o do efeito estufa (mudanças climáticas) (Capítulo 4).

1.2 Objetivo da Tese

O **objetivo desta Tese** é criar uma metodologia de identificação, classificação e seleção dos refrigeradores de 1 porta, de acordo com critérios ambientais e socioeconômicos previamente estabelecidos num Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro, para identificar o atual patamar evolutivo do setor, as possibilidades de melhoria da qualidade ambiental e os ganhos, tanto ambientais quanto econômicos e energéticos, com a substituição do parque de refrigeradores residenciais.

Deste modo, identificar os refrigeradores e classificá-los, utilizando o método de análise de risco e princípio de Pareto, juntamente com os conceitos de ciclo de vida do produto, podem auxiliar os tomadores de decisão no momento da seleção e aprovação dos melhores aparelhos do mercado para utilização do Rótulo Ambiental brasileiro. De tal forma, o Programa de Rotulagem Ambiental poderá efetivamente promover uma melhoria contínua dos refrigeradores e ajudar na disseminação de uma cultura de consumo sustentável⁹.

1.3 Estrutura do Trabalho

No **Capítulo 2**, são apresentados os principais conceitos de um Programa de Rotulagem Ambiental, uma análise histórica desses programas ao redor do mundo e como se encontra atualmente o programa brasileiro. Neste capítulo, também são apresentados os conceitos das normas internacionais de rotulagem ambiental.

A descrição da metodologia desenvolvida neste trabalho está apresentada no **Capítulo 3**. Esta foi dividida em duas partes principais: a 1ª Parte é responsável pela metodologia de identificação, classificação e seleção dos refrigeradores para concessão do Rótulo Ambiental Brasileiro. Tal metodologia foi desenvolvida aplicando-se os conceitos de Ciclo de Vida do Produto, Análise de Risco na classificação para melhoria contínua e Princípio 80/20 de Pareto. A 2ª Parte, “Ganhos Globais”, esteve focada no desenvolvimento da metodologia de análise

⁹ Consumo sustentável significa usar conscientemente os recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais da população, sem comprometer as necessidades e aspirações das gerações futuras (MMA, 2009b).

técnico-econômica para a obtenção dos resultados das possíveis economias alcançadas com a simulação da substituição do parque de refrigeradores mais antigos do País.

O **Capítulo 4** foi reservado para a aplicação da metodologia desenvolvida no Capítulo 3. Desta forma, todas as simulações realizadas para as duas partes da metodologia, os resultados encontrados e a análise dos mesmos estão detalhados neste capítulo. Por exemplo, depois de simulada a 1ª parte, com a definição dos perfis técnico, socioeconômico e ambiental para os refrigeradores que receberão o Rótulo Ambiental brasileiro, simulou-se a 2ª parte, com a rotina de cálculo para a quantificação dos ganhos ambientais, energéticos e sociais (como a redução de emissão de CO₂, economia de energia elétrica, redução de potência média demandada, economia na fatura de eletricidade, entre outros), através da substituição total ou parcial dos refrigeradores antigos pelos seus similares novos e apontados pela classificação (análise de risco) e seleção como sendo os melhores quanto à qualidade ambiental e socioeconômica.

No **Capítulo 5**, constam as conclusões e considerações gerais sobre todo o estudo desenvolvido, além de sugestões para futuros trabalhos.

Os **anexos** desta Tese foram reservados para a inserção de detalhes de conceitos usados para alicerçar a metodologia desenvolvida, como: selos de eficiência energética (Anexo A) e normas para programas de rotulagem ambiental (Anexo B), formatação da rotina de cálculo nos moldes da planilha Excel (Anexo C), princípio de Pareto (Anexo D) e gráficos não ilustrados no capítulo de aplicação da metodologia (Anexo E).

Capítulo 2

Os Programas de Rotulagem Ambiental

*“A natureza benigna provê de maneira que em qualquer parte
encontres algo que aprender”.*

Leonardo Da Vinci (1452-1519)

Pintor, escultor e inventor italiano

Neste capítulo, de revisão da literatura consultada durante a realização do trabalho, apresentam-se a evolução dos programas de rotulagem ambiental para refrigeradores domésticos no Mundo (usando-se os exemplos dos rótulos ambientais mais conhecidos) e o posicionamento do Brasil diante de tais programas.

2.1 Programas de Rotulagem Ambiental

Entende-se que, para a realização de políticas públicas com foco no desenvolvimento sustentável, é preciso despender de grande esforço, sendo necessária a utilização de várias ferramentas, metodologias e/ou métodos que, empregados de forma integrada, contribuam para se atingir os resultados desejados. Os programas de padrões e de selos de eficiência energética, utilizados com sucesso no Brasil, fazem parte de um variado “leque de opções” para a aplicação de políticas públicas de sustentabilidade. O CLASP (2005) cita outros tipos de programas que podem ser usados em cooperação, como:

- Políticas de incentivos e financiamentos;
- Políticas públicas (p.ex., programa de troca de 10 milhões de refrigeradores antigos pelo governo Federal) e regulação (p.ex., programa de padrões e de selos de eficiência energética e o programa de eficiência energética das concessionárias distribuidoras de energia elétrica);

- Políticas para a pesquisa e desenvolvimento;
- Políticas de participação voluntária que incluem requisitos de qualidade;
- Políticas governamentais para compras de produtos por parte do governo que geram economia de energia;
- Políticas para o desenvolvimento de programas educativos que objetivam conscientizar o consumidor.

Os programas de rotulagem ambiental não estão detalhados no relatório CLASP (2005) por não ser o seu objetivo. Contudo, são citados como parte integrante do leque de opções que pode ser implementado nas “políticas de participação voluntária para requisitos de qualidade”.

A ideia empregada nesta Tese faz uma ponte entre os programas de rotulagem ambiental e os de padrões e de selos de eficiência energética, já existentes no Brasil, além de ir ao encontro das experiências e tendências mundiais, apontadas no relatório CLASP (2005). Com a utilização destes programas de forma combinada, propicia-se a obtenção de maiores ganhos de eficiência energética e ambiental globais tanto na transformação do mercado de forma mais sustentável, quanto na melhoria da qualidade técnico-ambiental dos produtos e na economia e qualidade de vida da população em geral.

A seguir, são apresentados os programas de rotulagem ambiental segundo sua evolução, evidenciando o posicionamento do Brasil neste tema e comentando como tais programas são vistos, sob forma jurídica, pelo comércio internacional, e quais são as possibilidades mercadológicas. Apresentam-se também alguns dos principais programas de rotulagem ambiental atualmente em uso no Mundo.

2.2 Rótulos de Qualidade Ambiental

Durante as últimas décadas, vem crescendo o interesse da sociedade pelas questões ambientais. A situação atual do Planeta atrai, cada vez mais, a atenção da população em geral, que não se concentra unicamente nas mudanças climáticas e poluição, mas também converge para a preocupação de um uso consciente e sustentável dos recursos naturais oferecidos pela natureza. Deste modo, os programas de rotulagem ambiental de refrigeradores podem vir a

contribuir, em complemento aos padrões e selos de eficiência energética, como um meio para que esta apreensão se materialize em ações concretas. Basicamente, sua função é a de informar ao consumidor sobre algumas características ambientais dos produtos e promover uma mudança nos hábitos de produção e consumo. Sua conceituação e estruturação se apresentam de forma bem mais complexa, baseadas nos conceitos de Ciclo de Vida do produto, que possibilitam identificar os principais parâmetros ambientais de um produto.

Diante deste crescente interesse por parte da população mundial, preocupada com o futuro, a indústria de refrigeradores vem realizando investimentos com foco na preservação ambiental. Uma forma encontrada foi a adesão aos programas de rotulagem ambiental criados por países como os Estados Unidos, Japão, integrantes da União Europeia e outros.

Os rótulos ambientais são concedidos a produtos que passaram por uma auditoria ambiental cumprindo critérios ambientais pré-estabelecidos e que apresentaram os menores impactos negativos ao ambiente quando comparados com produtos similares e de igual funcionalidade. Ao mesmo tempo, o Rótulo Ambiental passou a ser um incentivo e estímulo a um compromisso ambiental por parte dos fabricantes. O rótulo também motiva o consumidor a uma postura mais consciente da problemática em questão, selecionando produtos que causam o menor impacto possível ao meio ambiente (ENVIRONMENTAL, 2005; ECOLABEL, 2007). Estes programas visam principalmente diminuir os impactos ambientais gerados por toda a cadeia produtiva de um dado produto, sem perder sua funcionalidade e qualidade técnica (programas de eficiência energética, tipos de tecnologias empregadas e outros).

Desta maneira, os programas de rotulagem ambiental possuem características distintas que os diferem dos programas de eficiência energética. Eles englobam não só os aspectos técnicos de funcionamento de um equipamento consumidor de eletricidade (desempenho energético), no qual os selos e padrões de eficiência energética são de fundamental importância (Anexo A), mas também os principais aspectos ambientais do ciclo de vida do produto (p.ex., revalorização e/ou disposição final de resíduos, como os gases refrigerantes utilizados pelos refrigeradores). Assim, estes programas possibilitam analisar e minimizar a parcela de responsabilidade de um produto nos impactos causados ao meio ambiente, do “*Berço até o Túmulo*”, ou seja, desde a retirada de sua matéria-prima da natureza, passando por todo o processo produtivo, logística de distribuição

e utilização junto ao consumidor final até chegar ao fim de sua vida útil, conforme ilustra a Figura 2.1 (DECISIÓN 2000/40/CE, 2007).

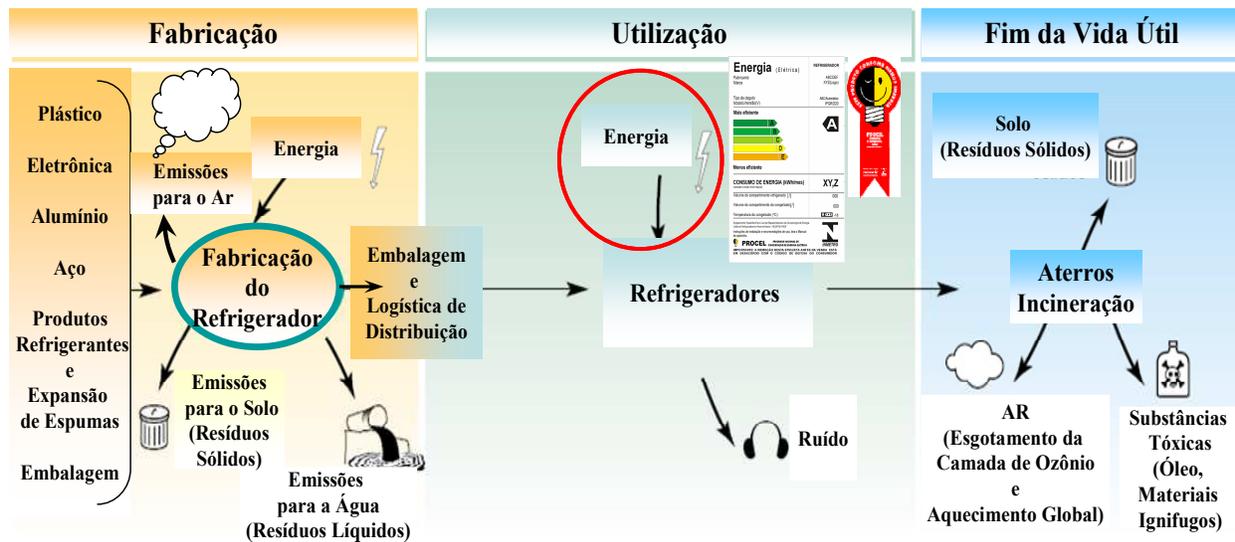


Figura 2.1 – Diagrama Esquemático do Ciclo de Vida (ACV): Refrigerador
 Fonte: Adaptado para as condições brasileiras com base em Decisión 2000/40/CE (2007).

Deste modo, o Programa de Rotulagem Ambiental, em geral, busca atingir os seguintes objetivos (DECISIÓN 2000/40/CE, 2007):

- difundir para o consumidor e para o setor privado uma consciência e uma compreensão dos propósitos de um Programa de Rotulagem Ambiental;
- aumentar a consciência e o entendimento dos conceitos e aspectos ambientais de produtos que recebem o certificado ou Rótulo Ambiental;
- influenciar na escolha do consumidor ou no comportamento do fabricante, ou seja, promover a mudança de hábito de consumo e produção de uma região e/ou país.

2.3 Programas de Rotulagem Ambiental como Instrumentos de Política Pública

A globalização e o aumento da competitividade impulsionaram o melhor desenvolvimento técnico e trouxeram maior controle de qualidade dos produtos, que passou a ser aferido mediante atendimento de normas aceitas em todo o Mundo, comprovadas através de uma forma de garantia: a da *certificação*. Sugiram, dessa forma, em diversos países, várias entidades de certificação e de normas, com especial destaque para a *International Organization of*

Standardization (ISO), da Federação Mundial das Organizações Nacionais de Normalização, sediada em Genebra, que lançou, entre outras normas: a ISO série 9000, que visa o sistema de qualidade do produto e do processo produtivo, e a ISO série 14000, que visa a qualidade ambiental dos processos e produtos, indicando princípios gerais para auditoria ambiental e criando normas aplicáveis aos rótulos ambientais (Normas ISO 14020, ISO 14021, ISO 14024 e ISO/TR 14025). As normas NBR ISO da série ISO 14020 contêm princípios direcionadores para a elaboração e o uso de certos tipos de rótulos ambientais, que são detalhados no Anexo B. O sistema ISO de normalização é o mais utilizado pelas empresas nos mais variados setores da economia mundial em vista da confiabilidade causada pela rigidez de suas exigências e pelos 161 países signatários (ABNT, 2005; ECOLABEL, 2007; e ISO MEMBERS, 2009).

2.3.1 Oportunidades Mercadológicas com o Uso do Rótulo Ambiental

O apoio da Organização Mundial do Comércio (OMC) aos países em desenvolvimento para a utilização dos rótulos ambientais se mostra muito importante para confrontar a polêmica da discriminação entre comércios. Pode contribuir, além disso, na mitigação ou neutralização do uso indevido destes programas como barreiras não tarifárias ao comércio ou como protecionismo dos produtos nacionais do país importador (*Vide* Anexo B).

Segundo Mera (2003), além do comércio dos países poder ganhar confiabilidade de seus produtos, as empresas com foco na sustentabilidade ambiental podem garantir vantagens como:

- Melhorar a imagem frente às administrações públicas¹⁰, facilitando as relações entre as empresas e os órgãos administradores responsáveis por zelar pelo meio ambiente. Interessante ressaltar que as instituições públicas são grandes clientes e que, conseqüentemente, passam a ser de grande interesse para as empresas;

¹⁰ Exemplo desta possibilidade é enfatizado por Corrêa (1998), quando cita que, na Alemanha, embora a legislação não obrigue, as licitações dos governos Federal, Estaduais e Municipais estão priorizando produtos com o rótulo ambiental (em seu caso o “*Blue Angel*”). O mesmo se passa no Canadá - os governos das cidades de Ontário e Alberta já adotaram políticas de compras que priorizam produtos com o rótulo, sendo, em seu caso, o “*Environmental Choice*”.

- Melhorar a imagem frente aos clientes, tanto internos (nacionais) como externos (internacionais), acarretando num possível ganho de fatia de mercado devido à credibilidade dada aos produtos ambientalmente desenvolvidos por uma crescente classe de consumidores mais conscientes e preocupados com a conservação ambiental;
- Melhorar a imagem frente aos investidores porque, cada vez mais, aumenta o número dos que buscam alternativas de investimento que satisfaçam suas exigências sociais e ambientais. Esta nova forma de investimento, com atuação social e ambiental, pode ser uma importante fonte de recursos externos para as empresas;
- Melhorar a imagem frente às instituições financeiras, pois no momento de valorar o risco ambiental de uma operação financeira, ferramentas que gerenciam os impactos ambientais (dentre elas os rótulos ambientais) funcionam como uma forma de garantia para a instituição financiadora realizar a dita valoração. É possível cotar a empresa com tal boa imagem que facilitaria o acesso aos recursos financeiros com melhores condições;
- Melhorar a imagem frente às companhias de seguro que, de forma similar às instituições financeiras, podem fornecer, diante de informações ambientais seguras repassadas pelos programas de rotulagem ambiental, incentivos para fechar um valor de seguro mais baixo tornando-se, desta maneira, mais favorável para a empresa.

Desde logo, as vantagens mercadológicas não são as únicas geradas pela utilização dos programas de rotulagem ambiental, porém são muito importantes para ajudar no desenvolvimento sustentável de um país. Ademais, os programas de rotulagem ambiental apresentam, principalmente, vantagens de caráter social e ambiental, as quais são na realidade os alvos primários deste tipo de programa. Podem assim ser considerados programas completos, por englobarem as várias linhas de ações necessárias a um planejamento para o desenvolvimento sustentável de uma região e/ou país, que são ações nos sistemas: social, ambiental, econômico, político e institucional (MERA, 2003; ABNT, 2005; ECOLABEL, 2007 e GEN, 2008).

As vantagens ambientais podem ser representadas no contexto da: a) redução no consumo dos recursos naturais, como a utilização da reciclagem (p.ex., minério de ferro, bauxita, dentre

outros); b) redução no consumo dos recursos energéticos (eletricidade, petróleo e outros), com o aumento do desempenho energético dos produtos e equipamentos (p.ex., produtos na Categoria “A” do Selo de Eficiência Energética, etc.); c) redução da geração de resíduos industriais através de uma melhor prática ambiental e facilitação de sua revalorização (p.ex., com facilidade para desmontagem e reciclagem); d) minimização dos efeitos no meio ambiente devido às emissões para o ar, solo e água.

As vantagens sociais estão vinculadas à geração de empregos diretos (p.ex., na indústria de reciclagem) e indiretos (p.ex., no comércio em geral, devido ao fluxo de renda gerado), melhoria da qualidade de vida da população ao adquirirem refrigeradores com maior qualidade técnico-ambiental que, além da redução do consumo de energia elétrica na residência, permitem melhor conservação dos alimentos, menor nível de ruído, garantia de utilização de materiais menos agressivos ao meio ambiente e à saúde humana nos seus componentes, entre outros.

2.4 Exemplos de Aplicação de Programas de Rotulagem Ambiental

Dentre os muitos rótulos existentes ao redor do Mundo, são aqui descritos quatro programas: 1º - o programa ambiental da Alemanha com o rótulo *Blue Angel*, escolhido por ser o mais antigo Programa de Rotulagem Ambiental implantado por um país; 2º - o Programa de Rotulagem Ambiental Norte-Americano com o rótulo *Green Seal*, escolhido por ser privado e atender ao maior mercado consumidor do Mundo; 3º - o Programa de Rotulagem Ambiental da União Europeia com o rótulo *European Community's Ecolabel*, escolhido por atender ao maior mercado importador de produtos brasileiros; e 4º Programa de Rotulagem Ambiental do Brasil, com o rótulo “*Qualidade Ambiental-ABNT*”, escolhido por ser a experiência brasileira na área, embora com utilização muito reduzida no País.

2.4.1 Rótulo Ambiental - *Blue Angel*

Por iniciativa do Ministério do Comércio Exterior da então República Federativa Alemã, foi implantado, em 1978, o Rótulo Ambiental (Figura 2.2), que rapidamente passou a ser chamado de *Blue Angel*, devido ao desenho utilizado pelo PNUMA e por sua cor “Azul” característica (*vide* quadro ao lado).



Figura 2.2 – Rótulo Ambiental - *Blue Angel*
Fonte: Infante (2005)

Enfrentando resistências iniciais, principalmente por parte dos fabricantes, o rótulo, em 1984, estava presente em não mais de 500 produtos de 33 diferentes categorias. Após nove anos, em 1993, sua aceitação já era evidente, atingindo mais de 3.500 produtos de 75 categorias (US EPA, 1998). Hoje, após seus 30 anos (1978-2009) de implantação, o Programa de Rotulagem Ambiental alemão atingiu o montante de mais de 10 mil produtos, distribuídos em 80 categorias, que já foram contemplados com a certificação e receberam a permissão para o uso do Rótulo Ambiental *Blue Angel* (THE BLUE ANGEL, 2008).

Diante de tais dados, é possível notar o sucesso alcançado por esse programa e, em geral, a crescente consciência ambiental por parte da sociedade alemã. Se esta não comprasse a ideia, conscientizando-se da importância e da necessidade de se reduzir, ao máximo, os desperdícios a fim de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, talvez tal programa não tivesse completado seu trigésimo aniversário com tanto avanço.

O programa ambiental alemão está constituído, em sua base principal, de quatro instituições que participam do processo de concessão do *Blue Angel*: o Ministério de Meio Ambiente, como



titular do rótulo; a Agência Federal do Meio Ambiente, que cria um grupo com profissionais especializados para desenvolver os critérios ambientais; o Instituto Alemão de Qualidade e Certificação, responsável pela certificação; e o Jurado Independente dos Rótulos Ambientais (*Jury Umweltzeichen*), constituído por representantes de todos os grupos sociais, sendo um colégio de especialistas (UMWELT BUNDES AMT, 2004).

Após a criação do colégio de especialistas por parte dos órgãos responsáveis pelo Rótulo Ambiental, tais profissionais recebem a função da elaboração dos critérios básicos a serem seguidos pelos produtos aspirantes à utilização da marca de qualidade ambiental *Blue Angel*. Em linhas gerais, para os refrigeradores, o programa ambiental alemão vem seguindo as especificações exigidas (nos critérios ambientais) pela comissão do Programa de Rotulagem Ambiental *Eco-labelling*, da União Europeia. Isto fica evidente quando são analisados os documentos específicos dos critérios ambientais básicos para os refrigeradores fabricados e/ou comercializados no país. Tais documentos, ao descrever seus critérios, apontam como referência as normas e o programa *Eco-labelling* utilizado pela União Europeia (RAL-UZ75, 2001; GRAULINCH, 2006; THE BLUE ANGEL, 2008 e TOPTEN, 2006).

Consolidando os critérios ambientais do *Blue Angel* para os refrigeradores, estes podem ser sintetizados em quatro macro-categorias de impacto (THE BLUE ANGEL, 2008):

- Proteção do Clima;
- Proteção do Solo;
- Proteção da Água;
- Proteção dos Recursos Naturais.

As macro-categorias buscam atingir os seguintes efeitos: **um ambiente de trabalho mais saudável**. Neste caso, os refrigeradores com o *Blue Angel* cumprem requisitos muito específicos com respeito ao controle da emissão de pó, calor, ruído ou substâncias potencialmente tóxicas ao ser humano durante sua fabricação e uso final (p.ex., emissão de ruído não pode exceder os 75

dB(A)¹¹). Além disso, o refrigerador deve apresentar uma **durabilidade elevada**, e as peças de reposição devem ter uma garantia de fabricação de, pelo menos, doze anos após o produto deixar de ser fabricado. Outro fator exigido é a não **utilização de gases refrigerantes e de agentes de expansão de espumas que afetam a camada de ozônio**, como os gases CFC's banidos desde 2000. A **reciclagem** também é contemplada nos critérios do rótulo alemão, que visa a redução de geração de resíduos oriundos da fabricação dos refrigeradores e a própria reciclagem do refrigerador no fim de sua vida útil. Finalmente, a busca por **menor consumo possível de energia** durante a vida útil do refrigerador (sendo necessário estar acima da Categoria A, ou seja, Categorias A+ ou A++ do selo de eficiência energética).

2.4.2 Rótulo Ambiental - *Green Seal*

Estabelecido em 1989, o *Green Seal* é uma organização independente e sem fins lucrativos que tem como objetivo fixar parâmetros ambientais para produtos, realizar certificação e/ou rotulagem ambiental destes e promover o aumento de conscientização ambiental por parte da população e do setor industrial norte-americano.

O programa "ajuda a identificar a preferência por produtos 'ambientais', encorajando e facilitando aos consumidores a compra destes". Como ocorre com o *Blue Angel*, o *Green Seal* (Figura 2.3) faz uma simplificação¹² da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para o seu parque industrial e consumidor (DUARTE, 1997 e ECOLABEL, 2007).

¹¹ Embora o critério "ruído" utilizado pelo *Blue Angel* seja o mesmo critério utilizado pelo *Ecolabel* da União Europeia (40 dB(A)), o nível de exigência e controle para o rótulo Alemão é menor.

¹² A simplificação do ACV significa que, sem deixar de ser multicriterioso, o *Green Seal* efetua uma Avaliação de Impacto Ambiental (EIE - *Environmental Impact Evaluation*) para cada produto. Segundo Duarte (1997), a análise é direcionada aos parâmetros ambientais mais significativos apresentados pelo produto e pode chegar a cobrir todo o seu ciclo de vida: extração, fabricação, distribuição, uso e fim da vida útil (revalorização como reciclagem e disposição final). Todavia, segundo Bianzin (2002), como a metodologia ACV é uma técnica que possui um custo elevado para o seu planejamento e realização e, ainda por não existir, na época, um consenso de qual metodologia utilizar, o *Green Seal* decidiu usar uma versão abreviada (denominada de ACV simplificada) para cada produto, de forma a enfatizar somente os impactos considerados, de antemão, os mais relevantes. Ser multicriterioso significa que o programa de rotulagem ambiental possui em sua metodologia etapas que utilizam múltiplos critérios de avaliação e de conformidade dos vários atributos exigidos dos produtos analisados.



Figura 2.3 – Rótulo Ambiental *Green Seal*

Fonte: ECOLABEL (2007)

Um recente estudo, publicado em 2009 no site do *Green Seal*, intitulado “Pesquisa Nacional de Compras Verdes”, buscou identificar junto ao público alvo (consumidor final), o grau de reconhecimento e de preferência por produtos ou serviços com certificação e rotulados com a marca *Green Seal*. Os resultados alcançados, que apontaram o grau de aceitação desta marca, apresentaram-se surpreendentes mesmo para os idealizadores (*Green Seal*) do estudo. No geral, a pesquisa apontou que 82% dos entrevistados estão satisfeitos e preferem comprar produtos com a marca, mesmo diante da queda da economia norte-americana e da crise mundial. Dentre tal montante, 21% dos entrevistados afirmaram que a reputação do produto com esta marca é um fator importantíssimo no momento de se fazer a escolha para a compra, seguido pelas afirmações de que: 19% decidiram pelo produto “verde” ao conversar diretamente sobre ele no local da compra; 15% afirmaram fidelidade à marca *Green Seal*; e 9% apontaram que os produtos considerados “verdes” funcionam como influenciadores na hora da compra (GREEN SEAL, 2009). Tais resultados podem apontar uma mudança de comportamento e aumento de conscientização ambiental por parte do consumidor final, que passa a preferir os produtos “verdes”, mais caros, no momento da compra, pois estes realmente possuiriam um valor agregado maior, em lugar de produtos de menores preços, mas com maiores impactos ambientais negativos causados pela sua fabricação, uso e deposição final no fim da vida útil.

Atualmente, o *Green Seal* vem desenvolvendo um programa, “*The Green Seal Laureate Program*”, que visa estimular a participação do setor industrial e de serviços na busca do desenvolvimento e aprimoramento ambiental contínuo dos seus produtos. A ideia do programa é apontar, para o consumidor final e para o próprio setor produtivo, o grau evolutivo técnico-ambiental dos seus parceiros. Isto é feito através de uma rotulagem ambiental gradativa com metas pré-estabelecidas. Tal rotulagem foi desenvolvida em três níveis evolutivos: 1º - o rótulo *Green Seal Laureate Bronze* (Figura 2.4a), concedido a produtos que atingirem o grau mínimo exigido pelo programa; 2º - o rótulo *Green Seal Laureate Silver* (Figura 2.4b), conferido a

produtos que apresentarem um grau de desenvolvimento avançado técnico-ambiental e de inovações tecnológicas para redução de impactos ambientais (mais uma vez, com referências pré-estabelecidas pelo *Green Seal*) e, finalmente, 3º - o rótulo *Green Seal Laureate Golden* (Figura 2.4c), concedido a produtos “Topo de linha” (*Top Tier*), ou seja, os produtos que atingirem os maiores níveis evolutivos do setor dentro dos quesitos técnico-ambiental e de inovação tecnológica para mitigação dos impactos ambientais negativos, exigidos pelo programa (LAUREATE, 2009).



Figura 2.4 – Rótulos Ambientais *Green Seal Laureate*

Fonte: Laureate (2009).

Para o caso específico dos refrigeradores¹³, os critérios gerais exigidos podem ser listados, segundo Green Seal (2009a), como:

- Controle do consumo de energia elétrica do refrigerador através da exigência do selo *Energy Star* (vide Anexo A), o qual representa que o refrigerador é pelo menos 20% (KARNEY, 2008) mais eficiente que o exigido na categoria “A” do selo de eficiência energética *Energy Guide*, Norte-Americano. A categoria “A” do *Energy Guide* é o maior nível de eficiência energética exigido pelo programa de eficiência energética do país;

¹³ Todos os critérios gerais apresentados para os refrigeradores norte-americanos têm relação com os três rótulos ambientais da Figura 2.4 - *Bronze, Silver, Golden*. Para se conhecer os critérios específicos de cada nível do rótulo *Green Seal*, deve-se buscar a referência Green Seal (2009a). Neste estudo visa-se sempre pegar os maiores níveis de exigência dos critérios para facilitar a comparação entre programas de rotulagem ambiental, aqui exemplificados. Isto porque a maioria deles, contando com a própria proposta do trabalho para o Rótulo Ambiental brasileiro, utiliza um único nível de exigência por critério, para a concessão do Rótulo Ambiental.

- O critério seguinte foca nos gases refrigerantes utilizados no sistema de refrigeração dos refrigeradores. O critério exige que os refrigerantes não podem usar como base os gases CFC's, pelo fato destes deteriorarem a camada de ozônio e apresentarem um alto Potencial de Aquecimento Global - PAG (GWP – *Global Warming Potential*). Todavia, o *Green Seal*, como o *Blue Angel*, não aponta de forma clara uma alternativa de gás refrigerante que deva ser utilizado. Não indica também tipos específicos de gases utilizados para expansão da espuma isolante do refrigerador;
- O terceiro critério está relacionado com o custo-benefício, ou seja, devem-se buscar as melhores alternativas de investimento *versus* inovação tecnológica para cumprir os dois primeiros critérios anteriormente apresentados. Desta forma, deve-se atingir um retorno do investimento (*Payback Period*¹⁴) factível à realização da produção do refrigerador. Por exemplo, o *Green Seal* sugere retornos de investimentos entre 3 e 5 anos. Porém, não faz nenhuma alusão ao retorno do investimento pelo lado do consumidor.

2.4.3 Rótulo Ambiental - *European Ecolabel*

Criado em 1992, o Rótulo Ambiental da União Europeia, representado pelo logotipo de uma “Flor” (Figura 2.5), é um sistema de rotulagem único cujo objetivo é “de ajudar os consumidores europeus a escolherem produtos mais ecológicos, mais respeitadores do meio ambiente e de alta qualidade técnico-ambiental” (ECOLABEL, 2007). Este rótulo foi instituído com a resolução EEC nº 880/92, de 23 de março de 1992, e tem como objetivo promover o desenvolvimento (*design*), produção, *marketing* e uso de produtos que tenham um reduzido impacto ambiental em comparação com outros de características e funções similares (durante todo o seu ciclo de vida) e também fornecer aos seus consumidores a garantia de estarem

¹⁴ O *Payback* (recuperação simples de investimento) é o tempo necessário para recuperar, sob forma de entrada de caixa, a quantidade inicialmente investida, geralmente em um bem de ativo (MICHAELIS UOL, 2003), não levando em conta qualquer tipo de juros. Já o *Payback Period* (recuperação diferenciada de investimento) considera a recuperação de investimento como sendo a obtenção da quantia inicialmente investida + a inserção de juros, obtendo-se assim resultados mais precisos (QUEIROZ *et al*, 2003; PALGRAVE, 2004).

recebendo as melhores informações sobre os distintos impactos ambientais de cada produto (ECOLABEL, 2007).



Figura 2.5 – Rótulo Ambiental *European Ecolabel*
Fonte: ECOLABEL (2007).

Nos últimos dez anos, o logotipo da “Flor” tornou-se um símbolo reconhecido na Europa e, mais recentemente, com o advento da globalização e maior facilidade de transmissão de informações via internet, as orientações sobre o produto sob a ótica ambiental (antes apenas passadas aos consumidores europeus) conquistou o reconhecimento da sociedade em escala mundial. Todos os produtos que ostentam o logotipo da “Flor” são controlados por organismos independentes, os quais verificam a sua conformidade com critérios rigorosos que analisam os impactos ambientais (EMERY *et al*, 2007; ECOLABEL, 2007).

O processo de concessão é iniciado no país membro da comunidade europeia em que o produto é fabricado ou comercializado/importado, pela primeira vez, de um país não-membro. A concessão feita por um país membro valerá para todos os outros países da comunidade. As autoridades competentes se encarregarão de que o produto se ajuste aos critérios ambientais exigidos pelo rótulo e decidirão sobre a concessão deste (EMERY *et al*, 2007; ECOLABEL, 2007). Vale relembrar que toda participação em programas de rotulagem ambiental possui caráter voluntário. Entretanto, uma vez que decide participar, o fabricante deve cumprir com todas as exigências de conformidade ambiental, ficando descaracterizada, então, qualquer indagação de protecionismo do mercado interno.

Assim sendo, as características mais relevantes apresentadas pelo Rótulo Ambiental da União Europeia são (IDEPA, 2006; EMREY *et al*, 2007):

- **Seletividade** – concedido somente aos produtos com menor impacto ambiental;

- **Transparência** – os critérios ambientais são elaborados e desenvolvidos com sugestões de interessados (representantes dos governos, organizações e associações da indústria, do comércio, dos consumidores e ambientalistas), e o rótulo é concedido por um organismo independente;
- **Possuir uma dimensão Europeia** – o rótulo ambiental, uma vez outorgado, valerá em todos os países da União Europeia;
- **Voluntariedade** – a obtenção de um rótulo ambiental é de caráter voluntário, a fim de não constituir uma barreira ao livre comércio;
- **Avaliação do Ciclo de Vida** – os critérios que devem cumprir os diferentes grupos de produtos, assim como os distintos métodos de ensaio para sua verificação, são definidos na correspondente decisão em nível comunitário ou normas da União Europeia de critérios ambientais. Seguindo um enfoque que vai “*do Berço ao Túmulo*” (todo o ciclo de vida do produto), abrange: o uso de energia e recursos naturais; as emissões de poluentes no ar, água e solo; os resíduos e seu reaproveitamento ou eliminação acompanhada; o ruído e os impactos nos ecossistemas;
- **Verificação e Controle** – os produtos que levam a marca são submetidos a um acompanhamento periódico por parte do órgão certificador para verificar se ainda mantêm as condições que possibilitaram a concessão da licença de uso do rótulo ambiental;
- **Compatibilidade** – o rótulo europeu é compatível com outros sistemas nacionais de rotulagem ambiental;
- **Solicitação do Rótulo Ambiental** – o rótulo é solicitado e gerenciado através de organizações credenciadas em cada um dos Estados membros da União Europeia; contudo, os critérios para conceder ou não o rótulo a um produto são os mesmos aplicados em todos os países da UE;
- **Credibilidade** – os critérios para outorgar o rótulo ambiental são definidos com base em análises científicas dos impactos do produto em todo o seu ciclo de vida. O rótulo ambiental dispõe do apoio de um amplo setor constituído de líderes empresariais europeus, ambientalistas (Agência Europeia de Meio Ambiente) e das organizações de

proteção aos consumidores. O rótulo é respaldado também pelas autoridades públicas, como a Comissão Europeia e por todos os governos dos Estados membros da UE e da Área Econômica Europeia (AEE);

- **Visibilidade** – O foco é a simplificação para os consumidores, quando da utilização das informações contidas no Rótulo Ambiental, no momento da escolha do produto a ser comprado. Isto porque o rótulo aparece em todos os produtos cobertos pelo programa, fazendo com que a escolha do consumidor seja mais simples e rápida. Aumenta o valor agregado do produto na visão do mercado europeu. O rótulo ambiental cobre diversas categorias de produtos, com o objetivo de aumentar sua visibilidade e aplicabilidade. A Figura 2.6 ilustra alguns dos vários produtos cobertos pelo Programa de Rotulagem Ambiental europeu (rótulo *Ecolabel*);

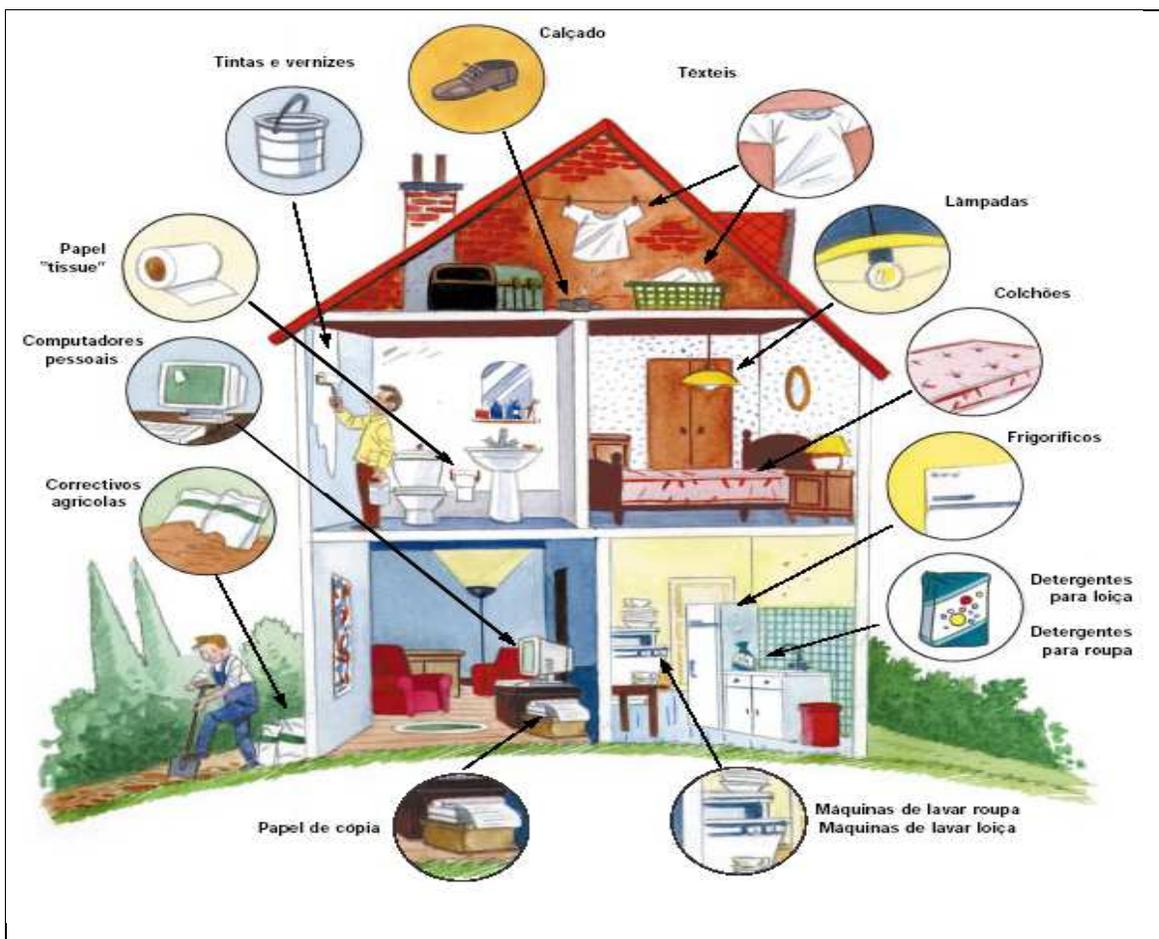


Figura 2.6 – Ilustração dos Produtos com Rótulo *Ecolabel* na Residência dos Consumidores Europeus
Fonte: Queiroz and Garcia (2007)

Em resumo, o Rótulo Ambiental *Ecolabel* (ou a “*Flor*”, no popular) da União Europeia diferencia com confiabilidade os produtos que satisfazem elevados padrões tanto de consumo de energia elétrica quanto de qualidade ambiental, facilitando aos consumidores a conscientização da necessidade de conservação da natureza (ECOLABEL, 2009).

Para o caso específico dos refrigeradores, os critérios exigidos pelo Ecolabel (2009) são:

- **Limitação de Substâncias Nocivas ao Ambiente e à Saúde Humana:** visa controlar a utilização de substâncias no momento da fabricação do refrigerador. Pelo fato de existir um grande número de substâncias e efeitos por elas causados, deve-se buscar a *Directiva 67/548/CEE* para consulta de mais detalhes;
- **Economia de Energia:** refere à eficiência energética apresentada pelo refrigerador. Assim, o este precisa se encontrar obrigatoriamente na Categoria A₊ ou voluntariamente na A₊₊ do selo de eficiência energética da União Europeia, segundo a definição da *Diretiva 94/2/EC* e sua revisão, a *Diretiva 2003/66/EC*. As Categorias de eficiência energética A₊ e A₊₊ representam um ganho aproximado de 24% e 45%, respectivamente, em comparação com os refrigeradores encontrados na Categoria “A” do mesmo selo (GREENLABELSPURCHASE, 2006). Normalmente, a maior categoria de eficiência energética exigida por um programa de eficiência é a Categoria “A” (*Vide Anexo A*). O programa de eficiência energética da UE não foi diferente. Contudo, com a evolução da tecnologia de refrigeradores, decidiu-se criar, para tal programa, mais duas categorias de eficiência A₊₂₄ e A₊₊₄₅ (Figura 2.7), que podem ser interpretadas como a aplicação do conceito de melhoria continuada do produto.

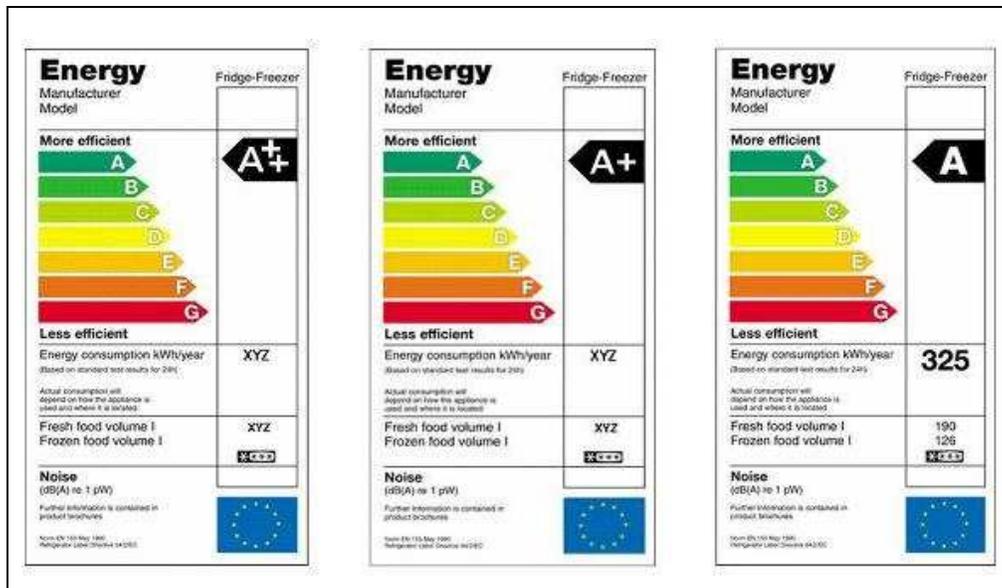


Figura 2.7 – Ilustração das Categorias A, A+ e A++ no Selo de Eficiência Energética para Refrigeradores e Freezers da União Europeia
 Fonte: Serven Wye (2009)

- **Controle de Ruído:** visa identificar e apresentar a informação do nível de ruído do refrigerador de forma clara ao consumidor final. Para que o refrigerador seja aprovado neste critério, o mesmo não deve ultrapassar 40 dB (≤ 40 decibéis) de ruído. A exigência pelo controle de ruído é uma marca do Rótulo Ambiental da União Europeia, dos seus associados e do *Blue Angel* da Alemanha. Porém, o grau de exigência da UE (≤ 40 dB) é muito superior ao aplicado pelo *Blue Angel* (≤ 75 dB), como apontado anteriormente. Vale ressaltar que o *Green Seal*, EUA, não faz nenhuma alusão a tal critério no seu Programa de Rotulagem Ambiental.
- **Concepção Ambiental para Facilitar a Reciclagem:** exige dos fabricantes que os refrigeradores tenham características como: facilidade para desmontagem do aparelho (fator que deve ser considerado desde a sua concepção); deve ser desenvolvido e fornecido um relatório de desmontagem; marcação permanente de componentes plásticos com massa superior a 50g; indicação clara dos tipos de fluidos refrigerantes e de agentes de expansão de espumas para facilitar a sua eventual revalorização ou tratamento e disposição final futura.

A consideração de tais fluidos é tão importante para a conservação do meio ambiente, transformando estes em critério ambiental específico, como pode ser visto a seguir:

- **Redução dos Danos Ambientais com Substâncias com Potencial de Destruição do Ozônio (PDO) e com Potencial de Aquecimento Global (PAG ou, em inglês, GWP):** estes critérios ambientais são direcionados aos gases refrigerantes e aos gases de expansão de espumas contidos nos refrigeradores. Sendo assim, os refrigeradores devem usar gases que possuem $PDO = 0$ e $PAG \leq 15$ (equivalentes de CO_2 em 100 anos). O *Green Seal* não analisa o gás de expansão de espumas; ele somente considera os impactos causados pelos gases refrigerantes usados no refrigerador;
- **Planejamento de uma Política de Redução dos Resíduos no Fim da Vida Útil do Refrigerador:** os fabricantes, junto com o governo, devem desenvolver uma estratégia que possibilite a devolução gratuita do refrigerador antigo para fins de reciclagem (manufatura reversa). Todos os componentes das embalagens devem ser facilmente separáveis à mão para facilitar a reciclagem; e as embalagens em papelão, usadas para proteger o produto no transporte, devem conter pelo menos 80% de material já reciclado e ser 100% de material reciclável;
- **Durabilidade do Refrigerador:** a exigência deste critério está vinculada ao tempo de disponibilidade de peças sobressalentes e de assistência adequada por um período de 12 anos a partir da data de produção.

O programa *Ecolabelling* aponta ainda que, “hoje em dia, os consumidores estão mais conscientes da importância da proteção do ambiente e quatro em cada cinco consumidores europeus gostariam de comprar produtos mais ecológicos, desde que devidamente certificados por um organismo independente” (ECOLABEL, 2009).

Entende-se que, atualmente, o programa mais bem preparado e desenvolvido para aparelhos refrigeradores domésticos é o Programa Ambiental *Ecolabelling* da União Europeia. Seus critérios vêm sendo tomados como base e aplicados por outros programas ambientais ao redor do Mundo, como os programas ambientais *Eco-Mark*, do Japão; *Nordic Ecolabelling Board*, dos Países Nórdicos; *New Zealand Ecolabelling Trust*, da Nova Zelândia, entre outros.

Outra característica apresentada pelo *Ecolabel* é a ótima aplicação das exigências da série de normas ISO 14020 no tocante à apresentação de informações claras sobre os critérios ambientais de um equipamento e ao fácil acesso para o consumidor.

Todavia, sente-se a falta, em todos os programas estudados (e também no *Ecolabelling*), de um critério que busque avaliar o custo-benefício não somente ambiental, mas também social, quando da compra do refrigerador ambientalmente preferível pelo consumidor final, critério este usado, algumas vezes, na definição de padrões de eficiência energética para refrigeradores (CLASP, 2005).

2.4.4 Rótulo Ambiental - Qualidade Ambiental - ABNT

O Programa de Rotulagem Ambiental no Brasil foi desenvolvido com base nas experiências de programas internacionais de rotulagem ambiental. Segundo Barboza (2001), este seguiu o modelo geral proposto pelo projeto das normas ISO 14020 – Declarações e Rótulos Ambientais (*Environmental Labels and Declarations - General Principals*) e ISO 14024 – Manual de Princípios e Procedimentos para a Elaboração dos Rótulos Ambientais – Tipo I (*Guiding Principles and Procedures for Type I Environmental Labeling*).

O programa brasileiro é representado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entidade privada, sem fins lucrativos, fundada em 1940 e reconhecida, tanto nacional quanto internacionalmente, como Fórum Brasileiro de Normalização. É o órgão responsável pela normalização técnica voluntária¹⁵ no País, além de ser, em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (INMETRO), o organismo de certificação responsável pela Certificação de Sistemas de Qualidade (ISO série 9000), Sistemas de Gestão Ambiental (ISO série 14000) e de diversos produtos e serviços, qualidade e meio ambiente (ABNT, 2005).

A ABNT ainda representa, no Brasil, organismos internacionais como a *International Organization for Standardization* – ISO; a *International Electrotechnical Commission* – IEC; a

¹⁵ Embora seja um órgão responsável pela normalização técnica voluntária, a mesma possui peso jurídico uma vez que é citada no código de defesa do consumidor.

Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas – COPANT; o *Global Ecolabelling Network* – GEN; e a Associação MERCOSUL de Normalização – AMN (ABNT, 2005).

Iniciado em 1993, o Programa de Rotulagem Ambiental brasileiro é voluntário e baseado em múltiplos critérios (seguindo os preceitos básicos dos programas de rotulagem ambiental). A missão do programa ABNT - Qualidade Ambiental é de “promover responsabilidade ambiental e a redução dos impactos negativos relacionados a produtos e serviços” (ABNT, 2005). Tal meta seria atingida pelo crescimento da conscientização por parte dos fabricantes, dos consumidores e das organizações públicas, observando as vantagens da adoção de produtos menos nocivos ao meio ambiente.

Por meio de seu programa de certificação e rotulagem ambiental, a ABNT (2005) espera:

- Certificar produtos que demonstrem maior qualidade técnico-ambiental;
- Promover a garantia de suprimento de tais produtos para o uso do consumidor;
- Expandir o programa para os vários setores da economia brasileira;
- Torná-lo conhecido tanto nacional quanto internacionalmente;
- Alcançar sustentabilidade financeira do programa.

Em 1995 foi criado o primeiro Comitê Técnico de Certificação (CTC) Ambiental de Produtos da ABNT. O trabalho inicial estava voltado para o desenvolvimento de normas em duas categorias - produtos de couro para calçados e produtos florestais (BIAZIN, 2002). Porém, foram escolhidas pela ABNT outras categorias que seriam futuramente rotuladas como:

- Eletrodomésticos (da qual faz parte o refrigerador de 1 porta, foco do estudo desta Tese);
- Aerossóis sem CFC;
- Baterias Automotivas;
- Detergentes;

- Lâmpadas;
- Móveis de Madeira;
- Embalagens e Cosméticos;
- Produtos de Higiene Pessoal, completando um total de 10 categorias pré-estabelecidas para o Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental.

A metodologia adotada pela ABNT é baseada no conceito de Ciclo de Vida (CV) e considera as seguintes etapas para identificação, verificação e controle: extração e processamento de matéria-prima, fabricação, transporte e distribuição, usos do produto, reutilização, manutenção, reciclagem e disposição final. Contudo, para Corrêa (1998) “... os elevados custos para realização da ACV completa” poderiam levar a ABNT a utilizar-se de um “... enfoque mais pragmático...” quando da realização de uma pré-seleção dos que poderiam ser os “... impactos mais importantes, em cada fase, para reduzir os estudos necessários a uma dimensão exequível e menos onerosa”. Esta conduta não seria isolada ou de exclusividade do órgão certificador brasileiro visto que tais táticas também são utilizadas pelos órgãos responsáveis por programas de rotulagem ambiental nos Estados Unidos e União Europeia.

Uma vez tendo o Rótulo Ambiental de determinada categoria de produto, os passos junto à ABNT que os interessados em adquirir a licença de uso do Rótulo Ambiental brasileiro devem cumprir estão ilustrados na Figura 2.8 – Diagrama Esquemático para a Obtenção e Manutenção da Certificação.

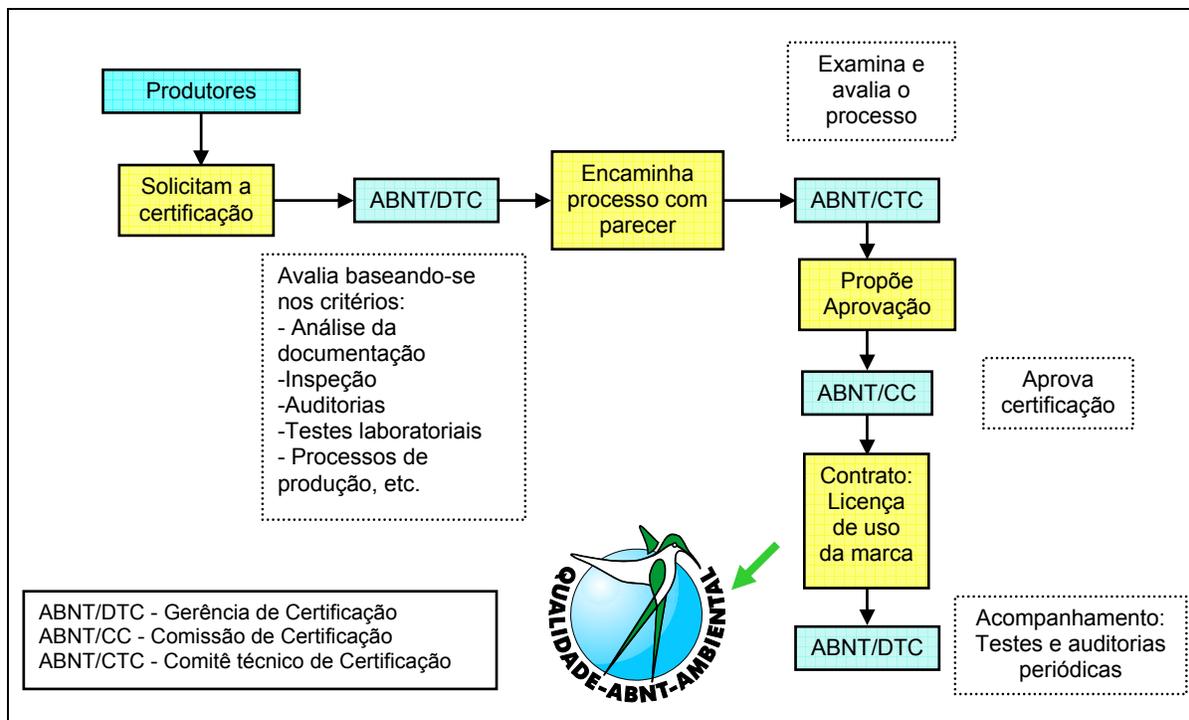


Figura 2.8 – Diagrama Esquemático para a Obtenção e Manutenção da Certificação

Fonte: Cabral (2000)

A análise da Figura 2.8 pode ser feita da seguinte forma: o fabricante faz o requerimento à Gerência de Certificação (DTC) da ABNT para obtenção do Rótulo Ambiental. É necessário também enviar documentos do produto como, por exemplo, dos testes de laboratórios, das auditorias, das inspeções, dos processos de produção e outros. A Gerência de Certificação, após analisar todos os documentos, abre o processo e o encaminha, junto com um parecer, ao Comitê Técnico de Certificação (CTC), que irá analisá-lo. O CTC tem a função de propor, ou não, a aprovação do requerimento. Se o CTC aprova o requerimento, a Comissão de Certificação (CC) se encarrega do seguinte passo: aprovar a certificação e fornecer o contrato e a licença de uso do Rótulo Ambiental. Por fim, o acompanhamento, testes e auditorias periódicas são de responsabilidade da Gerência de Certificação (DTC).

Um dos fatores apontados pela ISO para referência geral no desenvolvimento dos rótulos ambientais é quanto à sua facilidade de identificação e visualização junto ao produto por parte do consumidor final (*vide* Anexo B). Pensando nisso, a ABNT escolheu como logomarca para o Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental o “Colibri”, popularmente conhecido como “Beija-Flor” (Figura 2.9). Deste modo, a ABNT vislumbra que a logomarca “Colibri” se torne, para o sentimento do consumidor, uma forma de garantia de que o produto está em conformidade com

critérios ambientais de excelência estabelecidos para uma determinada categoria. Portanto, auxilia o consumidor a identificar os produtos com menor impacto ambiental em relação a outros disponíveis no mercado (ABNT, 2005).



Figura 2.9 – Rótulo Qualidade Ambiental - ABNT
Fonte: ABNT (2005)

No Brasil, o rótulo Qualidade Ambiental – ABNT está vigorando apenas para o manejo florestal sustentável (Figura 2.10), devido às madeiras brasileiras exportadas.

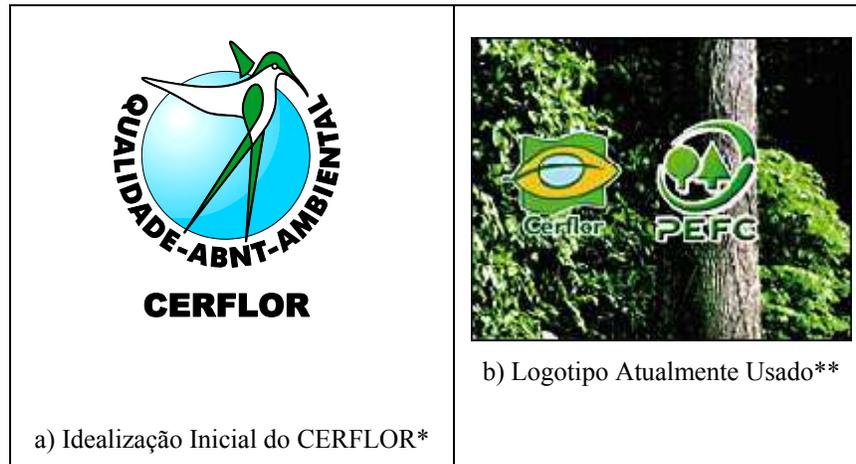


Figura 2.10 – Rótulo Qualidade Ambiental - ABNT/CERFLOR
Fonte: *ABNT (2005); **INMETRO (2009).

O CERFLOR é o rótulo (certificado) concedido atualmente pelo INMETRO¹⁶ a uma unidade de manejo florestal que segue os princípios, critérios e indicadores de sustentabilidade florestal ABNT (INMETRO, 2009). Com este certificado, o produtor florestal dá garantias ao

¹⁶ Todavia, a ABNT é o organismo responsável pelo processo de elaboração e revisão das normas do Programa CERFLOR. A composição da Subcomissão Técnica de Certificação Florestal é dividida em categorias: representantes do governo (órgãos regulamentadores da área ambiental e florestal, dos trabalhadores, da indústria e comércio e das relações exteriores), do setor produtivo (da área de silvicultura, de celulose e papel, de madeira sólida, de carvão vegetal), de consumidores (da sociedade civil organizada, de organizações não-governamentais ambientais e sociais, entre outras) e de entidades neutras (de órgãos de pesquisa e academia, de entidade de normalização, de trabalhadores) (INMETRO, 2009).

consumidor de que a madeira origina-se das técnicas de reflorestamento sustentável¹⁷. Outro exemplo de certificação e uso da licença do Rótulo Ambiental CERFLOR (NBR 14789) pode ser encontrado nas embalagens do papel *Chamex*, da *International Paper Brasil* - Figura 2.11 (INTERNATIONAL PAPER, 2009).



Figura 2.11 – Rótulo Qualidade Ambiental (CERFLOR) para Florestas Plantadas e Renováveis
Fonte: International Paper (2009)

O Brasil vinha em um bom ritmo de desenvolvimento e divulgação da rotulagem ambiental. Uma prova disso é que, de maio de 2000 a outubro de 2001, foram realizados no País cinco seminários (Tabela 2.1) para divulgar experiências de rotulagem ambiental. Tais eventos foram promovidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), através de sua Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável (SDS), em parceria com as entidades MMA/SDS, FIESP/CIESP, FIRJAN, FIEMG, CIEAM e FIERGS e com o apoio da ABNT, Jornal Gazeta Mercantil, INMETRO, IBAMA - AM, DFA - AM, IPA - AM, SEBRAE - AM, CREA - AM, FIEAM e SEA. Entretanto, infelizmente, esses seminários, desde o último realizado em 2001, não tiveram sequência. Os motivos da paralisação desses eventos não ficaram claros, não sendo possível identificá-los.

¹⁷ As normas que devem ser consultadas para conhecimento dos critérios e indicadores exigidos na concessão do CERFLOR são: ABNT NBR 14789 - Manejo Florestal – Princípios, Critérios e Indicadores para Florestas Plantadas; ABNT NBR 15789 - Manejo Florestal – Princípios, Critérios e Indicadores para Florestas Nativas.

Tabela 2.1 – Quadro Informativo Sinótico dos Seminários de Rotulagem Ambiental Realizados no Brasil

Seminários	Local	Objetivos Gerais
I Seminário 10/05/2000	FIESP São Paulo	<ul style="list-style-type: none">• Divulgar programas bem sucedidos;• Coletar Subsídios para o processo de discussão, visando a implantação do Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental.
II Seminário 23/11/2000	FIRJAN Rio de Janeiro	<ul style="list-style-type: none">• Dar continuidade às discussões e divulgação de experiências com a rotulagem;• Divulgação de experiências com a aplicação do conceito de ciclo de vida;• Coletar subsídios para criação e implantação do Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental.
III Seminário 23/05/2001	FIENG Belo Horizonte	<ul style="list-style-type: none">• Dar continuidade às discussões e divulgação de experiências com a rotulagem;• Divulgação de experiências com a aplicação do conceito de ciclo de vida;• Apresentar o “Documento Base” para o processo de criação e implantação do Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental.
IV Seminário 27/09/2001	SENAI Manaus	<ul style="list-style-type: none">• Dar continuidade às discussões e divulgação de experiências com a rotulagem;• Divulgação de experiências com a aplicação do Conceito de ciclo de vida;• Apresentar o “Documento Base” para o processo de criação e implantação do Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental.
V Seminário 19/10/2001	FIERGS Porto Alegre	<ul style="list-style-type: none">• Dar continuidade às discussões e divulgação de experiências com a rotulagem;• Divulgação de experiências com a aplicação do conceito de ciclo de vida;• Difundir a ideia de “ambientalmente correto”;• Apresentar a base para o processo de criação e implantação do Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental.

Fonte: Elaboração própria baseada em Barboza (2001) e Seminários (I e II, 2000; III, IV e V, 2001).

Os seminários com foco geral de disseminação do Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro foram paralisados. Contudo, segundo o INMETRO (2009), reuniões direcionadas somente ao CERFLOR de Manejo Florestal vêm sendo realizadas desde 2001 até os dias atuais, com grandes avanços de estudos para o Setor Florestal. Em 2004, o CERFLOR - Programa Brasileiro de Certificação Florestal recebeu o reconhecimento internacional de excelência do Conselho PEFC - *Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes*.

Acredita-se que a continuação de eventos, como os seminários com foco geral e dos estudos direcionados apresentados anteriormente, é uma ótima iniciativa que ajuda na disseminação dos conhecimentos sobre rótulos ambientais e no aumento da consciência ambiental por parte do governo, fabricantes e consumidores. Estas iniciativas não devem

desaparecer. Ademais, pensa-se que a máxima divulgação dos conceitos, princípios e objetivos dos programas de rotulagem ambiental é de vital importância para se atingir um considerável nível de sucesso e/ou disseminação dos conceitos de sustentabilidade, além de contribuir para a melhoria contínua com foco no desenvolvimento sustentável.

2.5 Normas Internacionais de Rotulagem Ambiental

As ideias apresentadas na metodologia desenvolvida nesta Tese estão embasadas nos estudos de referências internacionais e nacionais descritos anteriormente e que originaram critérios e normas específicas para a implantação de programas de rotulagem ambiental de várias categorias de produtos e serviços oferecidos ao redor do Mundo.

Segundo a ABNT NBR ISO 14024 (2004), a seleção de critérios ambientais para o produto se dá com a estrutura e os procedimentos definidos em norma, objetivando proporcionar uniformidade e simultaneidade nas decisões sobre os critérios finais. Os critérios são resultantes do processo de consulta entre o órgão responsável por desenvolver o Programa de Rotulagem Ambiental e as partes interessadas (fabricantes, consumidores, atacadistas, varejistas, entre outros), executado através de acompanhamento direto ou em consultas públicas. Os critérios devem ser selecionados respeitando os nove princípios gerais (*vide* Anexo B) definidos na Norma ABNT NBR ISO 14020 (2002).

A matriz da Tabela 2.2 é um modelo da aplicação do método de seleção dos critérios ambientais e foi criada para auxiliar os órgãos responsáveis (como a ABNT) por fomentar a rotulagem ambiental no País.

O método consiste em conectar os estágios do ciclo de vida do produto aos principais indicadores ambientais (entradas/saídas) sugeridos inicialmente ou identificados no decorrer dos estudos. Assim, a Tabela 2.2 faz o cruzamento das várias informações coletadas do produto segundo seus indicadores ambientais, com o intuito de evidenciar qual etapa do ciclo de vida deste é mais significativa quando da mensuração de impactos ambientais significativos (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

Tabela 2.2 – Matriz Usual de Seleção de Critérios Ambientais de Produto

Estágio do Ciclo de Vida	Indicadores Ambientais (Entradas/Saídas)				
	Energia	Recursos	Emissões ¹⁸		Outros
	Renovável/não-Renovável	Renovável/não-Renovável	Água	Ar	Solo
Extração de Recursos					
Produção					
Distribuição					
Uso					
Disposição Final					

Fonte: ABNT NBR ISO 14024 (2004).

Contudo, na maioria das vezes, o exercício de mensuração dos impactos ambientais não é simples. Isto devido ao fato destes geralmente apresentarem caráter subjetivo, o que dificulta bastante quando o tomador de decisão não utiliza ferramentas e/ou métodos específicos para tratamento de subjetividade de dados. De acordo com a ABNT NBR ISO 14024 (2004), a utilização de métodos como a análise de risco pode fornecer informações úteis na identificação dos critérios ambientais que devem ser incluídos ou excluídos.

No desenvolvimento de critérios ambientais de Produtos, o processo de definição destes deve levar em conta as várias visões locais, regionais e globais, as diferentes tecnologias existentes e os aspectos econômicos envolvidos (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

Como a norma ABNT NBR ISO 14024 (2004) considera possível a aplicação de fatores de ponderação¹⁹ aos requisitos ambientais selecionados, torna-se imprescindível a determinação de valores numéricos (p.ex., faixas de valores e variabilidade de dados) para cada critério. Diante disso, o órgão responsável pela elaboração e concessão do Rótulo Ambiental deve determinar os critérios que mais precisamente reflitam os aspectos ambientais selecionados. Com os critérios ambientais já determinados, o próximo passo é a atribuição de valores numéricos. Tais valores podem assumir a forma de valores mínimos ou máximos (níveis cujo limiar não pode ser

¹⁸ Os parâmetros de emissão (ligados às categorias de impacto ambiental) estão agrupados por “substâncias envolvidas” e, geralmente, são mais de um indicador por parâmetro. Por exemplo, um parâmetro ambiental como o “CO₂ equivalente” (ligado à categoria de impacto ambiental Mudanças Climáticas, devido ao efeito estufa) pode ser obtido através de diversos indicadores individuais como emissão de CO₂, CH₄, CFC’s, HCFC’s, HFC’s, NO_x e outros (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

¹⁹ Os motivos para o uso de cada fator de ponderação devem ser claramente justificados e explicitados (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

superado como, por exemplo, os padrões mínimos de eficiência energética, índices de emissões máximas de gases de efeito estufa, entre outros), um sistema de pontos de escala (p.ex., como representados nos selos comparativos de eficiência energética, tanto os de escala contínua quanto os de classificação por categorias e outros) ou de outros métodos relevantes e adequados.

Um dos fatores necessários para a concessão dos rótulos ambientais é o estudo e aplicação da ACV²⁰ do produto, com o objetivo de “reduzir os impactos ambientais e não meramente transferir os impactos de um meio para outro ou de um estágio do ciclo de vida do produto para outro” ao se criar critérios ambientais referentes a cada categoria de produto (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

Nas situações em que a Análise do Ciclo de Vida tenha limitações para sua aplicação, existem ferramentas e/ou métodos que ao utilizarem os conceitos da ACV podem, em complementaridade, auxiliar os tomadores de decisão na identificação de aspectos e critérios ambientais para uma categoria de produto. Tais ferramentas e/ou métodos são as mesmas consideradas em uma boa prática de gestão ambiental como, por exemplo, a Avaliação de Desempenho Ambiental, a Auditoria Ambiental, a Avaliação de Impacto Ambiental e a Análise de Risco (ISO 14040, 2006). Esta última é o método escolhido neste estudo de Tese para trabalhar em complementaridade com os conceitos de ACV, a fim de auxiliar na identificação, classificação e seleção dos refrigeradores de 1 porta fabricados e/ou comercializados no Brasil.

²⁰ “Do berço ao túmulo”, de acordo com a Norma ISO 14040, de 2006, a ACV busca investigar todos os impactos ambientais e selecionar os mais significativos ao longo de todas as etapas da vida de um produto, ou seja, considerando os estudos desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, distribuição, uso e disposição final. Considera ainda que todas as categorias gerais de impactos ambientais significativos devem considerar imprescindivelmente o uso de recursos naturais, a saúde humana e as consequências ecológicas.

Outro conceito utilizado para auxiliar na montagem da metodologia é o Princípio de Pareto ou Princípio 80/20. Deste modo, a metodologia proposta nesta Tese para o Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro está descrita no Capítulo 3.

Capítulo 3

Descrição da Metodologia Proposta: Parte 1 – Concessão do Rótulo Ambiental Brasileiro e Parte 2 – Ganhos Globais

“Teve uma ideia, tão original e tão esquematizada em máxima sentenciosa, que se tornou um lugar-comum e perdeu a originalidade. Mesmo para quem a criou”.
Vergílio António Ferreira (1919-1996)
Escritor, Ensaísta e Professor Português

A metodologia aqui desenvolvida é dividida em duas partes. A 1ª Parte – Concessão do Rótulo Ambiental, que usa conceitos como análise de risco e princípio de Pareto em complemento aos conceitos de ciclo de vida do produto, está focada na identificação, classificação e seleção dos refrigeradores de 1 porta comercializados no mercado brasileiro. A 2ª Parte – Ganhos Globais abrange o objetivo secundário da Tese, que é o desenvolvimento de uma sequência lógica de cálculo para avaliar e estimar os ganhos técnicos, socioeconômicos e ambientais, com uma possível substituição do parque de refrigeradores antigos encontrados no Brasil. Tal avaliação e estimativa são defendidas a partir da tomada de uma fotografia dos atuais modelos de refrigeradores que receberiam o Rótulo Ambiental Brasileiro. Os resultados encontrados com a análise de risco e o princípio de Pareto, em conjunto com informações de engenharia econômica do produto e de caráter socioambiental do setor de refrigeradores, podem auxiliar os tomadores de decisão do Programa de Rotulagem Ambiental na concessão ou negação da licença de uso do rótulo ambiental brasileiro quando da identificação, classificação e seleção destes produtos.

3.1 Representação Geral da Metodologia de Rotulagem Ambiental Proposta

A Figura 3.1 ilustra o fluxograma esquemático da metodologia de rotulagem ambiental proposta por este estudo de Tese.

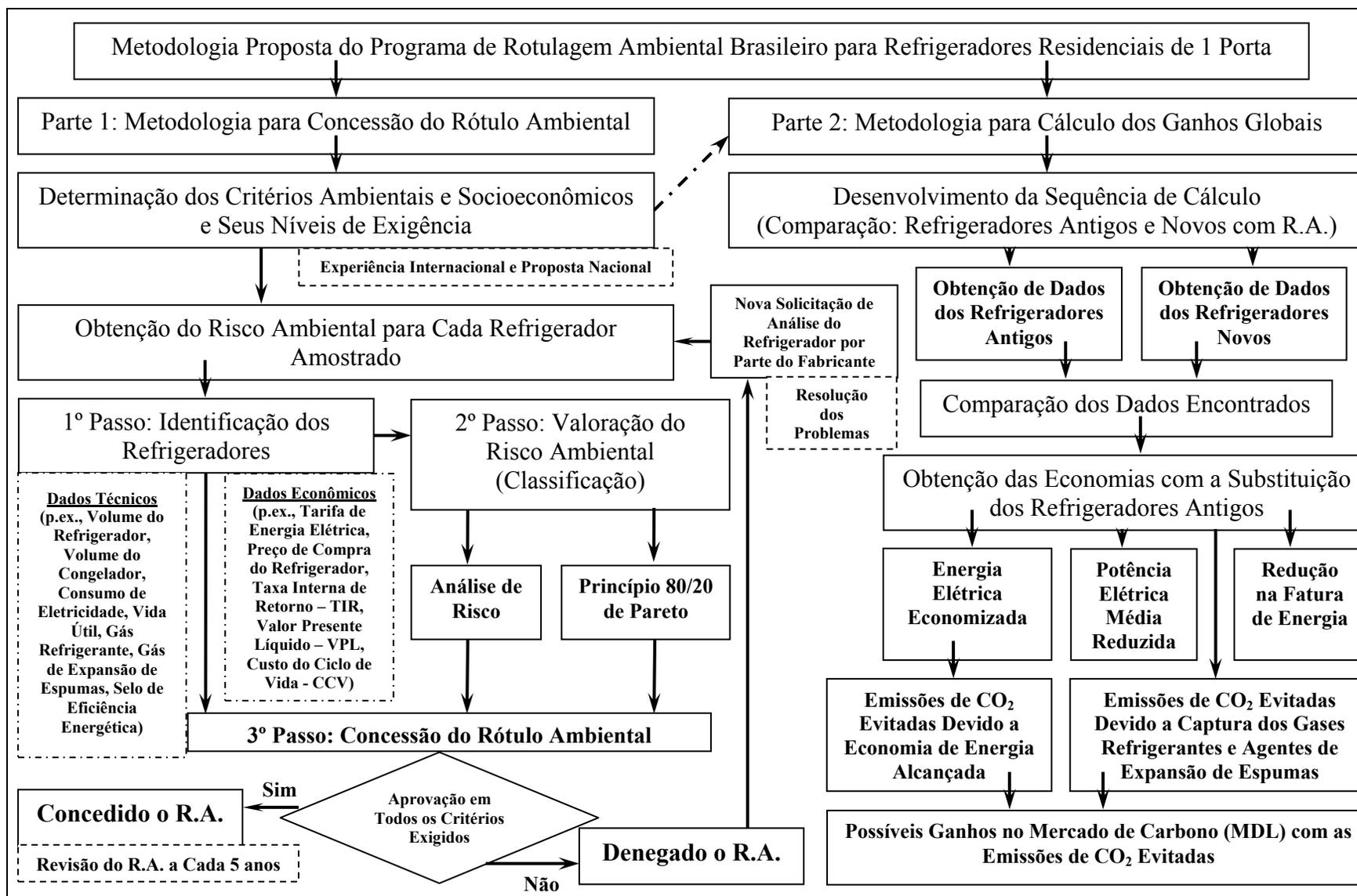


Figura 3.1 – Fluxograma Esquemático da Metodologia de Rotulagem Ambiental Proposta por Este Estudo de Tese

3.2 Critérios Ambientais

O 1º Passo Técnico da Metodologia (Figura 3.1) é a definição dos critérios ambientais. Neste estudo considerou-se que os conceitos básicos contidos nas normas de rotulagem e declarações ambientais já estão bem fundamentados em programas como o *Ecolabelling*, Programa de Rotulagem Ambiental da União Europeia, e o *Green Seal*, Programa de Rotulagem Ambiental dos Estados Unidos. Deste modo, assume-se que a metodologia parte do princípio de se analisar criticamente e utilizar critérios ambientais já experimentados por estes bons exemplos internacionais de programas de rotulagem ambiental, ou seja, utilizar “Critérios Ambientais” com análise crítica para adaptação ao caso brasileiro.

Segundo o ECOLABEL (2009), em consonância ao Regulamento 2000/40/CE (2000) da União Europeia, que especifica os fatores ambientais exigidos dos produtos aspirantes à utilização do Rótulo Ambiental *Ecolabel*, são 5 os critérios principais: 1º - Economia de energia, através de um índice de eficiência estabelecido quando da exigência da categoria pelo refrigerador na análise do selo de eficiência energética; 2º - Redução da destruição da camada de ozônio pelos gases refrigerantes e agentes de expansão de espumas; 3º - Redução do potencial de aquecimento global de gases refrigerantes e agentes de expansão de espumas; 4º - Coleta e reciclagem do refrigerador antigo e 5º - O nível de ruído apresentado pelo refrigerador.

Para este estudo, não seria possível trabalhar com os critérios 4º e 5º por falta de informações verificáveis no País; porém, são considerados de extrema importância socioeconômica e ambiental, sendo necessária a elaboração de futuros estudos com os temas. Dessa forma, para aplicação e análise do comportamento da metodologia aqui proposta, assumem-se os critérios economia de energia, gases refrigerantes (*Ecolabel* e *Green Seal*) e gases de expansão de espumas (*Ecolabel*). Além disso, inclui-se mais um critério - o custo do ciclo de vida do produto (CCV), que oferece um foco socioeconômico para o rótulo ambiental brasileiro.

Os programas de rotulagem ambiental ao redor do mundo não fazem nenhuma alusão ao retorno do investimento pelo lado do consumidor. O que foi encontrado em um dos programas, o *Green Seal*, é o cálculo do período de retorno no investimento (*Payback Period*) feito por parte do fabricante, como descrito anteriormente na seção 2.4.2. Entende-se que tal critério tem um

importante apelo social, pois não adianta em nada o refrigerador conter tecnologias que minimizem ao máximo os impactos ambientais negativos se a população não tiver condições para adquiri-lo. Como a maior parte da população brasileira ainda apresenta baixo poder aquisitivo, tornou-se grande a motivação para a inserção do CCV, considerado como uma das contribuições deste trabalho de Tese.

Feito isso, os critérios ambientais selecionados para identificar, classificar e selecionar os refrigeradores, segundo o modelo de análise de risco desenvolvido, são classificados como segue:

- 1) **Selo Comparativo de Eficiência Energética - SEE (Critério 1):** este critério pode ser quantificado por ser passível de identificação quando da comparação da categoria de Eficiência Energética (selo comparativo brasileiro) que o refrigerador se encontra (p.ex., os refrigeradores podem se enquadrar desde a Categoria “A” até “E”). Desta forma, a metodologia de Análise de Risco reconhece, na planilha de cálculo, que quanto melhor o refrigerador se apresentar em comparação com as categorias de eficiência energética (Categoria “A” do selo comparativo brasileiro, *vide* Anexo A), menor será seu risco ambiental. Em complemento a este critério, insere-se, além da exigência da Categoria “A” do selo comparativo, a necessidade de que o refrigerador, ambientalmente preferível, deva apresentar uma eficiência superior à estipulada pelo padrão da citada categoria. Tal exigência está em consonância com o aplicado nos programas de rotulagem ambiental *Green Seal* e *Ecolabeling* (*vide* seção 2.4), tidos como exemplo para este estudo. O fator que avalia o grau de eficiência é denominado aqui de **Índice de Capacidade de Refrigeração – ICR**²¹, que é o volume ajustado do refrigerador (em litros) dividido pelo seu consumo de energia elétrica (litros/kWh). Este

²¹ A nomenclatura Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR) foi escolhida para se diferenciar da nomenclatura Índice de Eficiência Energética (IEE), utilizada pelo INMETRO. Dessa forma, evita-se uma possível confusão entre os índices utilizados para comparação de refrigeradores. Ambos são índices que facilitam a distinção da eficiência de refrigeradores. Deste modo, os métodos de cálculo do IEE e do ICR visam encontrar índices que possam diferenciar modelos de refrigeradores. O IEE é calculado através da razão entre o consumo medido pelo refrigerador e o consumo padrão estipulado pelo INMETRO (*vide* Anexo A), classificando a referida categoria do refrigerador. Como não se pôde, neste trabalho, medir o consumo real dos modelos analisados, usou-se o ICR, definido da razão entre o volume ajustado e o consumo de energia elétrica, retirado da tabela do INMETRO (*vide* seção 3.4.1), obtendo a eficiência teórica de cada refrigerador.

fator tem por princípio avaliar cada refrigerador em relação ao seu nível de eficiência, ou seja, o aparelho que apresentar a maior relação entre estes dois itens (dentro de um valor percentual pré-estabelecido, a ser explicado mais adiante) é o preferível ambientalmente por acarretar o melhor desempenho energético e, conseqüentemente, o menor risco ambiental. Dessa maneira, vai-se além da Categoria “A”, pois, neste caso, classifica-se a eficiência dos refrigeradores dentro de uma mesma categoria do selo de eficiência energética.

- 2) **Tipo de Gás Refrigerante – TGR²² (Critério 2º):** este critério possui características subjetivas, na medida em que não estão sendo avaliadas, neste momento, as quantidades específicas²³ utilizadas no refrigerador, mas sim, se o aparelho utiliza esse ou aquele tipo de refrigerante e/ou agentes de expansão. Isto porque se conhece qual tipo de gás refrigerante é utilizado e/ou encontrado nos refrigeradores, os quais podem ser os CFC’s, HFC (R-134a ou CFC *Free*), HCFC’s (R-22) e gás Isobutano (R-600a). Com o conhecimento de qual gás refrigerante é utilizado em cada refrigerador, sabe-se também o tipo de impacto ambiental que este pode causar - gases que destroem a camada de ozônio e contribuem para o efeito estufa; gases que não têm grande impacto destruindo a camada de ozônio, mas contribuem para o efeito estufa e gases que não impactam demasiadamente a camada de ozônio e nem contribuem significativamente para o efeito estufa. Deste modo, é elaborada uma tabela de valoração que pontua cada tipo de gás segundo seu impacto no meio ambiente, ou seja, os gases que mais apresentam impactos adquirem pontuação máxima, sendo o inverso também verdadeiro. Portanto,

²² A nomenclatura Tipo de Gás Refrigerante (TGR) foi escolhida para representar o tipo de gás refrigerante analisado neste trabalho. Entende-se que, quando o gás refrigerante é inserido no sistema de refrigeração de um refrigerador, ele passa a ser denominado tecnicamente como “Fluido Refrigerante”. Isto porque existe uma mudança de estado físico durante o processo de refrigeração, ou seja, hora o fluido refrigerante apresenta-se como gás, hora como líquido.

²³ Serão quantificadas na segunda parte (ganhos globais) da metodologia desenvolvida neste trabalho as possíveis economias obtidas com a utilização do Rótulo Ambiental para refrigeradores produzidos e/ou comercializados no Brasil. Tais economias, quando da hipótese de substituição do parque de refrigeradores antigos no País, podem ser a economia de energia elétrica (kWh/ano), a potência média reduzida com a economia de energia (MW médio) e a redução de emissão de CO₂ (quantificada em toneladas não emitidas e o valor desta em Reais – R\$ no mercado de carbono).

nestes critérios, o refrigerador que apresentar o gás refrigerante com o menor risco é o preferível ambientalmente;

- 3) **Tipo de Gás Agente de Expansão de Espumas – TGAE (Critério 3º):** de forma similar ao 2º critério, este possui características também subjetivas, na medida em que não estão sendo avaliadas, neste momento, as quantidades específicas utilizadas no refrigerador, mas sim, se o aparelho utiliza esse ou aquele tipo de agente de expansão de espumas. Isto porque se conhece qual tipo de gás refrigerante é utilizado e/ou encontrado nos refrigeradores, que podem ser os CFC's, HCFC's (R-141b) e gás Ciclo/Isopentano. Portanto, nestes critérios o refrigerador que apresentar o gás de expansão de espumas com o menor risco é o preferível ambientalmente;
- 4) **Custo do Ciclo de Vida - CCV²⁴ (R\$/kWh) (Critério 4º):** este possui caráter objetivo, avalia o custo para o consumidor, ou seja, o preço pago pelo refrigerador somado ao seu custo operacional (consumo de energia elétrica) durante sua vida útil (trazido ao Valor Presente Líquido – VPL). Deste modo, o refrigerador que apresentar o menor CCV é o aparelho preferível neste critério socioeconômico, já que este alcança o menor risco econômico-ambiental por atingir um índice de economia de energia elétrica elevada.

Além da definição dos critérios ambientais para identificar, classificar e selecionar os melhores refrigeradores com características ambientais, técnicas, econômicas e sociais, são simulados vários casos com diversos graus de exigência aplicados nos programas ambientais citados anteriormente. Tais simulações contribuem para identificar a situação e sensibilidade dos refrigeradores de 1 porta comercializados no Brasil no tocante à evolução destes critérios para níveis de exigência mais elevados.

Portanto, cada critério exigido é pontuado conforme a tabela de risco, desenvolvida segundo os passos apresentados no Anexo C. O refrigerador ou refrigeradores que se encontram, após somatória dos riscos, dentro da menor faixa de valores encontrada pela probabilidade da

²⁴ A nomenclatura Custo do Ciclo de Vida (CCV) se refere ao custo ao longo de todo o ciclo de vida útil assumido para o refrigerador.

análise de risco, estão aptos para o recebimento da licença de uso do Rótulo Ambiental Brasileiro.

3.3 Descrição da Metodologia para Rotulagem Ambiental dos Refrigeradores

Apresentam-se aqui toda a sequência da formulação desenvolvida e hipóteses assumidas perante variáveis de delineamento de faixa de valores, que refletem menores e/ou maiores impactos ambientais (através da valoração do risco) dos refrigeradores hoje utilizados e nos futuros usos com a entrada de novos modelos no mercado brasileiro.

Como dito no início deste capítulo, a metodologia proposta por este estudo é dividida em dois blocos de contribuição: **1ª Parte (objetivo principal)** – Concessão do rótulo ambiental, onde são identificados, classificados (por análise de risco) e selecionados os refrigeradores e concedido o Rótulo Ambiental para os melhores refrigeradores do mercado, segundo critérios ambientais e socioeconômicos; a **2ª Parte (objetivo secundário)** – Cálculo dos ganhos globais, onde é apresentada a metodologia de cálculo das possíveis economias e reduções do efeito estufa, obtidas com a substituição de aparelhos antigos e tecnologicamente de menor qualidade ambiental por refrigeradores com tecnologias atuais e de maior qualidade ambiental dentro dos critérios aqui estipulados.

3.4 1ª Parte da Metodologia Proposta - Dados Necessários dos Refrigeradores Analisados

A sugestão de criação dos critérios²⁵ ambientais e socioeconômicos leva à necessidade da identificação e formação de variáveis de entrada segundo os passos: 1º – Identificação dos Refrigeradores e 2º – Valoração do Risco Ambiental (Classificação) da Figura 3.1. As variáveis devem ser dispostas de tal forma que possam ser utilizadas e traduzidas posteriormente em informações quantitativas, as quais possibilitam encontrar valores representativos de riscos ambientais. Tais valores permitirão classificar os refrigeradores segundo o nível de risco atingido

²⁵ Critérios técnico-ambientais e socioeconômicos abrangem: a eficiência energética + índice de capacidade de refrigeração - ICR, a preocupação com a utilização de produtos que destroem a camada de ozônio e/ou contribuem com o efeito estufa e os custos do ciclo de vida do produto para o consumidor final.

diante das faixas de risco determinadas pela metodologia desenvolvida e amostragem de refrigeradores analisada.

As variáveis de entrada devem fornecer as informações técnicas, ambientais, sociais e econômicas sobre os refrigeradores, que são exigidas para a realização da análise de risco e, conseqüentemente, para a classificação dos refrigeradores produzidos e/ou comercializados no Brasil. Desta forma, para análise dos quatro critérios ambientais, as variáveis de entrada foram formatadas em 14 (quatorze) campos de exigência de informação para cada refrigerador analisado (*vide* Anexo C), que são:

1. Marca (fabricante) do refrigerador;
2. O modelo do refrigerador;
3. Vida útil do refrigerador, em anos;
4. Taxa Interna de Retorno do Investimento – TIR (em %);
5. Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh);
6. Impostos incidentes à tarifa de energia elétrica (em %);
7. Tipo do refrigerador (1 porta);
8. A categoria no selo brasileiro de eficiência energética (A, B, C, D, E);
9. O tipo de gás refrigerante utilizado no seu sistema de refrigeração (Isobutano – R600a, HFC – R134a, HCFC – R22 e CFC);
10. O tipo de agente de expansão de espumas usado (Ciclo/Isopentano e HCFC – R141b);
11. O volume do compartimento de refrigeração (litros);
12. O volume do congelador (litros);
13. O consumo mensal (kWh/mês);
14. O preço (R\$) de venda para o consumidor final.

Definidas as variáveis necessárias para a avaliação dos refrigeradores com a análise de risco, o próximo passo dado, para aplicação da metodologia proposta, é definir os parâmetros de aprovação e reprovação dos aparelhos nos critérios escolhidos para o Rótulo Ambiental

brasileiro. As escolhas dos níveis de exigência são sempre feitas com base nos programas de rotulagem apresentados anteriormente, quando o critério existir, e ajustadas para a realidade brasileira. Seguindo tal lógica de seleção de níveis de exigência, os critérios podem ser apresentados conforme apresentado nas seções a seguir.

3.4.1 Critério 1º - Selo Comparativo de Eficiência Energética (SEE) e Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)

Nesse critério, a exigência está vinculada a melhor Categoria de Eficiência Energética apresentada no selo comparativo brasileiro atrelado ao ICR (aumento de desempenho energético) apresentado pelos melhores refrigeradores. Seguindo o raciocínio dos programas bem sucedidos *Green Seal* (Categoria A_{+20%}) e *Ecolabelling* (A_{+24%} ou A_{++45%}), é assumida a Categoria A do selo de eficiência energética brasileiro como sendo A_{+ganho % no ICR} para o Rótulo Ambiental brasileiro. Isto requer os seguintes passos:

- Considerar uma amostra dos refrigeradores de 1 porta aprovados pelo PROCEL/INMETRO;
- Fazer uma primeira triagem para identificar e selecionar os refrigeradores constantes na Categoria A do SEE;
- Calcular o ICR de cada modelo de refrigerador selecionado;
- Encontrar o ICR médio, mínimo e o máximo da amostra para auxiliar na definição do valor de ICR exigido para o critério. Tal valor de ICR exigido é traduzido em ganho de eficiência quando comparado com o valor do ICR mínimo encontrado na amostra analisada.

O cálculo do ICR é dado por:

$$ICR = \frac{VA}{CEE}$$

3.1

e,

$$VA = V_{ref} + cte * VC$$

onde,

- ICR = Índice de Capacidade de Refrigeração;
- VA = Volume Ajustado (litros);
- CEE = Consumo de Energia Elétrica (kWh/ano);
- Vref = Volume do Refrigerador (em litros);
- cte^{26} = Constante;
- VC = Volume do Congelador (em litros).

À medida que o ICR aumenta, o refrigerador mostra-se menos impactante ao meio ambiente. Isto significa que os aparelhos mais eficientes possuem maior capacidade de refrigeração por unidade de energia elétrica consumida (kWh consumido) e, conseqüentemente, menos necessidade de criação de novas instalações de geração de energia elétrica no País para uma mesma capacidade funcional de refrigeração (p.ex., termelétricas a gás natural, carvão ou óleo combustível, hidrelétrica, entre outros²⁷).

O valor do ganho de eficiência, ou melhoramento do ICR, é definido no capítulo de simulação de implantação da metodologia proposta – parte 1 (Capítulo 4), quando são coletadas todas as variáveis de entrada da amostra dos modelos de refrigeradores de 1 porta fabricados e/ou comercializados no Brasil.

Todavia, o conceito e/ou critério definido para a tomada de decisão final do valor do IRC exigido pelo critério 1º e, conseqüentemente, para dar o primeiro passo em direção à conquista do

²⁶ A constante (cte) é obtida através do tipo do refrigerador ou Freezer: Refrigerador de 1 porta => cte = 1,42; Refrigerador combinado (mais de 1 porta) e Freezer => cte = 1,62. Para mais detalhes, consultar TURIEL (1997).

²⁷ Outras formas de geração de energia podem ser utilizadas diferentemente da emissão de CO₂ na atmosfera e, dependendo da fonte de energia, os impactos negativos no ambiente podem ser avaliados diferentemente da emissão de CO₂ na atmosfera (o indicador ambiental utilizado nesta pesquisa). Por exemplo, as Usinas Nucleares que possuem emissão “Zero” de CO₂ devem ser analisadas utilizando critérios ambientais diferentes como: geração de resíduos radioativos, existência do risco de vazamento de radiação, nível de toxicidade humana e do ecossistema, etc. Contudo, para esta pesquisa não será considerada essa fonte de energia.

direito de usar o Rótulo Ambiental brasileiro, está alicerçado no *Princípio 80/20 (Pareto - vide Anexo D)*. Desta forma, uma vez aceito o princípio 80/20 de Pareto, como usá-lo na determinação do ICR exigido para o critério 1º? Buscando uma resposta, chegou-se à seguinte constatação: é necessário identificar o valor de ICR que aproxime os 20% de esforços/ações para garantir que, aproximadamente, 80% dos refrigeradores aprovados na Categoria “A” do SEE (*vide* seção 4.1.2) apresentem resultados satisfatórios de aprovação do critério para o Rótulo Ambiental. Pensa-se que, através desta definição, assumida para uma primeira rodada de aplicação do Rótulo Ambiental brasileiro, estar-se-ia minimizando uma possível caracterização de proteção do mercado e/ou privilegiando um ou outro fabricante de refrigeradores.

3.4.2 Critério 2º - Tipo de Gases Refrigerantes (TGR)

O nível de exigência do Rótulo Ambiental quanto ao uso de gases refrigerantes nos refrigeradores é baseado na não utilização de gases que destroem a camada de ozônio - PDO (como os gases com CFC's, dentre outros), ou seja, os gases devem apresentar PDO = 0 (zero) para serem aceitos pelo critério 2º.

Outro fator levado em consideração é o potencial de contribuição para o aquecimento global (PAG). Nos programas citados anteriormente, os gases refrigerantes devem apresentar um $PAG \leq 15$ (com base no CO₂ em 100 anos) para serem aprovados. Todavia, como já foi comentado, tais programas não sugerem algum tipo de gás refrigerante preferível. Isto se apresenta lógico pelo fato de existir um grande número de gases refrigerantes.

Para o caso do Brasil, este estudo propõe o uso do gás isobutano (R600a), “**ou gás de similar PAG**”, como exigência máxima desse critério. Esta escolha é feita com base em informações de que tal gás possui baixíssimo PAG (igual a 03), bem inferior ao exigido pelo *Green Seal* e *Eco-label*, e pelo fato deste gás já estar sendo utilizado, em escala industrial, na fabricação de refrigeradores no Brasil. Facilita-se, desta forma, a adaptação de outros fabricantes de refrigeradores no País e mostra-se que é possível/viável o cumprimento de tal exigência para a concessão de um Rótulo Ambiental Brasileiro. Atualmente, cerca de 90% dos refrigeradores fabricados no Brasil usam o gás refrigerante R-134a (HFC), que apresenta um PAG = 1300 (MMA, 2009c, com base no CO₂ em 100 anos), caracterizando um ganho expressivo para o meio ambiente se sofrer substituição pelo isobutano (R600a), ou equivalentes. Outro fator importante é

que o Ministério do Meio Ambiente – MMA pretende eliminar completamente a utilização do R-134a, no Brasil, até 2030 (MMA, 2009d).

3.4.3 Critério 3º - Tipo de Gases Agentes de Expansão de Espumas (TGAE)

De forma similar ao 2º, esse critério deve exigir o uso de TGAE's nos refrigeradores que apresentem $PDO = 0$ e $PAG \leq 15$ (com base no CO_2 em 100 anos) para serem aprovados. Porém, mais uma vez para o caso brasileiro, este estudo propõe a utilização do gás ciclo/isopentano ($PAG = 10$), “**ou outro de Similar PAG**”, como exigência máxima para o critério 3º. A escolha por tal gás é embasada e justificada por três fatores: o 1º é o seu grande potencial de redução na contribuição do aquecimento global, quando comparado com o atual gás agente de expansão mais usado no País, o HCFC (R-141b), que apresenta um $PAG = 700$. O 2º fator está atrelado à viabilidade técnica e econômica atualmente apresentada pelos fabricantes de refrigeradores no Brasil, pois o mercado de refrigeradores nacional conta com um percentual²⁸ de 39% dos refrigeradores atualmente fabricados no País que já utilizam o gás ciclo/isopentano como agente de expansão de espumas. O 3º fator, muito importante, é a base do plano de eliminação do uso no Brasil do HCFC (R-141b) sob coordenação do MMA - 75% em 2010, 90% em 2015, 99,5% em 2020 e 100% em 2030 (MMA, 2007).

Portanto, o fabricante de refrigeradores que aspira se adaptar às exigências do Rótulo Ambiental brasileiro (caráter voluntário) sairá na frente porque estará se preparando para cumprir facilmente as futuras exigências ambientais (sob caráter obrigatório), feitas pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil.

3.4.4 Critério 4º - Custo do Ciclo de Vida (CCV)

Além das contribuições anteriores, as quais buscam adaptar cada critério ambiental para o Brasil e ainda sugerir (demonstrando sob as óticas política, técnica, econômica, social e ambiental) níveis de exigência para uma primeira etapa de implantação do Rótulo Ambiental

²⁸ Percentual retirado da amostragem da tabela do INMETRO (2008) do selo comparativo de eficiência energética.

Brasileiro, apresenta-se o critério 4º que objetiva contribuir sob a ótica socioeconômica para o consumidor final e para o País. Como as motivações para a criação e proposição desse critério já foram mencionadas anteriormente, foca-se agora no método de se chegar ao CCV exigido e na busca da justificativa de tal escolha.

Sendo assim, a forma de se encontrar o CCV de cada refrigerador é baseada na seguinte sequência de cálculos:

$$CCV = P + (CO * FRC) \quad 3.3$$

onde,

$$CO = CEE * TEE \quad 3.4$$

e,

$$FRC = \left(\frac{1}{r}\right) * \left(1 - \left(\frac{1}{(1+r)^n}\right)\right) \quad 3.5$$

onde,

- CCV = Custo do Ciclo de Vida do Refrigerador (R\$);
- P = Preço de Compra do Refrigerador para o Consumidor Final (R\$);
- CO = Custo Operacional (R\$/kWh);
- CEE = Consumo de Energia Elétrica (kWh/ano);
- TEE = Tarifa de Energia Elétrica (R\$/kWh);
- FRC = Fator de Recuperação de Capital;
- r = Taxa de Retorno do Investimento (em %);
- n = Vida Útil do Refrigerador (em anos).

Os resultados encontrados mostram-se menos impactantes, na visão socioeconômica, na medida em que o CCV diminui. Isto significa que os refrigeradores mais eficientes, combinados com seus preços de compra, podem apresentar vantagens de menor CCV para o consumidor final, oriundo do montante de economia de energia atingido ao longo de seu ciclo de vida (para maiores detalhes, *vide* dissertação de mestrado de SILVA Jr., 2005).

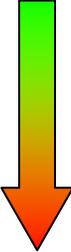
O método utilizado para a definição do percentual de redução do CCV exigido pelo critério 4º é o mesmo adotado para a definição do ICR no critério 1º, ou seja, o Princípio de Pareto (80/20). A motivação para essa escolha é similar a apresentada no critério 1º, a qual visa contribuir dando subsídios, com base em um princípio aceito pela comunidade científica internacional, nas discussões políticas e no momento da tomada de decisão por parte do grupo de decisores técnico-governamentais (*vide* Capítulo 4 e Anexo D).

3.4.5 Valoração do Risco para o Rótulo Ambiental

Após a definição dos níveis de exigência para cada um dos quatro critérios formulados para o estudo da criação do Rótulo Ambiental Brasileiro, deve-se formatar a sequência de valoração do risco apresentado por cada refrigerador analisado, possibilitando sua classificação e seleção no fim do cruzamento das informações e da respectiva análise.

A valoração do risco segue a sequência lógica de cálculo apresentada no Anexo C. Uma hipótese assumida é de a vida útil dos refrigeradores em análise ser igual para que se possa colocar a análise em uma mesma base temporal. Deste modo, assume-se que o valor da variável “tempo de exposição” é igual para todos os refrigeradores em todos os critérios e subcategorias dos mesmos. Tal valor é baseado na afirmação de CARDOSO (2008), que aponta uma vida útil de 16 anos para refrigeradores e *freezers* considerada pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o PROCEL. Sendo assim, para cada um dos quatro critérios estudados nesta Tese, a representação da variável “tempo de exposição” é a da Tabela 3.1.

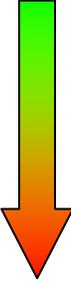
Tabela 3.1 – Variável Tempo de Exposição para os Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho

Critério 1º - Selo Comparativo de Eficiência Energética SEE/Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)		
Categorias Exigidas por Critério	Sentido do Aumento do Impacto Ambiental	Tempo de Exposição (anos)
A+ICR exigido	-	16
B		16
C		16
D		16
E		16
E		16
Critério 2º - Tipo de Gás Refrigerante (TGR)		
Isobutano (R-600a)	-	16
HFC (R-134a)	+	16
Critério 3º - Tipo de Gás Agente de Expansão de Espumas (TGAE)		
Ciclo/Isopentano	-	16
HCFC (R-141b)	+	16
Critério 4º - Custo do Ciclo de Vida (CCV)		
CCV exigido para o R.A.*	-	16
CCV maior que o exigido para o R.A. (Refrigeradores da Categoria A do SEE).	+	16

* R.A. = Rótulo Ambiental.

Para a variável “magnitude”, os valores assumidos devem seguir uma sequência crescente, na medida em que cresce o impacto ambiental de uma subcategoria para outra. Tais valores não significam indicação de peso, ponderabilidade e/ou percentualidade. Estes apenas procuram traduzir em valores numéricos, de forma linear, o crescimento do impacto ambiental de uma subcategoria para outra. Isto é feito para facilitar, no momento do cruzamento dos dados com a aplicação da metodologia proposta, a identificação, classificação e seleção dos refrigeradores ambientalmente preferíveis. A Tabela 3.2 ilustra a valoração assumida para a variável “magnitude” em cada subcategoria dos critérios analisados.

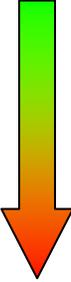
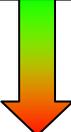
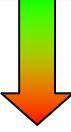
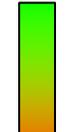
Tabela 3.2 – Variável Magnitude para os Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho

Critério 1º - Selo Comparativo de Eficiência Energética SEE/Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)		
Categorias Exigidas por Critério	Sentido do Aumento do Impacto Ambiental	Valoração da Magnitude
A+ICR exigido	-	1
B		2
C		3
D		4
E		5
		+
Critério 2º - Tipo de Gás Refrigerante (TGR)		
Isobutano (R-600a)	-	1
HFC (R-134a)	+	2
Critério 3º - Tipo de Gás Agente de Expansão de Espumas (TGAE)		
Ciclo/Isopentano	-	1
HCFC (R-141b)	+	2
Critério 4º - Custo do Ciclo de Vida (CCV)		
CCV exigido para o R.A. *	-	1
CCV maior que o exigido para o R.A. (Refrigeradores da Categoria A do SEE).	+	2

* R.A. = Rótulo Ambiental.

A última variável necessária para realização da valoração do risco é denominada “consequências”, a qual, utilizando o mesmo princípio usado na variável “magnitude” para valoração das subcategorias de cada critério, é definida e ilustrada na Tabela 3.3. O acréscimo de uma casa decimal nos valores da variável “consequências” é feito apenas para evitar confusão com os valores adotados para a variável “magnitude”.

Tabela 3.3 – Variável Consequências para os Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho

Critério 1º - Selo Comparativo de Eficiência Energética SEE/Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)		
Categorias Exigidas por Critério	Sentido do Aumento do Impacto Ambiental	Valoração das Consequências
A+ICR exigido	-	10
B		20
C		30
D		40
E		50
		+
Critério 2º - Tipo de Gás Refrigerante (TGR)		
Isobutano (R-600a)	-	10
HFC (R-134a)	+	20
		
Critério 3º - Tipo de Gás Agente de Expansão de Espumas (TGAE)		
Ciclo/Isopentano	-	10
HCFC (R-141b)	+	20
		
Critério 4º - Custo do Ciclo de Vida (CCV)		
CCV exigido para o R.A. *	-	10
CCV máximo dentre os Refrigeradores da Categoria A do SEE.	+	20
		

* R.A. = Rótulo Ambiental.

Após a definição dos valores das três variáveis necessárias para realização da valoração do risco de cada modelo de refrigerador de 1 porta amostrado, o passo seguinte é encontrar os valores possíveis de risco com o cruzamento de tais variáveis, segundo a equação 3.6 (maiores detalhes *vide* Anexo C). Feito isto, os valores possíveis de risco encontrados são ilustrados na Tabela 3.4.

$$RISCO = M * E * C \quad 3.6$$

onde,

- M = Magnitude; E = Exposição; e C = Consequências.

Tabela 3.4 – Valores de Risco Possíveis para Cada Um dos Quatro Critérios Estudados Neste Trabalho

Critério 1° - (a) Selo Comparativo de Eficiência Energética SEE	
160	(-) Impacto
320	(+)
480	(+)
640	(+)
800	(+)
(-)	(+)
(-) Impacto Ambiental → (+) Impacto Ambiental	
Critério 1° - (b) Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)	
160	(-) Impacto
320	(+)
480	(+)
640	(+)
800	(+)
(-)	(+)
Critério 2° - Tipo de Gás Refrigerante (TGR)	
160	(-) Impacto
320	(+)
480	(+)
640	(+)
800	(+)
(-)	(+)
Critério 3° - Tipo de Gás Agente de Expansão de Espumas (TGAE)	
160	(-) Impacto
320	(+)
480	(+)
640	(+)
800	(+)
(-)	(+)
Critério 4° - Custo do Ciclo de Vida (CCV)	
160	(-) Impacto
320	(+)
480	(+)
640	(+)
800	(+)
(-)	(+)

A Tabela 3.4 ilustra que a metodologia de análise de risco proposta para a concessão do Rótulo Ambiental Brasileiro sempre busca atingir os melhores resultados dentre os vários valores de risco possíveis encontrados. Desta forma, o menor valor de risco possível encontrado para todos os critérios e suas exigências máximas é de 160 pontos (célula da tabela na cor verde, que representa concessão do Rótulo Ambiental). Os demais valores encontrados estão representados em células na cor vermelha, os quais representam denegação do Rótulo Ambiental. Por exemplo, na Tabela 3.4, quando avaliados os valores de risco ambiental para o critério 1° (a) e 1° (b), somente o modelo de refrigerador analisado receberá a licença de uso do Rótulo Ambiental se o mesmo obtiver 320 pontos, significando estar na Categoria A do SEE (160 pontos), e se cumprir o ICR exigido (160 pontos), respectivamente. Tal análise deve ser realizada para todos os outros

três critérios a fim de que o modelo de refrigerador apresente a pontuação individual por critério. Logo após a identificação dos valores individuais, é realizada uma somatória destes, como apresentado na Tabela 3.5, originando o valor de risco consolidado do Rótulo Ambiental. Portanto, para que os modelos de refrigeradores analisados recebam o Rótulo Ambiental, os mesmos devem atingir um valor de risco consolidado de no máximo 800 pontos (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 – Valor de Risco Máximo Que o Refrigerador Pode Atingir para Receber o Rótulo Ambiental

Valor de Risco Consolidado	Situação da Licença do Rótulo Ambiental
Risco \leq 800	Concedido
Risco $>$ 800	Denegado

Todavia, os valores apresentados na Tabela 3.4 e Tabela 3.5 estão diretamente relacionados (e dependentes) ao número de critérios exigidos para a análise da concessão do Rótulo Ambiental, sendo, desta forma, cabíveis de modificação caso ocorra retirada ou inserção de critérios ambientais.

Após a montagem do procedimento para definição do nível de exigência de cada critério analisado e da estruturação da sequência de valoração do risco ambiental para concessão do Rótulo Ambiental, a primeira parte da metodologia termina fornecendo um relatório individual detalhado dos modelos analisados, com as seguintes informações: suas pontuações máximas obtidas, sua classificação dentre os modelos analisados, o apontamento da concessão ou denegação da licença de uso do rótulo e a indicação de qual critério o modelo de refrigerador foi reprovado, conforme ilustra a Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Exemplo do Relatório Individual Detalhado Desenvolvido para a Metodologia de Identificação, Classificação e Seleção dos Refrigeradores Analisados

Resultados Individuais Detalhados (Relatório de Ocorrências)						
Voltar a: Janela Principal		Ir a: Entrada de Dados		Ir a: Resultados Consolidados		
SIM		SIM		SIM		
1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE)		2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR)		3º: Tipo de Agente de Expansão de Espumas (TGAE)		
NÃO		NÃO		SIM		
vazio		vazio		4º: Custo do Ciclo de Vida (CCV)		
vazio		vazio		vazio		
Pontuação Individual Final dos Refrigeradores	Ranqueamento dos Refrigeradores	Marcas dos Refrigeradores Analisados	Modelos dos Refrigeradores Analisados	Concessão do Rótulo Ambiental Brasileiro	Relatório dos Critérios Analisados Quando da Concessão do Rótulo Ambiental	
1280	2	BOSCH	KSG32	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
1280	2	BOSCH	KSG34	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
1280	2	BOSCH	KSR39	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - - - - 4º: Cus	
1280	2	BOSCH	KSR39A	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - - - - 4º: Cus	
1280	2	CONTINENTAL	RC27	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
1280	2	CONTINENTAL	RSG27	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
300	1	CONTINENTAL	RC27A-RC28	Concedido	Passou por Todos Critérios Analisados - - - - -	
2240	28	ELECTROLUX	RE80	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> -- 1º: (b) Índice de	
1760	15	ELECTROLUX	RE120	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> -- 2º: Tipo de Gás	
3200	45	ELECTROLUX	R250	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
1760	15	ELECTROLUX	RE26	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> -- 2º: Tipo de Gás	
1760	15	ELECTROLUX	RE28	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> -- 2º: Tipo de Gás	
3200	45	ELECTROLUX	R280	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
1760	15	ELECTROLUX	RE29	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> -- 2º: Tipo de Gás	
1760	15	ELECTROLUX	RDE30	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> -- 2º: Tipo de Gás	
1760	15	ELECTROLUX	RW34	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> -- 2º: Tipo de Gás	
2720	40	ELECTROLUX	RDE35	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
1280	2	ESMALTEC	ERC28	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
1280	2	ESMALTEC	ER28	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
1280	2	ESMALTEC	ER31	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
2720	40	ESMALTEC	ERC34	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
1280	2	ESMALTEC	ER34	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
3520	53	GELOPAR	GXR080	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
3520	53	GELOPAR	GXR120	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
3520	53	BLUE SKY	R31L	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
1280	2	DAKO	REDK28	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => -- 2º: Tipo de Gás	
4640	58	DAKO	REDK31	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	
4640	58	DAKO	REDK32	Denegado..	Foi reprovado no(s) Critério(s).=> 1º: (a) Selo Compi	

O objetivo da montagem do relatório individual detalhado (Tabela 3.6) é classificar, fornecendo uma visão global da situação técnico-ambiental e socioeconômica, os refrigeradores de 1 porta atualmente comercializados e/ou fabricados no País e que almejam, além do Selo de Eficiência Energética do PROCEL/INMETRO, o de Rotulagem Ambiental Brasileira.

Portanto, de uma forma bem sucinta, aponta-se, como contribuição da primeira parte da metodologia proposta por este trabalho, o desenvolvimento de um método capaz de realizar a identificação, classificação e seleção de refrigeradores domésticos ambientalmente preferíveis quando comparados com outros de mesma categoria e similar funcionalidade.

A formulação e proposição dos critérios ajustados à posição tecnológica da atual indústria de refrigeradores nacional e internacional podem contribuir significativamente para a tomada de decisões políticas sem caracterizar inviabilidade técnica e/ou protecionismo do mercado. A busca por parâmetros (Princípio 80/20 de Pareto), reconhecidos internacionalmente pela sociedade científica, para auxiliar no fechamento de valores que compõem os níveis de exigência dos critérios ambientais, facilita as negociações políticas quando do momento de oficializar a adoção de tais critérios na implantação do Rótulo Ambiental para os refrigeradores domésticos.

Com a metodologia proposta, os decisores podem também simular o mercado e evoluções tecnológicas através de estudos de aumento dos níveis de exigência dos critérios ou, até mesmo, aumentar o número de critérios exigidos a fim de buscar uma evolução tecnológica e ambiental contínua do setor, porém, de forma científica, controlada e responsável. Desta forma, fica a proposta da implantação da primeira parte da metodologia de rotulagem ambiental brasileira com foco na disseminação da cultura do desenvolvimento sustentável e consumo responsável.

3.5 2ª Parte da Metodologia Proposta: Ganhos Globais - Análise das Possíveis Economias Atingidas com a Substituição do Parque de Refrigeradores Antigos Existente Hoje no Brasil por Modelos de Refrigeradores com Características para Aprovação do Rótulo Ambiental

A segunda parte da metodologia proposta objetiva encontrar as possíveis economias atingidas com a substituição gradual do parque de refrigeradores domésticos existente no País, com base nas informações de eficiência energética e ambiental dos refrigeradores aprovados nos critérios exigidos pelo Rótulo Ambiental brasileiro e apresentadas nas seções anteriores. No Anexo C, está detalhada e ilustrada a formatação da consolidação das várias informações coletadas para a segunda parte da metodologia proposta, ficando para a seção 3.5 o foco da apresentação do caráter científico da metodologia. Sendo assim, esta seção apresenta as variáveis

de entrada necessárias à realização dos cálculos e a sequência lógica das formulações desenvolvidas, hipóteses assumidas e quais tipos de resultados são buscados na análise.

3.5.1 Formulação do Cálculo do Número de Refrigeradores Substituídos por Ano e Seus Respectivos Consumos

Toda a metodologia de cálculo das possíveis economias a serem alcançadas está vinculada ao número de refrigeradores no País, aos aparelhos antigos substituídos, aos refrigeradores novos por substituição com caráter técnico-ambiental preferíveis, ao aumento da penetração nas residências e ao crescimento do número destas ao longo dos anos. Com a obtenção de tais montantes de refrigeradores, é possível calcular e encontrar os respectivos consumos de energia elétrica (kWh) e, posteriormente, chegar às economias de energia, potência média e número de habitantes potencialmente beneficiados com a substituição do parque de refrigeradores antigos do País. As equações 3.7 e 3.8 ilustram a lógica de cálculo adotada para a obtenção do número de refrigeradores no País para o ano base e anos subsequentes.

Para o ano base:

$$NR_f P_b = PR_f * NR_d \quad 3.7$$

e, para cada um do (s) ano (s) subsequente (s) (prospecção):

$$NR_f P = (PR_f + (PR_f * TCP)) * (NR_d + (NR_d * TCR_d)) \quad 3.8$$

onde,

- $NR_f P_b$ = Número de Refrigeradores no País para o ano Base;
- $NR_f P$ = Número de Refrigeradores no País para o (s) Ano (s) Subsequente (s);
- PR_f = Penetração dos Refrigeradores nas Residências, em %/ano;
- TCP = Taxa de Crescimento da Penetração, em %/ano;
- NR_d = Número de Residências;

- $TCR_d = \text{Taxa}^{29}$ de Crescimento Residencial, em %/ano;

Subtraindo o montante de refrigeradores do ano base do ano subsequente ($NR_{fP} - NR_{fP_b}$), tem-se o número dos novos refrigeradores inseridos nas residências pelo aumento da penetração dos refrigeradores e pelo incremento de novas residências no País, conforme ilustrado na equação 3.9:

$$NR_{fN} = NR_{fP} - NR_{fP_b} \quad 3.9$$

onde,

- NR_{fN} = Número de Novos Refrigeradores nas Residências;

Outro fator importante a ser considerado é a taxa de substituição de refrigeradores antigos por novos, que é inserida na equação 3.10 da seguinte forma:

Para o ano base,

$$NR_{fS_b} = TSR_f * NR_{fP_b} \quad 3.10$$

Para o (s) ano (s) subsequente (s),

$$NR_{fS} = TSR_f * NR_{fP} \quad 3.11$$

onde,

- NR_{fS_b} = Número de Refrigeradores Substituídos para o Ano Base;

²⁹ Todas as taxas de crescimento utilizadas foram tomadas com base nas médias históricas apresentadas no País (uso dos dados do IBGE, *vide* seção 4.3.1). Estas têm o intuito de fazer uma fotografia atual do parque de refrigeradores nacional e projetar a entrada de novos aparelhos segundo as exigências do rótulo ambiental proposto neste trabalho. Reconhece-se que pode existir um grau de incerteza muito grande, quando da utilização de médias históricas para projetar o futuro. Contudo, meio científico e sociedade vêm mostrando tendências de preferência na substituição de equipamentos com grande impacto ambiental em comparação com outros de mesma categoria e similar funcionalidade. Considera-se, então, que o uso de médias históricas, nas taxas de crescimento aplicadas nos cálculos, venha alcançar resultados conservadores, diante das possibilidades e tendências atuais de utilização de equipamentos ambientalmente mais sustentáveis.

- NR_{fS} = Número de Refrigeradores Substituídos para o (s) Ano (s) Subsequente (s);
- TSR_f = Taxa de Substituição de Refrigeradores Antigos, em %/ano.

Para o cálculo do CR_{fN} (Consumo dos Refrigeradores Novos), assumiu-se a premissa de utilizar a média ponderada dos consumos máximos, ou ICR mínimos, amostrados por modelo e marca dos refrigeradores (Categoria “A”) pelas fatias de mercado dos seus respectivos fabricantes. Outro fator importante e utilizado como premissa é a consideração do ganho de eficiência energética (GEE) exigido dos modelos de refrigeradores amostrados para a concessão do Rótulo Ambiental brasileiro. O uso da variável GEE é necessário para se atingir a economia de energia elétrica real com a substituição dos modelos antigos por modelos novos com mais alto desempenho técnico, socioeconômico e ambiental, aprovados pela metodologia de rotulagem ambiental proposta neste estudo (assume-se que, ao buscar a Rotulagem Ambiental, todo o setor deve apresentar ganhos de eficiência). As equações 3.12 e 3.13 ilustram matematicamente tais premissas.

$$CR_{fN} = NR_{fS_N} * (CPM_A * (1 - GEE)) \quad 3.12$$

e,

$$CPM_A = \sum_{F=1}^{F=n} (CM_M * FM_F) \quad 3.13$$

onde,

- CR_{fN} = Consumo dos Refrigeradores Novos no ano base, em kWh/ano;
- NR_{fS_N} = Número dos Refrigeradores Novos em Substituição aos Antigos;
- CPM_A = Consumo Ponderado do Mercado Amostrado, em kWh/ano;
- GEE = Ganho de Eficiência Energética, em %;
- F = Fabricantes;
- n = Número Total de Fabricantes Analisados;

- CM_M = Consumo Médio por Marca dos Refrigeradores Categoria “A”, em kWh/ano;
- FM_F = Fatia do Mercado por Fabricante, em %;

Todavia, tem-se conhecimento de que os refrigeradores novos, em substituição, perdem eficiência ao longo de sua vida útil (assumida aqui como 16 anos), ocasionando um aumento gradativo de consumo de energia elétrica. Desta forma, faz-se necessária a inserção de um Fator de Correção de Eficiência (FCE) no GEE quando da realização da projeção do consumo dos refrigeradores novos com o passar dos anos. Sendo assim, definiu-se a introdução de um FCE a cada cinco anos de funcionamento do refrigerador a partir do ano de sua inserção no mercado substituído. Para o ano base da substituição até a chegada do quinto ano de uso do refrigerador, o cálculo do consumo do aparelho novo deve ser realizado pela equação 3.12, anteriormente descrita. Para o cálculo do CR_{fN} do quinto ano em diante, devem ser aplicadas as equações 3.14 e 3.15:

$$CR_{fN} = NR_f S_N * (CPM_A * (1 - GEE_C)) \quad 3.14$$

e,

$$GEE_C = GEE * (1 - FCE) \quad 3.15$$

onde,

- GEE_C = Ganho de Eficiência Energética Corrigido pelo FCE com o passar dos anos, em %;
- FCE = Fator de Correção de Eficiência, que significa ser o valor percentual (%) da perda de eficiência energética com o passar dos anos de uso do refrigerador.

Para a inserção do FCE, assumiu-se a discretização do período de tempo em 5 anos: de 0 a 5 anos, deve-se usar a equação 3.12; de 5 a 10 anos, a equação 3.16 com um FCE respectivo para esse período; de 10 a 16 anos, a equação 3.16 novamente com um FCE para tal período de tempo e, para usos maiores que 16 anos, utilizar a equação 3.16 com um FCE específico aos mesmos. A escolha das faixas de anos é baseada na coleta das informações sobre os FCE's, retiradas de

Cardoso (2008), que são apresentadas na íntegra no capítulo de implantação da metodologia proposta – parte 2 (Capítulo 4 – seção 4.1.1). Para o cálculo do Consumo dos Refrigeradores Antigos Substituídos (CR_{fS_A}), considerou-se a hipótese da utilização do atual Consumo Ponderado do Mercado Amostrado (CPM_A) juntamente com a Fatia do Mercado dos Refrigeradores por Idade (FM_I) e seus respectivos Percentuais de Consumo superiores ao CPM_A (PCM_A), devido à alta do consumo dos refrigeradores com o aumento das respectivas idades, conforme as equações 3.16 e 3.17.

$$CR_{fS} = NR_{fS} * CPR_{fA} \quad 3.16$$

e,

$$CPR_{fA} = CPM_A * \sum_{FI=1}^{FI=n} (FM_I * PCM_A) \quad 3.17$$

onde,

- CR_{fS} = Consumo dos Refrigeradores Substituídos por ano, kWh/ano;
- NR_{fS} = Número dos Refrigeradores Substituídos;
- CPR_{fA} = Consumo Ponderado dos Refrigeradores Antigos, em kWh/ano;
- CPM_A = Consumo Ponderado do Mercado Amostrado, em kWh/ano;
- FI = Faixa de Idade dos Refrigeradores;
- n = Número Total de Faixas de Idade Analisadas dos Refrigeradores;
- FM_I = Fatia do Mercado por Idade, em %; e
- PCM_A = Percentual do Consumo do Mercado Amostrado superior ao CPM_A (citado acima).

A partir dos consumos dos refrigeradores antigos substituídos (CR_{fS}) e dos novos (CR_{fN}), basta realizar a subtração entre tais consumos para obter a economia de energia elétrica (EE_{EL})

alcançada por ano com a utilização dos novos aparelhos mais eficientes. O valor monetário de tal economia pode ser calculado com a equação 3.18:

$$VEE_{EL} = EE_{EL} * (TE_{EL} + (TE_{EL} * IMP)) \quad 3.18$$

onde,

- VEE_{EL} = Valor Economizado de Energia Elétrica por ano, em R\$/ano;
- EE_{EL} = Economia de Energia Elétrica, em kWh/ano;
- TE_{EL} = Tarifa de Energia Elétrica regulada pela ANEEL, R\$/kWh consumido;
- IMP = Imposto Incidente na Tarifa de Energia Elétrica - ICMS, PIS, COFINS, entre outros, em %;

A contribuição desta seção está no nível de detalhes empregados até a obtenção da economia obtida com a substituição do parque de refrigeradores antigos. Normalmente costuma-se calcular tais economias sem considerar o uso conjunto (ou até mesmo desconsiderar totalmente este uso) da fragmentação do número e do consumo de refrigeradores por idade (não apenas a fragmentação do número por fatia de mercado dos fabricantes) e o fator de correção da eficiência durante o uso dos aparelhos novos, em substituição. Entende-se que tais fragmentações são importantes para a obtenção de resultados mais próximos da realidade, evitando-se, desta forma, uma supervalorização dos ganhos de economias com a utilização dos novos refrigeradores.

3.5.2 Formulação do Cálculo da Emissão de CO₂ no Ambiente Oriundo do Tipo de Geração de Energia Elétrica

É sabido que a energia elétrica consumida pelos refrigeradores causa impactos diversos ao meio ambiente. Um destes impactos pode ser mensurado através do montante de CO₂ lançado na atmosfera (*Carbon Foot Print*) decorrente da geração de energia elétrica. Tal montante possui relação direta com o tipo de planta geradora de eletricidade e com o tipo de combustível utilizado. Desta forma, foi escolhida, para análise da matriz energética brasileira (que é um *MIX* de vários tipos plantas geradoras de energia elétrica), a emissão média, em tCO₂/MWh gerado, do

Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN), fornecida pelo Ministério de Minas e Energia. Vale ressaltar que o valor de emissão de CO₂ médio do SIN é bem menor que outros sistemas de geração de eletricidade que usam, predominantemente, combustíveis, como, gás natural, óleo e carvão. Isto se dá pelo fato do SIN ter como base principal a hidroeletricidade.

Com o fator de emissão - FE_{CO2} (em tCO₂/MWh gerado) encontrado, o passo seguinte concentra-se em obter o montante de CO₂ não emitido na atmosfera com a Economia de Energia Elétrica (EE_{EL}) devido à substituição de refrigeradores antigos por refrigeradores novos com mais alto desempenho energético. Tal montante de redução pode ser representado na equação 3.19:

$$RE_{CO_2} = EE_{EL} * FE_{CO_2} \quad 3.19$$

onde,

- RE_{CO2} = Redução de Emissão de CO₂, em tCO₂ por ano;
- EE_{EL} = Economia de Energia Elétrica, em MWh/ano;
- FE_{CO2} = Fator de Emissão de CO₂, em tCO₂ / MWh gerado;

Encontrado o valor de redução (RE_{CO2}), é possível simular o potencial de ganho de crédito de carbono através da criação de um projeto de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo). O valor monetário obtido com o crédito de carbono é calculado na equação 3.20:

$$VCC = RE_{CO_2} * C_{tCO_2} * FC_{US\$/R\$} \quad 3.20$$

onde,

- VCC = Valor do Crédito de Carbono, em R\$ por ano;
- RE_{CO2} = Redução de Emissão de CO₂, em tCO₂ por ano;
- C_{tCO2} = Valor por tCO₂ reduzido, em US\$/tCO₂; e
- FC_{US\$/R\$} = Fator de Conversão (câmbio) de Dólar Americano para Real;

3.5.3 Formulação do Cálculo da Emissão de CO₂ no Ambiente Devido ao Uso e/ou Descarte Incorreto dos Gases Refrigerantes e Agentes de Expansão de Espumas

Já é conhecido que certos tipos de gases refrigerantes usados no sistema de refrigeração dos refrigeradores e como agentes de expansão de espumas podem contribuir tanto para a destruição da camada de ozônio quanto para o aumento do efeito estufa, influenciando no aquecimento global e mudanças climáticas do planeta. Tal influência pode ser medida através de valores denominados como Potencial de Aquecimento Global - PAG (GWP – *Global Warming Potential*), que representam efeitos equivalentes ao do CO₂ na atmosfera (denominado como CO₂ equivalente).

Diante de tal potencial de influência negativa no meio ambiente, reconhece-se a importância do desenvolvimento da formulação de cálculos que expressem, em valores numéricos, o montante da emissão de CO₂ equivalente dos refrigeradores substituídos, produzidos e/ou comercializados no País. Para tal, são utilizadas várias premissas para a realização do cálculo do CO₂ equivalente a ser lançado no ambiente caso não houvesse recuperação dos gases refrigerantes e de expansão de espumas (com um descarte incorreto no fim da vida útil de cada aparelho³⁰). As premissas, que estão detalhadas nas equações 3.21 a 3.24, servem tanto para o cálculo dos gases refrigerantes quanto para os gases de expansão de espuma.

$$QPG = \sum_{FVR=1}^{FVR=n} (QG * PG) \quad 3.21$$

onde,

- QPG = Quantidade do Gás Analisado, Volume Médio Ponderado, em grama;
- FVR = Faixas de Volume Analisadas dos Refrigeradores;
- n = Número Total de Faixas de Volume Analisadas;

³⁰ Existem ainda perdas ou emissões de gás refrigerante e de expansão de espumas na fabricação dos refrigeradores. Porém, hoje, no Brasil, estas informações de emissões apresentam extrema dificuldade de obtenção, tornando-se inviável para aplicação nesta tese. Dessa forma, para evitar o uso de mais hipóteses e aumentar as incertezas nos cálculos, decidiu-se considerar apenas as emissões no fim da vida útil do refrigerador.

- QG = Quantidade do Gás Analisado, Volume em gramas;
- PG = Penetração do Gás Analisado no Mercado de Refrigeradores, em %.

Encontrada a quantidade ponderada (QPG) para cada gás em análise, a próxima etapa constitui no cálculo do montante de CO₂ equivalente originado por refrigerador, caso os seus gases refrigerantes e de expansão de espumas sejam lançados, sem uma correta recuperação, no ambiente (equação 3.22):

$$CO_{2eq} = \frac{QPG * PAG}{1000} \quad 3.22$$

onde,

- CO_{2eq} = Total Ponderado de CO₂ equivalente por Refrigerador, em kg;
- PAG = Potencial de Aquecimento Global do Gás Analisado (GWP, em inglês);

Para a extrapolação do montante ponderado de CO₂ equivalente por refrigerador tanto para a população de aparelhos substituídos quanto para os novos, foram adotadas premissas como: fragmentação do mercado de refrigeradores por faixa de idade e penetração dos gases (refrigerantes e de expansão de espumas) por faixa de idade. Os detalhes matemáticos estão ilustrados na equação 3.23:

$$PRS_{CO_{2eq}} = \frac{\sum_{FI=1}^{FI=n} \left(NR_f S * FM_I * \left(\sum_{FI=1}^{FI=n} \left(\sum PG * CO_{2eq} \right) \right) \right)}{1000} \quad 3.23$$

onde,

- PRS_{CO_{2eq}} = Total de CO₂ equivalente para a População de Refrigeradores Substituídos, em tonelada;
- FI = Faixa de Idade dos Refrigeradores;
- n = Número Total de Faixas de Idade;
- NR_fS = Número de Refrigeradores Substituídos;
- FM_I = Fatia do Mercado por Idade, em %;

- PG = Penetração do Gás por FM_I, em %; e
- CO_{2eq} = Total Ponderado de CO₂ equivalente por Refrigerador por Tipo de Gás, em kg.

Encontrados os PRS_{CO₂eq} para os tipos de gases refrigerantes e para os gases de expansão de espumas analisados, a sequência do cálculo consiste na somatória dos PRS_{CO₂eq} encontrados para se obter o montante total de CO₂ equivalente da população de refrigeradores substituídos.

Para o cálculo do CO₂ equivalente da População de Refrigeradores Novos em função da substituição, a equação matemática se apresenta um pouco diferente da equação dos aparelhos substituídos, por não existirem faixas de refrigeradores por idade. Assim, a equação matemática é escrita na forma da 3.24:

$$PRN_{CO_{2eq}} = \frac{NR_f N_s * \left(\sum (PG * CO_{2eq}) \right)}{1000} \quad 3.24$$

onde,

- PRN_{CO₂eq} = Total de CO₂ equivalente para População de Refrigeradores Novos em função da substituição, em tonelada;
- NR_fN_s = NR_fS = Número de Refrigeradores Novos em função da Substituição;
- PG = Penetração dos Gases do Mercado, em %;
- CO_{2eq} = Total Ponderado de CO₂ equivalente por Refrigerador, em kg.

De forma similar aos aparelhos substituídos, deve-se calcular, para os novos refrigeradores, o PRN_{CO₂eq} dos gases refrigerantes e dos gases agentes de expansão de espumas e somá-los ao final para obter o montante total de CO₂ equivalente da população de refrigeradores novos.

Pegando-se o montante de CO₂ equivalente dos refrigeradores novos e subtraindo do montante de CO₂ equivalente dos antigos, encontra-se o potencial de redução de CO₂ equivalente devido à troca dos aparelhos. Encontrado o valor Total de CO₂ equivalente não emitido na atmosfera devido ao Programa de Rotulagem Ambiental, pode ser simulado o potencial de ganho de crédito de carbono através da criação de um possível projeto de MDL a ser apresentado ao

mercado de crédito de carbono baseado na recuperação dos gases refrigerantes e de agentes de expansão de espumas na disposição final dos refrigeradores substituídos. A equação para tal cálculo é igual à descrita anteriormente na equação 3.20.

Esta seção é considerada uma das principais contribuições da segunda parte da metodologia proposta por esta Tese, porque faz alusão direta aos impactos negativos causados pela má eliminação dos gases refrigerantes e de expansão de espumas no meio ambiente. Fica evidente o porquê da metodologia de ACV estar por trás dos programas de rotulagem ambiental desenvolvidos ao redor do mundo (e mais especificamente nos EUA e União Europeia, base para este estudo), uma vez que permite o conhecimento real dos impactos ambientais de um produto desde sua produção e uso até sua disposição final.

Com o montante de emissão de CO₂ equivalente calculado, pode-se e deve-se confrontá-lo com o montante de CO₂ equivalente emitido pela geração de energia elétrica no Brasil. Normalmente, isto não é feito nos estudos nacionais. Através de tal confronto, podem ser analisadas, na realidade, quais destas atividades ocasionam mais danos ao meio ambiente, apresentando talvez resultados surpreendentes em relação à magnitude de um impacto ou outro. Os resultados desta comparação são apresentados e analisados no capítulo de simulação de implantação da metodologia proposta – parte 2 (Capítulo 4). Contudo, para o conhecimento do impacto global, causado pelo uso e disposição final indevida dos gases dos refrigeradores para o meio ambiente, devem ser somados os montantes de CO₂ equivalentes da geração de eletricidade e dos gases refrigerantes e de expansão de espumas.

Capítulo 4

Simulação de Implantação da Metodologia Proposta: Parte 1 – Concessão do Rótulo Ambiental e Parte 2 – Ganhos Globais

*“O homem acredita mais com os olhos do que com os ouvidos.
Por isso longo é o caminho através de regras e normas, curto e
eficaz através do exemplo”.*

*Lucius Annaeus Seneca (4 – 65 DC)
Filósofo e Escritor da Roma Antiga*

A Rotulagem Ambiental do Refrigerador aqui proposta considera principalmente o *Uso e Disposição Final no fim da sua vida útil*. Todavia, a metodologia desenvolvida pode ser ampliada para qualquer outra etapa do ciclo de vida do produto, isto mediante a disponibilidade de dados tanto de caráter objetivo quanto subjetivo para realização da análise dos mesmos.

A primeira etapa da simulação da metodologia desenvolvida é coletar e inserir os dados na planilha de cálculo tanto para a **1ª Parte** (identificação, classificação e seleção dos refrigeradores ambientalmente preferíveis) quanto para a **2ª Parte** (ganhos globais: cálculo das possíveis economias alcançadas com a simulação da substituição do parque de refrigeradores antigos no País). Deste modo, os dados necessários para aplicar a metodologia estão divididos em dois tópicos: os que são usados na simulação da concessão do Rótulo Ambiental e aqueles utilizados na simulação da obtenção das possíveis economias alcançadas. Contudo, pelo fato de existir interdependência de variáveis de cálculo entre as duas partes da metodologia desenvolvida, os dados coletados devem conter intercomunicação, possibilitando o cruzamento de informações e simulação da rotina de cálculo já descritas no Capítulo 3 desta Tese.

4.1 Parte 1 – Concessão do Rótulo Ambiental: Identificação, Classificação e Seleção dos Refrigeradores Ambientalmente Preferíveis

Na **1ª Parte** da metodologia de proposta de implantação do Rótulo Ambiental para o Brasil, são simulados quatro critérios que englobam o caráter ambiental e socioeconômico quando da permissão de utilização do Rótulo nos refrigeradores de 1 porta. Tais critérios são: 1ª - Selo Comparativo de Eficiência Energética (SEE) e 1ªb - Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR); 2º - Tipo de Gás Refrigerante Utilizado (TGR); 3º - Tipo de Gás de Expansão de Espumas (TGAE) e 4º - Custo do Ciclo de Vida (CCV).

4.1.1 Dados de Entrada para Concessão do Rótulo Ambiental

Utilizando informação do INMETRO, foram identificados 64 modelos de refrigeradores de 1 porta cadastrados no Programa Brasileiro de Eficiência Energética PROCEL/INMETRO. Tais modelos são utilizados na amostragem que passará pela avaliação dos critérios de Rotulagem Ambiental, aqui propostos. A Tabela 4.1 apresenta a lista de refrigeradores de 1 porta retirada do sítio de *internet* INMETRO, em julho de 2008.

Tabela 4.1 – Modelos Analisados na Planilha de Concessão do Rótulo Ambiental



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - REFRIGERADORES - CRITÉRIOS 2008

(*) Equipamentos que utilizam o Ciclo/isopentano causam impacto ambiental menor

(**) Selo concedido pelo PROCEL www.eletronbras.com/procel/ aos equipamentos com maior eficiência energética em cada categoria.

Data atualização: 4/7/2008

FABRICANTE	MARCA	MODELO	VOLUME INTERNO (l)				CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês)		ÍNDICE DE EFICIÊNCIA (CICp)		AGENTE DE EXPANSÃO ESPUMAS (R = R141b ou C = CICLOISOPENTANO)	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO		SELO PROCEL (*)		
			REFRIG	CONG			TOTAL	127 V	220 V	127 V		220 V	127 V	220 V	127 V	220 V
				*	**	***										
BSH	BOSCH	KSG32	257	29			286	25,1	25,1	0,854	0,854	C	A	A	SIM	SIM
BSH	BOSCH	KSG34	270	31			301	25,4	25,4	0,847	0,847	C	A	A	SIM	SIM
BSH	BOSCH	KSR39 KSR39A	371				371	27,0	27,0	0,844	0,844	C	A	A	SIM	SIM
BSH	CONTINENTAL	RC27 RSG27	223	29			252	23,7	23,7	0,837	0,837	C	A	A	SIM	SIM
BSH	CONTINENTAL	RC27A	223	29			252	15,8	15,8	0,558	0,558	C	A	A	SIM	SIM
ELECTROLUX	ELECTROLUX	RE 80	79				79	17,4	17,4	0,795	0,795	R	A	A	SIM	SIM
ELECTROLUX	ELECTROLUX	RE 120	122				122	19,1	19,1	0,820	0,820	R	A	A	SIM	SIM
ELECTROLUX	ELECTROLUX	R 250	214	26			240	24,1	24,1	0,867	0,867	R	B	B		
ELECTROLUX	ELECTROLUX	RE 26 RE 28	214	26			240	22,8	22,8	0,820	0,820	R	A	A	SIM	SIM
ELECTROLUX	ELECTROLUX	R 280	236	26			262	24,8	24,8	0,867	0,867	R	B	B		
ELECTROLUX	ELECTROLUX	RE 29 / RDE 30 RW34	236	26			262	23,4	23,4	0,818	0,818	R	A	A	SIM	SIM
ELECTROLUX	ELECTROLUX	RDE 35	266	31			317	28,4	28,4	0,931	0,931	C	B	B		
ELECTROLUX	ELECTROLUX	RDE 38	312	31			343	29,2	29,2	0,930	0,930	C	B	B		
ESMALTEC	ESMALTEC	ERC 28	183		53		236	24,1	24,1	0,849	0,849	C	A	A	SIM	SIM
ESMALTEC	ESMALTEC	ER 28	185		53		238	22,3	22,3	0,782	0,782	C	A	A	SIM	SIM
ESMALTEC	ESMALTEC	ER31	253	27			280	24,7	24,7	0,846	0,846	C	A	A		
ESMALTEC	ESMALTEC	ERC 34	239		60		299	28,3	28,3	0,919	0,919	C	B	B		
ESMALTEC	ESMALTEC	ER 34	241		60		301	25,8	25,8	0,838	0,838	C	A	A	SIM	SIM
GELOPAR	GELOPAR	GXR 080	44	8			52	19,6	19,2	0,933	0,914	C	C	B		
GELOPAR	GELOPAR	GXR 120	64	8			72	21,0	20,6	0,968	0,949	C	C	C		
MABE	BLUE SKY	R31L	263	30			293	26,2	26,2	0,949	0,949	C	C	C		
MABE	DAKO	REDK28	224	30			254	24,2	24,2	0,855	0,855	C	A	A	SIM	SIM
MABE	DAKO	REDK31 REDK32	224	30			254	31,0	31,0	1,095	1,095	C	D	D		
MABE	DAKO	REDK34 REDK33	268	30			298	25,4	25,4	0,852	0,852	C	A	A	SIM	SIM
MABE	DAKO	REDA340	268	30			298	28,2	28,2	0,946	0,946	C	C	C		
MABE	DAKO	REDK340	268	30			298	25,9	25,9	0,869	0,869	C	B	B		
MABE	DAKO	REDK350	270	31			301	27,8	27,8	0,927	0,927	C	B	B		

MABE	GE	FBGE/120	91	12			103	19,8	19,8	0,865	0,865	R	B	B		
------	----	----------	----	----	--	--	-----	------	------	-------	-------	---	---	---	--	--

VENAX	VENAX	NGV 10	70	12			82	16,1	17,6	0,819	0,796	R	A	A	SIM	SIM
VENAX	VENAX	NGV 24	183	21			204	23,5	23,2	0,887	0,875	R	B	B		
VENAX	VENAX	NGV 26	209	21			230	27,2	26,7	0,993	0,974	R	D	D		
VENAX	VENAX	NGV 30	236	21			257	25,2	25,2	0,890	0,890	R	B	B		
WHIRLPOOL	BRASTEMP	BRA08A	68	8			76	17,5	17,5	0,799	0,799	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	BRASTEMP	BRL08A / BRL08B BRL09A	68	8			76	17,5	17,5	0,799	0,799	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	BRASTEMP	BRC12X	109	8			117	19,0	19,0	0,815	0,815	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	BRASTEMP	BRA34D	272	30			302	24,5	24,5	0,817	0,817	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	BRASTEMP	BRF36D / PRF36D XRF36D	330				330	26,5	26,5	0,869	0,869	R	B	B		
WHIRLPOOL	BRASTEMP	BRF36F	330				330	29,6	29,6	0,970	0,970	R	C	C		
WHIRLPOOL	BRASTEMP	BRA38D	312	30			342	25,5	25,5	0,812	0,812	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	CONSUL	CRC08A CRC08P	68	8			76	17,5	17,5	0,799	0,799	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	CONSUL	CRC12A	109	8			117	19,0	19,0	0,815	0,815	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	CONSUL	CRC23D CRC24D	191	22			213	30,5	29,1	1,138	1,086	R	E	E		
WHIRLPOOL	CONSUL	CRP28A CRC28D	219	22			241	30,5	29,1	1,097	1,047	R	E	D		
WHIRLPOOL	CONSUL	CRA30E CRC30E	236	25			261	23,0	23,0	0,807	0,807	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	CONSUL	CRA34D / CRA35F CRA35G	272	30			302	24,5	24,5	0,817	0,817	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	CONSUL	CRP34A	272	30			302	24,5	24,5	0,817	0,817	R	A	A	SIM	SIM
WHIRLPOOL	CONSUL	CRP38A	312	30			342	25,5	25,5	0,812	0,812	R	A	A	SIM	SIM

Fonte: INMETRO, Tabela Refrigeradores – Critérios 2008: Atualização 04/07/2008.

Ainda na Tabela 4.1, são retirados, além das características (fabricante, marca e quantidade de modelos), cinco tipos de variáveis técnicas: o volume do refrigerador e do congelador, o consumo mensal, o tipo de gás agente de expansão de espumas e a categoria da etiqueta de eficiência energética em que o refrigerador se encontra.

A Tabela 4.2 apresenta os dados coletados no mercado, para cada modelo amostrado, do tipo de gás refrigerante usado no sistema de refrigeração dos refrigeradores e o preço médio para o consumidor final.

Tabela 4.2 – Tipo de Gás Refrigerante Usado e o Preço Médio do Modelo Encontrado no Mercado

Quantidade de Modelos Analisados	Marcas dos Refrigeradores Analisados	Modelos dos Refrigeradores Analisados	Tipo de Gás Refrigerante Usado	Preço Médio dos Refrigeradores
1	BOSCH	KSG32	HFC (R-134a)	R\$ 924,00
2	BLUE SKY	R31L	HFC (R-134a)	R\$ 599,00
3	BOSCH	KSG34	HFC (R-134a)	R\$ 1.124,00
4	BOSCH	KSR39	ISOBUTANO (R-600a)	R\$ 1.748,00
5	BOSCH	KSR39A	ISOBUTANO (R-600a)	R\$ 1.748,00
6	BRASTEMP	BRA08A	HFC (R-134a)	R\$ 921,00
7	BRASTEMP	BRL08A	HFC (R-134a)	R\$ 1.599,00
8	BRASTEMP	BRL08B	HFC (R-134a)	R\$ 1.599,00
9	BRASTEMP	BRL09A	HFC (R-134a)	R\$ 1.599,00
10	BRASTEMP	BRC12X	HFC (R-134a)	R\$ 1.574,00
11	BRASTEMP	BRA34D	HFC (R-134a)	R\$ 1.349,00
12	BRASTEMP	BRF36D	HFC (R-134a)	R\$ 1.821,00
13	BRASTEMP	PRF36D	HFC (R-134a)	R\$ 1.821,00
14	BRASTEMP	XRF36D	HFC (R-134a)	R\$ 1.821,00
15	BRASTEMP	BRF36F	HFC (R-134a)	R\$ 1.999,00
16	BRASTEMP	BRA38D	HFC (R-134a)	R\$ 1.599,00
17	CONSUL	CRC08A	HFC (R-134a)	R\$ 694,00
18	CONSUL	CRC08P	HFC (R-134a)	R\$ 694,00
19	CONSUL	CRC12A	HFC (R-134a)	R\$ 736,00
20	CONSUL	CRC23D	HFC (R-134a)	R\$ 829,00
21	CONSUL	CRC24D	HFC (R-134a)	R\$ 829,00
22	CONSUL	CRP28A	HFC (R-134a)	R\$ 814,00
23	CONSUL	CRC28D	HFC (R-134a)	R\$ 814,00
24	CONSUL	CRA30E	HFC (R-134a)	R\$ 979,00
25	CONSUL	CRC30E	HFC (R-134a)	R\$ 979,00
26	CONSUL	CRA34D	HFC (R-134a)	R\$ 1.184,00
27	CONSUL	CRA35F	HFC (R-134a)	R\$ 1.174,00
28	CONSUL	CRA35G	HFC (R-134a)	R\$ 1.174,00
29	CONSUL	CRP34A	HFC (R-134a)	R\$ 1.209,00
30	CONSUL	CRP38A	HFC (R-134a)	R\$ 1.364,00
31	CONTINENTAL	RC27	HFC (R-134a)	R\$ 830,00
32	CONTINENTAL	RSG27	HFC (R-134a)	R\$ 896,00
33	CONTINENTAL	RC27A=RC28	ISOBUTANO (R-600a)	R\$ 1.000,00
34	DAKO	REDK28	HFC (R-134a)	R\$ 599,00
35	DAKO	REDK31	HFC (R-134a)	R\$ 839,00
36	DAKO	REDK32	HFC (R-134a)	R\$ 959,00
37	DAKO	REDK34	HFC (R-134a)	R\$ 1.224,00
38	DAKO	REDK33	HFC (R-134a)	R\$ 1.224,00

Quantidade de Modelos Analisados	Marcas dos Refrigeradores Analisados	Modelos dos Refrigeradores Analisados	Tipo de Gás Refrigerante Usado	Preço Médio dos Refrigeradores
39	DAKO	REDA340	HFC (R-134a)	R\$ 1.224,00
40	DAKO	REDK340	HFC (R-134a)	R\$ 1.224,00
41	DAKO	REDK350	HFC (R-134a)	R\$ 1.179,00
42	ELECTROLUX	RE80	HFC (R-134a)	R\$ 722,00
43	ELECTROLUX	RE120	HFC (R-134a)	R\$ 742,00
44	ELECTROLUX	R250	HFC (R-134a)	R\$ 599,00
45	ELECTROLUX	RE26	HFC (R-134a)	R\$ 894,00
46	ELECTROLUX	RE28	HFC (R-134a)	R\$ 894,00
47	ELECTROLUX	R280	HFC (R-134a)	R\$ 599,00
48	ELECTROLUX	RE29	HFC (R-134a)	R\$ 959,00
49	ELECTROLUX	RDE30	HFC (R-134a)	R\$ 959,00
50	ELECTROLUX	RW34	HFC (R-134a)	R\$ 1.012,00
51	ELECTROLUX	RDE35	HFC (R-134a)	R\$ 1.084,00
52	ELECTROLUX	RDE38	HFC (R-134a)	R\$ 1.174,00
53	ESMALTEC	ERC28	HFC (R-134a)	R\$ 979,00
54	ESMALTEC	ER28	HFC (R-134a)	R\$ 979,00
55	ESMALTEC	ER31	HFC (R-134a)	R\$ 875,00
56	ESMALTEC	ERC34	HFC (R-134a)	R\$ 1.249,00
57	ESMALTEC	ER34	HFC (R-134a)	R\$ 1.249,00
58	GE	FBGE120	HFC (R-134a)	R\$ 984,00
59	GELOPAR	GXR080	HFC (R-134a)	R\$ 632,00
60	GELOPAR	GXR120	HFC (R-134a)	R\$ 632,00
61	VENAX	NGV10	HFC (R-134a)	R\$ 599,00
62	VENAX	NGV24	HFC (R-134a)	R\$ 599,00
63	VENAX	NGV26	HFC (R-134a)	R\$ 599,00
64	VENAX	NGV30	HFC (R-134a)	R\$ 599,00

Fonte: Dados Fornecidos pelos fabricantes através do atendimento *online* das marcas (Cônsul e Brastemp, entre os dias 17/10/2008 a 11/11/2008), dados pela internet (MABE, Electrolux,), contato pessoal (BSH Continental) e *site* de busca de preços (Buscapé, em 23/09/2008 e BondFaro, em 23/04/2009).

O fator vida útil também é considerado na rotina de cálculo do refrigerador. Apesar dos fabricantes projetarem a vida útil³¹ para 10 anos, estudos realizados apontam que os brasileiros utilizam seus aparelhos por mais tempo. Tal afirmação é feita de acordo com ELETROBRAS/PROCEL (2007) e Melo *and* Jannuzzi (2008), que apontam no País um total de 30,6% (15,69 milhões) de refrigeradores com mais de 10 anos (18,5% - 9,48 milhões - entre 10 e 15 anos e 12,1% - 6,21 milhões - acima de 15 anos). Ainda, segundo Cardoso (2008), o governo brasileiro considera para seus estudos uma vida útil de 16 anos para o refrigerador. Desta forma, definiu-se uma vida útil de 16 anos para a realização das simulações da metodologia desenvolvida. Outro fator importante é a Taxa Interna de Retorno do Investimento (TIR), a qual

³¹ Conversa com a fabricante BSH Continental (informação pessoal) na visita a sua unidade fabril de Hortolândia – SP, em 05 de setembro de 2008.

foi assumida como referência uma TIR de 12% ao ano. Tal valor é o mínimo assumido no cenário nacional para projetos de eficiência energética (CARDOSO, 2008 e SILVA JR, 2005).

4.1.2 Definição dos Níveis de Exigência dos Critérios para a Concessão do Rótulo Ambiental

Definiu-se, como apresentado no Capítulo 3 e no início deste capítulo, a simulação da metodologia com quatro critérios ambientais e socioeconômicos. O objetivo é estimular o início de uma discussão que aponte a necessidade de se olhar o refrigerador como um todo e não somente, apesar de muito importante, a partir de seu desempenho energético.

Os níveis de exigência dos critérios para a simulação da concessão do Rótulo Ambiental foram fixados da seguinte forma:

- Para o critério 1^ºa – SEE, o refrigerador deve estar na Categoria “A” do selo comparativo de eficiência energética do PROCEL/INMETRO;
- Para o critério 1^ºb – ICR, o refrigerador deve respeitar a regra 80/20 de Pareto, adotada na metodologia (Capítulo 3), na qual foi obtido o ganho de eficiência energética respeitando sempre a abrangência de 80% dos modelos de refrigeradores contidos na categoria “A” do SEE. Tal ganho, diante dos 64 modelos de refrigeradores coletados no INMETRO (2008), foi calculado para a fase de Implantação do Rótulo Ambiental (R.A.). O nível de eficiência alcançado deve ser 20% maior que o menor ICR encontrado na amostra para os refrigeradores de Categoria “A”;
- Para o 2^º Critério – TGR, o refrigerador deve utilizar o gás refrigerante isobutano (R-600a) no seu sistema de refrigeração tanto para o critério 2 quanto para o critério 3 seguinte;
- Para o 3^º Critério - TGAE, o refrigerador deve utilizar o gás ciclo/isopentano como agente de expansão de espumas no seu sistema de isolamento do gabinete e porta. As justificativas para a escolha tanto dos gases refrigerantes quanto dos gases de expansão de espumas já foram dadas no Capítulo 3 de metodologia;

- Para o 4º Critério – CCV, de forma similar ao critério 1ºb, foi usado o método 80/20 de Pareto para calcular o nível de exigência do custo do ciclo de vida do produto. Contudo, em vez de se buscar o nível de ganho de eficiência, calculou-se o nível de redução do CCV (também já apresentado no Capítulo 3). Desta maneira, o valor percentual de redução do CCV para a implantação do R.A. deve ser de 18% no CCV em comparação com o maior CCV encontrado dentre as amostras dos refrigeradores da Categoria “A”.

Todavia, vale ressaltar que os valores dos níveis de ganho de eficiência e de redução do CCV proposto por este estudo de Tese estão baseados na atual evolução tecnológica dos refrigeradores, valendo para efeito de simulação da metodologia. Para a realização da implantação do R.A., em um período não superior a dois anos, os valores encontrados de ganho de 20% para o ICR e de redução de 18% para o CCV são perfeitamente utilizáveis. Tal afirmação é feita após a análise realizada da amostragem atual coletada e pelo fato de existirem refrigeradores com nível de eficiência muito superior aos outros de mesma categoria. O refrigerador mais eficiente amostrado apresentou ser 268,7% mais eficiente que o ICR mínimo encontrado para a categoria “A”. No caso do CCV, o refrigerador que obteve a maior redução, em comparação ao máximo encontrado na amostra, atingiu uma diminuição de 53,5%. Portanto, para datas de implantação do R.A. acima de dois anos, deve ser realizado um novo cálculo dos valores de ganho de eficiência e de redução de CCV, devido à grande velocidade no surgimento de novas tecnologias. Para os valores encontrados referentes às revisões, um novo cálculo deve ser feito sempre antes das referidas aplicações pelo fato destas acontecerem em períodos de 5 em 5 anos.

4.2 Simulação e Análise dos Resultados Alcançados com a Implantação do Rótulo Ambiental

Para a simulação da concessão do Rótulo Ambiental brasileiro foi definido um padrão de cores para facilitar a visualização dos resultados alcançados no gráfico. Deste modo, as colunas de cor “Verde” representam, tanto para os resultados parciais por critério quanto para o resultado consolidado (final), a aprovação ou concessão do rótulo para um determinado número de refrigeradores. De forma contrária, as colunas de cor “Vermelha” representam a reprovação ou

denegação do Rótulo Ambiental para a quantidade restante de refrigeradores analisados. Outro gráfico a ser apresentado é o que representa o percentual do total de modelos analisados. Este gráfico está definido com a cor “Azul” para os percentuais de aprovação ou concessão do Rótulo Ambiental e com a cor “Branca” para os percentuais reprovados ou denegados para uso do Rótulo. As colunas com cores *degradê*, “Vermelho/Verde” e “Branco/Azul”, representam as quantidades totais de refrigeradores analisados e o percentual máximo (100%) da amostra analisada, respectivamente.

4.2.1 Análise dos Resultados da Metodologia de Concessão do Rótulo Ambiental

Após a inserção dos dados de entrada e a realização da simulação, podem ser visualizados, na Figura 4.1 (nº. absoluto de modelos analisados) e na Figura 4.2 (valores relativos, em %, da amostra coletada), os 64 modelos de refrigeradores avaliados pela metodologia desenvolvida e os resultados de desempenho por critério individual e consolidado.

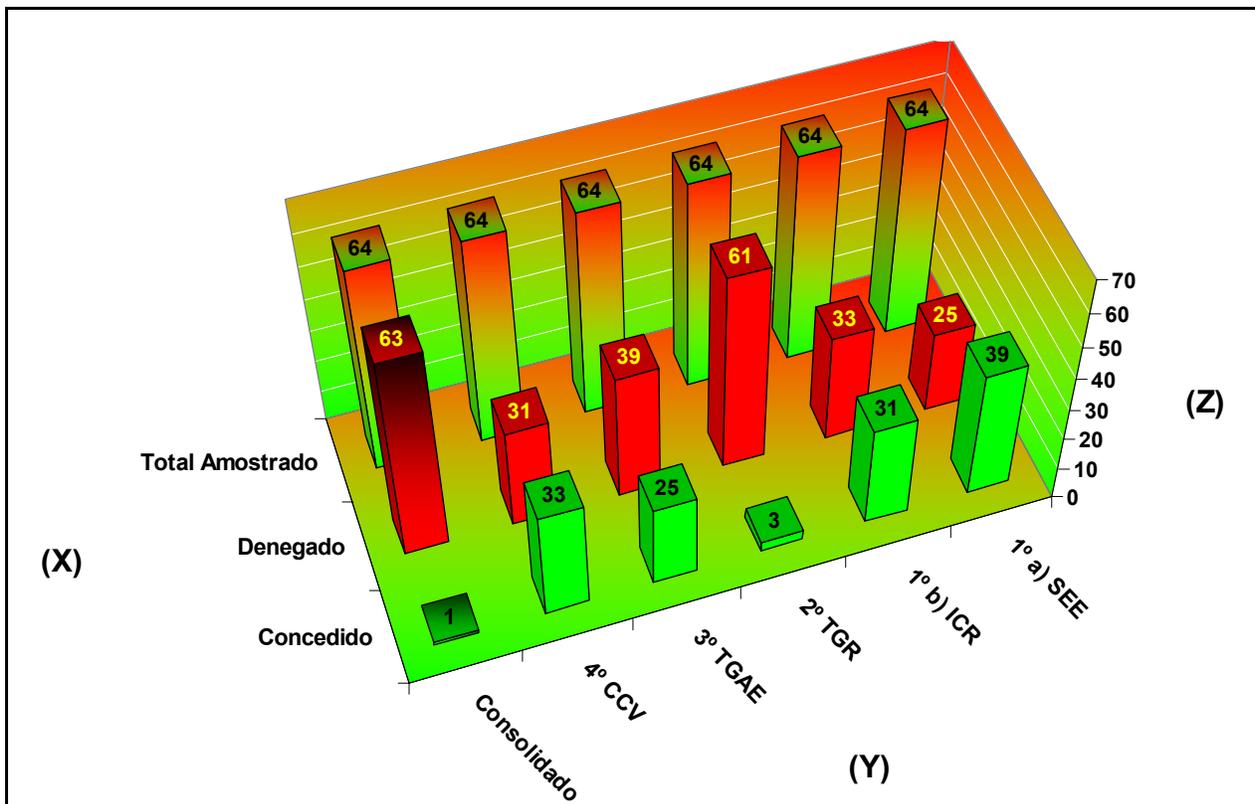


Figura 4.1 – Simulação do Desempenho por Quantidades de Modelos Amostrados Avaliados.

No critério 1ª - SEE pode ser observado que um montante de 39 modelos - Figura 4.1 (60,9%, Figura 4.2) recebeu aprovação. Fica subentendido que, se a condição para a concessão do

Rótulo Ambiental fosse apenas o critério de desempenho energético, tais modelos receberiam o Rótulo. Isto é o que ocorre hoje com o Selo PROCEL, dentro do seu objetivo de premiar os refrigeradores que atingem a Categoria “A” do Selo Comparativo de Eficiência Energética PROCEL/INMETRO (*vide* Figura Anexo A1b). Os demais refrigeradores, um total de 25 (30,1%), foram reprovados por não atingirem a Categoria “A” do SEE exigido pelo critério 1ª do Rótulo Ambiental. O mesmo procedimento de análise dos resultados da Figura 4.1 e Figura 4.2 deve ser repetido para todos os critérios exigidos até se chegar ao resultado consolidado, o qual concederá ou denegará a licença de uso do Rótulo Ambiental brasileiro.

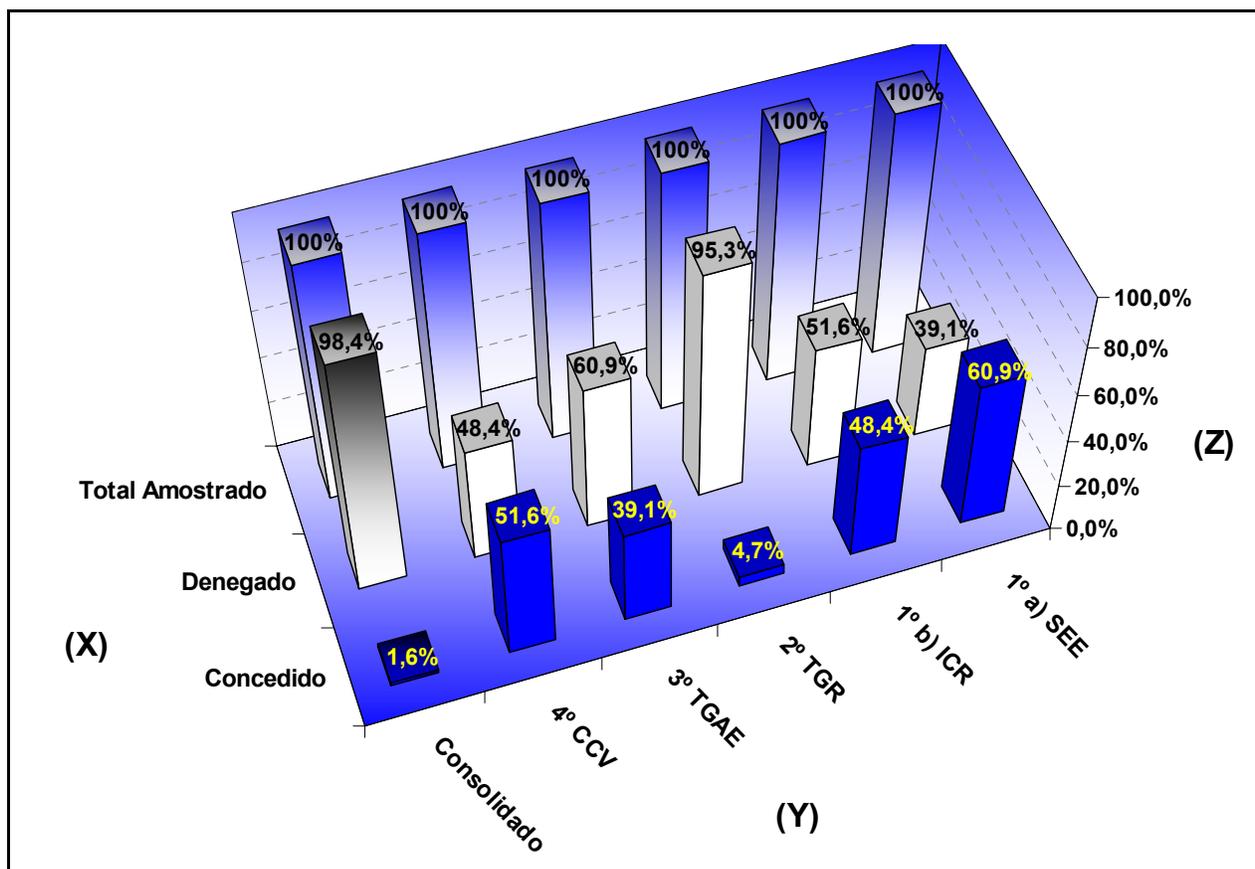


Figura 4.2 – Simulação do Desempenho por Percentuais de Modelos Amostrados Avaliados

Quando foi inserida na simulação a segunda parte ou parte “b - ICR” do critério 1º, com exigência de ganho de eficiência energética, na implantação do R.A. de 20%, acima do menor valor de ICR encontrado na amostra dos refrigeradores da Categoria “A” do SEE, o número de modelos aprovados decresceu para 31 - Figura 4.1 (48,4% da amostra, Figura 4.2). Isto ocorreu porque a metodologia (de identificação, classificação e seleção) desenvolvida, utilizando a análise de risco e critério de Pareto, identificou que nem todos os modelos da Categoria “A” do

SEE apresentavam um desempenho igual ou acima dos 20% exigidos pela segunda parte do critério 1º.

Seguindo com a progressão da análise da simulação realizada, inseriu-se o 2º critério - TGR, ocorrendo uma reprovação de 61 (95,3%) modelos de refrigeradores, ou seja, apenas 03 modelos avaliados possuíam o gás isobutano (R-600a) como gás refrigerante nos seus sistemas de refrigeração. Seguiu-se então para o critério 3º - TGAE, em que o desempenho dos refrigeradores foi bem diferente daquilo apresentado no 2º critério. Isto porque o parâmetro exigido para este critério, que é o uso do gás ciclo/isopentano nas espumas isolantes do gabinete e porta, já vem sendo utilizado por 25 refrigeradores (39,2%) do total amostrado.

Porém, toda inovação e fabricação de refrigeradores denominados “topo de linha” implica em investimento e incremento de custos em curto ou médio prazo. Pensando nisto, ficou clara a necessidade da elaboração de um critério que levasse em conta o fator socioeconômico³², traduzido para a metodologia como o critério 4º - CCV. Desta forma, realizando-se a simulação deste critério com o balizamento nível de exigência do CCV (em 18% de redução do CCV do refrigerador), foram encontrados 33 modelos (51,6% da amostra, Figura 4.2) que cumpriram com êxito este critério. O resultado da simulação individual do CCV demonstrou que a utilização de um critério socioeconômico para identificar, classificar e selecionar modelos de refrigeradores para o rótulo ambiental brasileiro é possível e viável. Ficou evidente também que o fator socioeconômico não foi o principal critério de corte para a seleção dos melhores modelos do mercado, ficando esta responsabilidade para aqueles que identificam e classificam os tipos de gás refrigerante e de expansão de espumas utilizados nos refrigeradores.

Depois de identificados a amostra de refrigeradores coletada e seu comportamento mediante a classificação e seleção individual dos critérios, juntamente com os níveis de exigência propostos neste trabalho, parte-se para a etapa de análise consolidada dos critérios, que concedeu

³²Além da análise ambiental realizada com os critérios exemplificados, fez-se necessário levar em consideração uma análise socioeconômica, balizando as diferenças de tecnologias (com seus ganhos de desempenho energético e ambiental) mediante a recuperação do investimento pelo consumidor, durante a vida útil do refrigerador. Tal fator ainda não é diretamente considerado nos atuais programas de rotulagem ambiental ao redor do Mundo, embora sejam usados na definição de padrões mínimos de eficiência energética em alguns países como nos EUA.

ou negou o rótulo ambiental brasileiro para os modelos estudados. Os resultados consolidados também estão ilustrados na Figura 4.1 e na Figura 4.2.

Dessa forma, mediante os resultados consolidados alcançados, pode ser visto que a metodologia de identificação, classificação e seleção por multicritério, ao consolidar todos os critérios, concedeu a apenas um modelo de refrigerador (1,6%), dos 64 avaliados, o rótulo ambiental brasileiro. Este resultado foi obtido porque somente um modelo conseguiu passar, simultaneamente, pelos quatro critérios exigidos, demonstrando que nem sempre o bom das partes formará o bom de um todo. Todavia, a metodologia cumpriu seu objetivo de realmente selecionar, seguindo a exigência de cada critério proposto, os melhores refrigeradores produzidos e/ou comercializados no País. Atingiu-se também o objetivo do Programa de Rotulagem Ambiental, que é de sempre buscar os produtos que causem os menores impactos negativos ao meio ambiente quando comparado com outros de igual funcionalidade.

Depois de realizadas as simulações da metodologia desenvolvida para esta Tese, surgiu a seguinte pergunta: Como se comportariam a metodologia desenvolvida e os refrigeradores de 1 porta avaliados segundo o nível de exigência dos critérios ambientais dos programas *Green Seal* (EUA) e *Ecolabelling* (UE)? Para responder a esta pergunta, foram cruzados os critérios que poderiam ser comparados entre os três programas: Proposta Tese Brasil, EUA e UE. Identificou-se que o 4º Critério – CCV não poderia ser avaliado por ser de proposta exclusiva desta Tese para o caso Brasil, não sendo utilizado até o momento em nenhum outro Programa de Rotulagem Ambiental ao redor do mundo, apesar de tal critério ser considerado por este trabalho de grande importância socioeconômica para os programas. Já os outros critérios puderam ser comparados tranquilamente por serem estabelecidos em todos os programas, cujos níveis de exigência já foram apresentados no Capítulo 3 e Capítulo 4. Os ganhos de eficiência foram comparados de forma absoluta em valores percentuais (%) já que a realização de uma comparação de valores de consumo de energia elétrica seria complexa por depender de muitas variáveis não encontradas por este trabalho no que diz respeito aos refrigeradores estrangeiros: temperatura ambiente, clima (umidade), hábitos de utilização do aparelho, entre outras.

Tabela 4.3 – Simulação Comparando Resultados das Exigências Brasil, EUA e UE

Análise	Proposta Brasil	Green Seal Atual (EUA)	Ecolabel Atual (UE)	
	A _{ICR=+20%} (Implantação)	A _{+20%}	A _{+24%}	A _{++45%}
Consolidado sem CCV	3	3	3	3
Critério 1ª – SEE	39	39	39	39
Critério 1ºb – ICR	31	31	31	28
Critério 2º - TGR	3	3	3	3
Critério 3º - TGAE	25	25	25	25
Critério 4º - CCV	33	não analisado/falta de dados		

Analisando-se os resultados encontrados com a simulação dos três programas apresentados na Tabela 4.3 e a exigência de três critérios, constatou-se que 03 modelos seriam aprovados em todos os critérios e programas de rotulagem. Isto ocorreu independentemente do nível de exigência para a concessão do Rótulo Ambiental ser nacional ou dos outros dois programas internacionais.

Olhando-se para os critérios individualmente, identificou-se que somente houve alteração (para menos modelos aprovados) do montante de refrigeradores avaliados no critério 1ºb – ICR para o *Ecolabel* A₊₊₄₅, que apresentou uma redução de 31 modelos aprovados para 28. Vale ressaltar que, mesmo na UE, o nível de exigência A₊₊₄₅ é opcional para os modelos de refrigeradores aspirantes à licença de uso do Rótulo Ambiental *Ecolabel*. É, de fato, obrigatório para os modelos aspirantes apresentarem um ganho de eficiência A₊₂₄. No caso, os modelos de refrigeradores avaliados cumpriram sem nenhum problema.

A proposta deste Trabalho, quando da implantação do Rotulo Ambiental Brasileiro para os refrigeradores de 1 porta, é que deve ser dado de 1 a 2 anos para que os fabricantes possam se adaptar aos novos sistemas de gases refrigerantes e de expansão de espumas; porém, merecem destaque aqueles fabricantes que já consigam cumprir os critérios sem problemas.

As sequências parcial e consolidada das simulações dos critérios (ambiental e socioeconômico) serviram para evidenciar a flexibilidade da metodologia na inclusão de critérios e/ou exigências que se pode atingir. Foi possível escolher “o melhor modelo do mercado” (*top runner* ambiental brasileiro, Tabela 4.3) ou, até mesmo, formar metas a serem atingidas num futuro próximo pelos vários modelos comercializados no País (por exemplo, informando aos fabricantes que o uso de Isobutano ou outro gás de semelhante PAG e PDO seria incluído como

critério na próxima avaliação periódica do programa, deixando uma margem de adaptação aos mesmos).

Reconhece-se que, sob uma visão política, mesmo sendo de caráter voluntário, poderia ser inaceitável a implantação de um programa de rotulagem ambiental que venha aprovar, com seus critérios e níveis de exigências, apenas um modelo dentre todos os analisados. Considerando a informação, recebida da BSH CONTINENTAL (2009), a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos (ELETROS) vem reunindo-se com o INMETRO regularmente, onde se negocia as exigências governamentais, sendo as principais:

- Revisão dos índices para classificação de consumo energético dos eletrodomésticos (em discussão novos índices para 2011);
- Planejamento da eliminação do agente expansor para o isolamento térmico (atualmente têm-se ainda algumas empresas usando R141b, e planeja-se em breve ter 100% do mercado de novos refrigeradores usando o ciclo/isopentano);
- Planejamento da substituição do atual fluido refrigerante R134a na refrigeração doméstica por uma alternativa que além de não destruir a camada de ozônio (protocolo de Montreal), também não causar o aquecimento global (protocolo de *Kyoto*). A discussão é para data limite de 2015, atualmente a proposta mais viável, já em uso por alguns fabricantes é o isobutano (R600a).

Assumindo que o atual principal critério de corte, que são os gases utilizados nos refrigeradores, será sanado em curto prazo, realizou-se uma nova simulação, usando a hipótese de que todos os refrigeradores, na Categoria “A” do selo PROCEL/INMETRO, já estariam utilizando os gases isobutano (R-600a) e o ciclo/isopentano. Esta simulação teve o intuito de verificar o comportamento da metodologia proposta, sua sensibilidade mediante as escolhas políticas e compromissos assumidos pelo setor industrial de eletrodomésticos. A Tabela 4.4 ilustra os resultados da concessão do rótulo ambiental brasileiro caso a indústria de refrigeradores já estivesse adaptada às novas tendências do mercado.

Tabela 4.4 – Simulação Comparando Resultados das Exigências Brasil, EUA e UE Diante das Discussões entre ELETROS e IMNMETRO

Análise	Proposta Brasil	Green Seal Atual (EUA)	Ecolabel Atual (UE)	
	A _{ICR=+20%} (Implantação)	A _{+20%}	A _{+24%}	A _{++45%}
Consolidado sem CCV	26	26	26	24
Critério 1ª – SEE	39	39	39	39
Critério 1ªb – ICR	31	31	31	28
Critério 2º - TGR	39	39	39	39
Critério 3º - TGAE	44	44	44	44
Critério 4º - CCV	33	não analisado/falta de dados		
Consolidado com CCV	20	não analisado/falta de dados		

Com a realização da nova simulação, ilustrada na Tabela 4.4, pode-se verificar como as decisões políticas são importantes para o desenvolvimento e sucesso de programas, como o de rotulagem ambiental, por exemplo. Todos - governo, fabricantes, população e meio ambiente - irão se beneficiar diretamente com a nova geração de refrigeradores com maior desempenho energético, alta qualidade ambiental e com benefícios-custos atrativos.

Na simulação anterior (Tabela 4.3), que representa o atual patamar da indústria de refrigeradores no País, apenas três refrigeradores, se não fosse levado em conta o CCV, seriam contemplados com o rótulo ambiental. Com a nova simulação, que incluiu a discussão da troca dos gases refrigerante e de expansão de espumas, o número de refrigeradores contemplados saltaria para 26 modelos. Considerando a análise consolidada com CCV, o número cairia para 20 modelos; porém ainda superaria em muitas vezes o resultado da primeira simulação. Quando se elevou o nível de exigência do ICR de 20% para 45% e considerou-se o consolidado com CCV, foram contemplados com rótulo ambiental 19 modelos de refrigeradores.

Estes resultados demonstraram que o atual problema de vários modelos de refrigeradores no Brasil, na visão da metodologia proposta, não é o desempenho energético nem o custo ao longo do ciclo de vida. A dificuldade principal, que gera o maior passivo ambiental com o uso e descarte indevido dos refrigeradores, está no tipo dos gases utilizados nos seus atuais sistemas de refrigeração e na expansão das espumas isolantes.

As simulações mostraram também que o setor já vem desenvolvendo inovações tecnológicas mais eficientes energética e ambientalmente por ter sido encontrado, pelo menos, um modelo atual que cumpriu de forma exitosa todas as exigências simuladas simultaneamente.

Tal modelo atingiu um grau de redução do CCV de 50%, em comparação com o valor máximo encontrado nos refrigeradores de Categoria “A” do SEE, e um ganho de eficiência de 268,7%, em comparação com o ICR mínimo visto nos refrigeradores de Categoria “A” do SEE.

Isto mostra que é possível produzir refrigeradores “super” eficientes, que impactam menos o ambiente em relação aos outros modelos similares e ainda apresentam custos ao longo do ciclo de vida consideravelmente satisfatórios. Demonstrou-se ainda que, cada vez mais, o avanço tecnológico propicia o desenvolvimento de refrigeradores ambientalmente preferíveis, vindo ao encontro de uma proposta de implantação de Rotulagem Ambiental Brasileira para eletrodomésticos com o foco na disseminação da cultura do desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental (*Ecodesign* – ISO/TR 14062).

Portanto, a metodologia desenvolvida de Rotulagem Ambiental para refrigeradores residenciais no Brasil auxilia os tomadores de decisão (planejadores) através de incentivo e criação de metas ambientais, com embasamento técnico e científico, para a formação de um setor de refrigeradores com alta tecnologia ambiental e socioeconômica, contribuindo para o consumo e desenvolvimento sustentável do País.

4.3 Parte 2 da Metodologia Desenvolvida – Ganhos Globais: Cálculo das Possíveis Economias Alcançadas com a Simulação da Substituição do Parque de Refrigeradores Antigos no País

Para a simulação da planilha de cálculo das economias são necessárias, além dos dados já inseridos na planilha da concessão do Rótulo Ambiental, várias outras informações que abrangem o caráter técnico, mercadológico, econômico, ambiental e social. A lista de tópicos que segue reflete as informações coletadas para preenchimento da folha de cálculo de entrada de dados da 2ª Parte da Metodologia desenvolvida neste estudo de Tese:

1. Potencial de aquecimento global – PAG (GWP, em inglês) por tipo de gás refrigerante;
2. Faixa de volume dos refrigeradores (em litros) e respectivas quantidades de gás refrigerante utilizado (em gramas);
3. Percentual de inserção de cada faixa de volume dos refrigeradores no mercado (%);

4. PAG (GWP) por tipo de agente de expansão de espumas;
5. Faixa de volume dos refrigeradores (em litros) e respectivas quantidades de gás de expansão de espumas utilizado (em gramas);
6. Faixa de idade dos refrigeradores nas residências (em anos) e o percentual do parque instalado por faixa de idade (em %);
7. Penetração dos gases analisados no mercado (em %) por faixa de idade dos refrigeradores (em anos);
8. Participação dos fabricantes no mercado brasileiro (em %),
9. Penetração dos gases analisados no mercado (em %) dos refrigeradores novos;
10. Dados para o cálculo do PAG (GWP) das termelétricas a óleo, carvão e gás natural (eficiência da planta geradora, em %, fatores de oxidação dos combustíveis, fator de emissão, em tC/TJ);
11. Emissão média do sistema elétrico interligado nacional (SIN) por tCO₂/MWh;
12. Consumo *Per Capita* por ano (em MWh/habitante);
13. Tarifa de energia elétrica média para o setor residencial (R\$/kWh);
14. Impostos sobre a tarifa de energia elétrica (PIS, COFINS, ICMS, entre outros);
15. Valor da tCO₂ no mercado de carbono no MDL (em US\$/ tCO₂);
16. Taxa de câmbio (US\$ = R\$);
17. Número de residências existentes no País;
18. Taxa de crescimento residencial por ano (em %);
19. Taxa de crescimento da penetração de refrigeradores nas residências/ano (em %);
20. Taxa de substituição dos refrigeradores antigos por ano (em %);
21. Fator de Correção da Eficiência – FCE (em %) por faixa de idade dos refrigeradores;
22. Número de horas de funcionamento de um refrigerador por ano (*running time*).

4.3.1 Dados de Entrada Coletados para a Simulação das Possíveis Economias Alcançadas

Os primeiros dados coletados a serem inseridos na planilha de cálculo são os tipos de gases refrigerantes e de expansão de espumas utilizados no passado e/ou atualmente nos refrigeradores comercializados e/ou produzidos no Brasil (Figura 4.3). Os valores do PAG (GWP) dos gases foram obtidos a partir do MMA (2007)³³, da norma ASTM D7075-04 (2004), BSH CONTINENTAL (2007) e MAINE.GOV (2008). A coleta dos dados sobre as quantidades dos gases (em gramas), realizada até o momento (junho/2009), teve ajuda do fabricante BSH CONTINENTAL, através de visita à unidade fabril de Hortolândia (SP), em 11 de outubro de 2008 (para o R600a, R134a), além de informações retiradas de RAL QUALITY (2008) para o gás CFC.

Tipo de Gás Refrigerante	Potencial Aquecimento Global (GWP)	Faixas de Volume dos Refrigeradores (litro) e Respectivas Quantidades de Gás Refrigerante Utilizados (grama)			
		até 100	101-300	301-500	acima de 500
ISOBUTANO (R-600a)	3		30	32	
HFC (R-134a)	1.300		75	85	
HCFC (R-22)	1.700				
CFC	10.600		98	130	163
		Percentual de Inserção de Cada Faixa de Volume dos Refrigeradores no Mercado (%)			
		1,1%	37,6%	60,2%	1,1%
TOTAL (Conferência) =>		100,0%			
Agente de Expansão de Espumas	Potencial Aquecimento Global (GWP)	Faixas de Volume dos Refrigeradores (litros) e Respectivas Quantidades de Gás De Expansão de Espumas (grama)			
		até 100	101-300	301-500	acima de 500
CICLO/ISOPENTANO	10		229	303	
HCFC (R-141b)	713				
CFC	10.600		142	190	237

Figura 4.3 – Dados dos Gases Refrigerantes e dos Gases de Expansão de Espumas

Fonte: GWP Isobutano e Ciclo/Isopentano - ASTM D7075-04 (2004), GWP HFC - BSH CONTINENTAL (2007), GWP HCFC (R-22) - MMA (2007), GWP HCFC (R-141b) - MAINE.GOV (2008) e GWP CFC - MMA (2007) e RAL QUALITY (2008).

³³ Todos os GWP's estão em consonância com os relacionados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* no relatório *Third Assessment Report, 2001*, pois essa é a referência base usada pelo Ministério de Meio Ambiente do Brasil, órgão governamental nacional responsável pelo plano de eliminação do uso de substâncias destruidoras da camada de ozônio e/ou que contribuem para o efeito estufa.

Os dados (Figura 4.3) sobre o percentual por faixa de volume dos refrigeradores no mercado foram retirados de Cardoso (2008) e reajustados para este estudo, apresentando as seguintes configurações (Tabela 4.5):

Tabela 4.5 – Dados Percentuais por Faixa de Volume dos Refrigeradores no Mercado

Faixas de Volume (litro)	Percentual no Mercado (%) Cardoso (2008)	Percentual Ponderado no Mercado (%)	Redistribuição das Faixas de Volume	Percentual Ponderado no Mercado (%)
V < 200	1%	1,1%	V ≤ 100*	1,1%*
200 ≤ V ≤ 299	35%	37,6%	101 ≤ V ≤ 300*	37,6%*
300 ≤ V ≤ 399	38%	40,8%	301 ≤ V ≤ 500*	60,2%*
400 ≤ V ≤ 499	18%	19,4%		
V > 500	1%	1,1%	V > 500*	1,1%*
Não Sabem	7%	0%		
Total	100%	100%		

Fonte: Redistribuição de Valores com base em Cardoso (2008).

* Faixas de Volume e Valores Percentuais Ponderados redistribuídos e utilizados na simulação.

Os dados da Tabela 4.5 foram redistribuídos para melhor disporem na formatação para a realização das simulações na folha de cálculo desenvolvida. A hipótese assumida foi a de distribuir ponderadamente a fatia de 7% da amostra dos que “não sabiam responder” para se estimar 100% do mercado de refrigeradores, além de redistribuir as Faixas de Volume dos aparelhos para melhor adaptação da formatação da planilha de cálculo.

A Tabela 4.6 apresenta a consolidação de vários dados citados na lista descrita no início deste item. Os percentuais de mercado por idade do refrigerador foram retirados de Melo *and* Jannuzzi (2008), e os dados da penetração dos gases refrigerantes (Tabela 4.6) foram fornecidos pela fabricante BSH CONTINENTAL (em 11/10/2008). Contudo, o complexo fabril da BSH é relativamente novo e, desta forma, nunca trabalharam com os gases CFC e R141b em seus refrigeradores.

Assumiu-se, dessa forma, a hipótese de que todos os refrigeradores com 09 anos ou mais no mercado nacional utilizavam CFC, quando ainda não havia a Resolução nº 267 (CONAMA, 2000) que proibiu o uso desse gás nos eletrodomésticos no Brasil em consonância com o Protocolo de Montreal, em vigor desde 01 de janeiro de 1989. Porém, para os refrigeradores de 0 (zero) a 08 anos, consideraram-se as seguintes hipóteses: para refrigeradores menores ou iguais a

03 anos, a penetração do gás Isobutano é de 7,8% e do gás R134a de 92,2%. Chegou-se a este percentual através da fatia de 10% de mercado da BSH CONTINENTAL (2007a) multiplicada pela penetração dos gases na sua linha de refrigeradores (78% de Isobutano). Para os aparelhos de 04 a 08 anos, assumiu-se uma penetração de 100% do gás R134a, visto que a Resolução CONAMA (2000) já havia entrado em vigor, proibindo o uso do CFC, e que os refrigeradores BSH CONTINENTAL usavam 100% desse gás.

Tabela 4.6 – Dados Percentuais de Mercado por Idade do Refrigerador e por Penetração do Tipo de Gás Refrigerante e de Expansão de Espumas

Refrigeradores nas Residências			Penetração de Gás no Mercado (%)						
			Gás Refrigerante (%)				*Gás de Expansão de Espumas (%)		
Idade dos Refr.(anos)		*Mercado (%) / Idade	Isobutano (R600a)	HFC (R134a)	HCFC (R22)	CFC	Ciclo/ Isopentano	HCFC (R141b)	
	Idade ≤	3	22,4%	7,8%	92,2%	0%	0%	39%	61%
4	≤ Idade ≤	8	44,4%	0%	100%	0%	0%	10%	90%
9	≤ Idade ≤	15	26,2%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
	Idade >	15	7%	0%	0%	0%	100%	0%	0%

Fonte: * Mello and Jannuzzi (2008); ** BSH CONTINENTAL (2008); ***INMETRO (2008).

Para a penetração dos gases de expansão de espumas, a lógica das hipóteses assumidas é similar a realizada para os gases refrigerantes. Porém, para os aparelhos com igual ou menos de 03 anos, considerou-se o percentual retirado da tabela do INMETRO (2008), que indica um total de 39% dos modelos de refrigeradores utilizando Ciclo/Isopentano e 61% usando R141b. Para os refrigeradores de 04 a 08 anos, assumiu-se novamente a BSH CONTINENTAL como referência, visto que desde o início da fábrica já utilizavam 100% de Ciclo/Isopentano. Desta forma, como a BSH CONTINENTAL possui 10% da fatia do mercado de refrigeradores, considerou-se que 10% do gás de expansão de espumas do mercado de refrigeradores de 04 a 08 anos é de Ciclo/Isopentano e que 90% do gás restante é de R141b.

Vale salientar que pedidos de informações, como as fornecidas pela BSH CONTINENTAL, foram feitos aos outros três grandes fabricantes: Electrolux, MABE (*Blue Sky*, Dako e GE) e *Whirlpool* (Brastemp e C&Sul). A Electrolux respondeu, por e-mail (14/11/2008), que não fornece dados técnicos, apesar destes serem públicos por constarem o tipo de gás e seu volume atrás de cada modelo de refrigerador vendido (a desvantagem para esta busca é em

relação aos aparelhos antigos que não se têm nas lojas). A *Whirlpool* (Brastemp e Cônsul) respondeu que estaria analisando o pedido; porém, até o momento, não houve resposta. A MABE (*Blue Sky*, Dako e GE) não se manifestou.

Entende-se que, para se obter resultados mais precisos, seriam necessárias as informações destes fabricantes. Contudo, com a grande ajuda fornecida pela BSH CONTINENTAL e com as hipóteses assumidas, acredita-se que se possa chegar a resultados satisfatórios e realizar o que se considera o mais importante: “testar a metodologia desenvolvida com simulação dos cálculos”. Isto evidencia a importância do desenvolvimento de políticas públicas e da criação de legislações em paralelo à implantação do Rótulo Ambiental como, por exemplo, a obrigatoriedade de fornecimento de dados por partes das fabricantes (mesmo sob sigilo) para uso destes no desenvolvimento de um bom programa de rotulagem.

Desta maneira, considera-se que todos refrigeradores novos apresentem a configuração da Tabela 4.7 para o caso referência simulado.

Tabela 4.7 – Dados Percentuais de Penetração do Tipo de Gás Refrigerante e de Expansão de Espumas dos Refrigeradores Novos

Penetração de Gás no Mercado (%)			
Gás Refrigerante (%)		Gás de Expansão de Espumas (%)	
Isobutano (R600a)	HFC (R134a)	Ciclo/ Isopentano	HCFC (R141b)
7,8%	92,2%	39%	61%

Para a participação das marcas no mercado de refrigeradores, foram coletados os dados do DATAMARK (2008), os quais estão ilustrados na Figura 4.4.

Participação do Mercado de Refrigeradores no	
Marca	Mercado (%)
Electrolux	29,0%
Multibrás	50,0%
BSH Continental	10,0%
Mabe	11,0%
Outros	0,0%

Figura 4.4 – Fatia de Mercado das Marcas de Refrigeradores
Fonte: DATAMARK (2008)

Inseriu-se, na análise, uma variável importante para o cálculo de emissão de CO₂ no ambiente. A variável “MIX matriz energética” do Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) é a configuração típica da planta geradora de energia elétrica no Brasil, não devendo ficar de fora da análise de emissão e/ou redução de CO₂equivalente. A Figura 4.5 apresenta, dentre outros, o valor médio de emissão de tCO₂ emitido por MWh gerado (tCO₂/MWh), retirado do MME (2008b). Para se calcular um possível ganho no mercado de carbono referente ao MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) com as reduções das emissões de CO₂, foi necessário obter o custo (US\$/t CO₂) da tCO₂ praticado. Sendo assim, para ficar mais coerente com o valor usado pelo governo brasileiro, foi utilizado como referência o valor da tCO₂ praticado pelo MME, em LEONELLI (2008), e a taxa de câmbio (Dólar para Real) do Banco Central do Brasil (BC, 2009).

O valor da tarifa de energia elétrica residencial é representado por um valor médio nacional (Média Brasil), retirado da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008). Porém, a tarifa apresentada pela ANEEL não inclui impostos e outros encargos que integram a fatura de energia elétrica como, por exemplo, PIS/PASEP, COFINS, ICMS, Taxa de Iluminação Pública e Encargo de Capacidade Emergencial (ECE). Todavia, para este estudo são considerados os encargos no cálculo pelo fato de estes impactarem diretamente na fatura de energia elétrica do consumidor. Sendo assim, assumiu-se um valor médio de encargos para serem incluídos na tarifa de energia elétrica. O último dado apresentado na Figura 4.5 é o consumo *Per Capita* de Energia Elétrica no Brasil (BEN, 2007), que auxiliará na análise final das simulações.

Custo da tCO ₂ no Mercado de MDL (US\$/tCO ₂)		Emissao Média de CO ₂ do Sistema Elétrico Interligado Nacional	
Valor (US\$/tCO ₂)	\$22,00	Ano da Análise	2008
Taxa de Câmbio (US\$1,00 = R\$)	R\$ 2,22	tCO ₂ /MWh Gerado	0,0532
<hr/>			
Tarifa de Ener.Elet. (R\$/MWh)	\$322,00	Ano da Análise	2006
Impostos (%)	44%	Consumo (MWh/habitante) por ano	0,452

Figura 4.5 – Dados: Tarifa de Energia Elétrica, Câmbio, Consumo Per Capita, Valor da tCO₂ e Emissão Média de CO₂ do SIN

Fonte: Câmbio (BC, 2009); Tarifa de Energia Elétrica (ANEEL, 2008); Consumo *Per Capita* (BEN, 2007); Valor da tCO₂ (LEONELLI, 2008); e Emissão Média de CO₂ do SIN (MME, 2008).

Finalizando a apresentação dos dados de referência coletados e inseridos na planilha “Entrada de Dados” para o cálculo das possíveis economias alcançadas, a Figura 4.6 ilustra os valores de seis dados estratégicos para a realização das simulações: Número de Residências no País³⁴, Taxa Média de Crescimento Residencial/ano, Percentual de Penetração de Refrigeradores nas Residências e Taxa Média de Crescimento da Penetração/ano - retirados das PNAD’s (de 1999 a 2007) e Censo (2000) - e Taxa de Substituição de Refrigeradores no Brasil (valor que depende de quanto o planejador quer substituir por ano)³⁵. Outro dado é o Número Médio de Horas de Funcionamento do refrigerador de 01 porta por ano (*Runnig Time*, segundo dado fornecido pela fabricante BSH CONTINENTAL). Seguindo critérios exigidos por normas nacionais e internacionais, o valor do *Runnig Time* pode chegar a até 40% do número de horas no ano, ou seja, assumiu-se que o refrigerador de 01 porta funciona 3.504 horas por ano.

Nº de Residências no País	62.417.926	2010
Taxa de Crescimento Residencial/ano	3,4%	
Penetração Refrigeradores vs Residências	90,8%	
Taxa Crescimento da Penetração/ano	1,8%	
Taxa de Substituição de Refri. Antigos/ano	1,0%	
Nº de HORAS de Funcionamento do Ref./ano	3.504	

Figura 4.6 – Dados: Nº de Residências no País, Taxa de Crescimento Residencial, Penetração dos Refrigeradores nas Residências, Taxa de Crescimento da Penetração, Taxa de Substituição de Refrigeradores Antigos e Horas de Funcionamento do Refrigerador

Fonte: PNAD’s (1999 a 2007), Censo (2000) e BSH CONTINENTAL (2008).

Devido à perda de eficiência do refrigerador ao longo dos anos de uso, faz-se necessário, como já descrito na metodologia (Capítulo 3), o uso de Fatores de Correção de Eficiência (FCE) para não super valorar o ganho de eficiência do refrigerador ao longo dos anos. Segundo Cardoso

³⁴ O número de residências no Brasil foi estimado com base no histórico (de 10 anos), retirado do sítio de *internet* do IBGE, e no cálculo taxa média de crescimento anual destas no País. Tanto os dados do número de residências quanto as taxas de crescimento anual destas foram retirados das PNAD’s (1999 a 2007) e Censo (2000).

³⁵ Isto não quer dizer que todos os outros itens apresentados na entrada de dados da metodologia desenvolvida não possam ser modificados. Os valores inseridos são de referência e rastreáveis; todavia, se necessário pode-se realizar “n” simulações com “n” cenários e valores diferentes.

(2008), os refrigeradores com até 5 anos de uso não apresentam perda de eficiência global do sistema. Para os aparelhos entre 5 e 10 anos, identifica-se a perda de 20% na eficiência global do sistema, oriunda da piora da vedação na porta e da capacidade de isolamento das espumas isolantes no gabinete e na porta. Para os aparelhos entre 10 e 16 anos, a perda de eficiência chega a 40%, devido ao desgaste e queda de desempenho do compressor e da espuma isolante, entre outros. Para os refrigeradores acima de 16 anos de uso, manteve-se a perda de eficiência de 40% por não terem sido encontrados dados confiáveis, embora entende-se que a perda de eficiência deva ser ainda maior.

A ultima hipótese assumida, antes de iniciar a simulação da planilha das possíveis economias alcançadas, foi a variação percentual de consumo entre os refrigeradores antigos (ponderado por faixa de idade) e os novos (ano referência 2008). Com base em Cardoso (2008), encontrou-se a variação por faixa de idade, apresentada na última coluna da Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Dados Percentuais do Aumento de Consumo com o Aumento da Idade dos Refrigeradores de 1 Porta

Ano Atual (análise)		Ano 2008 (Atual)			
Anos (Histórico)	Variação Anos (histórico) com Atual	Consumos Refrigeradores (kWh/ano, histórico)	Consumo Médio (ano atual)	Variação (%) entre Anos (histórico) e Atual	Variação Utilizada/Faixa de Idade
1985	23	*500	283,8	176%	XXXXX
1990	18	*440	283,8	155%	**155%
1995	13	*410	283,8	144%	**144%
2000	8	*380	283,8	134%	**134%
2005	3	*350	283,8	123%	**123%

Fonte: Elaboração própria com base em *Cardoso (2008).

** Valores assumidos na simulação das possíveis economias alcançadas.

Tal variação percentual (Tabela 4.8) é necessária para determinar o consumo médio ponderado dos refrigeradores antigos no mercado segundo a metodologia desenvolvida. Confrontando-se esse consumo médio com o de aparelhos novos, encontra-se a economia de energia alcançada com o avanço da tecnologia e o aumento do desempenho energético dos modelos de refrigeradores novos. A partir daí, inicia-se uma reação em cadeia na planilha de cálculo que origina os resultados: de economia na fatura de energia elétrica, potência média (MWmédio) economizada, emissões de CO₂ evitadas e ganhos com possíveis projetos de MDL.

4.3.2 Simulação dos Dados Coletados e Análise dos Resultados com a Aplicação da 2ª Parte da Metodologia Desenvolvida: Ganhos Globais

A simulação e a análise dos resultados foram realizadas de forma progressiva para facilitar sua interpretação e assimilação com a aplicação da 2ª Parte da metodologia desenvolvida. Sendo assim, a apresentação da simulação foi dividida em quatro partes principais:

1. Apresentação da evolução entre os refrigeradores novos e substituídos segundo a vida útil, taxa de crescimento residencial, taxa de crescimento de penetração dos refrigeradores nas residências e taxa de substituição dos refrigeradores;
2. Apresentação das economias alcançadas segundo as condições assumidas descritas no item “1” e inserção do ganho de eficiência (nas simulações: da implantação do R.A.; das 1ª, 2ª e 3ª Revisões dos R.A.) e das variações percentuais por idade dos consumos dos refrigeradores antigos. Tais ganhos de eficiência energética, diante dos 64 modelos de refrigeradores coletados no INMETRO (2008), foram calculados para quatro fases³⁶:
1ª Fase – Implantação do Rótulo Ambiental (R.A.) - o nível de eficiência alcançado deve ser 20% maior que o menor ICR encontrado na amostra para os refrigeradores de Categoria “A”; retirados da amostra os aparelhos reprovados na implantação (ou seja, aqueles 20% do Princípio 80/20 de Pareto). 2ª Fase – 1ª Revisão do R.A. - o nível de eficiência deve ser 73% maior que o menor ICR da nova amostra, retirando-se novamente os refrigeradores reprovados. 3ª Fase – 2ª Revisão do R.A. - o nível de eficiência deve ser 7% maior que o menor ICR da nova amostra. Finalizando, retiram-se os aparelhos reprovados na 2ª Revisão e obtém-se uma nova amostra, que passa para a 4ª e última Fase da simulação – 3ª Revisão do R.A. - o nível de eficiência deve ser 4% maior que o menor ICR encontrado na nova amostra. Tais níveis de eficiência possuem tamanha variação porque, com a utilização de “Pareto” (mantém 80% da abrangência

³⁶ De maneira similar à forma de obtenção dos valores para revisões do nível de exigência do IRC, foram calculados segundo Pareto, os possíveis níveis de redução do CCV para quatro fases: 1ª Fase – Implantação do R.A., o refrigerador deve atingir uma redução de 18% no CCV em comparação o maior CCV encontrado dentre as amostras dos refrigeradores da Categoria “A”; 2ª Fase – 1ª Revisão do R.A., o refrigerador deve atingir uma redução de 16% no CCV; 3ª Fase – 2ª Revisão do R.A., o refrigerador deve atingir uma redução de 20% no CCV; e finalizando, para a 4ª Fase – 3ª Revisão do R.A., o refrigerador deve atingir uma redução 17% no CCV.

da amostra, retirando-se os 20% menos eficientes), vão sendo buscados sempre com o intuito de nivelar os modelos de refrigeradores analisados. Porém, como a filosofia do Programa de Rotulagem Ambiental é de estimular a melhoria contínua dos produtos rotulados, sempre haverá a possibilidade de aumentar o nível de eficiência exigido. Desta forma, pode ser notada a disparidade existente atualmente entre refrigeradores de uma mesma categoria de eficiência (Categoria “A”) - aumento de 20% logo na implantação do R.A. e de 73% na 1ª revisão (mesmo assim, aprovando 80% dos refrigeradores analisados). Para a simulação da concessão do Rótulo Ambiental, é usado o nível de eficiência de 20%. Os outros três níveis calculados (1ª, 2ª e 3ª revisões) são empregados na simulação das possíveis economias alcançadas (2ª parte da metodologia). Os períodos para as revisões são definidos de 5 em 5 anos a partir do ano da implantação do R.A., possibilitando um aumento de eficiência dos refrigeradores rotulados de 104% em 15 anos. Estes períodos estão baseados em programas internacionalmente reconhecidos como o *Green Seal* e o *Ecolabelling*;

3. Apresentação das reduções de emissão de CO₂ no ambiente oriundo da geração de energia pelo SIN (Sistema Elétrico Interligado Nacional) e a não emissão para o ambiente dos gases refrigerante e de expansão de espumas devido à captura e correta disposição dos mesmos. Os resultados são obtidos segundo as condições assumidas em “1 e 2” e da configuração do mercado (em %) dos refrigeradores novos por tipo de gás refrigerante e de expansão de espumas;
4. Apresentação dos possíveis ganhos no mercado de carbono (projetos de MDL) com as reduções de emissão de CO₂ no ambiente oriundo da geração de energia elétrica pelo SIN (Sistema Elétrico Interligado Nacional) e a não emissão para o ambiente dos gases refrigerante e de expansão de espumas devido à captura e correta disposição final dos mesmos. Os resultados são obtidos segundo as condições assumidas em “1, 2 e 3” e do custo do tCO₂ no mercado de carbono (US\$/tCO₂).

Simulação e Análise da Evolução Entre os Refrigeradores Antigos e Novos

O conhecimento da evolução da substituição do parque de refrigeradores antigos por novos é de extrema importância porque esta é a base para a realização do cálculo de todas as possíveis economias alcançadas. Deste modo, assumindo-se todas as hipóteses descritas anteriormente para

essa etapa e tirando uma fotografia da atual situação do parque de refrigeradores (antigos e novos) e das presentes tecnologias utilizadas no País, foram fixadas a vida útil dos aparelhos em 16 anos e a implantação do R.A. em 2010. Assumindo-se as variações de crescimento, anteriormente mencionadas neste capítulo, verificou-se que o tempo necessário para a substituição do parque atual de refrigeradores antigos no Brasil seria de 40 anos (em 2050).

Só para exemplificar o efeito de políticas públicas no planejamento nacional: o governo brasileiro aprovou um subsídio (chamado “bolsa geladeira”) para a substituição de 10 milhões de refrigeradores antigos por novos, com o início para o segundo semestre de 2009 ou, mais tardar, para o primeiro semestre de 2010. Assumindo-se uma média de substituição de 1 milhão de refrigeradores por ano, o subsídio do governo iria até 2019 e elevaria a taxa de substituição desses aparelhos de 1% para 1,6% ao ano (toda a consideração feita é sempre mantendo as outras taxas de crescimento constantes). Considerando que, no término de 2019, o subsídio acabe e a taxa de substituição retome o patamar médio de 2010 (1% ao ano), o tempo total estimado, para a eliminação do atual parque de refrigeradores antigos, seria 2 anos menos que o simulado, ou seja, de 38 anos, em 2048. Todavia, caso ocorresse, no término do subsídio do governo, uma tendência de continuação da taxa de substituição de 1,6% ao ano, decorrente do baixo preço do refrigerador influenciado pela grande escala de produção, o tempo estimado para substituição de todo o parque se reduziria em 10 anos, ou seja, cairia para 30 anos, em 2040.

Não só as políticas públicas surtem efeitos positivos para a metodologia proposta nesta tese. O formato regulatório pode influenciar positivamente a implantação do Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro. Os programas de eficiência energética das concessionárias, regulados pela ANEEL, vêm sendo utilizados, em uma das suas vertentes, para a substituição dos refrigeradores antigos por novos, existentes nas comunidades de baixa renda brasileiras. Este exemplo mostra que o caráter regulatório, quando bem planejado e aplicado, pode ser uma opção de auxílio para a melhoria da qualidade de vida da sociedade e para a mitigação dos impactos negativos causados ao meio ambiente.

Simulação e Análise das Possíveis Economias Alcançadas

Todas as simulações de economias alcançadas foram realizadas com a utilização de quatro casos comparativos:

- Resultados considerando o Fator de Correção de Eficiência (C/FCE) e desconsiderando a inserção de Revisão do R.A. (S/Revis);
- Resultados desconsiderando o Fator de Correção de Eficiência (S/FCE) e considerando a inserção de Revisão do R.A. (C/Revis);
- Resultados desconsiderando o Fator de Correção de Eficiência (S/FCE) e desconsiderando a inserção de Revisão do R.A. (S/Revis);
- Resultados considerando o Fator de Correção de Eficiência (C/FCE) e considerando a inserção de Revisão do R.A. (C/Revis), em que todo “C” significa “Com” ou “Considerando”, e todo “S” “Sem” ou “Desconsiderando”.

Tal discretização de resultado teve como objetivo a identificação e possibilidade de análise da sensibilidade das simulações diante da variação de situações entre ideal e mais realista. Uma situação ideal seria a combinação dos fatores S/FCE e C/Revis por considerar que os refrigeradores não apresentariam perda de eficiência global do sistema (caso irreal) com o passar dos anos de uso e que existiria a inserção de revisão do R.A., aumentando com o passar do tempo o desempenho energético dos aparelhos entrantes. O exemplo considerado por este estudo como o caso mais realista e provável é o da combinação dos fatores C/FCE e C/Revis. Esta traz resultados mais próximos da realidade por descontar dos refrigeradores entrantes a perda de eficiência ao longo do seu uso e, ao mesmo tempo, considerar a possibilidade de Revisão do R.A., aumentando o nível de exigência da concessão deste para os refrigeradores entrantes, com o passar dos anos. As outras duas combinações (S/FCE e S/Revis, C/FCE e S/Revis) são situações intermediárias.

Verificando-se o exemplo da Figura 4.7, que ilustra a variação de consumos por combinação dos refrigeradores novos, constata-se a influência da incorporação ou não do FCE e da Revisão do R.A. na simulação da metodologia desenvolvida. A curva que representa a combinação C/FCE e C/Revis mostra uma compensação entre o ganho de eficiência da Revisão do R.A. com a perda de eficiência no uso do refrigerador novo. As outras três combinações ou apresentam aumento excessivo de consumo por não considerar os níveis de eficiência energética (S/FCE e S/Revis, C/FCE e S/Revis), ou desconsideram totalmente o FCE (S/FCE e S/Revis, S/FCE e C/Revis), proporcionando a diminuição excessiva do consumo, chegando ao consumo zero nos refrigeradores novos até 2020.

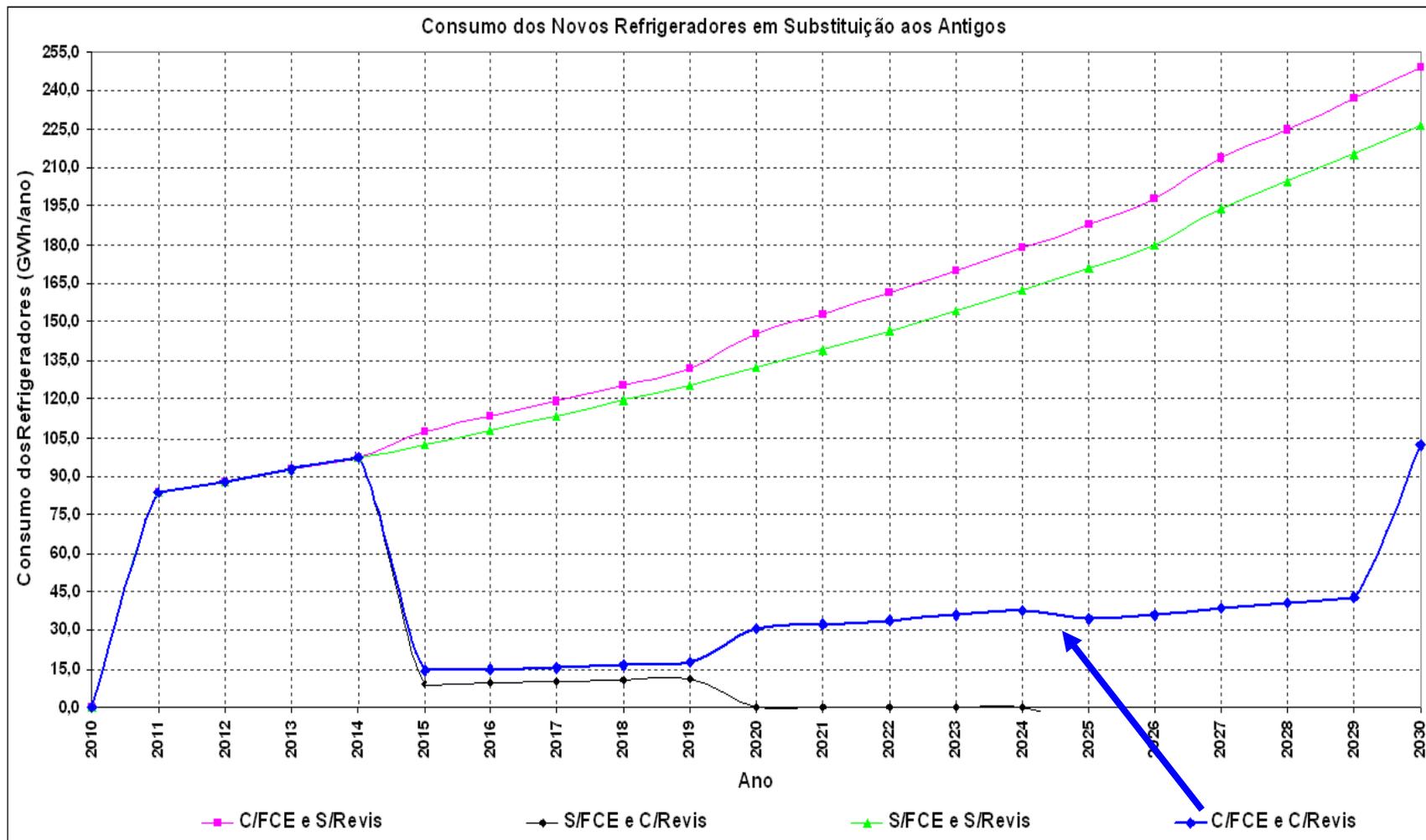


Figura 4.7 – Variação do Consumo dos Refrigeradores Novos ao Longo dos Anos por Tipo de Combinação

C/FCE e S/Revis = Com Fator de Correção de Eficiência e Sem Revisão do R.A.

S/FCE e C/Revis = Sem Fator de Correção de Eficiência e Com Revisão do R.A.

S/FCE e S/Revis = Sem Fator de Correção de Eficiência e Sem Revisão do R.A.

C/FCE e C/Revis = Com Fator de Correção de Eficiência e Com Revisão do R.A. (combinação de referência para análise dos resultados).

Esclarecidos os pontos anteriores, passa-se para a segunda etapa da simulação da metodologia desenvolvida para o cálculo das possíveis economias alcançadas e utilizando os casos de substituição total dos refrigeradores antigos calculado na seção anterior, as novas variáveis entrantes, como referência, são:

- O aumento de 20% da eficiência energética dos refrigeradores novos no ano de implantação do R.A. (2010);
- A inserção dos fatores de correção de eficiência ao longo da utilização dos refrigeradores. Até 5 anos o FCE = 0%, de 5 a 10 anos o FCE = 20% e de 10 a 16 anos, ou mais, o FCE = 40%;
- A inserção das variáveis de ganhos de eficiência nas 1ª, 2ª e 3ª revisões do R.A. de 73%, 7% e 4% respectivamente. Vale ressaltar, que tais valores sempre buscam manter a regra de Pareto aplicada, que é de abranger uma aprovação neste critério de 80% da amostra de refrigeradores da Categoria “A” analisados; e
- Os percentuais de aumento de consumo dos refrigeradores antigos em relação aos atuais.

Com a inserção dos percentuais de aumento de consumo, encontrou-se um valor médio ponderado de 637,61 kWh/ano para os refrigeradores antigos e um consumo médio ponderado de 174,67 kWh/ano para os novos. Tanto o consumo médio ponderado dos refrigeradores antigos quanto o consumo dos refrigeradores novos levou em consideração as faixas de idade dos refrigeradores e suas fatias de participação no mercado nacional.

A Figura 4.8 ilustra a evolução da economia de energia alcançada/ano com a entrada dos refrigeradores mais eficientes em substituição dos antigos já obsoletos.

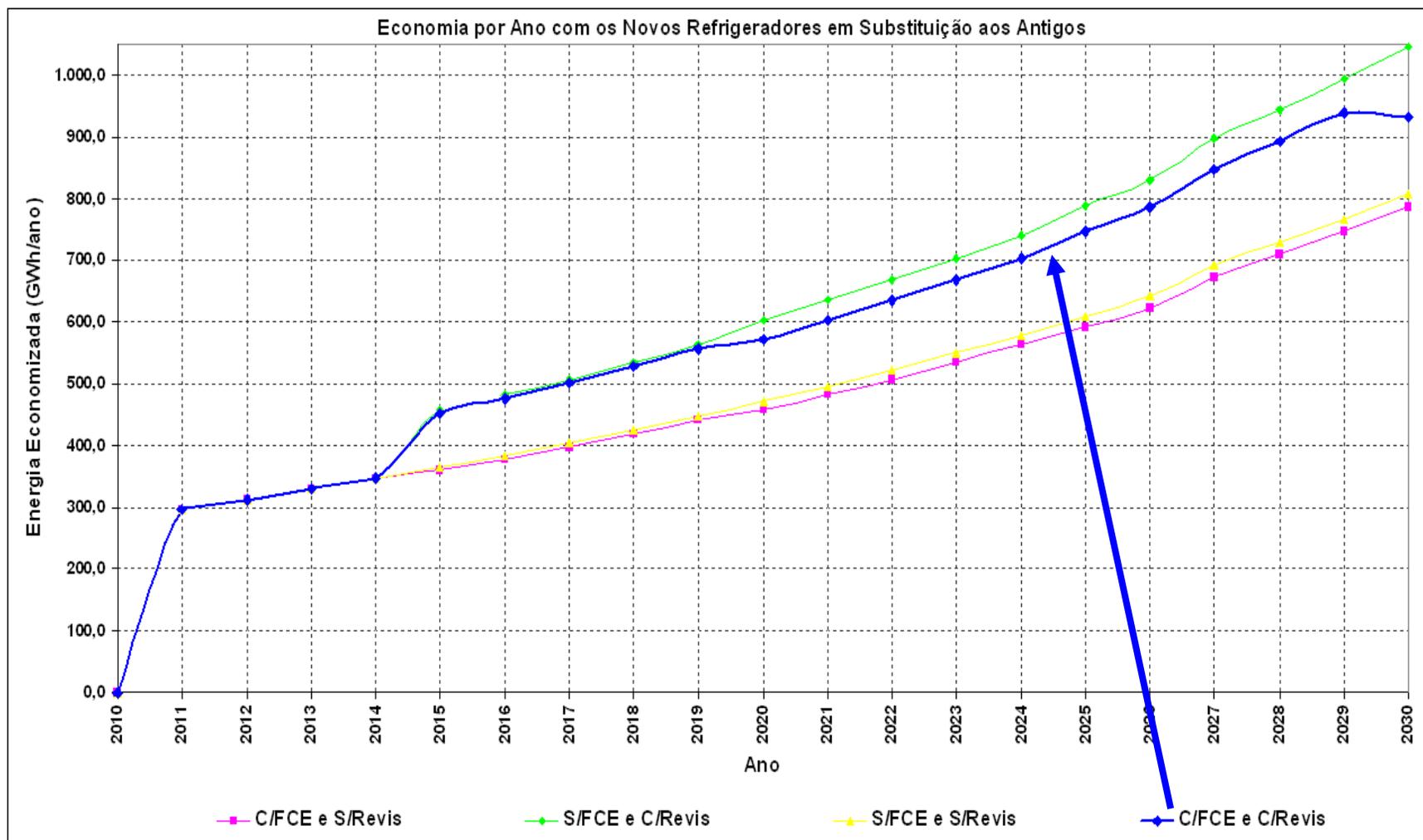


Figura 4.8 – Economia Anual de Energia Elétrica com a Substituição dos Refrigeradores

C/FCE e S/Revis = Com Fator de Correção de Eficiência e Sem Revisão do R.A.

S/FCE e C/Revis = Sem Fator de Correção de Eficiência e Com Revisão do R.A.

S/FCE e S/Revis = Sem Fator de Correção de Eficiência e Sem Revisão do R.A.

C/FCE e C/Revis = Com Fator de Correção de Eficiência e Com Revisão do R.A. (combinação de referência para análise dos resultados).

A Figura 4.9 ilustra, para o período de 2010 a 2030 (desde a implantação do Rótulo Ambiental até o ano em que expira a última revisão do R.A. simulada - 3ª revisão) os montantes acumulados de economias alcançadas, indicando que estas seriam bem significativas, representando aproximadamente 12 TWh (3,46 GW_{médio} evitado).

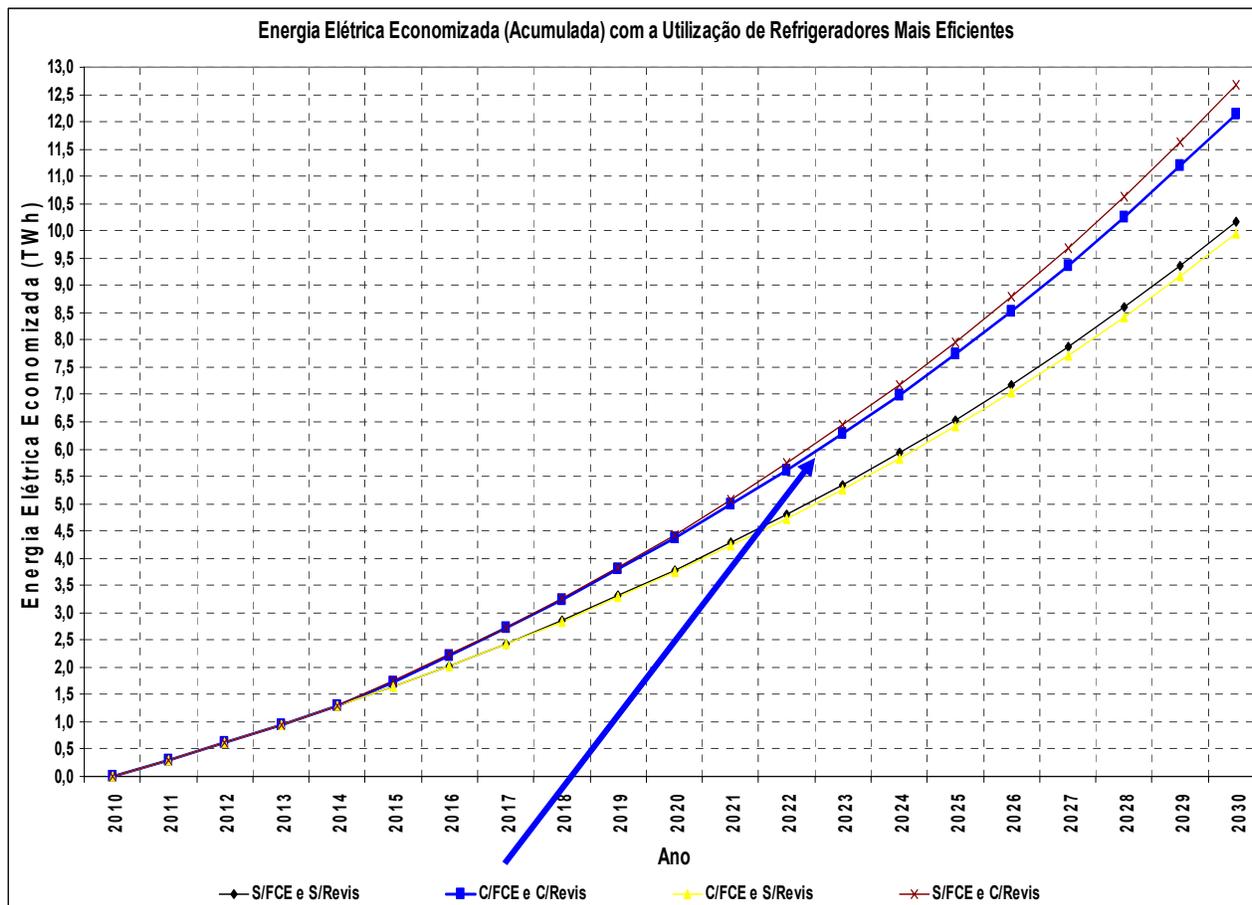


Figura 4.9 – Economia de Energia Acumulada ao Longo dos Anos com a Substituição dos Refrigeradores

Simulou-se também a metodologia para o caso do subsídio do “Bolsa Geladeira” (com taxa de substituição de 1,6% até 2019 e de 1% a partir desta data) para a substituição de 10 milhões de refrigeradores (1 milhão/ano). Neste, a evolução da economia de energia alcançada (acumulada/ano) chegaria a um montante aproximado de 14 TWh (4,11 GW_{médio} evitado), em 2030, com o fim do período simulado de revisão do R.A. Fazendo-se a simulação para o mesmo caso do subsídio, mantendo a taxa de substituição de 1,6% nos anos subsequentes a 2019, a evolução da economia de energia alcançada (acumulada/ano) seria de aproximadamente 19 TWh (5,54 GW_{médio} evitado), em 2030, com o fim do período simulado de revisão do R.A. Dessa

forma, poderiam ser economizados R\$ 5,62 bilhões nas faturas de energia elétrica da população brasileira (em valores de hoje) (Figura 4.10).

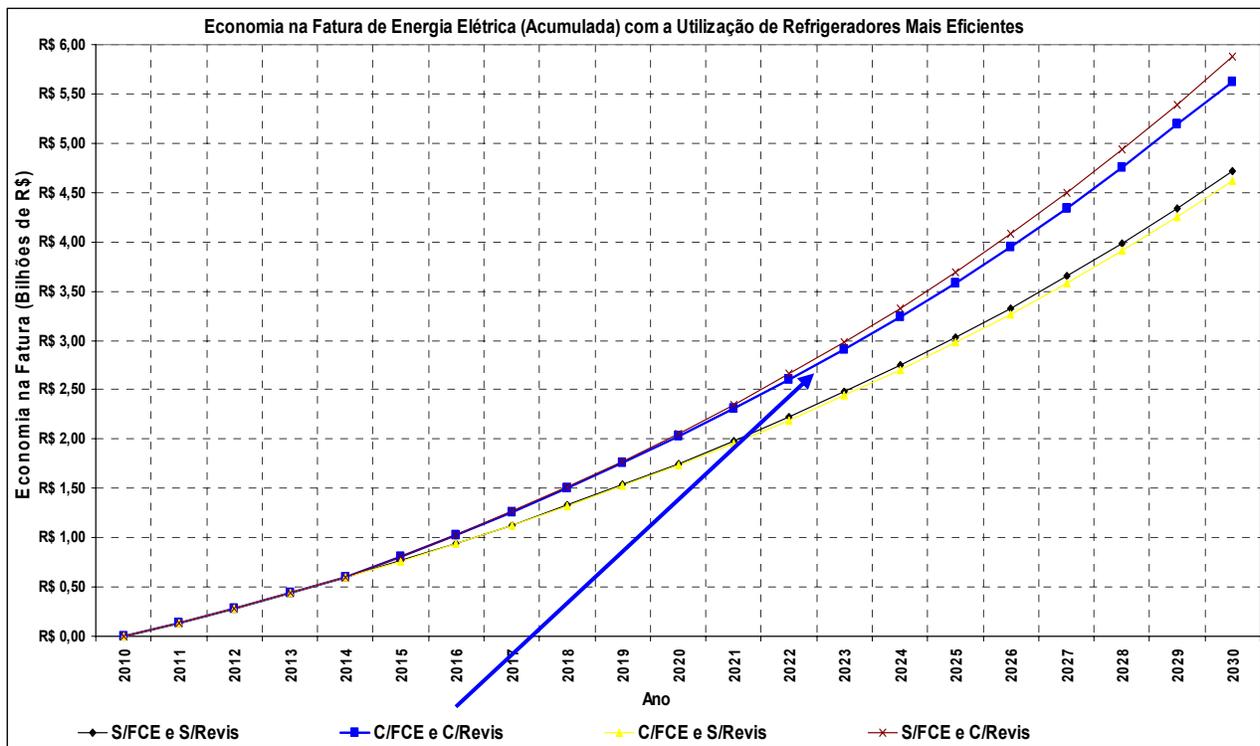


Figura 4.10 – Economia na Fatura de Energia Elétrica Acumulada ao Longo dos Anos

Fazendo-se uma análise similar àquelas realizadas anteriormente para o subsídio do “Bolsa Geladeira”, a economia na fatura de energia elétrica atingiria significantes montantes de R\$ 6,95 bilhões para o caso da hipótese com taxa de substituição de 1,6% até 2019 e 1% a partir desta data, e R\$ 9,00 bilhões para a hipótese de manutenção da taxa de substituição de 1,6% para os anos subsequentes a 2019.

Simulação e Análise das Reduções Alcançadas de Emissão de CO₂

Seguindo a linha de raciocínio das etapas anteriores, a terceira etapa inclui todas as variáveis já utilizadas, inserindo-se ainda as configurações referentes ao mercado de refrigeradores, como os gases refrigerantes e de expansão de espumas encontrados nos aparelhos, e os combustíveis utilizados nas plantas geradoras de energia elétrica.

Com a economia de energia alcançada e a potência média evitada, é possível encontrar uma relação de CO₂ não emitido no meio ambiente decorrente do fator de emissão médio de CO₂ do

Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). Na Figura 4.11, estão ilustrados os quatro tipos de variação, explicados anteriormente, e suas respectivas evoluções de redução de emissão de CO₂ no ambiente.

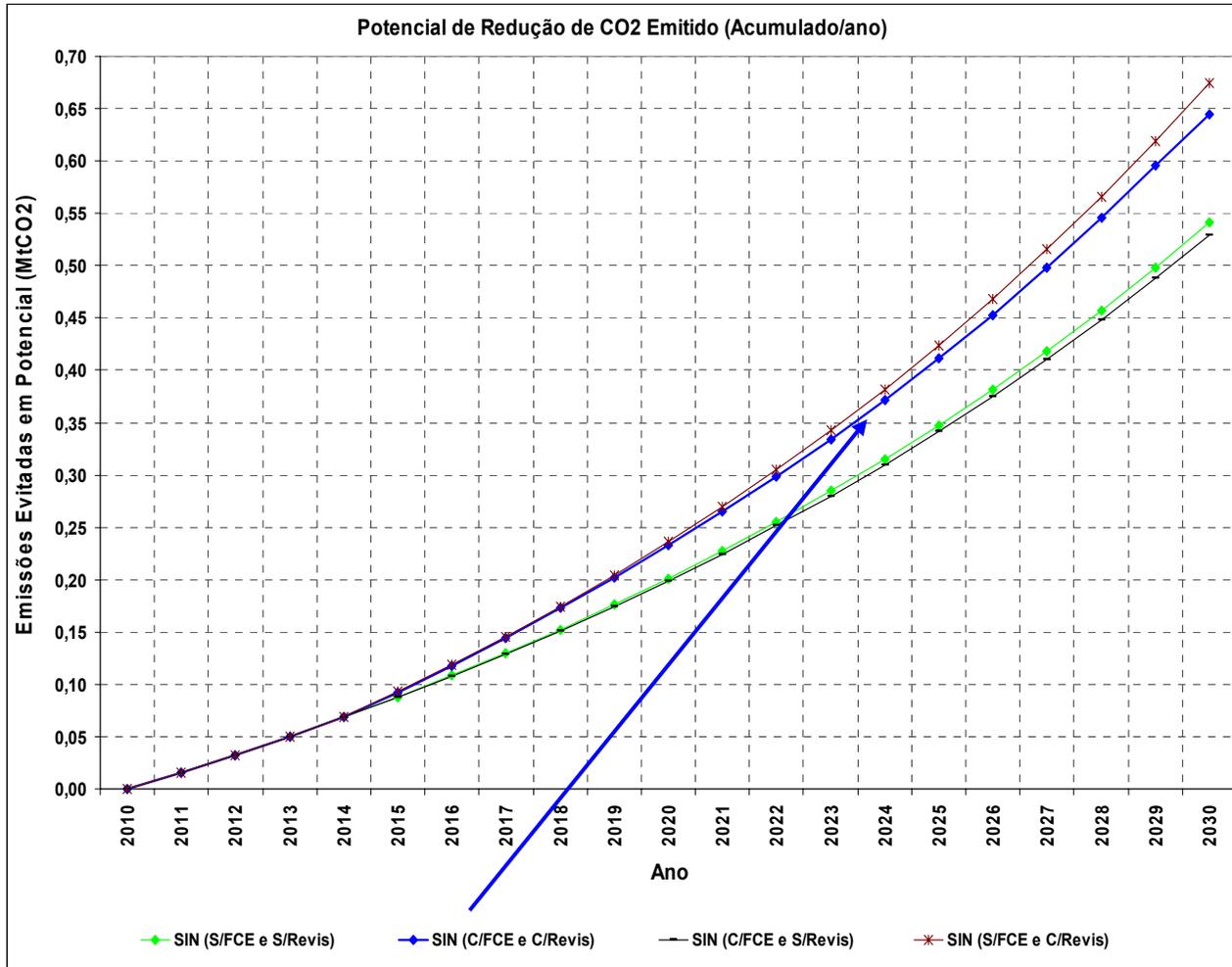


Figura 4.11 – Emissão de CO₂ Evitada com a Economia de Energia para o SIN

* Gráficos com cada grupo de simulação estão ilustrados no Anexo E.

Com os valores analisados referentes à combinação C/FCE e C/Revis (Com Fator de Correção de Eficiência e Com Revisão do R.A.), constatou-se que a matriz energética nacional atingiria o montante de 0,65 MtCO₂ evitado para uma taxa de substituição de 1% para todo o período (de 2010 a 2030) (Figura 4.11).

Repetindo-se a lógica de análise das economias alcançadas para as reduções de emissão de CO₂ no caso do subsídio do “Bolsa Geladeira”, o potencial de redução atingiria montantes de 0,8 MtCO₂ para a hipótese de uso da taxa de substituição de 1,6% até 2019 e de 1% a partir desta

data e de 1,0 MtCO₂ para a hipótese de manutenção da taxa de substituição de 1,6% para os anos subsequentes a 2019.

Uma alternativa para a redução de consumo de eletricidade e emissão de CO₂ na atmosfera vem sendo apontada desde o início deste trabalho e está sendo demonstrada com a análise dos resultados obtidos: a substituição do parque de refrigeradores antigos por novos e bem mais eficientes. Todavia, curiosamente para o refrigerador, os resultados das simulações indicaram que o consumo e a geração de energia elétrica no Brasil não são os maiores responsáveis pela emissão de CO₂ no ambiente. Pela metodologia desenvolvida, o fator apontado como o que mais contribui para a intensificação do efeito estufa, quando analisado todo o ciclo de vida do refrigerador, é o alto potencial de aquecimento global - PAG (GWP) contido nos gases refrigerantes e de expansão de espumas utilizados neste eletrodoméstico. Isto pode ser constatado na Figura 4.12, que ilustra três curvas com a evolução das emissões de CO₂equivalente evitadas com a substituição e recuperação dos gases retirados dos refrigeradores antigos.

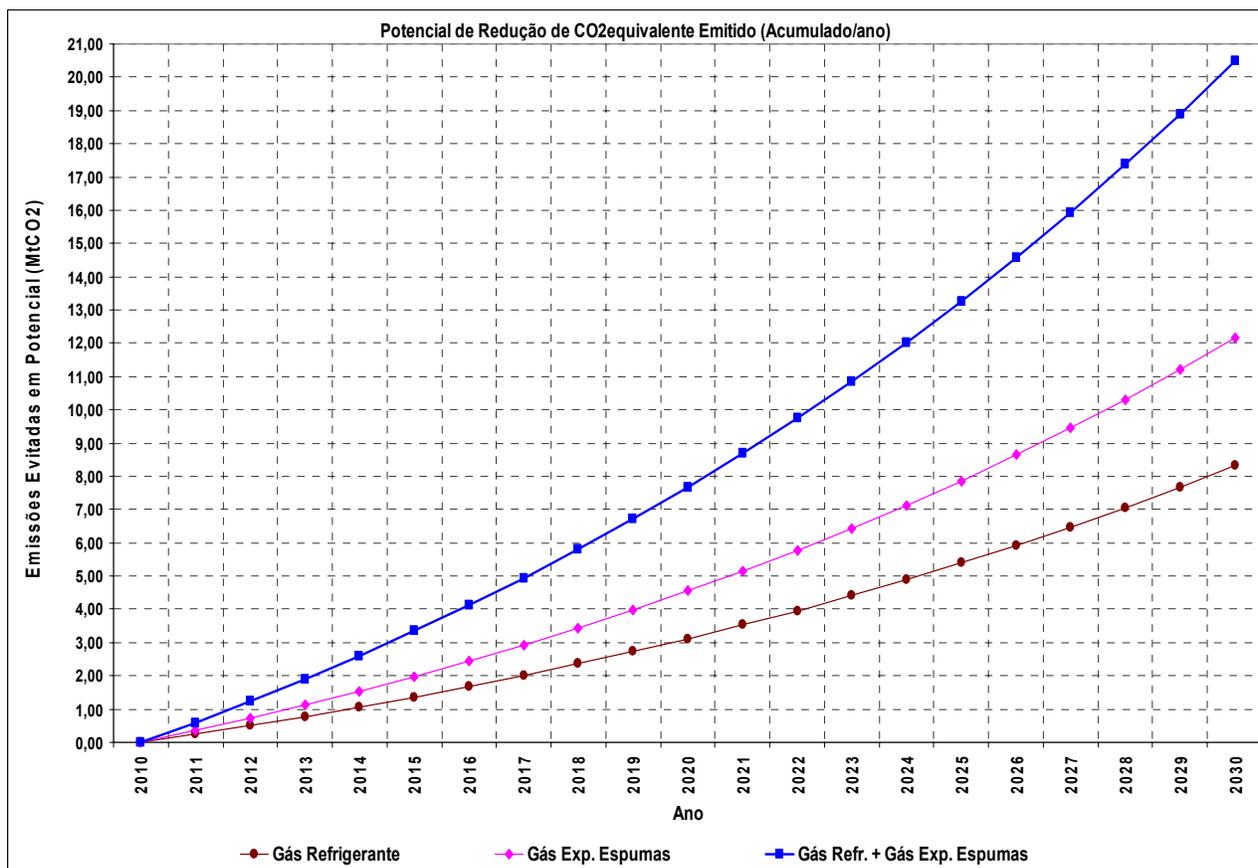


Figura 4.12 – Emissão de CO₂ Evitada com a Mudança de Gás Refrigerante e de Expansão de Espumas

Com a análise das simulações de reduções de emissão de CO₂ alcançadas no período de implantação e revisão do Rótulo Ambiental (de 2010 a 2030), encontrou-se um potencial de redução após o término de vigência da 3ª Revisão do R.A. de 8,3 MtCO₂ para os gases refrigerantes recuperados e 12,2 MtCO₂ para os gases de expansão de espumas recuperados (consolidado = 20,5 MtCO₂) para uma taxa de substituição de 1% para todo o período. Estes valores, quando comparados ao montante de emissão oriundo do *Mix* de geração de energia elétrica do SIN, utilizado no Brasil, que foi de 0,65 MtCO₂ para o mesmo período de tempo, indicam que, diante deste parque de geração de energia elétrica eficiente, os grandes vilões no impacto negativo ao meio ambiente são os gases utilizados nos refrigeradores no País.

Porém, os gases utilizados nos refrigeradores ainda não possuem a devida atenção. A maior importância dada atualmente é em relação ao potencial de destruição da camada de ozônio (PDO), ou seja, a aqueles gases que possuem em sua base os CFC's (Cloro-fluor-carbono). Entretanto, tendências de mudança de foco no que diz respeito aos gases refrigerantes e agentes de expansão de espumas estão sendo sinalizadas através de campanhas de substituição de refrigeradores por parte das empresas distribuidoras de energia elétrica e do recente plano do Governo Federal Brasileiro para subsidiar a substituição de 10 milhões de refrigeradores com média de dez anos de uso (UOLECONOMIA, 2009). Espera-se que a apresentação destas análises possa auxiliar nas futuras discussões sobre a importância da realização da logística reversa dos refrigeradores no fim de sua vida útil, com recuperação dos gases, componentes líquidos e sólidos.

Foram simuladas também as reduções de emissão de CO₂ alcançadas com o subsídio “Bolsa Geladeira”, encontrando-se um potencial de redução de 10,0 MtCO₂ para os gases refrigerantes recuperados e de 14,6 MtCO₂ para os gases de expansão de espumas recuperados (consolidado = 24,6 MtCO₂) para a hipótese com taxa de substituição de 1,6% até 2019 e 1% a partir desta data até 2030. Para a hipótese de manutenção da taxa de substituição de 1,6% para os anos subsequentes a 2019 até 2030, o potencial de redução foi de 13,4 MtCO₂ para os gases refrigerantes recuperados e 19,5 MtCO₂ para os gases de expansão de espumas recuperados (consolidado = 32,8 MtCO₂).

Simulação e Análise dos Possíveis Ganhos com o Mercado de Carbono no MDL

A quarta e última parte da metodologia desenvolvida para o cálculo das possíveis economias alcançadas busca simular quanto seria o ganho com a aprovação de projetos de MDL relacionados com a substituição e reciclagem total do parque de refrigeradores antigos.

Nesta etapa, como nas anteriores, a memória de cálculo interliga todas as informações de entrada de dados com todos os resultados já alcançados. Tal cruzamento é necessário para a realização do cálculo do ganho (monetário) com a emissão da tCO₂ evitada. Insere-se em US\$ - Dólar o custo da tCO₂ praticado no mercado de carbono e, após a conversão para a moeda nacional, encontra-se o valor recebido pela redução das emissões. Sendo assim, o valor potencial encontrado no período de 2010 a 2030 para o SIN foi de R\$ 31,50 milhões para a taxa de substituição dos refrigeradores de 1% ao ano.

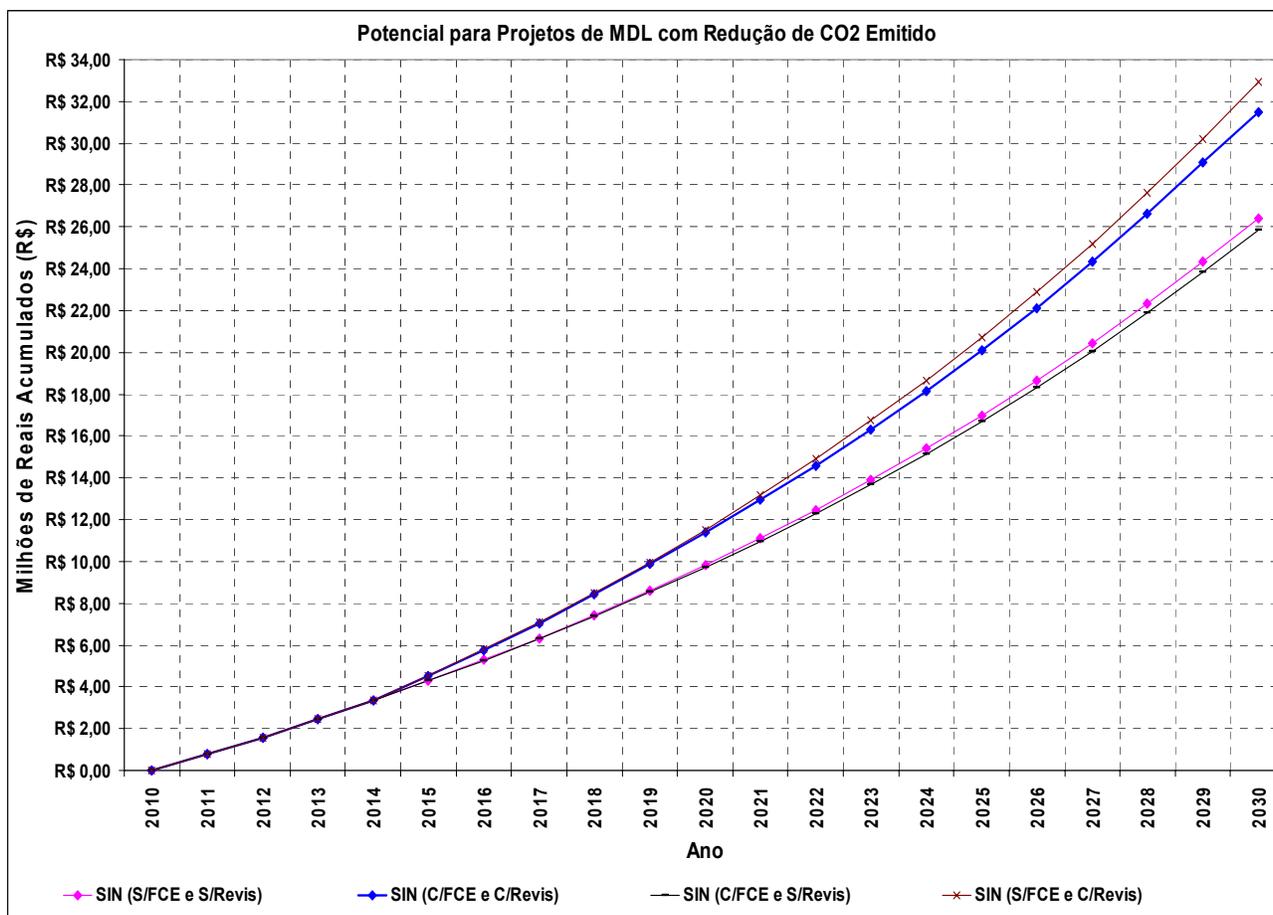


Figura 4.13 – Possíveis Ganhos com MDL Oriundo da Economia de Energia

* Gráficos com cada grupo de simulação estão ilustrados no Anexo E.

Repetindo-se a lógica de análise das economias alcançadas para os possíveis ganhos com o mercado de carbono oriundos das reduções de emissão de CO₂ no período da implantação, revisão do Rótulo Ambiental (de 2010 a 2030) e simulação do “Bolsa Geladeira”, o potencial alcançaria montantes de R\$ 37,50 milhões, com a geração no SIN, para a hipótese com taxa de substituição de 1,6% até 2019 e 1% a partir desta data e de R\$ 50,44 milhões, com a geração no SIN, para a hipótese com taxa de substituição de 1,6% até 2019 e mantendo a mesma taxa para os anos subsequentes.

Como ocorreu com a ordem de grandeza do valor de CO₂equivalente evitado entre a economia de energia e os gases usados nos refrigeradores, para o valor com o mercado de carbono, tal diferença apresenta-se ainda mais substancial. A ordem de grandeza na casa dos milhões, para os ganhos oriundos da economia de energia, pode chegar à casa dos bilhões quando analisados os valores advindos com a recuperação dos gases refrigerantes e de expansão de espumas. A Figura 4.14 ilustra a evolução dos valores encontrados de R\$406 milhões para o gás refrigerante e de R\$ 597 milhões, para o gás de expansão de espumas. Para a consolidação dos dois valores, o montante ficou em R\$ 1,00 bilhão (para uma taxa de substituição de 1% ao ano), ou seja, números mais do que suficientes para ajudar a implantar um Programa de Rotulagem Ambiental voluntário.

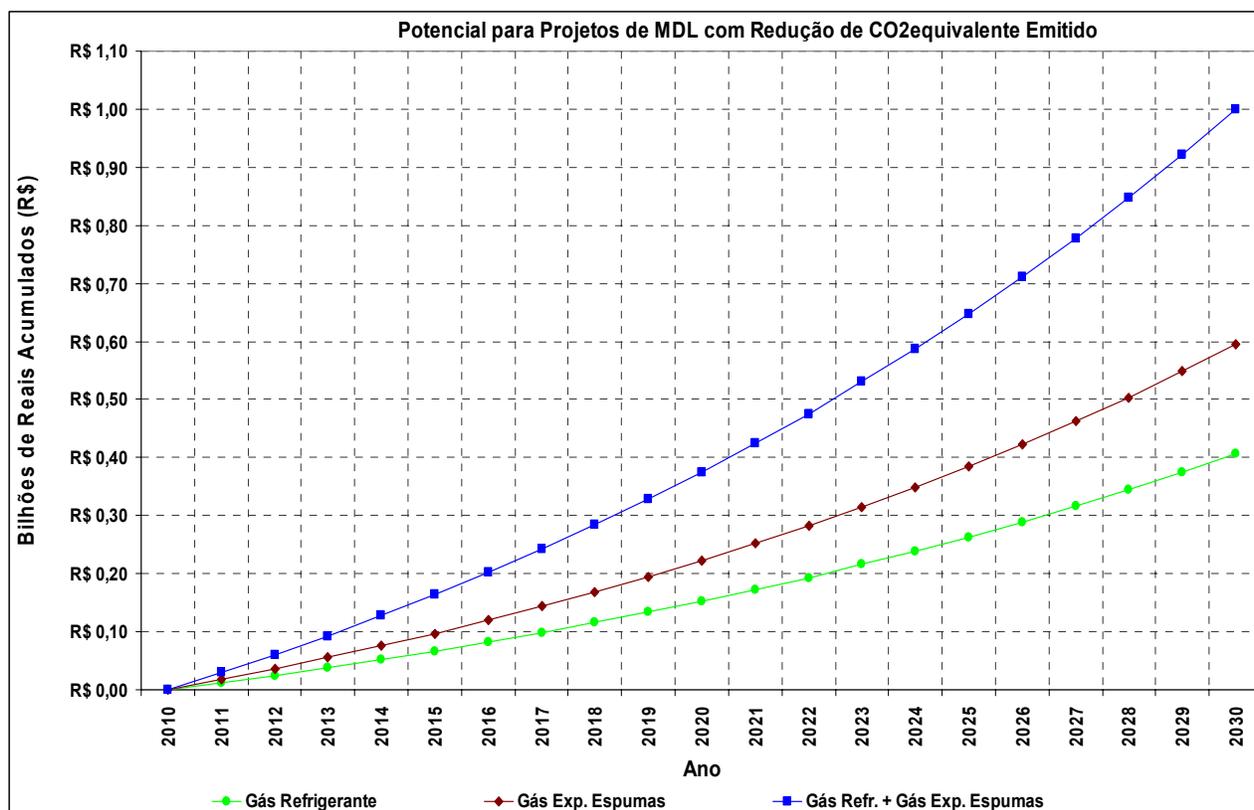


Figura 4.14 – Possíveis Ganhos com MDL Oriundo dos Gases Refrigerantes e de Expansão de Espumas

Semelhante às etapas anteriores, foram calculados os potenciais valores recebidos com o mercado de carbono oriundos das reduções de emissão de CO₂ com a recuperação total dos gases refrigerantes e agentes de expansão de espumas no período da implantação, revisão do Rótulo Ambiental (de 2010 a 2030) e simulação do “Bolsa Geladeira”. Os números encontrados alcançaram montantes de R\$ 487,00 milhões para o gás refrigerante e R\$ 712,00 milhões para o gás agente de expansão de espumas, e o montante consolidado de R\$ 1.197,00 milhões para a hipótese com taxa de substituição de 1,6% até 2019 e 1% a partir desta data, para a substituição de 10 milhões de refrigeradores (1 milhão/ano). Já para a hipótese de manutenção da taxa de substituição de 1,6% nos anos subsequentes a 2019, os potenciais valores são de R\$ 652,00 milhões para o gás refrigerante e R\$ 952,00 milhões para o gás agente de expansão de espumas, e o montante consolidado de R\$ 1.601,00 milhões.

Finalizando a simulação da Parte 2 da Metodologia Desenvolvida de Ganhos Globais, a Tabela 4.9 ilustra, de forma agrupada, os valores totais alcançados com as hipóteses assumidas e já explicadas anteriormente.

Tabela 4.9 – Consolidação dos Resultados Encontrados com a Simulação da Metodologia

Ganhos Encontrados	Casos Analisados		
	Caso Referência: substituição de 1% ao ano (até 2030)	Bolsa Geladeira: substituição de 1,6% até 2019 e 1% após está data (até 2030)	Bolsa Geladeira: substituição de 1,6% para todo o período (de 2010 a 2030)
Economia de energia (acumulada)	12 TWh	14 TWh	19 TWh
Potência média evitada (acumulada)	3,46 GWmédio	4,11 GWmédio	5,54 GWmédio
Economia na fatura de energia elétrica	R\$ 5,62 Bilhões	R\$ 6,95 Bilhões	R\$ 9,00 Bilhões
Redução de emissões de CO ₂ decorrentes da economia de energia	0,65 MtCO ₂	0,8 MtCO ₂	1,0 MtCO ₂
Não emissões de CO ₂ decorrentes da captura do gás refrigerante e de expansão de espumas	20,5 MtCO ₂	24,6 MtCO ₂	32,8 MtCO ₂
MDL decorrente da Economia de Energia	R\$ 31,50 Milhões	R\$ 37,50 Milhões	R\$ 50,44 Milhões
MDL decorrente da Captura do gás refrigerante e de expansão de espumas	R\$ 1,00 Bilhões	R\$ 1,20 Bilhões	R\$ 1,60 Bilhões

Como demonstrado nas simulações, uma infinidade de situações podem ser criadas com a flexibilidade da inserção de dados na metodologia desenvolvida nesta Tese. A criação de uma rotina de cálculo foi necessária para validar tanto a metodologia de identificação, classificação e seleção para a concessão do Rótulo Ambiental, quanto a segunda parte, que apresenta o método de obtenção dos ganhos globais com a substituição do parque de refrigeradores antigos do País.

Reconhece-se que é necessário adquirir históricos de dados de entrada mais refinados para diminuir o número de hipóteses assumidas e, conseqüentemente, reduzir o risco de grandes distorções nos resultados finais. Contudo, entende-se que o mais importante no momento é a validação da metodologia como um todo. Com as rotinas de cálculo bem alicerçadas, fornecendo resultados coerentes com relação às grandezas de escala das economias depois da realização da identificação, classificação e seleção do melhor ou melhores refrigeradores, a obtenção e inserção de dados mais refinados virão com o convencimento do governo e/ou fabricantes de que a metodologia é viável tanto ambientalmente quanto sob a visão socioeconômica com a implantação de um Programa de Rotulagem Ambiental no Brasil.

Capítulo 5

Conclusões e Sugestões

“Se depender de mim, nunca ficarei plenamente maduro nem nas ideias nem no estilo, mas sempre verde, incompleto, experimental”. (Tempo Morto e Outros Tempos)
Gilberto Freyre (1900 – 1987)
Escritor, Poeta e Filósofo Brasileiro

O objetivo principal da Tese foi cumprido pelo fato da metodologia, com formato original e atual, ter sido capaz de identificar, classificar e selecionar os melhores refrigeradores no quesito ambiental e socioeconômico para a concessão da licença de uso do Rótulo Ambiental Brasileiro proposto. Diante do comportamento dos dados coletados e dos resultados alcançados com a simulação da metodologia desenvolvida, que teve o objetivo de validá-la, constatou-se uma grande coerência das simulações da rotina de cálculo, mesmo com as várias hipóteses feitas por falta de banco de dados completo e dificuldades para a obtenção de dados reais e rastreáveis,.

A proposição de indicadores ambientais específicos, através dos critérios estudados, para a categoria de refrigeradores comercializados e/ou fabricados no Brasil é um ponto interessante. Depois de realizadas as simulações da metodologia desenvolvida para esta Tese, surgiu a seguinte pergunta: como se comportariam a metodologia desenvolvida e a análise dos refrigeradores de 1 porta avaliados segundo o nível de exigência dos critérios ambientais dos programas estudados? Sendo assim, foram confrontados os fatores que poderiam ser comparados entre os três programas: Proposta Tese Brasil, *Green Seal* (EUA) e *Ecolabelling* (EU). Identificou-se que o 4º Critério - Custo do Ciclo de Vida (CCV) - não poderia ser avaliado em confronto direto por este ser de proposta exclusiva desta Tese para o caso Brasil, não sendo

utilizado em nenhum outro Programa de Rotulagem Ambiental ao redor do mundo, até o momento.

A inserção de um indicador socioeconômico, utilizando-se sempre de bases metodológicas reconhecidas pelo meio científico, mostrou ser um fator possível, viável e de grande importância para a avaliação do Rótulo Ambiental Brasileiro. Com a simulação da metodologia proposta, foram encontrados grupos de refrigeradores que apresentaram benefício/custo bem superiores ao nível de exigência proposto no critério 4º CCV.

Os outros critérios puderam ser comparados com certo grau de facilidade por já serem utilizados em todos os programas simulados, cujos níveis de exigência foram apresentados no Capítulo 3 e Capítulo 4. Dessa forma, uma proposta comparável à europeia e à norte-americana permitiu, no atual estágio tecnológico da indústria de refrigeradores no Brasil, a concessão do Rótulo Ambiental para três modelos de refrigeradores analisados. Com a nova informação sobre a adaptação, de todos os fabricantes, para o uso dos novos gases refrigerantes (isobutano) e de expansão de espuma (ciclo/isopentano), o número de aparelhos aprovados pela metodologia proposta saltaria para 26 modelos, dos 64 amostrados.

Quando comparados os refrigeradores amostrados, a partir da proposta deste trabalho, que considerou também o critério socioeconômico (CCV), o número de modelos aprovados hoje seria de apenas 01 (um). Todavia, quando feita a simulação da futura adaptação da indústria de refrigeradores, o número de modelos contemplados saltou para 20 unidades. Demonstrou-se, desta forma, que o critério socioeconômico não seria o principal problema para a aprovação dos modelos de refrigeradores no Rótulo Ambiental Brasileiro.

Com a utilização da metodologia do Rótulo Ambiental Brasileiro proposta, observou-se a possibilidade concreta de mitigação dos efeitos ao ambiente, oriundos da demanda de eletricidade e da emissão dos gases refrigerantes e dos gases agentes de expansão de espumas na disposição final adequada dos refrigeradores substituídos. Com os resultados quantitativos alcançados, que evidenciam o grande potencial de aquecimento global dos gases utilizados nos refrigeradores (inclusive muito superior ao impacto causado pelo consumo de energia dos aparelhos), confirmou-se a importância do uso dos conceitos do ciclo de vida do produto no Programa de Rotulagem Ambiental.

Esta Tese, por ter uma visão mais ampla ao considerar os Programas de Rotulagem Ambiental no Mundo baseados no ciclo de vida do refrigerador e não só no seu desempenho energético no uso, mesmo sem realizar uma ACV completa do aparelho (usando apenas indicadores ambientais já estudados e aplicados internacionalmente, mas não estruturados e simulados como neste trabalho), demonstrou novos fatores que apresentaram ser bem mais significativos quando da análise dos potenciais impactos negativos causados ao ambiente. Foi o caso da análise do Potencial de Aquecimento Global - PAG (GWP) dos gases refrigerantes e dos gases agentes de expansão de espumas, antes utilizados e que necessitam passar por uma revalorização ou disposição final adequada, além de serem substituídos pelos gases atualmente usados e que apresentam expressiva redução dos impactos ambientais quando da emissão na atmosfera.

Numa visão geral, os resultados encontrados evidenciaram o grau evolutivo da indústria de refrigeradores nacional. A qualidade apresentada, tanto técnica quanto ambiental dos produtos, mostrou que o setor vem se preparando para as novas exigências do mercado em função das mudanças climáticas e da necessidade de se produzir e consumir de forma mais sustentável. É notório que é preciso dar um tempo de adaptação, diante à implantação do Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro para o setor de refrigeradores, no Brasil. Porém, diante da notícia de que a ELETROS e o INMETRO estudam a possibilidade de todos os fabricantes de refrigeradores migrarem para o uso dos gases refrigerante e de expansão de espumas apontados neste trabalho, prospecta-se que o tempo de adaptação possa ocorrer de forma gradual e em curto prazo.

As atuais iniciativas das concessionárias distribuidoras de energia, que vêm utilizando recursos do fundo para projetos de eficiência energética para substituir refrigeradores obsoletos nas comunidades de baixa renda, e do Governo Federal, no subsídio à substituição de 10 milhões de refrigeradores antigos, são vistas como um ótimo início para a busca da mitigação dos impactos ambientais causados pela sociedade brasileira. Estas iniciativas estão pressionando os fabricantes de refrigeradores a produzirem aparelhos com melhores qualidades técnicas, ambientais e socioeconômicas. Considera-se, então, que o momento apresenta uma oportunidade “ímpar” para dar o “pontapé inicial” na discussão da necessidade da criação e implantação do Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro para refrigeradores residenciais. Políticas públicas,

como a de compras “Verdes”, facilitam o processo de adaptação entre a estrutura produtiva e tecnologia dos refrigeradores e os níveis de exigência dos critérios ambientais com a implantação do Programa de Rotulagem.

Portanto, o desenvolvimento desta tese, que propõe uma metodologia de Rotulagem Ambiental para o Brasil, possibilitou constatar a grande necessidade de se olhar com mais cautela o produto “Refrigerador”, item essencial nos lares brasileiros e no Mundo. Deve-se atentar para a necessidade de estruturação de uma indústria e de processos produtivos focados na sustentabilidade ambiental e socioeconômica, da mesma forma que o desenvolvimento de novas tecnologias com custo/benefício considerável para o consumidor e, ao mesmo tempo, menos impactantes ao meio ambiente. Isto pode ocorrer de forma constante dentro do conceito de melhoria contínua e de *Design For Environment* (como visto nas simulações realizadas). Além disso, deve-se olhar com extrema importância para a necessidade de criação de políticas públicas que busquem incentivar e/ou regulamentar sistemas de coleta e de manufatura reversa dos refrigeradores inutilizados pelo consumidor final. Também não devem ser deixados de lado os investimentos na criação de campanhas educativas que divulguem a importância da formação e disseminação de cultura ambiental e da própria Rotulagem Ambiental para a sociedade como um todo - governo, indústria e consumidores.

Portanto, vislumbra-se que a metodologia desenvolvida e proposta nesta Tese possa ser utilizada como ferramenta pelos planejadores e/ou tomadores de decisão na realização de planejamentos estratégicos tanto para o governo, no auxílio à formação de políticas públicas, quanto para fomentar linhas de pesquisa na indústria de refrigeradores em benefício da sociedade em geral.

Uma indagação deixada como sugestão para discussões futuras é a necessidade de o Brasil buscar uma política integrada para a formação do Programa de Rotulagem Ambiental Nacional. Para isso, é importante que haja uma união entre várias instâncias governamentais - Ministério do Meio Ambiente (através do CONAMA, IBAMA, entre outros), Ministério de Minas e Energia (por meio do PROCEL), Ministério de Ciência e Tecnologia, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (através do INMETRO) e ABNT – para a formulação e implantação desta importante Política Pública. Esta união é de extrema importância para integrar visões técnico-ambientais e socioeconômicas, vislumbradas no processo de definição dos

critérios exigidos para a implantação do programa e concessão do rótulo ambiental. Vê-se outra grande oportunidade para o Brasil desenvolver um programa com grande interação entre órgãos do governo e entre governo, fabricantes e sociedade.

Em vista disso, aponta-se como sugestão para futuros trabalhos a necessidade de desenvolvimento de novos projetos de pesquisa dando continuidade à linha adotada nesta Tese, buscando-se adaptar e ampliar o alcance da metodologia proposta para outros aparelhos e/ou equipamentos, como por exemplo, para a indústria de eletrodomésticos no Brasil. Podem ser elaborados também projetos de pesquisa com foco em questões técnico-científicas, como o desenvolvimento de análises ponderadas de multicritérios, que buscariam encontrar o melhor benefício/custo entre critérios técnico-ambientais e socioeconômicos.

Contudo, para que isso seja possível, é necessária a elaboração de um grande projeto, com incentivos do governo e do setor privado, alicerçado na constituição dos métodos e procedimentos científicos para a criação de um banco de dados nacional de indicadores ambientais. Acredita-se que existam duas alternativas para que tal banco de dados possa ser concretizado: a primeira é através da tentativa de promover uma conscientização da necessidade de formação de parcerias entre empresas, instituições de pesquisa e/ou academias com coordenação governamental, como indagado anteriormente. A segunda alternativa é o governo elaborar uma lei determinando que os fabricantes forneçam os dados necessários para a formação desse banco de dados. Em contrapartida, o governo daria garantias de que informações estratégicas e/ou direcionadas (pontuais) de fabricantes sejam tratadas sob sigilo pela equipe gestora do projeto de Rotulagem Ambiental. Fica evidente, mais uma vez, a necessidade e importância da integração entre ministérios governamentais e da escolha de uma coordenação central para a implantação do Programa de Rotulagem Ambiental para diversos produtos.

Todas as sugestões, apesar de parecerem ambiciosas, não são utópicas porque o Brasil assumiu responsabilidades internacionais tanto como membro do *Global Ecolabelling Network* (GEN), no qual se comprometeu em colaborar ativamente na disseminação dos programas ambientais entre seus potenciais parceiros e membros, quanto como País, que busca liderar politicamente o grupo dos países emergentes na América Latina. De tal forma, o Brasil, como membro do GEN, pode utilizar os indicadores ambientais já aprovados e utilizados por outros membros e seus programas bem sucedidos (p.ex. EU - *Ecolabeling* e EUA - *Green Seal*) no

auxílio ao trabalho dos grupos de estudo ou da formação do banco de dados nacional de indicadores ambientais. Todavia, faz-se necessária a realização da avaliação dos conceitos e indicadores importados para o Programa de Rotulagem Ambiental Brasileiro, trabalho este para os grupos de estudo especializados, com o intuito de ajustá-los para a realidade brasileira, minimizando eventuais distorções, barreiras não tarifárias, protecionismo do mercado, entre outros.

Referências Bibliográficas

- 50MINUTOS, **O Princípio de Pareto e a “Teoria da Cauda Longa”**, 27/06/2008, URL: <http://www.50minutos.com.br/2008/06/o-principio-de-pareto-e-a-teoria-da-cauda-longa/>, acesso em 06/03/09.
- ABINEE, **Desempenho do Setor**, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, URL: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>, acesso em 30/04/2008.
- ABNT NBR ISO 14020, **Rótulos e Declarações Ambientais – Princípios Gerais**, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, edição junho de 2002, Brasil, 2002, 5p.
- ABNT NBR ISO 14021, **Rótulos e Declarações Ambientais – Autodeclarações Ambientais (Rotulagem Tipo II)**, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, primeira edição, Brasil, 2004, 26p.
- ABNT NBR ISO 14024, **Rótulos e Declarações Ambientais – Rotulagem Ambiental do tipo I – Princípios e Procedimentos**, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, primeira edição 30/04/2004, Brasil, 2004, 13p.
- ABNT NBR ISO 14040, **Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura**, ISO 2006, ABNT 2009, Segunda Edição, 2009, 21 p.
- ABNT NBR ISO 14044, **Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientações**, ISO 2006, ABNT 2009, Primeira Edição, 2009, 46 p.
- ABNT, URL: <http://www.abnt.org.br/>, acesso em 23/05/2005.
- ABRAF, **Área total plantada no Brasil**, Anuário Estatístico ABRAF 2009 - ano base 2008. URL: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.asp>, acesso em 03/06/2009.

- AES ELETROPAULO, **Ligado – Eficiência Energética: Incentivo ao Consumo Sustentável**, Vice-Presidência de Comunicação e Responsabilidade Social da AES ELETROPAULO, São Paulo, nº31, ano 4, 2006, 32 p.
- ANEEL, **Tarifa de Energia Elétrica Residencial**, Agência Nacional de Energia Elétrica, acesso em 14/11/2008, URL:
<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493&idPerfil=2>.
- ASSAF NETO, Alexandre, **Mercado Financeiro**, editora Atlas, São Paulo, 1999, p.226.
- ASTM D7075 – 04, **Evaluating and Reporting Environmental Performance of Biobased Products**, Copyright © ASTM International, United States, December, 2004, 9p.
- BARBOZA, Elza Maria Ferraz, **Rótulos ambientais e Análise do Ciclo de Vida (ACV)**, IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Novembro de 2001, 14 p, URL:
<http://acv.ibict.br/publicacoes/realtorios/Rotulagem%20Ambiental.pdf> , acesso em 20/02/2007.
- BATTISTI, Júlio, **O Princípio 80/20 e o Foco nos Resultados**, 10/06/2002. URL:
<http://www.juliobattisti.com.br/artigos/carreira/80-20.asp>, acesso em 06/03/2009.
- BC, **Conversão de Moedas**, Banco Central do Brasil. URL:
<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/Resultado.asp?idpai=convmoeda>, acesso em 24/04/2009.
- BEN, **Balanco Energético Nacional**, Ministério de Minas e Energia, ano base 2006, versão 2007, 194p., URL:
http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=14493, acesso em 10/11/2008.
- BIANZIN, Celestina Crocetta, **Rotulagem Ambiental: Um Estudo Comparativo Entre Programas**, Florianópolis: Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. 110 p. Dissertação (Mestrado)

- BOZOWSKY, Evan, MIZUNO, Hiroko, **Introduction to Ecolabelling**, Global Ecolabelling Network (GEN), July 2004, 17 p, URL: <http://www.gen.gr.jp>, acesso em 20/01/2006.
- BSH CONTINENTAL, informação pessoal do engenheiro Daniel André Malandrin, em 20/07/2009 e por *e-mail*, em 22/07/2009.
- BSH CONTINENTAL, **Eletrodomésticos de Bem com a Natureza**. URL: http://www.boscheletrodomesticos.com.br/pt/press_center.asp?pagina=pressrelease_jan3, acesso em 30/04/2008.
- BSH CONTINENTAL, **Prêmio FIESP de Mérito Ambiental 2007 - BSH & 20 anos de Protocolo de Montreal**, BSH CONTINENTAL Eletrodomésticos LTDA, Instituição Premiadora: FIESP, Classificação: Menção Honrosa, 2007a, 29p.
- BSH CONTINENTAL, **Vídeo informativo sobre o procedimento de produção, coleta e reciclagem dos refrigeradores de uma porta: uma visão ambientalmente mais sustentável**. BSH und Siemes Hausgerate GMBH, 2007b, 11 minutos.
- BVQI, **CERFLOR: Certificação de Florestas**, Bureau Veritas Quality International, 8 p. URL: <http://www.bvqi.com.br/arquivos/servicos/cerflor.pdf>, acesso em 23/05/2009.
- CABRAL, Frederico, **Rotulagem Ambiental no Brasil (Selo Verde)**, Associação Brasileira de Normas Técnicas – Fórum Nacional de Normalização – Organismo de Certificação, I Seminário Internacional de Rotulagem Ambiental, 1, São Paulo, 10 de maio de 2000. Arquivo em PowerPoint, 24 transparências. URL: <http://www.mma.gov.br/port/sds/rotulage/isemi.html>
- CARDOSO, Rafael Balbino, **Avaliação da Economia de Energia Atribuída do Programa Selo PROCEL em Freezers e Refrigeradores**, Itajubá: Pós Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, 2008. 189p. Dissertação (Mestrado)
- CARMEIS, Dean Willian M., **Os Efeitos da Diversidade de Tensões de Distribuição no Setor Elétrico Brasileiro. Estudo de Caso do Refrigerador Doméstico**, Faculdade de Engenharia Elétrica (FEE/DMCSI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2002, 108 p. Tese (Mestrado)

- CENSO 2000, **Censo Demográfico Brasileiro**, IBGE, 2000, www.ibge.gov.br , acesso em 17/03/2005.
- CLASP, **Energy-Efficiency Label and Standards: A guidebook for appliances, Equipments and Lights**, Lead Authors: Stephen Wiel and James E. McMahon, 2nd Edition, Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP), Washington, D.C., February 2005, 321 p.
- CLEANPRODUCTION, URL: <http://www.cleanproduction.org/Labeling/BlueAngel.htm>, acesso em 25/05/2005.
- COLD II, **The Revision of Energy Labelling and Minimum Energy Efficiency Standards for Domestic Refrigerator Appliances**, European Commission, WAIDE Paul et al (PW Consulting, UK), Final Report, December 2000, 276 p.
- COLTRO, Leda, GARCIA, Eloísa E.C., QUEIROZ, Guilherme de C., **Life Cycle Inventory for Electric Energy System in Brasil**, LCA CASE STUDIES, © ecomed publishers, D-86899 Landsberg, 2003, pp. 290-296. URL: <http://dx.doi.org/10.1065/ica2003.08.131>.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução N° 267/2000 - proibição do uso de substâncias que afetam a camada de ozônio**, 14 de setembro de 2000, URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res26700.html>, acesso em 19/04/2008.
- CORRÊA, Leonilda Beatriz Campos Gonçalves, **Comércio e Meio Ambiente: Atuação Diplomática Brasileira em Relação ao Selo Verde**, Instituto Rio Branco, Fundação Alexandre de Gusmão, Centro de Estudos Estratégicos, Coleção Curso de Altos Estudos do Instituto Rio Branco, V.5, Brasília, 1998, 296p. (Tese Doutorado)
- CUNHA, Adriana M., **As Novas Cores da Linha Branca: os Efeitos da Desnacionalização da Indústria Brasileira de Eletrodomésticos nos Anos 1990**, Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003, 229 p. Tese (Doutorado)
- DATAMARK, Brasil Data Service, Relatório de Refrigeradores, <http://www.datamark.com.br>, acesso em 29/08/2008.

- DECISIÓN 2000/40/CE, **La Etiqueta Ecológica Europea para Frigoríficos**, Ficha Resumen de Producto, Comisión de 20 de Diciembre de 1999, D.O. N° L 13 de 19.01.2000, 2 p, URL: http://www2.uca.es/grup-invest/cit/Eco-diseno_archivos/RerigeradoresEcolabel.pdf , acceso en 13/02/2007.
- DPCSD, **Eco-Labeling**, Department for Policy Coordination and Sustainable Development, United Nations, 1996.
- DUARTE, Marcos Daniel, **CARACTERIZAÇÃO DA ROTULAGEM AMBIENTAL DE PRODUTO**, Florianópolis: Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. Dissertação (Mestrado)
- ECEN, **Geração de Eletricidade a partir de Termelétricas e Demanda dos Combustíveis na Geração**, URL: http://ecen.com/matriz/eee23/ger_elte.htm, acesso em 14/11/2008.
- ECOLABEL, **O Rótulo Ecológico Europeu para Refrigeradores: a Marcação Oficial da EU para Produtos Mais Ecológicos**, Descrição Geral, versão em português, 2p. URL: http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/product/pg_refrigerators_en.htm, acesso em 20/02/2009.
- ECOLABEL, URL: <http://www.eco-label.com>, acesso em 23/03/2007.
- ECOLABELLING SCHEME, **Refrigerator Eco-label Application Form**, Part 1 Application for an Eco-label Under the European Community Council Directive EEC, N° 880/92 on an Eco-label Award Scheme, 11p. URL: http://www.gencat.cat/mediamb/impresos/qamb/iae-012_eng.pdf, access in 02/16/2009.
- ECOLNEWS, **Agenda 21**, 1992. URL: <http://www.ecolnews.com.br/agenda21/index.htm>, acesso em 23/05/2009.
- ELETROBRAS, URL: http://www.eletronbras.gov.br/EM_Programas_Procel/default.asp, acesso em 15/04/2005.
- ELETROBRAS/PROCEL, **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa de Posses de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – Classe**

Residencial – Relatório Brasil, Elaboração Eletrobrás/Procel, Rio de Janeiro, Julho de 2007, 186p.

- ELETROS, **Balança Comercial: Venda de Refrigeradores**. URL: [HTTP://WWW.eletros.org.br/_balanca_comercial.htm](http://www.eletros.org.br/_balanca_comercial.htm), acesso em 26/03/2007a.
- ELETROS, **Histórico de Vendas Industriais: Unidades de Refrigeradores**. URL: [HTTP://WWW.eletros.org.br/_historico_de_vendas_industriais.htm](http://www.eletros.org.br/_historico_de_vendas_industriais.htm), acesso em 26/03/2007b.
- ELETROS, **Vendas de DVDs contrariaram expectativa, com crescimento de apenas 6,96%. Já a linha branca cresceu o dobro do previsto**. URL: http://www.eletros.org.br/_press_release.htm, acesso em 26/03/2007c.
- EMERY, Owen; WIEDEBUSCH, Dörte; DEBUS, Bárbara; LOCKE, Tom; JEFFRIES, Ray; ABBAYES, Cécile des, **Informe sobre Etiquetado Energético**, CECU – Confederación de Consumidores y Usuarios, 117 p, URL: http://www.net-consumers.org/erica/files/annexe_eco.pdf, acesso em 11/03/2007.
- ENERGY STAR, URL: <http://www.energystar.gov/>, acesso em 22/05/2005.
- ENVIRONMENTAL, URL: <http://www.environment.fgov.be/Ecolabel/>, acesso em 23/05/2005.
- FILHO, Wanderley Feliciano, **Análise de Rico Ambiental**, Conselho Regional de Química IV Região (SP/MS), apresentação em *Power Point*, 36 slides, 2006.
- FIORITO, Fabián, **La Simulación como una herramienta para el manejo de La incertindumbre**, Universidade del CEMA, 2006, 8p.
- FOLHA ONLINE, **Bolsa Geladeira Será Definida em até 40 dias, diz Ministro Edson Lobão (de Minas e Energia)**, 17/04/2008, URL: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u393221.shtml>, acesso em 23/04/2008.
- GATT, Juris Internacional, **Artículo XX – Excepciones Generales**, Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio – GATT, Organización Mundial del Comercio – OMC, 1947, URL: <http://www.jurisint.org/pub/06/sp/48.htm>, acesso em 03/03/2007.

- GEN, **Annual Report 2007**, Global Ecolabelling Network – GEN, 29p. URL: <http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X800>, acesso em 24/02/2009.
- GEN, *Global Ecolabelling Network*, URL: <http://www.gen.gr.jp/members.html>, acesso em 13/05/2008.
- GEN, *Global Ecolabelling Network*, URL: <http://www.globalecolabelling.net/mapofmembers.html>, acesso em 28/08/2009.
- GOMES, Alexandre, **Princípio de Pareto**, 6p. URL: www.brasilacademico.com, acesso em 06/03/2009.
- GRAULICH, Kathrin, **Eco top tem – Innovations for Sustainable Consumption**, OEKO – Istituit e. V., Institute for Applied Ecology, German Body Responsible for Product Quality Tests and Consumer Information, 2006, 12p.
- GREEN SEAL, **2009 National Green Buying Research**, URL: http://greenseal.org/resources/green_buying_research.cfm, access in 02/18/2009.
- GREEN SEAL, **Green Seal™ Draft Final Environmental Standard for Restaurants and Food Services (GS-46)**, The Mark of Environmental Responsibility, Copyright © 2009 Green Seal, Inc., February, 2009a, 47p. URL: <http://www.greenseal.org/certification/environmental.cfm>, access in 02/17/2009.
- GREEN SEAL, **Green Seal™ Proposed Environmental Standard for Restaurants and Food Services Operations (GS-46): Background Document**, The Mark of Environmental Responsibility, Copyright © 2008 Green Seal, Inc., October 8, 2008, 47p. URL: www.greenseal.org/certification/gs-46_restaurants_and_food_service_proposed_standard_background_document.pdf, access in 02/17/2009.
- GREENLABELPURCHASE, **Making a Greener Procurement With Energy Labels: EU Energy Labelling**, 2006. URL: <http://www.greenlabelspurchase.net/ha-eu-energy-labelling.html>, access in 02/20/2009.
- I SEMINÁRIO, Seminário Internacional de Rotulagem Ambiental, 1, São Paulo, 10 de maio de 2000. URL: <http://www.mma.gov.br/port/sds/rotulage/isemi.html>

- IBAMA, **Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora Silêncio: Selo Ruído**, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), URL: <http://www.ibama.gov.br/silencio/home.htm>, acesso em 22/02/2009.
- IDEPA, **La Etiqueta Ecológica de la Unión Europea**, Instituto del Desarrollo Económico del Principado de Asturias, Ficha 3, marzo de 2006, 10p. URL: <http://www.idepa.es/asp/FichaEetieciolog.pdf>, acceso en 14/03/2007.
- II SEMINÁRIO, Seminário Experiências em de Rotulagem Ambiental, 2, Rio de Janeiro, 23 de novembro de 2000. URL: <http://www.mma.gov.br/port/sds/rotulage/iisemi.html>
- III SEMINÁRIO, Seminário Experiências em de Rotulagem Ambiental, 3, Belo Horizonte, 23 de maio de 2001. URL: <http://www.mma.gov.br/port/sds/rotulage/iiisemi.html>
- INFANTE, René Fernández, **EL ETIQUETADO ECOLÓGICO: Retos y Perspectivas**, Director de Normalización del Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, Seminario Nacional sobre Comercio, Medio Ambiente y Desarrollo, diciembre 2005, 9 p. URL: http://www.unctad.org/trade_env/test1/meetings/cuba3/Sesion%203.%20Etiquetado%20ecologico.%20Fernandez,%20CUBA.pdf, acceso en 03/04/2007.
- INMETRO, **Regulamento Específico para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE: Linha de Refrigeradores e Assemelhados (Congeladores, Combinados e Conservadores)**, Programa Brasileiro de Etiquetagem, 1ª Edição, Etiquetagem RESP/001 – REF, Origem GT – REF/PBE, 15/12/2005, 35 p.
- INMETRO, **Tabela de Refrigeradores**, ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica, atualização em 04 de julho de 2008, 11p. URL: <file:///C:/Documents%20and%20Settings/Herculano%20XSJr/Datos%20de%20programa/Mozilla/Firefox/Profiles/yecu0e56.default/zotero/storage/15563/pbe.html>, acesso em 07/08/2008.
- INMETRO, URL: <http://www.inmetro.gov.br/>, acesso em 10/05/2005.
- INMETRO. URL: http://www.inmetro.gov.br/qualidade/cerflor_empresas.asp, acesso em 03/06/2009.

- INTERNATIONAL PAPER, **Linhas de Papeis Chamex Protege as Matas Nativas Porque é Produzida de Florestas de Eucalipto 100% Plantadas e Renováveis**, International Paper Brasil, 2009. URL: <http://www.chamex.com.br/>, acesso em 30/06/2009.
- INVESTOPEDIA, www.investopedia.com/terms/f/fob.asp, acesso em 29/04/2005.
- ISO 14020, **Environmental Labels and Declarations – General Principles**, International Organization Standardization, second edition, Switzerland, 2000, 4p.
- ISO 14024, **Environmental Labels and Declarations – Type I Environmental Labelling – Principles and Procedures**, International Organization Standardization, first edition, Switzerland, 1999, 12p.
- ISO 14040, **Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework**, International Organization Standardization, first edition, Switzerland, 2006, 12p.
- ISO Members, International Organization Standardization, URL: http://www.iso.org/iso/about/iso_members.htm, acesso em 23/05/2009.
- ISO/TR 14025, **Environmental Labels and Declarations – Type III Environmental Decalrations**, International Organization Standardization, first edition, Switzerland, 2000, 25p.
- ITAIPU BINACIONAL, **Perguntas Frequentes**. URL: <http://www.itaipu.gov.br/?q=node/436&nid=418>, acesso em 24/06/2009.
- IV SEMINÁRIO, Seminário Experiências em de Rotulagem Ambiental, 4, Manaus, 27 de setembro de 2001. URL: <http://www.mma.gov.br/port/sds/rotulage/ivsemi.html>.
- KARNEY, Richard H., **2008 Energy Star Appliance Partner Meeting**, U.S. Department of Energy, Energy Star Program Manager, September 22, 2008, 44 slides. URL: http://www.energystar.gov/ia/partners/downloads/meetings/appliances_2008/DOE_Update_General_Session.pdf, access in 02/19/2009.
- KARNEY, Richard H., **Energy Star Criteria for Refrigerators: Overview of Energy Star Criteria Setting Process and History of Refrigerator Criteria**, U.S. Department of Energy, June 4, 2007, 19 slides. URL:

http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/revisions/downloads/refrig/Karney_RefrigeratorCriteriaRevision_6.4.07.pdf, access in 02/19/2009.

- LAUREATE, Green Seal, **The Green Seal Laureate Program**. URL: <http://www.green seal.org/programs/laureate.cfm>, access in 02/18/2009.
- LEONELLI, Paulo A., **Refrigeradores Eficiente: A Experiência do Brasil**, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, Ministério de Minas e Energia – MME, evento: Disposição Final de Refrigeradores do Ministério do Meio Ambiente – MMA, Palestra – apresentação em PowerPoint, 19 de junho de 2008, São Paulo, 20 Slides.
- MAINE.GOV, **Greenhouse Gases and Their Global Warming Potential Relative to CO₂**, URL: <http://www.maine.gov/dep/air/emissions/ghg-equiv.htm>, acesso em 14/11/2008.
- MASCARENHAS, Henrique Ribeiro, **O Setor de Eletrodomésticos de Linha Branca: Um Diagnóstico e a Relação Varejo & Indústria**, São Paulo, Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas FGV/EESP, 2005. 238 p. Dissertação (Mestrado)
- MCCORMICK, John; **Rumo ao Paraíso – A História do Movimento ambientalista**. Tradução de Marco Antônio Esteves da Rocha e Renato Aguiar. Rio de Janeiro: Relume – Dumará, 1954 (1992), 224p.
- MELO, Conrado Augusto de, JANNUZZI, Gilberto De Martino, **O Estoque de Refrigeradores no Brasil: Diferenças e Semelhanças Regionais por Faixa de Renda**, Revista Espaço Energia, ISSN: 1807-8575, nº 8, abril de 2008, p. 20-27.
- MENDES, Huber Marcos, **Avaliação do Risco para Usuários Principiantes e Intermediários**, Versão Preliminar, Decision Support/Palisade Corporation, Rio de Janeiro, 2003, 435p.
- MERA, Antonio Chamorro, **EL ETIQUETADO ECOLÓGICO: Un Análisis de Su Utilización como Instrumento de Marketing**, Badajoz: Departamento de Economía Aplicada y Organización de Empresas, Universidad de Extremadura, 2003, 714 p. Tesis (Doctoral).

- MICHAELIS UOL, Dicionário eletrônico Português-Inglês-Espanhol, **Dic Michaelis UOL**, CD-ROM, 2003.
- MMA, **Agenda 21**, Ministério do Meio Ambiente, 1992, URL:
<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18>, acesso em 23/05/2009a.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente, **Cronograma da Eliminação das SDO's para o Brasil**, URL:
<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=130&idConteudo=8450&idMenu=8984>, acesso em 04/04/2009d.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente, **Fatores de Conversão do PDO e PAG**, URL:
<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=130&idConteudo=8436&idMenu=8973>, acesso em 04/03/2009c.
- MMA, **Plano Nacional de Eliminação de CFC's: Relatório 2007**, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Departamento de Mudanças Climáticas, Núcleo de Ozônio, Brasília, 2007, p. 37.
- MMA, **Políticas para o desenvolvimento sustentável: Guia de boas práticas para o consumo sustentável**, URL: www.mma.gov.br/port/sds/guia.html, acesso em 28/04/2009b.
- MMA, **SEMINÁRIO SOBRE DESTINAÇÃO FINAL DE REFRIGERADORES DOMÉSTICOS**, Ministério do Meio Ambiente – MMA /PNUD/IBAMA/GTZ, São Paulo, 19 de junho de 2008.
- MME, **Ministério de Minas e Energia regulamenta índices de eficiência energética de refrigeradores, fornos e fogões**. URL:
<http://www.mme.gov.br/site/news/selectNews.do?viewPublicationId=14764&queryUrl=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fsite%2Fsearch.do%3Fquery%3Drefrigeradores>, acesso em 22/04/2008a.
- MME, **Mudanças Climáticas: Fatores de Emissão de CO2 Médio do Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil**, Ministério de Minas e Energia. URL:
<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/73964.html>, acesso em 14/11/2008b.

- MOTAAL, D.A., Eco-Labeling and the World Trade Organization, Federal Environmental Agency, Alemanha, 1998.
- MULTIBRAS, **A Indústria de Eletrodomésticos no Brasil**, Centro de Documentação e Memória da Multibrás. URL: <http://www.whirlpool.com.br/site/p/institucional/historia/centro-de-documentacao-e-memoria>, acesso em 22/03/2007.
- MUNHOZ, Fernando Colli, **Modelo de suporte à decisão para contratação eficiente de energia elétrica**, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 146p. Tese (Doutorado).
- NORDIC SWAN, URL: <http://www.svamen.nv/eng/>, acesso em 21/02/2007.
- NUNES, Paulo, **Conceito de Diagrama de Pareto**, Ciências Econômicas e Empresariais/Gestão, 05/06/2008. URL: <http://www.knoow.net/cienceconempr/gestao/diagramadepareto.htm>, acesso em 06/03/2009.
- NUSS, **Princípio de Pareto: Como Solucionar 80% dos Problemas Mexendo Somente em 20% das Causas**, september 7, 2007. URL: <http://nusseagora.blog.br/principio-de-pareto-como-solucionar-80-dos-problemas-mexendo-somente-em-20-das-causas/>, acesso em 06/03/2009.
- OCDE, **Eco-labelling: Actual Effects of Selected Programmes**, Organization for Economic Cooperation and Development, OCDE/GD(97) 105, Paris, 1997, 81 p. URL: <http://www.strategyguide.org/Pdfs/OECD/Ecolabellingactualeffectsofselectedprogrammes.pdf>, acesso em 05/03/2007.
- OMC, **Etiquetado para Fines Medioambientales**, Comunicación de las Comunidades Europeas en el Marco Del inciso (iii) del párrafo 32, Organización Mundial del Comercio, Comité de Comercio y Medio Ambiente, WT/CTE/W/225, marzo de 2003, 7 p. URL: http://trade-info.cec.eu.int/doclib/docs/2003/september/tradoc_113795.pdf, acesso em 05/03/2007.
- PACHECO, Maximo, **O Crescimento do Consumo de Papel**, International Paper Brasil, Presidente Executivo, PowerPoint, 2008, 23 Slides. URL: <http://www.internationalpaper.com.br/>, acesso, 30/06/2009.

- PALACIOS, Tomás M. B.; MERA, Antonio C.; Comercio Mundial y Etiquetado Ecológico: Implicaciones Negativas y Medidas Adoptadas, Tribuna de Economía, ICE, Julio-Agosto 2005, N° 824, 155-172 p. URL: <http://www.revistasice.com/Estudios/Documen/ice/824/ICE8240301.PDF>, acesso em 01/03/2007.
- PALGRAVE, URL: <http://www.palgrave.com/science/computing/beynon-davies2/students/docs/Chapter%2027%20Systems%20Conception.doc>, acesso em 17/09/2004.
- PALISADE CORPORATION, **@Risk: Risk Analysis and Simulation ADD-IN for Microsoft EXCEL**, Version 4.5, Ithaca/NY, June/2005, 519p. URL: <http://www.palisade.com>, acesso em 31/08/2007.
- PEMEX, **Capítulo 6 – Análisis de Riesgos**, Metodología PEMEX (Petróleos Mexicanos), 1990, 6 p. URL: <http://www.transredes.com/pdfs/MedioAmb/eeia/eeiaSanAlberto/cap6.PDF> , acesso em 28/02/2008.
- PEÑA, Carlos E., CARTER, Dean E., AYALA-FIERRO, Felix, **Toxicologia Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental**, SothWest Hazardous Waste Program/At the College of Pharmacy the University of Arizona, 2001, 204p. URL: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>.
- PNAD 1992, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 1993, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1993, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 1995, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1995, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 1996, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1996, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.

- PNAD 1997, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1997, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 1998, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1998, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 1999, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1999, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 2001, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2001, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 2002, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 2003, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2003, www.ibge.gov.br, acesso em 17/03/2005.
- PNAD 2004, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004, www.ibge.gov.br, acesso em 24/09/2008.
- PNAD 2005, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005, www.ibge.gov.br, acesso em 24/09/2008.
- PNAD 2006, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006, www.ibge.gov.br, acesso em 24/09/2008.
- PNAD 2007, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007, www.ibge.gov.br, acesso em 24/09/2008.
- PRESSOUYRE, Léon, Entre los nuevos valores del patrimonio cuyo reconocimiento debe favorecer la UNESCO, revisten una importancia singular aquéllos que, más impalpables que las piedras, guardan relación con la memoria de los pueblos, 2000. URL: http://www.unesco.org/courier/2000_12/sp/doss1.htm, acesso em 14/03/2007.
- PROCELINFO, Boletim Informativo do PROCEL, 2009. URL: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?ViewID={F5EAADD6-CCB0-4E29-A0C4-482D3D66BB65}¶ms=itemID={0279CDEC-EC7F-46FC-8874->

719F913CC838};&UIPartUID={D90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898},
acesso em 06/03/2009.

- QUEIROZ, Guilherme de Castilho, GARCIA, Eloísa Elena Corrêa, **Análise de Custo do Ciclo de Vida (ACCV): Metodologia e Aplicação em Eficiência Energética**, Editora. CETEA/ITAL, Volume. Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão, 2007, p. 47 a 60. URL: http://www.cetea.ital.org.br/figs/ACV_como_Instrumento_de_Gestao-CETEA.pdf.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho, GARCIA, Eloísa Elena Corrêa, **Consumo Responsável, Consciente, Sustentável...**, Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens, Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, ISSN 0104-3781, Vol. 20 nº 1, Campinas, Janeiro/Fevereiro/Março/2008, 5p.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho, JANNUZZI, Gilberto De Martino, VENDRUSCULO, Edson Adriano, POMILIO, José Antônio, BORGES, Thomaz, A life-cycle cost analysis (LCCA) for setting energy-efficiency standards in Brazil: The case of residential refrigerators, **American Council for an Energy-Efficient Economy - ACEEE**, New York, 2003, 12 p.
- RAL QUALITY, **Fridge recycling: Standards and Certification - The European approach**, Copyright 2008© RAL Quality Assurance Association for the Demanufacture of Refrigeration Equipment, evento sobre disposição final de refrigeradores por Ministério do Meio Ambiente - MMA, Sao Paulo, Brazil, 9 de junho, 2008, PowerPoint, 56 Slides.
- RAL-UZ75, **Basic Criteria for the Award of the environmental label: Energy-Saving Refrigerators and Freezers**, Ral-Sankt Augustin, Blauer-Angel.de, February 2001, 10p. URL: http://www.blauer-engel.de/_downloads/vergabegrundlagen_en/e-UZ-075.PDF, access in 02/17/2009.
- RANGEL, Leonardo Costa, SOUZA, Castro Reinaldo, MENDES, Marcus Huber, **Análise de Risco com a Simulação de Monte Carlo**, Trabalho de fim de curso, Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de Circuitos Elétricos, Trabalho 1, Rio de Janeiro, 2002, 63p.

- **REGLAMENTO 2000/40/CE, Por la Que Se Establecen los Criterios Ecológicos para la Concesión de la Etiqueta Ecológica Comunitaria a los Frigoríficos**, Decisión de la Comisión, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L13/22 ES, Notificada con el Número C(1999) 5422, 16 de diciembre de 1999, 2000, 5 p.
- SCHMITZ, Eber Assis, ALENCAR, Antonio Juarez, VILLAR, Carlos Badini, **Modelo qualitativo de análise de risco: para projetos de tecnologia da informação**, Rio de Janeiro: Brasport, 2006, 176p.
- SCRIBD, **Relatório Brundtland - Nosso Futuro Comum - Em Português**, 2ª edição, 1991, 430p. URL: <http://www.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>, acesso em 23/05/2009.
- SERVERN WYE, **Cold Products Retail: The Energy Label**. URL: http://www.swea.co.uk/images/EU_labels_Aplus.png&imgrefurl=http://www.swea.co.uk/ProE_coldRetail.shtml&usq=__GnzohwHHx65KpfLdeCy54qOk4xE=&h=328&w=580&sz=160&hl=pt-BR&start=1&um=1&tbnid=DDF94f0mSNPFJM:&tbnh=76&tbnw=134&prev=/images%3Fq%3DA%252B%2Bor%2BA%252B%252B%2Brated%2Brefrigerator%26hl%3Dpt-BR%26client%3Dfirefox-a%26rls%3Dorg.mozilla:pt-BR:official%26sa%3DN%26um%3D1, acesso em 24/06/2009.
- SILVA Jr., Herculano Xavier, **Aplicação das Metodologias de Análise Estatística e de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) para o Estabelecimento de Padrões de Eficiência Energética: Refrigeradores Brasileiros**, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 144 p. Dissertação (Mestrado)
- SODIMAC, **Evolución Histórica de los Refrigeradores**. URL: <http://www.sodimac.cl/HUM/HUM.nsf/CDUNID/20460F7DFF6BDF6985256D6000687608?OpenDocument&537QYK&537R22>, acceso en 23/03/2007.
- SOUSA, José M., **Futuro Comprometido: Comentários Sobre o Livro “Limites do Crescimento”**, 13 de outubro de 2005. URL:

<http://futureatrisk.blogspot.com/2005/10/os-limites-do-crescimento.html>, acesso em 23/05/2009.

- THE BLUE ANGEL, **Eco-label and Climate Protection: Blue Angel for Climate – Relevant Products**, Press Release/Information Paper, 17 November 2008, 4p. URL: www.blauer-engel.de/_downloads/publikationen/english/press_release_Eco-Label_Climate_protection_perspectives.pdf, access in 02/18/2009.
- TOPTEN, **Professional Procurement: Office Equipments**, Topten.ch Documentation, 2006, 4p. URL: <http://www.topten.info/uploads/images/upload/Flyer-OE-0.pdf>, access in 02/17/2009.
- TURIEL, I., **Present status of residential appliance energy efficiency standards - an international review**, Energy and Building, vol. 26, ed. 1. Elsevier Sciences, 1997, p 5-15
- UMWELT BUNDES AMT, **Etiquetas Ecológicas en Alemania**, Für Mensch Und Umwelt, enero de 2004, 4 p. URL: http://www.blauer-engel.de/downloads/Etiquetas_ecologicas_Alemania.pdf, acceso en 14/03/2007.
- UOLECONOMIA, **Programa de Substituição de Geladeiras Deve Iniciar em até 3 Meses**, Da Agência Brasil, 22/04/2009. URL: <http://economia.uol.com.br/ultnot/2009/04/22/ult4294u2498.jhtm>, acesso em 22/04/2009.
- USEPA, **Environmental Labeling Issues, Policies, and Practices Worldwide**. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC, December, 1998. (EPA 742-R98-009), PP322, URL: <http://www.epa.gov/opptintr/epp/pubs/envlab/wwlabel3.pdf>
- V SEMINÁRIO, Seminário Experiências em de Rotulagem Ambiental, 5, Porto Alegre, 10 de outubro de 2001. URL: <http://www.mma.gov.br/port/sds/rotulage/vsemi.html>
- VOSE David, WILEY John & Sons, 1996, **Análise Quantitativa de Risco: Um Guia Para Modelagem Pela Simulação de Monte Carlo**, Tradução por Marcos Huber Mendes e Reinaldo Castro Souza, Decision Support Ltda, Rio de Janeiro, 2007, 35p.
- WHIRLPOOL, **Nosso Mundo é a Nossa Casa: Whirlpool social Final_2005-2006**, Whirlpool S.A., Rio Claro, 2007, 44p. URL:

http://www.multibras.com.br/site/files/147d_rs_2005-2006_vf.pdf, acesso em 14/04/2008.

- WIKIPÉDIA, **Revisão por Pares**, enciclopédia livre. URL:
http://pt.wikipedia.org/wiki/Revis%C3%A3o_por_pares, acesso em 15/03/2007.
- WWF-BRASIL, O Que é o Desenvolvimento Sustentável?, WWF - World Wide Fund for Nature. URL:
http://www.wwf.org.br/informacoes/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/, acesso em 23/05/2009.

Anexo A

Programas de Padrões e de Selos de Eficiência Energética

Os conceitos aplicados para os programas de padrões e de selos de eficiência energética não são os mesmos. Na prática, quando se fala de tais programas, pode-se gerar uma pequena confusão e/ou dificuldade de distingui-los e de diferenciá-los, pois o mais divulgado e conhecido do público em geral (por aparecer fixado em todos refrigeradores participantes e nas mídias) é o de selo de eficiência energética, que passou a ser referência entre os dois tipos de programa. Por tal motivo, é importante fazer uma exposição sucinta de suas diferenças de conceitos para melhor esclarecimento.

O Padrão de Eficiência Energética é um conjunto de procedimentos e de regras que indica qual deve ser o consumo máximo de energia elétrica ou o índice mínimo de eficiência energética dos produtos. Quando de caráter voluntário, depende da adesão dos fabricantes para atingir bons resultados de economia de energia. Quando obrigatório, situação atual do padrão para refrigeradores no Brasil, fica proibida a venda de produtos, no País, que apresentem menores índices de eficiência energética quando comparados com o mínimo estabelecido pelo padrão. Na Tabela Anexo A1 é apresentado um exemplo de índice de eficiência energética para refrigeradores brasileiros.

Tabela Anexo A1 – Exemplo de Índice de Eficiência Energética para Refrigeradores no Brasil

Classes	Refrigerador	Combinado	Combinado frost-free	Congelador vertical	Congelador vertical frost-free	Congelador horizontal
A	0,855	0,855	0,846	0,855	0,855	0,855
B	0,931	0,931	0,921	0,931	0,931	0,931
C	1,014	1,014	1,003	1,014	1,014	1,014
D	1,104	1,104	1,092	1,104	1,104	1,104
E	> 1,104	> 1,104	> 1,092	> 1,104	> 1,104	> 1,104

Fonte: INMETRO (2005) - tais refrigeradores utilizam ciclo/isopentano como agente de expansão de espumas.

Estes índices apresentados na Tabela Anexo A1 foram desenvolvidos para vigorar a partir de 2006, segundo relatório do INMETRO (2005), e são calculados através da razão entre o consumo apresentado pelo refrigerador e o consumo padrão estipulado em INMETRO (2005), para a referida categoria do aparelho. Sendo assim, quanto menor for o índice apresentado pelo refrigerador analisado, mais eficiente ele é.

O *Collaborative Labeling and Appliance Standards Program* (CLASP) aponta três tipos de padrões de eficiência energética: 1º Padrões Estabelecidos - determina uma característica em particular (p.ex., usar compressores de alta eficiência, entre outros) que melhora a eficiência energética do produto e deve ser instalado em todos os equipamentos novos; 2º Padrões Mínimos de Eficiência Energética ou de Máximo Consumo de Energia (*MEPS – Minimum Energy Performance Standards*) - estabelece para os fabricantes a meta mínima de desempenho energético que o produto deve atingir (exemplo do Brasil, citado anteriormente na Tabela Anexo A1); e 3º Padrões de Média Geral de Consumo dos Aparelhos - indica a eficiência média geral de uma classe de produtos fabricados (p.ex., refrigeradores), que permite ao fabricante escolher o nível de eficiência a ser aplicado em seus equipamentos, com meta de atingir e sobrepor a eficiência média do mercado (CLASP, 2005).

O Selo de Eficiência Energética é uma informação fixada nos refrigeradores fabricados e deve apresentar, de forma fácil e clara para o consumidor, o consumo de energia elétrica do aparelho. Este pode ser expresso em kWh, em percentual (% de eficiência) e/ou em valor economizado (p.ex., em Reais - R\$). Através das informações passadas no selo de eficiência energética e com o consumidor mais informado, pretende-se criar uma reação em cadeia para a escolha de aparelhos mais eficientes no momento da compra do refrigerador.

O CLASP (2005) cita dois tipos de selos de eficiência energética: 1º - Os Selos de Comparação (Figura Anexo A1a), os quais oferecem ao consumidor informações que permitam comparar o rendimento entre produtos similares, por Faixas Contínuas ou por Categorias (p.ex., “A - mais eficiente” a “E - menos eficiente”); e 2º - Os Selos de Aprovação (Figura Anexo A1b), que já possuem um critério de avaliação da qualidade e desempenho do produto pré-aprovado. Estes últimos são tipicamente aplicados em produtos considerados topo de linha (*Top-Tier*), ou seja, os selos serão concedidos aos produtos se, e somente se, estes forem os mais eficientes de um referido mercado. Desta forma, quando se encontra esse tipo de selo em um aparelho ou

equipamento (computadores, ventiladores, lâmpadas, refrigeradores, televisores, condicionares de ar, entre outros) já deve estar subentendido pelo consumidor uma alta qualidade técnica e o melhor desempenho de funcionamento dos mesmos em comparação aos seus similares comercializados no país (SILVA Jr, 2005).

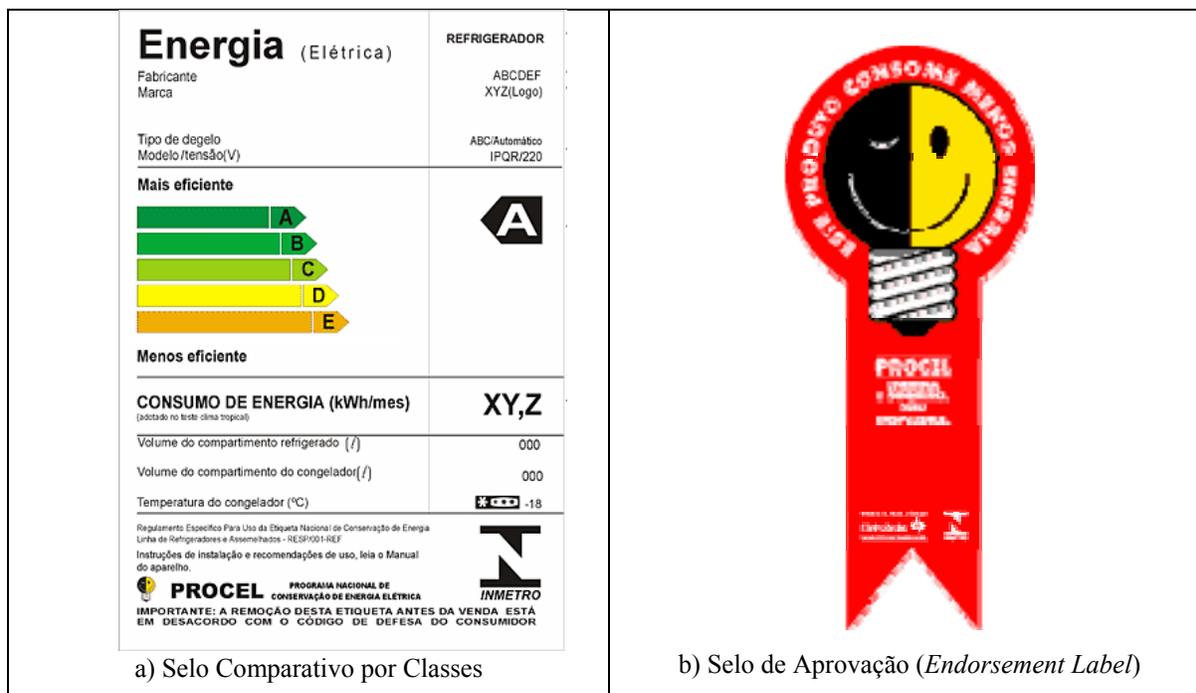


Figura Anexo A1 – Selos Comparativo e de Aprovação (exemplos brasileiro)

Fonte: INMETRO (2005)

Para o caso brasileiro, o Selo de Aprovação (Figura Anexo A1b) só é concedido ao refrigerador quando este apresentar o índice de eficiência energética representado pela classe “A” do Selo Comparativo (Figura Anexo A1a).

Desde dezembro de 2007, quando os padrões e selos passaram a ser obrigatórios, o índice mínimo de eficiência energética (Padrão) para permissão da comercialização do refrigerador no Brasil é a Categoria “E” do Selo Comparativo. Um fator interessante, que deve ser comentado, além da mudança de voluntário para obrigatório dos Padrões e Selos de eficiência energética para refrigeradores no Brasil, é a evolução da quantidade de Classes permitida. Isto porque, no início da aplicação destes programas no País, eram aceitos até sete níveis de eficiência, os quais variavam de “A” a “G”. Contudo, a partir do relatório apresentado pelo INMETRO em dezembro de 2005, as Categorias foram reduzidas para cinco níveis, passando a variar de “A” a “E” (Figura

Anexo A1a), o que demonstrou um ganho no índice mínimo de eficiência exigida aos refrigeradores comercializados no Brasil.

Atualmente, são 323 modelos de refrigeradores divididos em seis categorias de aparelhos, aprovados pelo INMETRO para comercialização no Brasil. A Tabela Anexo A2 apresenta o detalhamento destes dados, os quais, quando analisados, permitem identificar a grande quantidade de modelos que já apresentam bons níveis de eficiência energética por se encontrarem nas respectivas classes de eficiência “A” e “B”.

Tabela Anexo A2 – Quantidade de modelos de Refrigeradores, por Categorias, Permitidos para Comercialização no Brasil, em 2008

Classes	Categorias											
	Refrigerador		Combinado		Combinado frost-free		Congelador vertical		Congelador vertical frost-free		Congelador horizontal	
A	53	53,0%	50	78,1%	69	78,4%	8	26,7%	6	60,0%	4	12,9%
B	28	28,0%	5	7,8%	7	8,0%	14	46,7%	2	20,0%	8	25,8%
C	9	9,0%	6	9,4%	9	10,2%	4	13,3%	0	0,0%	7	22,6%
D	6	6,0%	3	4,7%	3	3,4%	3	10,0%	2	20,0%	3	9,7%
E	4	4,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,3%	0	0,0%	9	29,0%
	100 un		64 un		88 un		30 un		10 un		31 un	

Fonte: INMETRO (2008); un = unidades.

Historicamente, os padrões e selos de eficiência energética começaram a ser utilizados na Polônia, em 1962, sendo aplicados especificamente para refrigeradores na França, em 1966. A participação brasileira iniciou-se anos mais tarde, em 1984, de forma voluntária seguindo a tendência mundial na prática de tais programas. Aqueles que se destacaram mais foram: o selo comparativo e o de aprovação *Energy Star*, dos EUA (Figura Anexo A2a) – importantes por fazerem parte do maior mercado consumidor e também da lei de compras, utilizada pelos órgãos públicos; e o selo comparativo *Energy* da União Europeia (Figura Anexo A2b), por abranger vários países da Europa, que têm cultura de aquisição de produtos mais eficientes e pelo alto índice de divulgação do programa na mídia televisiva, impressa e eletrônica.

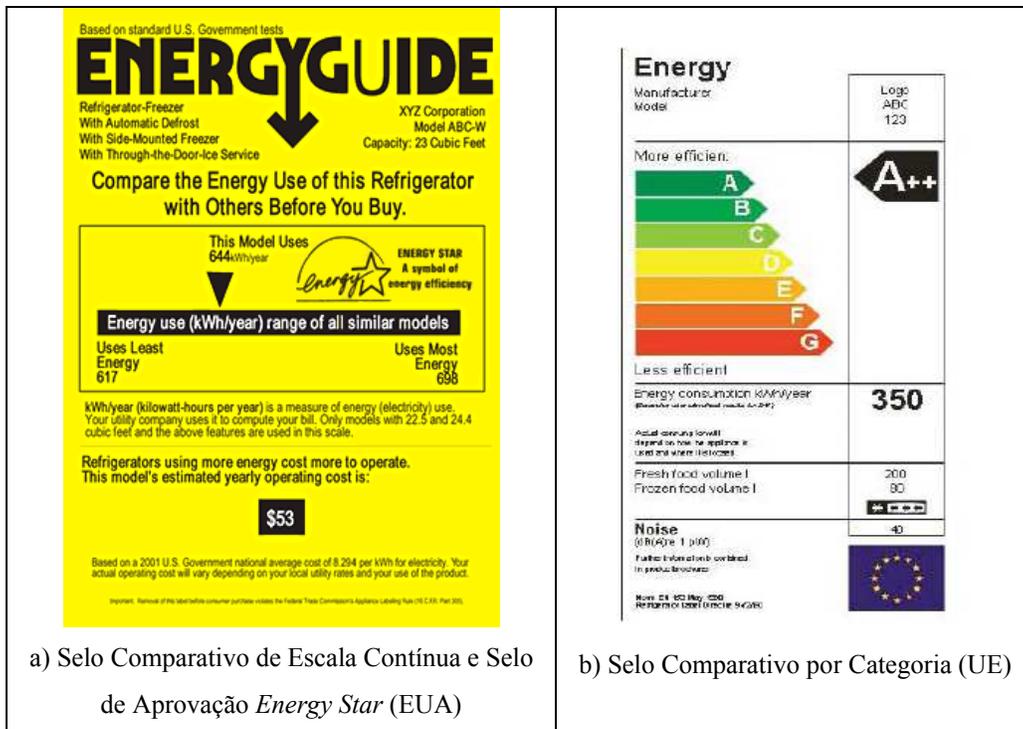


Figura Anexo A2 – Exemplo dos Selos mais Conhecidos
 Fonte: CLASP (2005)

Segundo O CLASP (2005), os EUA conseguiram reduzir em 74% o consumo médio de eletricidade dos refrigeradores comercializados no País desde a implantação do primeiro padrão de eficiência energética na Califórnia, em 1977. Os aparelhos vendidos na União Europeia também sofreram grandes avanços tecnológicos de 1990 em diante. De acordo com o relatório COLD II (2000), os refrigeradores europeus ganharam de 22% a 28% de eficiência média até 1999 em comparação com os valores de 1990. O relatório também apresentou uma prospecção de aumento de eficiência dos refrigeradores europeus de 77% a 83%, desde 1990 até 2005.

Atualmente existem em torno de 69 países que aderiram à prática dos programas de padrões e de selos de eficiência energética em seus equipamentos e aparelhos consumidores de energia elétrica (COLD II, 2000; CLASP, 2005; e SILVA Jr, 2005).

O ganho direto, facilmente percebido pela população em geral, é a economia de energia obtida, que reflete também na conta de energia elétrica do consumidor. Atingir ganhos de eficiência energética e redução de consumo daqueles produtos que necessitam de mais energia elétrica são o principal objetivo dos programas de padrões e de selos de eficiência energética. Porém, juntamente com o ganho de eficiência e redução de consumo dos aparelhos vêm outros

ganhos indiretos, os quais não são facilmente detectados. Alguns deles podem ser listados da seguinte forma (CLASP, 2005; COLD II, 2000):

- a) Criação de costume para aquisição de equipamentos mais eficientes por parte do consumidor, forçando os fabricantes a mudarem também sua cultura de produção;
- b) Aumento da concorrência entre fabricantes para conquistar mais consumidores preocupados em economizar energia elétrica em suas residências;
- c) Melhoramento na qualidade de vida do consumidor;
- d) Redução real e global da demanda de energia elétrica no País, ocasionando menor necessidade ou postergação de investimentos em infra-estrutura de suprimento de energia (novas usinas elétricas, rede de transmissão e distribuição, entre outros);
- e) Contribuição para a mitigação das mudanças climáticas; dentre outros.

Anexo B

Rotulagem Ambiental

O avanço na degradação do meio ambiente, unido ao aumento do interesse de se buscar o desenvolvimento e o consumo sustentável através do crescimento da educação ambiental e da prática de utilização consciente dos recursos naturais por população, fabricantes e governantes, está cedendo lugar à necessidade de criação de instrumentos, que incentivem ou pressionem as empresas a aderirem aos novos tempos, diminuindo o seu potencial poluidor.

Reforçando tais indicações anteriores, os membros da OMC (Organização Mundial do Comércio) e da ONU (Organização das Nações Unidas), após várias discussões, acordaram que é de extrema importância a facilitação de informações sobre consumo sustentável aos consumidores. Assim, recomendaram aos Países a adotarem medidas para “elaborar e aprovar, quando corresponda, com caráter voluntário, meios eficazes, transparentes, verificáveis, não discriminatórios e que não causem confusão, para informar aos consumidores sobre modalidades sustentáveis de consumo e produção, nos aspectos relacionados com a segurança e a saúde humana. Esses meios de informação não devem ser utilizados como obstáculos ao comércio” (OMC, 2007).

Portanto, hoje em dia, as indústrias devem adaptar seus parques industriais de forma a produzir com o menor impacto possível ao meio ambiente, sob pena de perder mercado pela concorrência de outros produtos com melhor desempenho ambiental. Entretanto, o tema dos programas de rotulagem ambiental, como parte integrante da política pública ambiental, é polêmico quando olhado como possível barreira comercial.

Os estudos de impactos de regulamentações ambientais sobre as exportações de países em desenvolvimento são realizados, em geral, por organizações internacionais ou instituições de

pesquisa dos próprios países exportadores (entidades como a Conferência das Nações Unidas sobre o Comércio e Desenvolvimento – UNCTAD, Organização Mundial do Comércio – OMC, entre outras). Os programas de rotulagem ambiental são mundialmente reconhecidos como um bom instrumento de política pública ambiental. Todavia, quando postos em prática, geram preocupações sobre seus possíveis efeitos comerciais. Palácios *and* Mera (2007), afirmam que setores industriais e países argumentam que tais programas constituem em uma forma de *Neo-Protecionismos*, criando uma barreira comercial não tarifária que distorce tanto a atividade comercial mundial quanto os principais objetivos do Programa de Rotulagem Ambiental “se” favorecerem os produtos domésticos frente ao importado.

Desta forma, Corrêa (1998) e Biazin (2002) apontam três possíveis efeitos comerciais negativos quando utilizados os programas de rotulagem ambiental de forma “incorreta”:

- **Discriminação contra produtos estrangeiros** – há a possibilidade de ocorrer pela influência de fabricantes nacionais na seleção de categorias de produtos e na discriminação implícita ao formular critérios que refletem somente as condições e as preferências do país importador;
- **Constituição de barreiras técnicas ao comércio** – pode ocorrer caso a determinação dos critérios (como uso de matéria-prima e métodos e processos de fabricação) não esteja baseada em considerações objetivas e científicas e não leve em conta os processos existentes em outros países e caso os procedimentos de verificação de conformidade forem desnecessariamente rigorosos e não aceitem sua condução por instituições reconhecidas no país exportador e/ou internacionalmente;
- **Afetar os custos e a competitividade** – um dos problemas é que os critérios são definidos de acordo com as prioridades de cada país de origem do Programa de Rotulagem Ambiental. Isto pode acontecer com os produtores estrangeiros, pois estes critérios podem ser definidos de maneira que apenas um grupo muito pequeno de produtos consiga se qualificar para a utilização do Rótulo Ambiental. É possível ocorrer também a seleção dos critérios e níveis ser tão rígida que exige uma tecnologia específica ou um processo produtivo bastante peculiar.

A questão inerente na possível discriminação é supor, ou não, o descumprimento do princípio de “não-discriminação de produtos por razão de origem”, que são acordos regulados pela Organização Mundial do Comércio (CORRÊA, 1998 e PALACIOS *and* MERA, 2007). Porém, em relação aos “critérios de fabricação diretamente relacionados ao produto (p.ex., eficiência energética, fabricação, materiais, componentes, entre outros)”, é geralmente aceito pela OMC que tais critérios entrem no âmbito de aplicação do “acordo sobre barreiras técnicas ao comércio”, permitindo assim aos países impor restrições baseadas nas características do produto (MOTAAL, 1998). Isto pode ser permitido porque o Rótulo Ambiental, neste caso, está regulando os impactos ambientais diretos (locais) ocasionados pelo produto no país importador. O mesmo não pode ocorrer com os “critérios de fabricação indiretamente relacionados ao produto (p.ex., consumo de energia e água da indústria produtora de refrigeradores)” porque os impactos ambientais diretos não acontecerão no país importador que rotula o produto, mas no país onde realizou-se o processo de fabricação (PALACIOS *and* MERA, 2007).

Com esta problemática da ambiguidade de interpretações dos acordos internacionais para o comércio, controlados pela OMC e pelo Acordo Geral Sobre Tarifas Alfandegárias e Comércio – GATT (*General Agreement on Tariffs and Trade*), os países em desenvolvimento argumentam serem prejudicados quanto aos critérios relativos à fabricação. Todavia, os países usuários dos programas de rotulagem ambiental afirmam que estes são de caráter voluntário, não sendo regulados pela OMC (DPCSD, 1996 *apud* PALACIOS *and* MERA, 2007). Para auxiliar a argumentação dos países adeptos dos programas, há ainda o artigo XX do GATT, que fala sobre *exceções às regras gerais* do acordo internacional para o comércio quando se tratar de riscos³⁷ para a segurança da vida e saúde humana, dos animais e das plantas, anulando as considerações relacionadas a critérios discriminatórios (GATT, 1947). Sem embargo, reconhece-se também que os programas de rotulagem ambiental podem ser utilizados de forma errônea através do favorecimento de produtores domésticos preocupados com a concorrência de produtos estrangeiros (CORRÊA, 1998).

³⁷ Estes podem estar de acordo com os rótulos ambientais quando buscam garantir, através da mudança dos padrões de produção e consumo, visando um desenvolvimento sustentável das tecnologias de produtos e de utilização dos recursos naturais, a satisfação das necessidades presentes e futuras da população unida à proteção e preservação do meio ambiente.

Diante de tais argumentos, foram realizados vários estudos (OCDE, 1997; USEPA, 1998 e OMC, 2003) para tentar avaliar os impactos no comércio mundial referente à utilização de programas de rotulagem ambiental, não sendo encontradas evidências nem provas concretas de que os países são prejudicados por estes. Ademais, o Comitê de Comércio e Meio Ambiente (CCMA) coordenado pela OMC apresenta durante as conclusões e recomendações dadas durante a Conferência Ministerial de Singapura, em 1996, de que “os planos e programas de rótulos ambientais, bem pensados, podem ser instrumentos de política ambiental eficazes para fomentar o desenvolvimento de um público de consumidores sensibilizado às questões do meio ambiente” (OMC, 2003).

Uma possível solução, apontada para minimizar ou eliminar uma possível discriminação, é a realização da chamada “Cooperação Internacional” entre os diferentes programas de rotulagem ambiental (OMC, 2003). Isto poderia ocorrer realizando-se quatro etapas principais: Intercâmbio de Informações e Experiências; Estabelecimento de Normas de Comportamento Comuns; Reconhecimento Mútuo dos Processos de Ensaio e Verificação e Reconhecimento Mútuo dos Programas de Rotulagem Ambiental (PALACIOS *and* MERA, 2007). Contudo, apesar dos avanços gerados com a criação da Rede Mundial de Rotulagem Ambiental (GEN – *Global Ecolabelling Network*), em 1994, e de um início do sistema de cooperação internacional por partes desses programas, esta representação é ainda muito tímida. Todavia, certamente, poderá ajudar a minimizar os potenciais efeitos negativos da discriminação no comércio mundial.

Este trabalho de Tese não possui o intuito de julgar ou demonstrar se os programas de rotulagem ambiental constituem barreiras comerciais ou não. A intenção é mostrar essa problemática de interpretações das visões comerciais e econômicas, das normas internacionais para o comércio e suas organizações reguladoras OMC e GATT. Mesmo porque, dentro da própria OMC, não se chegou a um acordo definitivo sobre estas questões e, por este motivo, as pesquisas continuam.

Não se discute aqui a competência dos programas de rotulagem ambiental para prevenir, ajudar a minimizar e, até mesmo, eliminar impactos negativos no meio ambiente oriundos da extração de recursos naturais, beneficiamento, uso ou consumo e disposição final de um produto. Deste modo, a ideia desta discussão é mostrar o potencial de tais programas e fazer das

experiências internacionais, como a da União Europeia (com o *Eco-labelling*) e a dos Estados Unidos (com o *Green Seal*), um bom exemplo a ser avaliado pelo Brasil, que pode vir a aplicá-los nos refrigeradores produzidos e/ou comercializados no País. Porém, qualquer novo programa de rotulagem ambiental deve se basear principalmente nas Normas da Série ISO 14020 de Rotulagem Ambiental.

Normas Internacionais Série ISO 14020: Declarações e Rótulos Ambientais

Este trabalho interpreta a série de Normas ISO 14020. Dessa forma, para o esclarecimento de eventuais dúvidas ou interesse em se conhecer mais sobre os rótulos ambientais, o leitor deve consultá-las na íntegra para obter todo o detalhamento não contemplado por este estudo. Desta forma, entende-se que os rótulos ambientais estão inseridos como uma das ferramentas do Sistema Gestão Ambiental (SGA) da série de Normas ISO 14000. A parte que cabe à normalização dos rótulos e declarações ambientais dentro do SGA, estudada neste trabalho, é a série de Normas ISO 14020, composta pelas Normas ISO 14021 (Auto-Declarações Ambientais), ISO 14024 (Rótulo Ambiental) e ISO/TR 14025 (Declarações Ambientais). Contudo, a Tese está focada nas diretrizes estabelecidas para a Rotulagem Ambiental (Tipo I), retirando seus princípios específicos da Norma ISO 14024.

A série de Normas ISO 14020 é um padrão internacional estabelecido com o princípio de direcionar o desenvolvimento e uso das declarações e rótulos ambientais como ferramentas de gestão ambiental. Declarações e rótulos ambientais contêm informações sobre o produto ou serviço de caráter especialmente ambiental, aspectos ambientais específicos ou números variados de aspectos. Desta forma, compradores ou potenciais compradores podem utilizar estas informações para decidir, no momento da compra, os produtos e serviços preferenciais com base em considerações ambientais (ABNT NBR ISO 14020, 2002).

O fabricante e/ou fornecedor do produto ou serviço, que solicitar a licença para o uso de uma declaração ou Rótulo Ambiental, tem a expectativa de que a sua adesão ao Programa influencie o consumidor na hora de decidir qual produto ou serviço comprar. Caso essa expectativa se concretize, poderá ocorrer um aumento da participação de mercado deste produto ou serviço, servindo de estímulo para futuras adesões de outros fornecedores, contribuindo assim

para uma melhoria ambiental oriunda de uma dada categoria de produto ou serviço (ABNT NBR ISO 14020, 2002).

Essa reação em cadeia, suposta pela norma, vem se concretizando porque, cada vez mais, consumidores mobilizados se sensibilizam em adquirir somente produtos ou serviços “mais respeitosos” ao meio ambiente. Esta intensificação da procura por produtos ambientalmente “menos agressivos” pode estar também relacionada às informações apresentadas (em todos os meios de comunicações) sobre a falta de recursos naturais, mudanças climáticas, aquecimento global, entre outras, e as consequências que estas trarão ao planeta e às futuras gerações.

Assim sendo, para que um fabricante e/ou fornecedor aspire à utilização de uma declaração ou Rótulo Ambiental, em conformidade técnico-legal com a série de Normas ISO 14020, este deve primeiro estudar, conhecer, por em prática e cumprir os nove princípios gerais que orientam o desenvolvimento e o uso das declarações e rótulos ambientais definidos pela ISO (ABNT NBR ISO 14020, 2002):

- **1º princípio** – as declarações e rótulos ambientais devem ser exatos, verificáveis, relevantes e não enganosos; sua utilidade e efetividade estão diretamente relacionadas com o grau de confiabilidade e o valor das informações transmitidas sobre os aspectos ambientais do produto ou serviço; somente deverão ser considerados aspectos ambientais significativos relacionados às etapas de extração e utilização de recursos naturais, processo produtivo, logística de distribuição, uso, revalorização e disposição final associados ao produto ou serviço; deverão ser realizadas revisões periódicas do banco de dados das declarações e rótulos ambientais com a inserção de inovações;
- **2º princípio** – os rótulos e declarações ambientais não podem constituir barreiras (não tarifárias) comerciais desnecessárias ao comércio internacional. Para isto, devem-se desenvolver os critérios e requisitos ambientais para uma categoria de produto ou serviço em concordância com as disposições e interpretações da Organização Mundial do Comércio (OMC); o Rótulo Ambiental tem que ser de caráter estritamente voluntário;
- **3º princípio** – as declarações e rótulos ambientais devem ser baseados numa metodologia científica, que deve ser abrangente e transparente para dar suporte aos

resultados produzidos, sendo estes precisos, confiáveis e reproduzíveis; os métodos utilizados deverão ser aceitos pela comunidade científica internacional, ou seja, os padrões usados podem ser de caráter internacional, regional ou nacional e métodos industriais ou comerciais que tenham sido sujeitos à revisão entre pares;

- **4º princípio** – informações relativas aos procedimentos, metodologias e aos vários critérios usados para dar suporte às declarações e rótulos ambientais devem estar disponíveis e fornecidas mediante requerimento de todas as partes interessadas. Estas informações devem incluir os princípios básicos, condições hipotéticas e fronteira do sistema; somente se poderá limitar a concessão das informações requeridas quando se tratar de dados comerciais confidenciais, direito sobre a propriedade intelectual ou outras restrições legais;
- **5º princípio** – o desenvolvimento das declarações e rótulos ambientais deve conter, nas suas considerações, todos os aspectos relevantes do ciclo de vida do produto ou serviço (contudo, isso não significa que se deva realizar, necessariamente, uma avaliação do ciclo de vida - ACV). O ciclo de vida deve considerar as atividades associadas à produção, distribuição, materiais e recursos naturais utilizados, uso final junto aos consumidores e revalorização e/ou disposição final; as fronteiras dos sistemas, nas quais o ciclo de vida irá considerar, não são fixas, variando caso a caso dependendo do tipo de rótulo ou declaração ambiental;
- **6º princípio** – declarações e rótulos ambientais não devem inibir inovações que mantenham ou tenham o potencial para melhorar o desempenho ambiental do produto ou serviço; um fator importante é evitar utilizar dados tendenciosos como critérios prescritos de projeto ou preferências implícitas de tecnologia, devido à possibilidade de restringir ou desestimular melhorias significativas em produtos ou serviços;
- **7º princípio** – quaisquer requisitos administrativos ou demandas de informações devem ser limitados às informações absolutamente necessárias para o estabelecimento das declarações e rótulos ambientais, conforme os padrões e critérios aplicáveis nos rótulos e declarações. Todas as organizações, independentemente do tamanho, deverão ter as mesmas oportunidades para usar as declarações e rótulos ambientais;

- **8º princípio** – o processo de desenvolvimento da declaração e Rótulo Ambiental deverá ser aberto. Partes interessadas devem ser convidadas a participar e encorajadas a se envolver através de notificação adequada e em tempo. As partes podem escolher participar diretamente ou através de correspondência escrita ou eletrônica;
- **9º princípio** – toda e quaisquer “... informações sobre os aspectos ambientais de produtos e serviços relevantes para as declarações e rótulos ambientais devem ser disponibilizadas aos compradores e compradores em potencial junto à parte que faz o rótulo ou declaração ambiental...”.

Com estas premissas estabelecidas pela Norma ISO 14020 (2000), que servem de guia para as ramificações da sua série de Normas (ISO 14021, 14024 e 14025), é possível identificar o caráter genérico dos princípios apresentados com o intuito de padronização, possibilitando que qualquer país possa desenvolver seus programas de rotulagem ambiental independentemente de interesses específicos e localizados.

Classificação dos Rótulos de Qualidade Ambiental

Os rótulos ambientais estão dispostos em três tipos: Tipo I – Rótulo Ambiental (ABNT NBR ISO 14024, 2004); Tipo II – Auto-Declarações Ambientais (ABNT NBR ISO 14021, 2004); e Tipo III – Declarações Ambientais (ISO/TR 14025, 2000). Estes são ferramentas de gerenciamento ambiental e são discutidos na série de normas internacionais ISO 14000. As normas de rotulagem ambiental exigem que o fabricante disponibilize informações sobre um produto ou serviço, fornecendo características ambientais, um aspecto ambiental específico ou números quaisquer de aspectos (ISO 14020, 2000).

Os rótulos ambientais feitos com referência a produtos podem assumir a forma de textos, símbolos ou gráficos impressos no produto, no rótulo ou em materiais relacionados - boletins técnicos, propaganda, publicidade, *telemarketing*, bem como na mídia digital ou eletrônica, como a Internet (ISO 14020, 2000 e ABNT NBR ISO 14021, 2004).

Rótulo Tipo I – Rótulos Ambientais (ABNT ISO 14024)

Como o objetivo deste estudo é desenvolver uma metodologia de rótulo Tipo I para refrigeradores residenciais de 1 porta, os textos seguintes se concentram numa sucinta descrição deste Rótulo Ambiental, também conhecido como “Selo Verde”.

A norma internacional ISO 14024 foi desenvolvida pela *International Standardization Organization – ISO* para dar as diretrizes gerais para a criação e implantação dos rótulos ambientais do Tipo I. Tais diretrizes ajudam a entender em que outros países (como União Europeia e Estados Unidos), que já utilizam o rótulo ambiental, se basearam para a criação dos seus programas de rotulagem e suas respectivas categorias de produtos.

Os Rótulos do Tipo I (Norma ISO 14024) comparam os produtos com outros da mesma categoria, sendo concedidos a aqueles ambientalmente preferíveis com base na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do produto. Levam em consideração vários atributos dos produtos, por isso são chamados de “multicriteriosos”, além de serem certificados por entidades independentes como agências governamentais, setor privado ou sem fins lucrativos. Deste modo, diferentemente dos rótulos Tipo II e Tipo III, estes “Selos Verdes” “estão desvinculados³⁸” dos responsáveis diretos pela fabricação e/ou venda do produto, assim como dos representantes do setor. Os rótulos ambientais Tipo I são estritamente de caráter voluntário e podem conter abrangência multinacional, nacional, regional e/ou municipal. Eles fazem uso de padrões internacionais, que estabelecem os princípios e procedimentos para o seu desenvolvimento, incluindo a seleção da categoria do produto, seu critério ambiental e sua característica de funcionamento (série de Normas ISO 14020, 2000; CORRÊA, 1998 e BARBOZA, 2001).

O objetivo geral do Programa de Rotulagem Ambiental Tipo I é de contribuir na redução dos impactos ambientais associados aos produtos, promover a mudança de hábito de produção e

³⁸ Desvinculados quer dizer que o fabricante fornece dados e o produto para avaliação e confirmação da veracidade das informações por um órgão independente (ou de terceira parte). Por exemplo, no Brasil, o INMETRO é quem faria essa certificação, dando garantia escrita de que o produto, processo ou serviço está em conformidade com os requisitos especificados pelo fabricante e exigidos pelo programa de rotulagem ambiental (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

consumo (a fim de alcançar uma utilização dos recursos naturais de forma sustentável), assegurar transparência e credibilidade na implantação do rótulo Tipo I e acordar os princípios e procedimentos aplicados aos programas (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

Os rótulos ambientais Tipo I são, em sua maioria, criados e administrados por órgãos governamentais, quase sempre sob a responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente ou agências a ele subordinadas (CORRÊA, 1998). Existem 25 programas de rotulagem ambiental em funcionamento no GEN que utilizam critérios múltiplos e seguem a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida de produtos e serviços. Estes programas são, em geral, de âmbito nacional; porém, dois deles são de caráter regional e, ao mesmo tempo, multinacional: “*European Ecolabelling*”³⁹ da União Europeia e o “*Nordic Swan*”⁴⁰, dos países Nórdicos (GEN, 2008).

Processo de Concessão do Rótulo Tipo I – Rótulos Ambientais

O processo de concessão de um rótulo a um determinado produto passa por várias etapas de análise, testes, consultas e outros. Basicamente, todos os programas seguem um processo similar, composto por fases como a escolha das categorias e estabelecimento dos critérios (CORRÊA, 1998). Os programas de rotulagem ambiental, em termos gerais, são baseados em três etapas distintas: Definição da Categoria do Produto, Desenvolvimentos dos Critérios de Avaliação e Procedimentos de Certificação (PALACIOS *and* MERA, 2007):

- A primeira etapa é a **Definição da Categoria do Produto** para o qual será solicitado o Rótulo Ambiental. Todavia, fazer a escolha da categoria não é uma tarefa simples. Desta maneira, esta deve se basear no chamado “*Princípio de Equivalência Funcional*”, ou seja, os produtos incluídos na categoria devem exercer as mesmas funções e serem equivalentes com respeito à sua utilização e à sua percepção por parte dos consumidores (p.ex., refrigeradores domésticos de 1 porta).

³⁹ Países participantes do programa de rotulagem ambiental “*European Ecolabelling*” da União Europeia: Dinamarca, França, Itália, Espanha, Grécia, Suécia, Portugal, Alemanha, Bélgica, Inglaterra, Finlândia, Irlanda, Áustria, Luxemburgo, Noruega, Países Baixos, Islândia e *Liechtenstein* (GEN, 2008).

⁴⁰ Países participantes do programa de rotulagem ambiental “*Nordic Swan*” dos países Nórdicos: Noruega, Suécia, Finlândia, Islândia e Dinamarca (NORDIC SWAN, 2008).

- Como segunda etapa, devem ser desenvolvidos os **Crêterios de Avalia o** através da forma o de um grupo de trabalho⁴¹ encarregado de elaborar os critérios ambientais que os produtos devem atender para poder ostentar o Rótulo Ambiental. O trabalho desse grupo   o de realizar uma Avalia o do Ciclo de Vida do produto que permita identificar quais são seus principais impactos ambientais. Uma vez identificados e devidamente relatados, uma consulta pública   aberta por tempo determinado a fim de que todas as pessoas interessadas possam opinar. Após a consulta, publicam-se os critérios definitivos. Estes têm uma vigência pré-determinada podendo ser anual ou plurianual (chegando há cinco anos), quando se realiza uma revisão que d  lugar   decisão de manter igual, atualizar ou revogar a categoria do produto (PALACIOS *and* MERA, 2007 e BIANZIN, 2002).
- A terceira etapa   a solicita o do Rótulo Ambiental através do **Procedimento de Certifica o** para uma categoria de produto. Isto   feito apresentando-se, ao órgão administrador do programa, uma solicita o juntamente com as informaçoes técnicas do produto e pagando-se uma taxa referente aos gastos dos trâmites administrativos do processo. A seguir, o órgão administrador faz uma auditoria nas indústrias dos solicitantes. Uma amostra do produto   recolhida e submetida a análises em um laboratório credenciado com o objetivo de medir e avaliar seus indicadores ambientais. Todos os custos de auditoria e ensaios em laboratório são de responsabilidade do fabricante (requerente do Rótulo Ambiental), independentemente do resultado final apresentado pelo comit  técnico formado (p.ex., no Brasil, pela ABNT). Assim, com os resultados obtidos e avaliados pelo comit , apresenta-se um informe constando a concessão, ou não, da licença do uso do Rótulo Ambiental.

Os custos de todos os procedimentos são significativos. Por exemplo, para um fabricante requisitar o Rótulo Ambiental *European Ecolabel* da União Europeia (a “*Flor Europeia*”), este terá que desembolsar de   300,00 a   1.300,00 referentes aos gastos de processamento (taxas

⁴¹ Para o grupo de trabalho, sugere-se que este seja integrado por especialistas representantes de todas as partes interessadas (governo, fabricantes, comerciantes, academia, institui oes de pesquisas e consumidores).

administrativas) para cada produto avaliado. Porém, para os solicitantes dos países em desenvolvimento é concedida uma redução de 25% nestas taxas. Caso concedido o Rótulo Ambiental para a categoria do produto solicitada, o fabricante terá que pagar ainda uma taxa anual equivalente a 0,15% do volume anual de vendas deste produto com a concessão do Rótulo. Contudo, o valor não pode ser inferior a € 500,00 ou superior a € 25.000,00. Para a taxa anual é concedida também uma redução de 25% para os fabricantes de países em desenvolvimento e de 15% se a companhia for registrada no organismo EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*) ou certificada pela ISO 14001. São possíveis ainda outros tipos de reduções, mas devem ser tratados diretamente com os responsáveis pelo programa. Vale ressaltar que essas reduções são acumulativas - sua soma não pode ultrapassar 50%, e as taxas não incluem os custos com testes em laboratórios e com verificação, ficando este último sob responsabilidade do próprio fabricante (ECOLABEL, 2007).

Tipos de Critérios para Concessão de Rótulos Ambientais

Os critérios ambientais são os requisitos que o produto deve atender para obter o Rótulo Ambiental. Eles são fixados em função do impacto ambiental do produto ao longo de todo seu ciclo de vida, desde o abastecimento de matérias-primas à utilização e disposição final no fim da sua vida útil. Os rótulos ambientais são concedidos se o produto ou serviço alcançar o conjunto de critérios de um programa de rotulagem, em específico. Os critérios geralmente estão divididos em quatro categorias (PALACIOS *and* MERA, 2007):

1. **Critérios Relativos às Etapas do Processo Produtivo do Produto** – são requisitos exigidos no processo de fabricação que não afetam as características do produto final, não influenciando, desta forma, no impacto ambiental durante o uso e disposição posterior à vida útil do produto. Portanto, esta categoria visa evitar ou reduzir o impacto ambiental que só se produz na etapa de fabricação do produto. Por exemplo, no caso do refrigerador, a quantidade de água usada, o consumo de energia elétrica, resíduos sólidos gerados, resíduos líquidos, tipos de gases emitidos no ambiente, entre outros.
2. **Critérios Relativos à Característica do Produto (componentes embutidos no produto durante a fabricação)** – são requisitos exigidos ao processo de desenvolvimento que afetam as características ambientais do produto final. Assim, estes

estão diretamente relacionados aos impactos ambientais causados pelos produtos nas etapas de uso e disposição final (posterior à sua vida útil). Por exemplo: tipo de gás refrigerante utilizado no sistema de refrigeração (a fim de evitar ou diminuir impactos ambientais no caso de ocorrer um vazamento), não utilização de CFC (Cloro-Fluor-Carbono), entre outros.

3. **CrITÉrios Relativos à Utilização do Produto** – são requisitos que devem ser cumpridos pelo produto durante seu uso. Por exemplo, a exigência para um refrigerador de não ultrapassar um determinado consumo de energia (desempenho energético estipulado pelo selo de eficiência energética), nível máximo de ruídos durante seu funcionamento e facilidade de desmontagem para ser reciclado.
4. **CrITÉrios Relativos à Educação Ambiental** – são requisitos exigidos ao fabricante, através do qual o mesmo fica obrigado a fornecer informações ambientais dirigidas ao consumidor para estimular um correto uso e revalorização (reciclagem, etc.) do produto. Por exemplo, informações contidas em manuais de “*Boas Práticas de Utilização*” de um refrigerador - como e onde é mais recomendável colocá-lo (qual a distância da parede para facilitar a circulação de ar no condensador – parte de trás do refrigerador), manutenção dos alimentos, como realizar o descarte do produto no fim de sua vida útil, entre outros.

Para a União Europeia, por exemplo, os critérios são fixados mediante um processo no qual o comitê responsável concede participação a um conjunto de agentes interessados, tais como fabricantes, comerciantes, organizações de consumidores e outras associações ambientalistas.

Estabelecimento de um Critério Ambiental

Para estabelecer os critérios ambientais é realizado o seguinte processo (EMERY *et al*, 2007):

- **Seleção da Categoria de Produtos** – o Rótulo Ambiental é concedido a produtos de consumo, excluindo-se alimentos, bebidas e produtos farmacêuticos. As categorias dos produtos devem cumprir as seguintes condições: representar um volume significativo de

vendas e comércio no mercado interno, ter um impacto ambiental significativo e apresentar um potencial expressivo para melhorar o meio ambiente;

- **Avaliação da Incidência sobre o Meio Ambiente** – esta avaliação tem por objetivo determinar o momento em que se produzem as maiores incidências/impactos sobre o meio ambiente, devido à possível existência de substâncias perigosas ou de emissões de contaminantes. Por exemplo, para se fazer a avaliação de incidência, podem ser utilizados os conceitos de Ciclo de Vida do produto, os quais vêm sendo empregados por distintos centros de pesquisa de todo o Mundo.

Portanto, uma vez identificados os efeitos ambientais mais importantes e as etapas do ciclo de vida nas quais ocorrem, é possível estabelecer os critérios ambientais. Estes, quando definidos por categoria de produtos, são baseados em perspectivas de penetração dos produtos no mercado, viabilidade das adaptações técnicas (inovações) e econômicas (investimentos) necessárias e potencial de melhoria no desempenho ambiental.

Segundo a ABNT NBR ISO 14024 (2004), os “... critérios ambientais do produto devem ser estabelecidos para diferenciar produtos preferíveis do ponto de vista ambiental a outros na categoria de produto, com base em uma diferença mensurável...” e “... somente quando essas diferenças forem significativas...” no impacto ambiental.

Desta forma, com a criação e aprovação dos critérios ambientais do produto de acordo com o mencionado, todos aqueles que cumprirem tais critérios estão aptos a usar o Rótulo Ambiental. Assim, conforme a Norma ISO 14024, no contexto da rotulagem ambiental, fica subentendido que o produto garante a satisfação do consumidor atendendo às suas expectativas e necessidades como saúde, segurança e desempenho técnico-ambiental.

No desenvolvimento dos critérios ambientais, é preciso levar em conta a adequação ao uso do produto e o seu nível de desempenho técnico-ambiental. Devem ser consideradas as normas internacionais, regionais ou nacionais, e respeitar a hierarquia estabelecida na ISO 14020 para o uso de tais normas (ABNT NBR ISO 14020, 2002).

O desenvolvimento e a seleção de critérios ambientais devem se basear em sólidos princípios científicos e de engenharia, apoiando-se em dados que sustentem a declaração de

preferência ambiental, a fim de evitar o conflito de interesses e garantir, desta forma, a ausência de influências indevidas nos programas de rotulagem ambiental do Tipo I. Estes programas devem ser capazes de demonstrar que as fontes de financiamento não oferecem circunstâncias para a criação desses conflitos (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

Implementação de Modificações nos Critérios Ambientais do Produto

Toda vez que os critérios ambientais passarem por revisão sofrendo modificações, se já existirem rótulos concedidos aos produtos, deverão ser considerados os vários fatores que possibilitem determinar uma data (ou período de adaptação), na qual se farão valer as modificações dos novos critérios. A Norma ABNT NBR ISO 14024 (2004) lista tais fatores, porém, deixa claro que não se limitam apenas a estes:

- Urgência em obedecer aos critérios ambientais dos produtos revisados;
- Grau de modificação, duração e nível de complexidade na reorganização do maquinário envolvido no processo de fabricação para obedecer aos critérios revisados;
- Isenção de vantagem comercial não intencional dada a um determinado fabricante, projeto ou processo;
- Necessidade de envolver os fornecedores de materiais do licenciado;
- Medidas que precisarem ser tomadas no que diz respeito aos produtos existentes com o rótulo concedido de acordo com os critérios antigos que ainda estiverem na cadeia de suprimento, destinados ao consumidor final;
- Prazo para a consulta adequada dos licenciados;
- Complexidade de administração das mudanças para o órgão de rotulagem ambiental;
- Requisitos legislativos.

Desta forma, são desenvolvidos critérios ambientais focados nas características funcionais dos produtos fornecendo os subsídios para o estabelecimento dos requisitos técnicos dos rótulos ambientais do Tipo I para cada categoria de produtos.

Certificação e Licenciamento

Para ocorrer a certificação, é necessária a criação de requisitos ambientais e administrativos que garantam a conformidade dos rótulos ambientais. No Programa de Rotulagem Ambiental, sua operação normalmente é gerida por regras gerais. Estas têm a função de controlar as condições gerais para a concessão da licença e do uso do Rótulo. Desta forma, a Norma ISO 14024 sugere que essas regras gerais tratem, porém sem se limitar, dos seguintes tópicos:

- Publicidade feita pelos licenciados;
- Condições que poderiam levar à suspensão, ao cancelamento ou à retirada de uma licença;
- Procedimentos para a implementação de ações corretivas, em caso de não-conformidade;
- Procedimentos para a solução de controvérsias;
- Procedimentos de ensaio e verificação;
- Estrutura das taxas;
- Orientação para o uso do logotipo.

Assim, é de fundamental importância a inclusão dos critérios ambientais nas regras gerais da certificação e licenciamento quanto ao uso do Rótulo Ambiental, pois somente esses critérios e seus requisitos podem ser usados como referência para a aprovação da concessão ou a suspensão da licença de uso do Rótulo Ambiental (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

O Licenciamento dos interessados em utilizar o Rótulo Ambiental é de responsabilidade do órgão regulador do Programa de Rotulagem Ambiental no país (ABNT, no Brasil). Segundo a ISO 14024 (2004), o órgão regulador só deve conceder uma licença de uso do rótulo quando estiver totalmente seguro de que:

- O requerente está em conformidade com as regras gerais do programa;
- O produto está em conformidade com os critérios ambientais de produto e suas características funcionais aplicáveis à sua categoria de produtos;
- A expedição de uma licença não obriga o licenciado a utilizar o rótulo;

- O órgão regulador do Programa de Rotulagem Ambiental deve manter uma lista disponível, para o público, dos produtos que receberam a concessão do Rótulo Ambiental.

Finalmente, o órgão regulador deve fiscalizar e garantir a legalidade do Rótulo Ambiental (ou seja, a marca de certificação/logotipo) desde o projeto, passando pelo uso, até a disposição final, evitando assim uma utilização desautorizada que poderá proporcionar desconfiança e/ou incredulidade da população em geral em relação ao programa. Portanto, fica evidente a necessidade de formulação de uma política clara, objetiva e explícita quanto ao uso adequado do Rótulo Ambiental, ficando a realização de ações corretivas apropriadas e/ou uma possível retirada de licença de uso do Rótulo Ambiental como penalização quando da identificação de qualquer desvio desta política (ABNT NBR ISO 14024, 2004).

Rótulo Ambiental Tipo II – Auto Declaração Ambiental (ABNT ISO 14021)

Com a proliferação de Auto-Declarações ambientais ou Declarações Ambientais de 1ª Parte⁴² (*First-Party Labelling Practices*), criou-se a necessidade de desenvolvimento de Normas de rotulagem ambiental a fim de padronizar o seu uso. As Auto-Declarações Ambientais podem ser feitas por fabricantes, importadores, distribuidores, atacadistas, varejistas ou por qualquer pessoa que tenha a possibilidade de se beneficiar delas. Nestas, é essencial a garantia de confiabilidade. É importante que a comprovação seja conduzida de forma adequada para evitar efeitos negativos sobre o mercado, tais como a criação de barreiras comerciais ou concorrência desleal, que podem originar-se de Auto-Declarações não confiáveis e/ou enganosas. A metodologia de avaliação utilizada pelos autores de Auto-Declarações ambientais deve ser clara, transparente, cientificamente sólida e documentada, para que os compradores efetivos ou em potencial possam ter certeza da validade destas (ABNT NBR ISO 14021, 2004).

O objetivo das Auto-Declarações Ambientais é, por meio da comunicação de informações precisas, verificáveis e não enganosas sobre aspectos ambientais do produto, estimular a demanda

⁴² Declarações ambientais de 1ª Parte, segundo a ISO 14021, são solicitadas e/ou desenvolvidas pelas partes que representam geralmente os interesses do fornecedor.

e o fornecimento dos produtos que causem menos impacto sobre o meio ambiente, contribuindo, desse modo, para uma melhoria ambiental contínua orientada pelo mercado (ABNT NBR ISO 14021, 2004).

Os métodos de avaliação e verificação da auto-declaração devem seguir, em ordem de preferência, normas internacionais, normas reconhecidas e aceitas internacionalmente (estas podem incluir normas nacionais e regionais) e métodos da indústria ou do comércio que se sujeitaram à revisão por pares (*peer review*⁴³). Caso ainda não existam métodos, um autor da declaração pode desenvolver um, desde que este cumpra os requisitos exigidos pelas Normas internacionais e esteja disponível para a revisão entre pares (ABNT NBR ISO 14021, 2004).

A seleção de símbolos específicos baseia-se em seu amplo uso ou reconhecimento. Não é recomendável que as declarações ambientais representadas por símbolos - como, por exemplo, o apresentado na Figura Anexo B1 - “Ciclo de Möbius” - sejam superiores a outras auto-declarações ambientais. O Ciclo de Möbius é um símbolo, na forma de três setas retorcidas que seguem umas as outras, formando um triângulo (o mesmo está contido e normalizado na ISO 7000, Símbolo Nº 1135), e deve ser utilizado apenas para declarações de conteúdo reciclado e reciclável (ABNT NBR ISO 14021, 2004, tópico – Símbolos Específicos). É recomendável que haja contraste suficiente para que o símbolo seja claro e distinguível.



Figura Anexo B1 – Ciclo de Möbius
Fonte: Emery *et al* (2007).

Para maiores detalhes, deve-se fazer uma consulta às próprias Normas ISO já citadas.

⁴³ “*Peer review*” ou revisão por pares é um processo utilizado na publicação de artigos e na validação de pesquisas, que consiste em submeter o trabalho científico ao escrutínio de um ou mais especialistas no assunto estudado (WIKIPÉDIA, 2007).

Rótulo Ambiental Tipo III – Declarações Ambientais (ISO/TR 14025)

Rótulos do Tipo III são aqueles que listam indicadores ambientais para produtos através da realização do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), como exemplifica a Figura Anexo B2, que ilustra o ICV da produção de energia elétrica no Brasil. Desta maneira, são utilizados para dar informações quantitativas muito detalhadas, baseadas no estudo de ACV do produto. Provêm informações sobre os conteúdos do produto, fundamentadas na verificação independente usando indicadores e categorias de impactos pré-definidos.

Parameters	Unit	Quantity / 1 GJ of electricity
Input		
Energy		
Total	MJ	1,584
Natural Resources		
Biotic reserves	kg	4.87
Coal	kg	12.84
Natural gas	kg	0.76
Oil	kg	1.21
Water (Thermal – evaporated)	kg	231.44
Water use (Hydro – LPA flow) ^a	m ³	116.32
Other Resources		
Minor constituents	kg	0.90
Uranium	g	0.18
Land Use		
Land use	m ² a	0.25
Output		
Solid Waste		
Landfill volume	dm ³	13.37
Open loop outputs	kg	0.02
Process waste	ka	10.70
Air Emissions		
Acids (HCl)	g	0.03 x 10 ⁻³
CH ₄	g	54.80
CH ₄ – Hydro	g	484.75
CO	g	149.39
CO ₂ – non-renewable	g	17,832.00
CO ₂ – renewable – Hydro	g	16,512.67
Evaporated water (Thermal power plants)	kg	230.35
Hydrocarbons	g	0.75
Metals	g	0.01 x 10 ⁻³
NH ₃	g	0.06 x 10 ⁻³
NM VOC	g	7.28
NO _x	g	575.05
N ₂ O	g	10.99
Particulate matter	g	67.23
SO ₂	g	116.34
Radioactivity to air	kBq	9.77
Water Emissions		
Acids	g	0.17 x 10 ⁻³
BOD	g	0.07
COD	g	0.13
Chlorides	g	0.06 x 10 ⁻³
DOC	g	0.05
Heavy metals (Cr, Pb)	g	0.18 x 10 ⁻³
Hydrocarbons	g	0.03
Metals	g	0.01
Nitrogen compounds	g	0.45 x 10 ⁻³
Oils & greases	g	0.14
Sulfur compounds	g	0.45 x 10 ⁻³
TDS	g	0.05
TSS	g	0.10
Radioactivity to water	KBq	15.06

Figura Anexo B2 – Ilustração de Um Inventário do Ciclo de Vida

Fonte: Coltro *et al* (2003).

As categorias de informação podem ser estabelecidas pelo setor industrial ou por organismos independentes. Diferentemente dos rótulos ambientais Tipo I, eles não julgam produtos, deixando essa tarefa para os consumidores (ISO/TR 14025, 2000 e BARBOZA, 2001).

O objetivo geral das declarações ambientais Tipo III é direcionar a comunicação de informações de forma verificável e correta, que não se apresentem enganosas nos aspectos ambientais de produtos e serviços, e também encorajar a demanda e proliferação de produtos e serviços que causam menores danos ao ambiente em comparação a produtos similares (ISO/TR

14025, 2000). Para maiores detalhes, deve-se fazer uma consulta às próprias normas ISO e/ou ABNT já citadas.

Anexo C

Análise de Risco

O conhecimento de vários conceitos é necessário para compreender os resultados produzidos nas simulações de riscos como probabilidade, incertezas, avaliações objetivas e subjetivas, entre outras (MENDES, 2003). Estes conceitos são introduzidos, neste trabalho, visando identificar, classificar e selecionar os vários modelos de refrigeradores residenciais de 1 porta comercializados no Brasil para a concessão do Rótulo Ambiental brasileiro. Isto é feito confrontando-se critérios técnico-ambientais e socioeconômicos quando da utilização de tecnologias diversas.

Conceituação de Análise de Risco

Para Fiorito (2006), “... em termos amplos, análise de risco é qualquer método quantitativo e/ou qualitativo de estimar o impacto do fator risco em situações de decisão...”. Focando-se um pouco mais, visando o ser humano e a natureza, a análise de risco pode ser definida como o processo de estimar a probabilidade de que ocorra um evento e os consequentes impactos negativos na segurança e saúde humana e na qualidade do meio ambiente.

O objetivo da análise de risco é auxiliar o tomador de decisão na escolha da ação que deve ser realizada, tendo em mente os possíveis resultados de cada escolha. Todavia, não proporciona uma “fórmula mágica” ou “receita de bolo” para se lidar com a problemática da aceitação ou não do risco e não resolve as complicadas negociações políticas, sociais e ambientais, necessárias ante a tomada de decisão. O que melhora é a capacidade dos cientistas e tomadores de decisão de identificar, analisar, controlar e tentar minimizar os riscos oriundos das atividades do ser humano (PEÑA *et al*, 2001).

Para que a análise de risco possa realmente ajudar no momento de tomar uma decisão, esta deve, necessariamente, ser muito bem planejada e realizada. Vose *et al* (2007) indicam quatro principais pontos, que devem ser buscados para alcançar uma análise de risco satisfatória:

- Definir um modelo de cálculo apropriado (desenvolvimento);
- Determinar a probabilidade para todas as variáveis, associadas às incertezas do modelo de cálculo;
- Identificar e incluir as dependências entre as variáveis associadas com incertezas;
- Analisar os resultados do modelo de cálculo simulado e investigar seu comportamento.

De posse dos principais pontos para a realização da análise de risco, a tomada de decisão é baseada nos resultados obtidos com a simulação do modelo desenvolvido e na experiência do tomador de decisão (que é o último passo para a aceitação dos riscos expostos).

“Risco”

O “risco” é um fator inerente a qualquer atividade realizada pela humanidade. Ele afeta o agricultor na dependência do tempo, o esportista pela superação dos seus limites físicos, os apostadores nos jogos de azar, os investidores no sistema financeiro, as consequências das emissões de poluentes líquidos, sólidos e gasosos no meio ambiente, entre outros. Com este vasto campo de atividades que envolvem riscos, segundo a PALISADE CORPORATION (2005), este é definido como “... nossa incapacidade para saber o que sucederá no futuro como consequência de uma ação presente. O risco se refere às ações que podem ter mais de um resultado...”; ou, segundo Assaf (1999), “... o risco pode ser entendido pela capacidade de mensurar o estado da incerteza de uma decisão mediante o conhecimento das probabilidades associadas à ocorrência de determinados resultados ou valores”. Dessa forma, para se caracterizar o risco à saúde pública ou os impactos ao meio ambiente, é necessário determinar a tolerância para o nível de risco aceitável (PEÑA *et al*, 2001). Estas conceituações se referem às diversas variáveis de incerteza que podem existir em qualquer momento no decorrer de uma atividade.

Ao mesmo tempo em que toda ação apresenta riscos, isso nem sempre é levado em consideração porque, normalmente, o termo “risco” é mais utilizado para descrever situações que

apresentem influências significativas nos possíveis resultados de uma atividade. A PALISADE CORPORATION (2005) afirma também que “... geralmente ações comuns, como cruzar uma rua, não são arriscadas, enquanto que a construção de uma represa enfrenta uma quantidade significativa de riscos”. A rotina de uma ação (ação comum) pode transformá-la em uma ação muito mais arriscada pelo excesso de confiança e/ou automatismo e, como consequência, desatenção durante o processo. Porém, quando tais ações são analisadas isoladamente, por nível de dificuldade de realização, construir uma represa (barragem) possui um risco de fracasso muito maior que o simples ato de se atravessar uma rua.

Sendo assim, entende-se que a forma de se ver o risco está diretamente relacionada à pessoa que o enfrenta, com o seu nível de aversão ao risco e com o grau de seu envolvimento perante as características dos danos. Por exemplo, o evento causa quais tipos de danos? A sociedade está acostumada com a ocorrência deste tipo de evento? Qual é o percentual da população afetada? Como as pessoas são afetadas individualmente? Estas estão dispostas a aceitarem os riscos? Todavia, Peña *et al* (2001) inserem mais um fator a ser considerado no momento de analisar o risco - a influência dos benefícios (ou ganhos) que podem ser obtidos ao se assumir determinado risco. É nesse momento que se torna importante e necessário o conhecimento dos conceitos e a aplicação de métodos de análise de risco.

O risco pode ser caracterizado como objetivo ou subjetivo. Estas atribuições estão relacionadas com as evidências das probabilidades ou possibilidades de um dado evento ocorrer. Desta forma, ficam caracterizadas como risco objetivo (mesmo que o resultado a ser alcançado seja incerto) as ocorrências que podem ser previstas durante o decorrer de um evento, mediante consenso, empirismo ou teoria. Por exemplo, ao analisar um jogo de dados, pode-se afirmar que os riscos ali envolvidos são objetivos porque os jogadores sabem quais as possibilidades existentes, ou seja, no lançamento de um dado são seis as possibilidades de resultados, variando do número 1 ao 6. Porém, isto não indica qual será o resultado (a incerteza existe), pois este é incerto e com probabilidades iguais de ocorrência para todos os números contidos no dado.

No risco subjetivo, as possibilidades existentes de resultado não são claras. Para um melhor esclarecimento, considera-se um exemplo apresentado no relatório da PALISADE CORPORATION (2005), que cita a análise de probabilidade de ocorrência de chuva em um dado dia. Deste modo “... tendo em conta a mesma informação, teoria, cálculos computadorizados,

etc., o meteorologista A pode pensar que a probabilidade de que chova é de 30%, enquanto que o meteorologista B pode pensar que a probabilidade é de 65%. Nenhum dos dois está equivocado”. Dessa forma, como geralmente são utilizadas impressões pessoais (experiência) de especialistas na formação de modelos probabilísticos de riscos subjetivos, é muito importante conhecer bem o problema, o grau de envolvimento neste e o grau de aceitação de risco.

A interpretação e/ou a consideração do risco pode sofrer alteração sempre que novas ideias, experiências, pessoas, informações e fatos forem incluídos no momento da elaboração do modelo, obtenção de resultados, análise final do risco e tomada de decisão. Conseqüentemente, é importante o entendimento do conceito de quantificação do risco.

O risco é quantificável quando se pode determinar todas as probabilidades e valores possíveis que uma variável pode assumir. Por exemplo, isto pode ser feito de forma empírica (jogar a moeda um grande número de vezes para que a metade dos lançamentos saia cara e a outra metade coroa) para comprovar a probabilidade e determinar o número de vezes que as possibilidades ocorreram. Outra forma de quantificar é utilizar cálculos matemáticos baseados nos conceitos da probabilidade e da estatística (PALISADE CORPORATION, 2005). Todavia, em grande parte das análises feitas no mundo real, é inviável a utilização de comprovação sob forma empírica como ocorreu no exemplo da moeda, pelo fato das análises apresentarem um grau de complexidade e/ou subjetividade elevado. As informações coletadas podem ser incompletas, a análise pode ser tão complexa que pode gerar resultados inconsistentes, exigindo que as quantificações sejam feitas através de exercícios de opiniões de pessoas ou tomadores de decisão. Esta é a origem da quantificação subjetiva.

Outro fator relevante da quantificação subjetiva é que ela está relacionada à quantidade de informação existente. Cada vez que são obtidas mais informações sobre um determinado problema, o sentimento de risco sofre mudança podendo evoluir para uma melhor compreensão da análise. Diante disto, no relatório da PALISADE CORPORATION (2005), encontram-se quatro pontos que devem ser considerados após uma análise de risco subjetiva:

- Existem informações adicionais que podem ajudar a reavaliar ou avaliar melhor o problema?
- Caso existam informações disponíveis, quanto esforço e/ou qual o custo para obtê-las?

- Que tipo de informação poderia mudar a decisão tomada?
- E em caso de mudanças, qual o impacto que poderia ocorrer nos resultados finais do modelo analisado?

Matematicamente, de acordo com Munhoz (2007), Filho (2006) e PEMEX (1990), a quantificação do risco pode ser dada através de duas variáveis: a probabilidade (Pr) e as “consequências” do evento (C). A equação matemática C 1 é a seguinte:

$$R = f(\text{Pr}, C) \quad \text{C 1}$$

onde,

- R = Risco; Pr = Probabilidade; e C = Consequências.

Desta forma, a equação C 2 pode ser ilustrada como C 3, que apresenta o seguinte produto:

$$\text{Risco} = \text{PROBABILIDADE} * \text{CONSEQÜÊNCIASdoEVENTO} \quad \text{C 2}$$

$$R = \text{Pr} * C \quad \text{C 3}$$

Neste trabalho, a Probabilidade (equação C 4) é definida como a “magnitude” (M) do evento multiplicada pela variável tempo de “exposição” (E), fator importante quando se trata de risco ambiental ou para a saúde humana (PEMEX, 1990).

$$\text{Pr} = M * E \quad \text{C 4}$$

onde,

- Entende-se por “magnitude” (M) do evento a representação do grau ou nível de efeito sobre o receptor (ser humano, animais, plantas e ambiente) ao manifestar o risco;
- Entende-se por tempo de “exposição” (E) o tempo e processo mediante o qual um organismo entra em contato com um perigo. A exposição é a ponte entre o perigo e o risco;

- Entende-se por “consequência” (C) a expressão da magnitude da perda ou descrição das penalidades associadas à ocorrência de certos eventos mediante a exposição do receptor.

Para finalizar a conceituação de quantificação do risco, uma característica importante é a natureza de sua medida, ou seja, tem-se que tomar cuidado com as unidades utilizadas para quantificar cada categoria do risco. Sendo assim, devem ser de mesma natureza para que estas sejam consistentes. Desta forma, o responsável por modelar o risco deve ser capaz de transcrever as informações de diversas fontes para uma mesma unidade de medida (MUNHOZ, 2007). Por exemplo, considerando a análise de risco ambiental das categorias de eficiência energética (A, B, C, D e E), estas devem ser convertidas em valores de risco para serem analisadas em conjunto com o tipo de gás refrigerante usado no sistema de refrigeração do refrigerador (Isobutano, HCFC, HFC, etc.), após este também ser convertido em valores de risco.

Metodologia de Análise de Risco Proposta para a Rotulagem Ambiental

A metodologia de Análise de Risco proposta para identificar, classificar e selecionar refrigeradores de 1 porta produzidos e/ou comercializados no Brasil segue basicamente sete passos, os quais estão ilustrados no esquema da Figura Anexo C1.

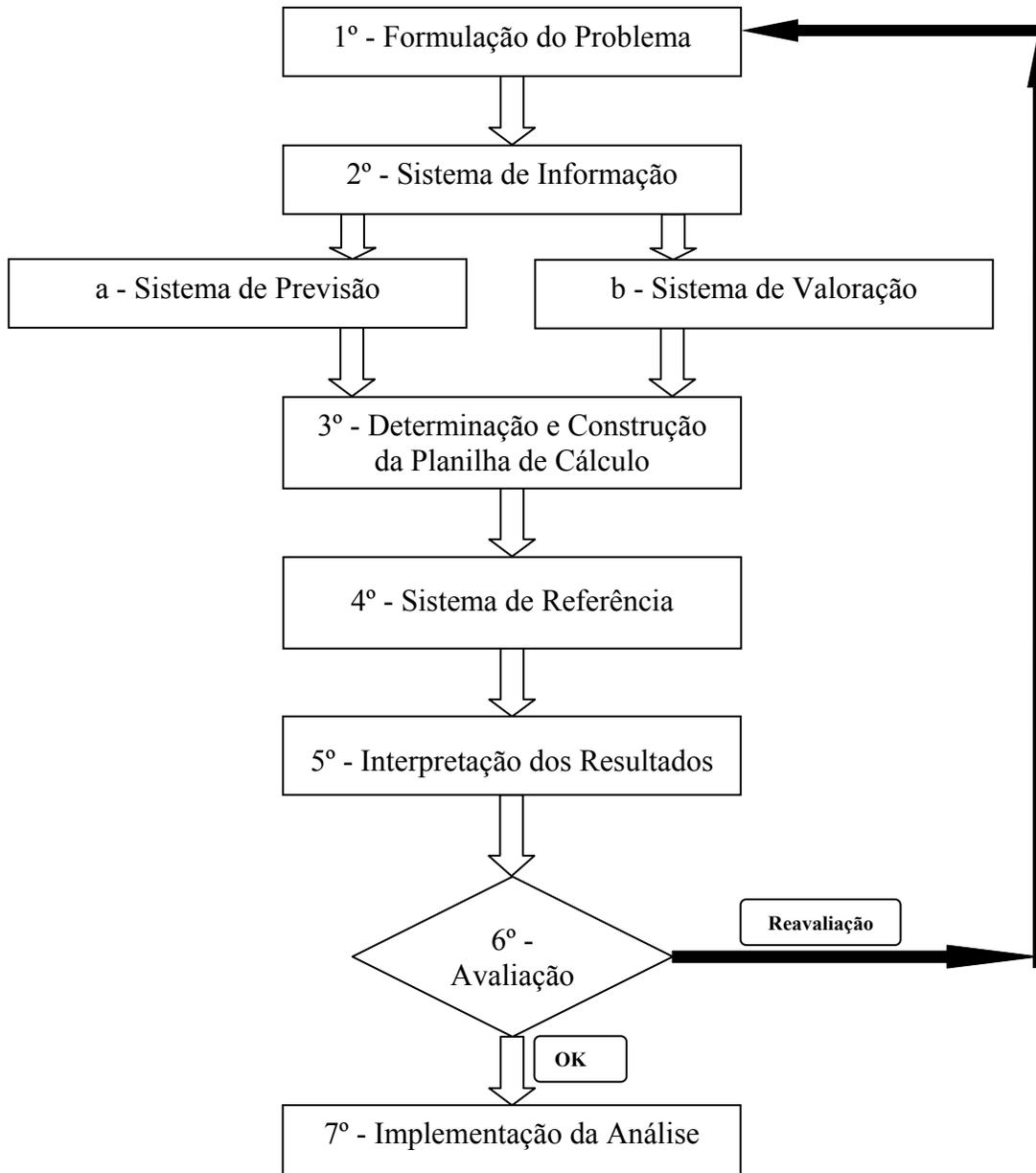


Figura Anexo C1 – Diagrama Esquemático da Análise de Risco para o Rótulo Ambiental

O 1º passo – **Formulação do Problema** - é o momento de definir o que, como e para que faz-se a análise de risco. Por exemplo, como será analisado o refrigerador de 1 porta? Através de critérios ambientais. Para quê? Para que se possa identificar, classificar e selecionar os refrigeradores com menor impacto ao meio ambiente.

No 2º passo - **Sistema de Informação**, são identificados os tipos de dados de entrada (*inputs*) utilizados e trabalhados. Este passo se subdivide em dois: a) Sistema de Previsão - a determinação das possibilidades (probabilidade) de ocorrência de resultados de acordo com a

seleção de uma ação e b) Sistema de Valoração - a realização da simulação de utilidade associada a cada resultado, por exemplo, utilização de dados técnicos, estatísticos ou históricos quando possível e a possibilidade de utilização de opinião de especialistas.

No 3º passo, é **Determinada e Construída a Planilha de Cálculo** com auxílio das folhas de cálculo, por exemplo, do *software Excel*. Durante tais procedimentos, são identificadas todas as variáveis associadas às incertezas do modelo e as variáveis dependentes e independentes, finalizando-se com a inclusão da distribuição de probabilidade apropriada à avaliação dos modelos de refrigeradores analisados.

Com a planilha de cálculo montada, adentra-se no 4º passo – **Sistema de Referência** - que é o estabelecimento de uma ordem completa de apresentação dos resultados para torná-la amigável à interpretação dos decisores, ou seja, a melhor forma de apresentação dos gráficos e seus formatos, dos dados planilhados em tabelas, entre outros.

A **Interpretação dos Resultados** forma o 5º passo, quando é o momento de analisar todos os resultados obtidos e investigar seus comportamentos.

No 6º passo, é feita uma **Avaliação**. Caso os resultados sejam satisfatórios, conclui-se a análise passando-se para o próximo passo, onde a avaliação é retomada desde a primeira etapa (Formulação do Problema), realizando-se correções e/ou alterações se necessário.

Finalizando a explicação da Figura Anexo C1, que mostra os passos desenvolvidos para a aplicação da análise de risco para o rótulo ambiental brasileiro, o 7º passo constitui a **Implementação da Análise**, ou seja, fornecer a concessão da licença de uso do Rótulo Ambiental para os refrigeradores de 1 porta que melhor cumprirem os requisitos ou critérios ambientais definidos no Programa de Rotulagem Brasileiro.

Montagem do Sistema de Valoração do Risco

O sistema de valoração é montado individualmente para cada critério escolhido. Contudo, são utilizados valores pré-fixados, denominados “magnitude”, tempo de “exposição” e “consequências”, para possibilitar o somatório dos riscos no final da análise, pois os critérios possuem naturezas diversas contendo caráter tanto objetivo como subjetivo, necessitando de uma

forma que traduza suas diferenças para uma mesma linguagem. Isto pode ser notado pela variedade de sistema de unidades utilizadas para cada critério como, por exemplo, R\$/kWh, litros/kWh, sim ou não, Categoria “A”, “B”, “C”, “D” ou “E”, anos, entre outros.

Montagem da Planilha de Cálculo para o Rótulo Ambiental Brasileiro de Refrigeradores de Iporta

Dois cenários são utilizados, na folha de cálculo do *Excel*, buscando-se o cruzamento das várias informações de entrada para obter os resultados de risco ambiental para cada refrigerador, somando-se os riscos individuais para se chegar à Classificação dos aparelhos e posterior seleção. O refrigerador ou refrigeradores, que menos pontuarem na somatória dos riscos (estando dentro da faixa do Risco 1 - R1 - Concessão, Figura Anexo C2), receberiam o rótulo ambiental brasileiro. Os demais aparelhos, não contemplados com o rótulo por se encontrarem na faixa de Risco 2 (R2 - Denegado, Figura Anexo C2), receberiam o relatório que aponta quais os critérios ambientais que precisariam ser revistos, possibilitando a melhoria da qualidade ambiental do mesmo e a concessão do rótulo em uma futura análise.

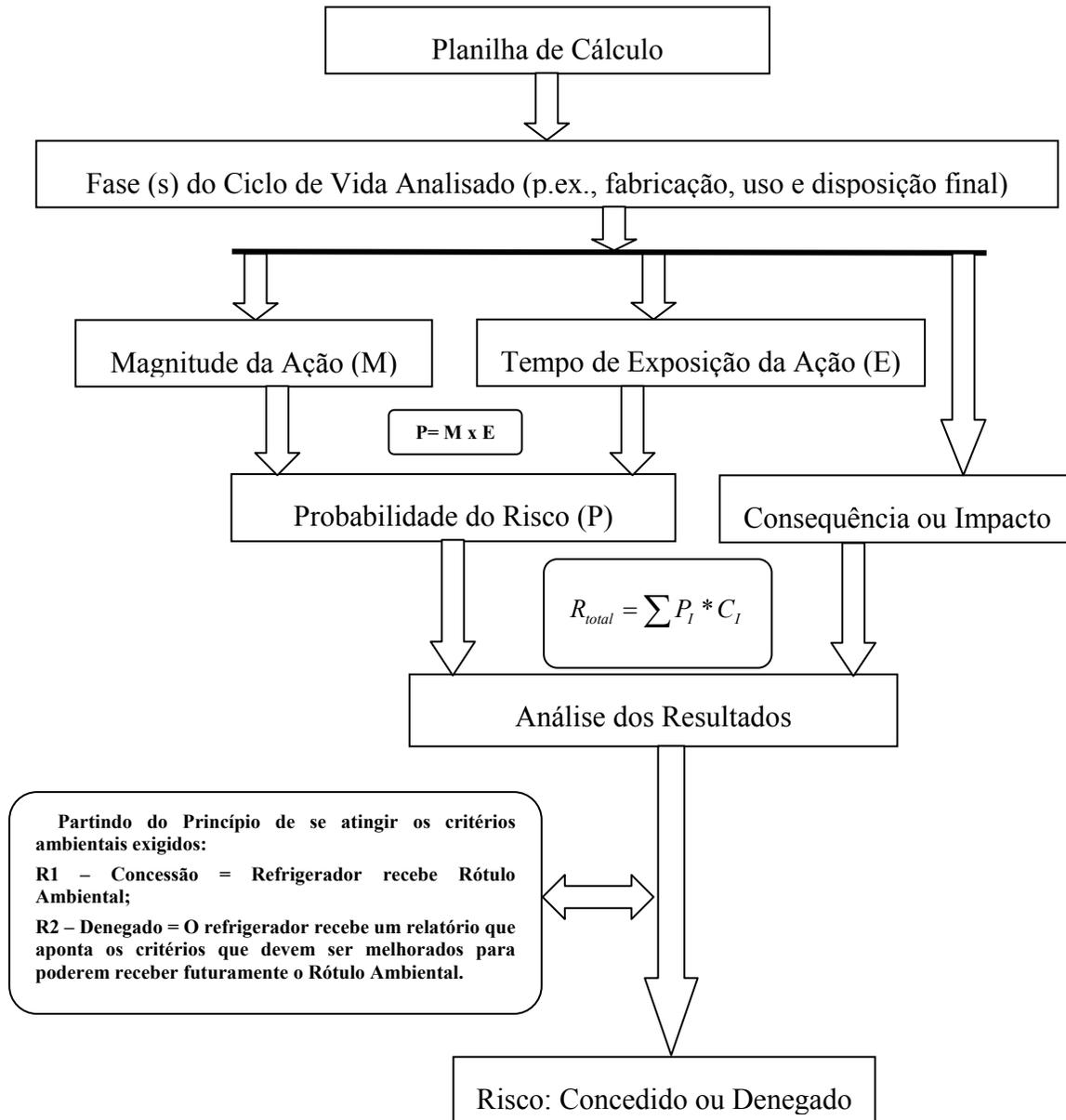


Figura Anexo C2 – Diagrama Esquemático para Montagem da Planilha de Cálculo

Descrição da Montagem da Planilha de Análise de Cálculo para a Metodologia de Rotulagem Ambiental

A configuração, desenvolvida para este trabalho e apresentada neste anexo, busca abranger, com formato amigável e de fácil interpretação (Figura Anexo C3 – Janela Principal da Planilha), a dinâmica de análise e de auxílio na tomada de decisão para a concessão do rótulo ambiental, uma flexibilidade para analisar todos os modelos de refrigeradores comercializados atualmente

no País e a facilidade de poder se adaptar para outro aparelho e/ou equipamento. Contudo, mesmo com tal vantagem, este não é o objetivo desta Tese, deixando, desta maneira, a ampliação ou adaptação da planilha de análise de risco ambiental para auxílio na concessão de rótulos ambientais de outros equipamentos para trabalhos futuros.



Figura Anexo C3 – Janela Principal da Planilha

A planilha de cálculo foi separada em duas partes para facilitar a leitura e o entendimento das diferenças de metodologias, frisando, em cada momento, as metodologias desenvolvidas de análise de risco para concessão do rótulo ambiental (objetivo principal da Tese) e de análise das possíveis economias alcançadas com a substituição dos refrigeradores antigos existentes no País (objetivo secundário). Tais focos são fundamentais para uma Tese em planejamento integrado de sistemas energéticos, socioeconômico e ambiental.

Parte 1ª – Concessão do Rótulo Ambiental

Planilha de Entrada de Dados

Conforme discutido ao longo da Tese, a sugestão de criação dos critérios⁴⁴ técnico-ambientais e socioeconômicos leva à necessidade da formação de variáveis de “entrada de dados” (Figura Anexo C4). Estas devem ser dispostas de tal forma que possam ser utilizadas e traduzidas posteriormente em informações quantitativas que possibilitem encontrar valores

representativos de riscos ambientais. Tais valores permitem classificar os refrigeradores segundo o nível de risco atingido diante das faixas de risco determinadas pela metodologia desenvolvida e amostragem de refrigeradores analisada.

Voltar a: Janela Principal		Ir a: Resultados Consolidados		Ir a: Relatório Detalhado		Planilha de Entrada de Dados do Ranque					
Vida Útil do Refrigerador (Anos)		16		Taxa de Retorno do Inv. (%)		12%					
Tarifa de Energia Elétrica (R\$/MWh)		R\$322,00		Impostos na Tarifa En. Elét.		44%					
Número de Refrigeradores	Marcas	Modelos do Refrigerador	Selo Comparativo de Eficiência Energética (Classe A-E)	Tipo de Gás Refrigerante (CFC's, HCFC's, Isobutano, etc.)	Agente de Expansão de Espumas (R= R141b e C= Cicloisopentano)						
		1 Porta									
1	BOSCH	KSG32	A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO						
2	BOSCH	KSG34	A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO						
3	BOSCH	KSR39	A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO/ISOPENTANO						
4	BOSCH	KSR39A	A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO/ISOPENTANO						
5	CONTINENTAL	RC27	A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO						
6	CONTINENTAL	RSG27	A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO						
7	CONTINENTAL	RC27A=RC28	A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO/ISOPENTANO						
8	ELECTROLUX	RE80	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)						
9	ELECTROLUX	RE120	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)						
10	ELECTROLUX	R250	B	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)						
11	ELECTROLUX	RE26	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)						

Figura Anexo C4 – Planilha de Entrada de Dados: Variáveis Utilizadas

A Figura Anexo C4 ilustra as variáveis de entrada (informações técnicas, ambientais, sociais e econômicas) exigidas para a realização da análise de risco e, conseqüentemente, para a classificação dos refrigeradores comercializados no Brasil. Como a planilha de entrada de dados possui uma dimensão relativamente grande para o formato do *Word*, a intenção da ilustração na Figura Anexo C4 é para que o leitor tenha uma visão geral de seu formato. Todavia, na seqüência, a planilha é ilustrada de forma fragmentada para que se possa ter uma melhor visualização das variáveis utilizadas. Este procedimento será utilizado para a apresentação de todas as planilhas desenvolvidas neste trabalho.

⁴⁴ Os critérios técnico-ambientais e socioeconômicos abrangem a eficiência energética, a preocupação com a utilização de produtos que destroem a camada de ozônio e/ou contribuem para o efeito estufa, como os gases refrigerantes e agentes de expansão de espumas, e os custos do ciclo de vida do produto para o consumidor final.

A planilha de entrada de dados foi preparada para receber e analisar dados de até 100 (cem) refrigeradores por vez, sendo necessário o preenchimento de 14 (quatorze) campos, para cada refrigerador, os quais informam individualmente:

1. Marca (Fabricante) do Refrigerador;
2. Modelo do Refrigerador;
3. Vida Útil do Refrigerador, em anos;
4. Taxa Interna de Retorno do Investimento – TIR (em %);
5. Tarifa de Energia Elétrica (R\$/kWh);
6. Impostos Incidentes na Tarifa de Energia Elétrica (em %)
7. Tipo do Refrigerador (1 porta, combinados, *freezer*, entre outros);
8. A Categoria no Selo de Eficiência Energética (A, B, C, D, E);
9. O Tipo de Gás Refrigerante utilizado no seu sistema de refrigeração (isobutano – R600a, HFC – R134a, HCFC – R22 e CFC);
10. O Tipo de Agente de Expansão de Espumas usado (ciclo/isopentano e HCFC – R141b);
11. O Volume do Compartimento de Refrigeração (litros);
12. O Volume do Congelador (litros);
13. O Consumo Mensal (kWh/mês);
14. O Preço (R\$) de Venda para o consumidor final.

Para ilustrar a escolha e entrada dos dados, a Figura Anexo C5 exemplifica como é feita a inserção de uma variável; no caso, o “tipo de categoria de eficiência energética em que o refrigerador está (A, B, C, D ou E)”.

Voltar a: Janela Principal		Ir a: Resultados Consolidados		Ir a: Relatório Detalhado		Planilha de Entrada de Dados do Ranque					
Vida Útil do Refrigerador (Anos)		16		Taxa de Retorno do Inv. (%)		12%					
Tarifa de Energia Elétrica (R\$/MWh)		R\$322,00		Impostos na Tarifa En. Elét.		44%					
Número de Refrigeradores	Marcas	Modelos do Refrigerador		Selo Comparativo de Eficiência Energética (Classe A-E)		Tipo de Gás Refrigerante (CFC's, HCFC's, Isobutano, etc.)		Agente de Expansão de Espumas (R= R141b e C= Ciclo/Isopentano)			
		1 Porta									
31	DAKO	REDA340		C		HFC (R-134a)		CICLO/ISOPENTANO			
32	DAKO	REDK340		B		HFC (R-134a)		CICLO/ISOPENTANO			
33	DAKO	REDK350		B		HFC (R-134a)		CICLO/ISOPENTANO			
34	GE	FBGE120		B		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			
35	VENAX	NGV10		A		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			
36	VENAX	NGV24		B		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			
37	VENAX	NGV26		D		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			
38	VENAX	NGV30		B		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			
39	BRASTEMP	BRA08A		A		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			
40	BRASTEMP	BRL08A		A		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			
41	BRASTEMP	BRL08B		A		HFC (R-134a)		HCFC (R-141b)			

Figura Anexo C5 – Ilustração da Forma de Entrada de Dados: Selo Comparativo de Eficiência Energética

Deste modo, com exceção do campo “modelo do refrigerador” (por depender diretamente da nomenclatura de cada fabricante), todos os outros campos são pré-fixados para facilitar a inserção e escolha dos dados a serem analisados. Todavia, havendo a necessidade de alteração, evolução e/ou ampliação desses dados, isto pode ser feito sem grandes dificuldades.

Planilha de Memória de Cálculo 1

Após a inserção de todas as variáveis de entrada, os dados são transferidos (automaticamente) para a planilha “Memória de Cálculo 1” (Figura Anexo C6). Esta tem o objetivo de iniciar o tratamento dos dados, consolidando-os e preparando-os para uma segunda etapa, que é a aplicação da metodologia de análise de risco, ocorrendo, conseqüentemente, a classificação e seleção dos modelos de refrigeradores, segundo os quatro critérios técnico-ambientais e socioeconômicos pré-estabelecidos.

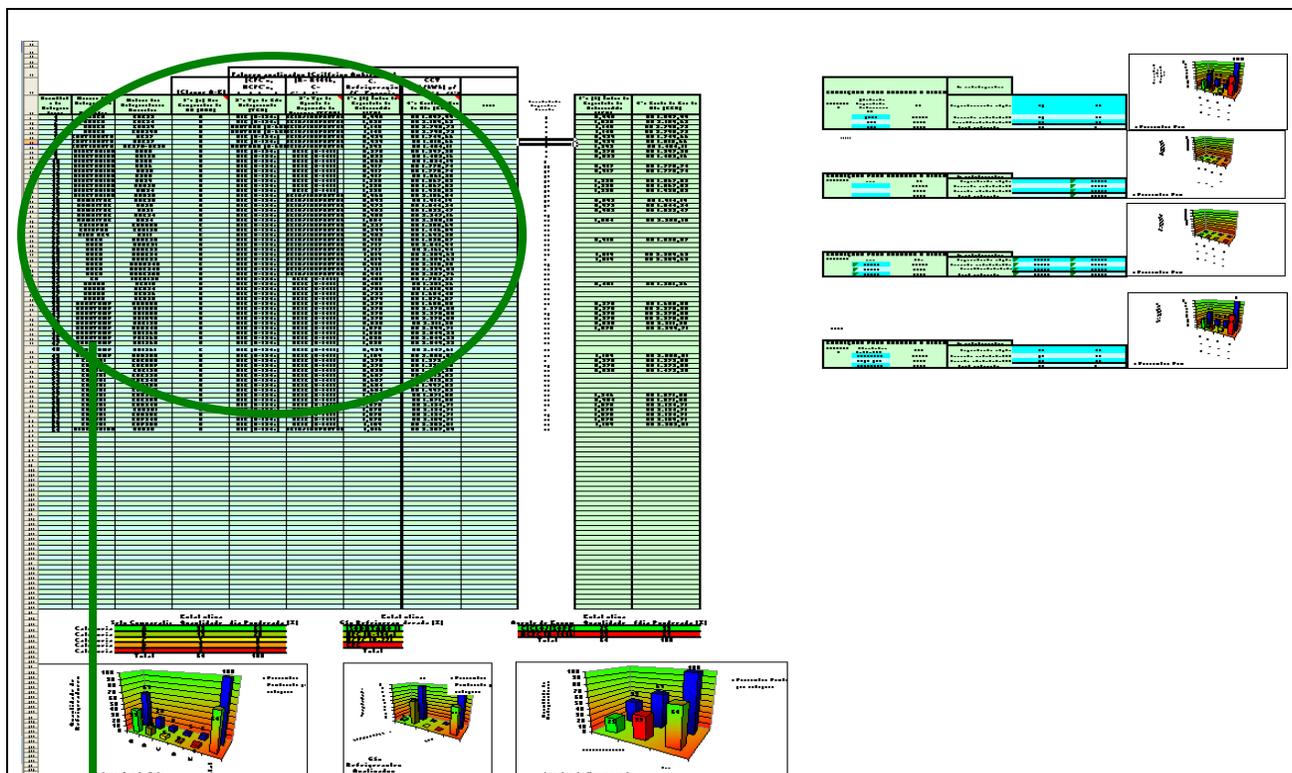


Figura Anexo C6 – Ilustração da Planilha “Memória de Cálculo 1”

A Figura Anexo C7 ilustra os dados transferidos da planilha de “Entrada de Dados” já com algum nível de tratamento, o que é explicado na sequência.

Quantidade de Refrigeradores Analisados	Marcas dos Refrigeradores Analisados	Modelos dos Refrigeradores Analisados	Fatores analisados (Critérios Ambientais)				
			1: (a) Selo Comparativo de EE (SEE)	2: Tipo de Gás Refrigerante (TGR)	3: Tipo de Agente de Expansão de Espumas (TGAE)	1: (b) Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)	4: Custo do Ciclo de Vida (CCV)
1	BOSCH	KSG32	A	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	0,990	R\$ 1.897,99
2	BOSCH	KSG34	A	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	1,030	R\$ 2.109,63
3	BOSCH	KSR39	A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO ISOPENTANO	1,145	R\$ 2.795,72
4	BOSCH	KSR39A	A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO ISOPENTANO	1,145	R\$ 2.795,72
5	CONTINENTAL	RC27	A	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	0,929	R\$ 1.749,66
6	CONTINENTAL	RSG27	A	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	0,929	R\$ 1.815,66
7	CONTINENTAL	RC27A-RC28	A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO ISOPENTANO	1,393	R\$ 1.404,11
8	ELECTROLUX	RE80	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,378	R\$ 1.397,20
9	ELECTROLUX	RE120	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,532	R\$ 1.483,16
10	ELECTROLUX	R250	B	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,868	R\$ 1.534,19
11	ELECTROLUX	RE26	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,917	R\$ 1.778,74
12	ELECTROLUX	RE28	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,917	R\$ 1.778,74
13	ELECTROLUX	R280	B	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,917	R\$ 1.561,35
14	ELECTROLUX	RE29	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	1,328	R\$ 1.867,02
15	ELECTROLUX	RDE30	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	1,328	R\$ 1.867,02
16	ELECTROLUX	RW34	A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	1,328	R\$ 1.920,02
17	ELECTROLUX	RDE35	B	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	0,968	R\$ 2.186,04
18	ESMALTEC	ERC28	A	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	0,893	R\$ 1.914,19
19	ESMALTEC	ER28	A	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	0,973	R\$ 1.844,34
20	ESMALTEC	ER31	A	HFC (R-134a)	CICLO ISOPENTANO	0,983	R\$ 1.833,47

Figura Anexo C7 – Ilustração dos Critérios na Planilha “Memória de Cálculo 1”

Os critérios 1ª - Selo de Eficiência Energética, 2º - Tipo de Gás Refrigerante e 3º - Agente de Expansão de Espumas são transferidos direta e literalmente para esta planilha (“Memória de Cálculo 1”) e sofrem tratamento de ponderação na planilha “Memória de Cálculo 2 (Vide mais a frente).

Concentrando-se no tratamento dos dados para a obtenção dos critérios 1ºb - Índice de Capacidade de Refrigeração - ICR e 4º - Custo do Ciclo de Vida do Refrigerador (CCV), tem-se:

Critério 1ºb - Índice de Capacidade de Refrigeração - ICR

Este critério ilustrado pela Figura Anexo C8 tem correlação direta com o critério 1ª - Selo de Eficiência Energética. A vantagem da utilização deste em complemento ao Critério 1ª se dá na possibilidade da identificação individual e mais exata dos aparelhos. Isto porque o Selo Comparativo de Eficiência Energética apresenta o refrigerador ou grupos de refrigeradores por categoria (A, B, C, D, E), não distinguindo diretamente quais aparelhos se despontam como os mais eficientes energeticamente dentro de uma mesma categoria em análise, como, por exemplo, dentro da “categoria A”. Para a realização da análise de risco ambiental, com o intuito de concessão de rótulos ambientais, faz-se necessário tal conhecimento individualizado de cada refrigerador. Isto não quer dizer que o Critério 1ª não seja relevante; pelo contrário, ele é essencial para pré-avaliar e pré-selecionar todo o conjunto de refrigeradores inseridos na planilha de “Entrada de Dados”.

(Classe A-E)	Fatores analisados (Critérios Ambientais)			CCV (R\$/kWh) p/ anos vida útil
	(CFC's, HCFC's, Isobutano)	(R= R141b, C= Ciclo/isopentano)	C. Refrigeração/C. Energia (litros/kWh ano)	
1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE)	2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR)	3º: Tipo de Agente de Expansão de Espumas (TGAE)	1º: (b) Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)	Herculano: Índice de Capacidade de Refrigeração - ICR é a Capacidade de Refrigeração versus consumo de energia elétrica
A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO	0,990	
A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO	1,030	R\$ 2.109,63
A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO/ISOPENTANO	1,145	R\$ 2.795,72
A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO/ISOPENTANO	1,145	R\$ 2.795,72
A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO	0,929	R\$ 1.749,66
A	HFC (R-134a)	CICLO/ISOPENTANO	0,929	R\$ 1.815,66
A	ISOBUTANO (R-600a)	CICLO/ISOPENTANO	1,393	R\$ 1.404,11
A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,378	R\$ 1.397,20
A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,532	R\$ 1.483,16
B	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,868	R\$ 1.534,19
A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,917	R\$ 1.778,74
A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,917	R\$ 1.778,74
B	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	0,917	R\$ 1.561,35
A	HFC (R-134a)	HCFC (R-141b)	1,328	R\$ 1.867,02

Figura Anexo C8 – Ilustração do Critério 1ºb - Índice de Capacidade de Refrigeração

A rotina de cálculo para o critério 1ºb, Índice de Capacidade de Refrigeração – ICR, é apresentada no Capítulo 3.

Critério 4º Custo do Ciclo de Vida (CCV) do Refrigerador

Este critério (ilustrado na última coluna da Figura Anexo C8), de caráter técnico-ambiental e socioeconômico por levar em conta o preço pago pelo consumidor final, os anos da vida útil do aparelho e o consumo do refrigerador, é inserido na análise de risco ambiental para a concessão do rótulo ambiental brasileiro com o intuito de iniciar uma discussão da necessidade de incluir um indicador socioeconômico no programa de rotulagem ambiental. Atualmente, são priorizados dois pilares que podem ser denominados como “Técnico” (melhoramento da tecnologia dos refrigeradores) e “ambiental” (redução dos impactos ambientais durante o Ciclo de Vida dos refrigeradores). Há a necessidade de se considerar fatores socioeconômicos devido à possibilidade de aumentar a oferta viabilizando a inserção dos melhores refrigeradores para uma maior parcela da população brasileira. De forma similar ao Critério 1ºb, a rotina de cálculo do Critério 4º CCV do Refrigerador é encontrada no Capítulo 3.

Planilha de Memória de Cálculo 2

A planilha “Memória de Cálculo 2” (Figura Anexo C9) foi desenvolvida para a realização direta da análise do risco ambiental dos refrigeradores e subsequente classificação. Aqui são assumidas as hipóteses necessárias para a quantificação das variáveis de entradas inseridas na planilha “Entrada de Dados”, segundo o conceito de risco apresentado anteriormente.

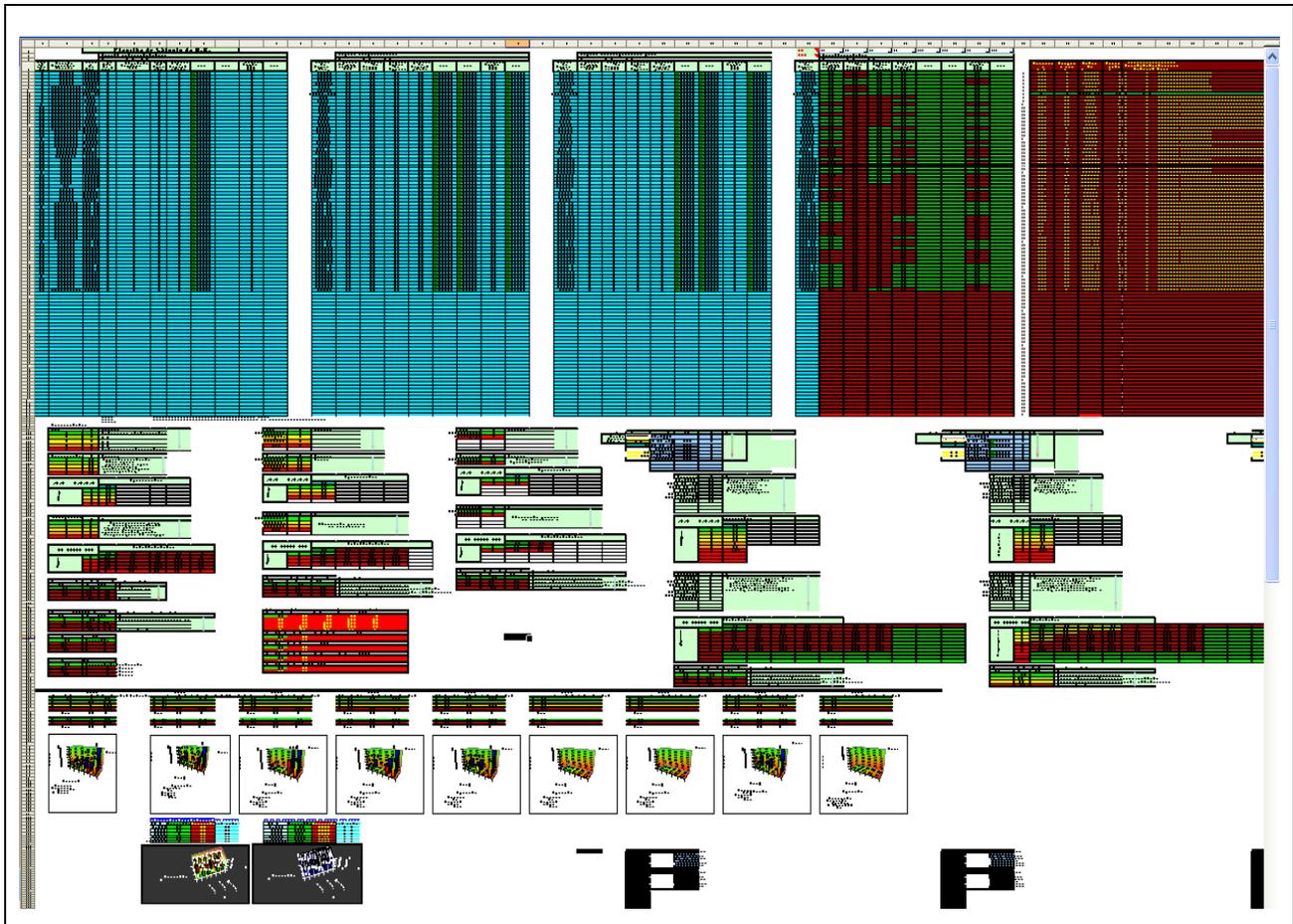


Figura Anexo C9 – Ilustração da Planilha Memória de Cálculo 2

Todos os critérios exigidos na análise dos refrigeradores usam a formulação do risco ambiental, modificando-se apenas as hipóteses de valoração de cada variável existente na fórmula.

Planilhas de Resultados da Análise de Risco

Para a apresentação dos vários resultados encontrados com a análise de risco, foram desenvolvidas três planilhas distintas para facilitar sua análise e interpretação: “Resultados Individuais Detalhados (Relatório de Ocorrências)”, “Estatística Detalhada em Gráficos” e “Resultados Consolidados em Gráficos”.

Planilha “Resultados Individuais Detalhados (Relatório de Ocorrências)”

Nesta planilha são encontradas informações da análise de risco para concessão do rótulo ambiental de forma individualizada por refrigerador analisado. A Figura Anexo C10 ilustra tal

planilha e seus campos; contudo, está apresentada apenas uma amostra dos 100 possíveis refrigeradores analisados, devido à grande dimensão da planilha.

Resultados Individuais Detalhados (Relatório de Ocorrências)					
Vitor: <input type="text"/> Janela Principal		Ir: <input type="text"/> Estrada do Dour		Ir: <input type="text"/> Barreirador Condições	
1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE)		2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR)		3º: Tipo de Agente de Expansão de Espumas (TGAPE)	
1º: (b) Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)		4º: Custo do Ciclo de Vida (CCV)			
vazio		vazio		vazio	
Pontuação Individual Final dos Refrigeradores	Ranqueamento dos Refrigeradores	Marcas dos Refrigeradores Analisados	Modelos dos Refrigeradores Analisados	Concessão do Rótulo Ambiental Brasileiro	Relatório dos Critérios Analisados Quando da Não Concessão do Rótulo Ambiental
1280	2	BOSCH	KSG32	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
1280	2	BOSCH	KSG34	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
1280	2	BOSCH	KSR39	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - - - - 4º: Custo do Ciclo de Vida (CCV) -
1280	2	BOSCH	KSR39A	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - - - - 4º: Custo do Ciclo de Vida (CCV) -
1280	2	CONTINENTAL	RC27	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
1280	2	CONTINENTAL	RC27	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
800	1	CONTINENTAL	RC27A-RC28	Concedido	Passou por Todos Critérios Analisados - - - - -
2240	28	ELECTROLUX	RE80	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - 1º: (b) Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR) - 2º: Tipo de Gás
1760	15	ELECTROLUX	RE120	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - 3º: Tipo de Agente de Exp
3200	45	ELECTROLUX	R250	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
1760	15	ELECTROLUX	RE26	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - 3º: Tipo de Agente de Exp
1760	15	ELECTROLUX	RE28	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - 3º: Tipo de Agente de Exp
3200	45	ELECTROLUX	R280	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
1760	15	ELECTROLUX	RE29	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - 3º: Tipo de Agente de Exp
1760	15	ELECTROLUX	RDE30	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - 3º: Tipo de Agente de Exp
1760	15	ELECTROLUX	RV34	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - 3º: Tipo de Agente de Exp
2720	40	ELECTROLUX	RDE35	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
1280	2	ESMALTEC	ERC28	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
1280	2	ESMALTEC	ER28	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
1280	2	ESMALTEC	ER31	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
2720	40	ESMALTEC	ERC34	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
1280	2	ESMALTEC	ER34	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
3520	53	GELOPAR	GXR080	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
3520	53	GELOPAR	GXR120	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
3520	53	BLUE SKY	R31L	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
1280	2	DAKO	REDK28	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -
4640	58	DAKO	REDK31	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
4640	58	DAKO	REDK32	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE) - 1º: (b) Índice de Capacidade d
1280	2	DAKO	REDK34	Denegado.	Foi reprovado no(s) Critério(s) => - - 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR) - - - -

Figura Anexo C10 – Ilustração da Planilha de Resultados Individuais

Diante desta planilha (Figura Anexo C10), o analista e/ou tomadores de decisão tem em mãos as informações: a pontuação total de risco atingida para cada refrigerador, a classificação individual do modelo dentro do grupo analisado, a marca ou fabricante do aparelhos, o modelo do refrigerador analisado, a resposta da metodologia de análise de risco para a concessão do rótulo ambiental brasileiro e um relatório que aponta individualmente em qual (is) critério (s) o refrigerador foi reprovado no caso da não concessão do rótulo.

O uso das cores (Tabela Anexo C 1) é para facilitar a visualização do posicionamento do refrigerador perante o nível de risco e na concessão do rótulo ambiental. Desta forma, toda vez que o aparelho apresentar seu valor de risco na faixa R1 (requisito para concessão do rótulo

ambiental), a linha, com todas as suas informações, apresenta-se na cor “Verde”, o que pode ser verificado no exemplo da Figura Anexo C10. Analogamente, o mesmo procedimento de análise visual pode ser feito com a cor “Vermelha”, crescendo o risco e o impacto ambiental negativo respectivamente à posição apresentada da cor.

Tabela Anexo C 1 - Utilização das Cores na Planilha

Valor de Risco Consolidado	Situação da Licença do Rótulo Ambiental
Risco Encontrado \leq R1 (Verde)	Concedido
Risco Encontrado $>$ R2 (Vermelho)	Denegado

Outra característica observada na Figura Anexo C11 é a escolha da análise dos critérios que procede com a seleção da opção “Sim”, se o analista e/ou tomador de decisão desejar simular o critério, e da opção “Não”, caso o analista queira excluir da simulação um dado critério. A finalidade desta flexibilidade dada à planilha é facilitar a interpretação dos seus resultados, podendo ser simulada critério a critério e observados a evolução e o comportamento da amostra de equipamentos/refrigeradores analisados com o aumento do número de critério e/ou grau de exigência dos mesmos. Lembrando que foi prevista a simulação de quatro critérios no Capítulo 4 de “Aplicação da Metodologia Desenvolvida”. Com este procedimento, a rotina de cálculo aplicada nas planilhas reconhecerá a escolha feita pelo analista e, automaticamente, incluirá ou excluirá o critério da simulação final da Análise de Risco.

The screenshot displays a software interface for risk analysis. At the top, there are navigation buttons: "Voltar a: Janela Principal", "Ir a: Entrada de Dados", "Ir a: Relatório Detalhado", and "Ir a: Estatística Detalhada (Gráficos)". Below these are five dropdown menus, each with "SIM" or "NÃO" selected. The main area contains five criteria, each with a sub-menu for "SIM" or "NÃO":

- 1º: (a) Selo Comparativo de EE (SEE)**: Includes a dropdown for "20%".
- 1º: (b) Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR)**: Includes a dropdown for "20%".
- 2º: Tipo de Gás Refrigerante (TGR)**: A red arrow points to the "SIM" option in its sub-menu.
- 3º: Tipo de Agente de Expansão de Espumas (TGAE)**: No sub-menu visible.
- 4º: Custo do Ciclo de Vida (CCV)**: Includes a dropdown for "18%".

At the bottom, there are two more dropdowns: "Vida útil (anos)" with "16" and "Taxa Interna de Retorno (TIR)" with "12%".

Figura Anexo C11 – Ilustração da Seleção do Critério a Ser Analisado

Planilha “Estatística Detalhada em Gráficos”

O desenvolvimento desta planilha visa apresentar de forma individual os critérios exigidos aos refrigeradores, demonstrando graficamente (Figura Anexo C12, 05 gráficos p/ os 04 critérios) as quantidades e o percentual ponderado da situação dos refrigeradores da amostra analisada em relação aos parâmetros de seleção escolhidos para cada critério.

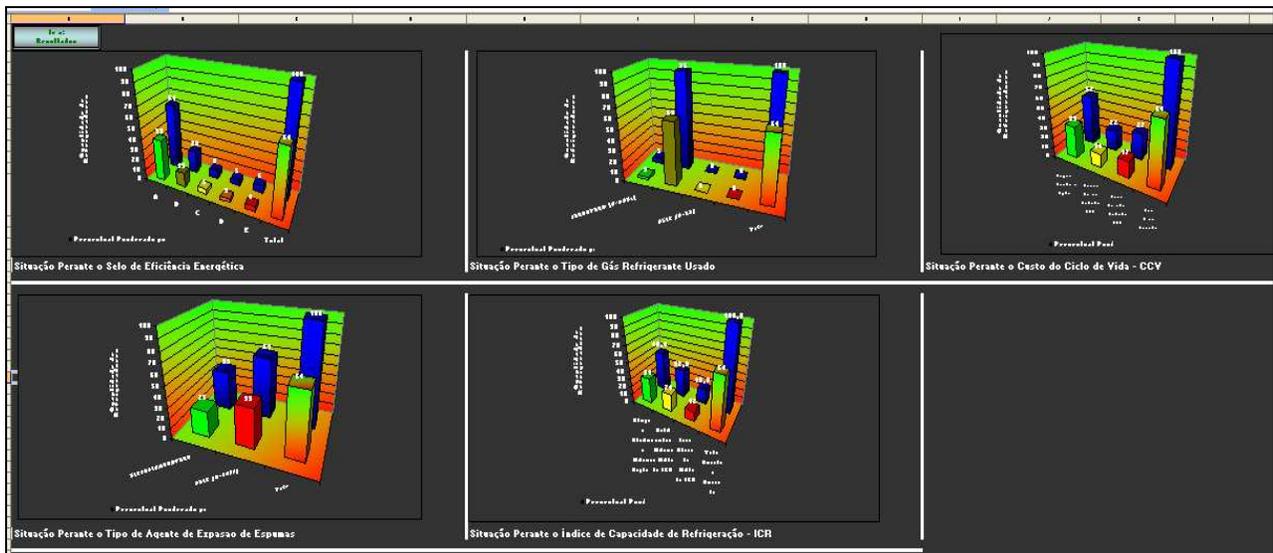


Figura Anexo C12 – Planilha de Resultados Detalhados em Gráficos

Para exemplificar, a Figura Anexo C13 ilustra um dos critérios, “Tipo de Categoria de Eficiência do Selo Comparativo PROCEL/INMETRO, que apresenta as quantidades de refrigeradores (amostrados) por categoria (A, B, C, D, E).

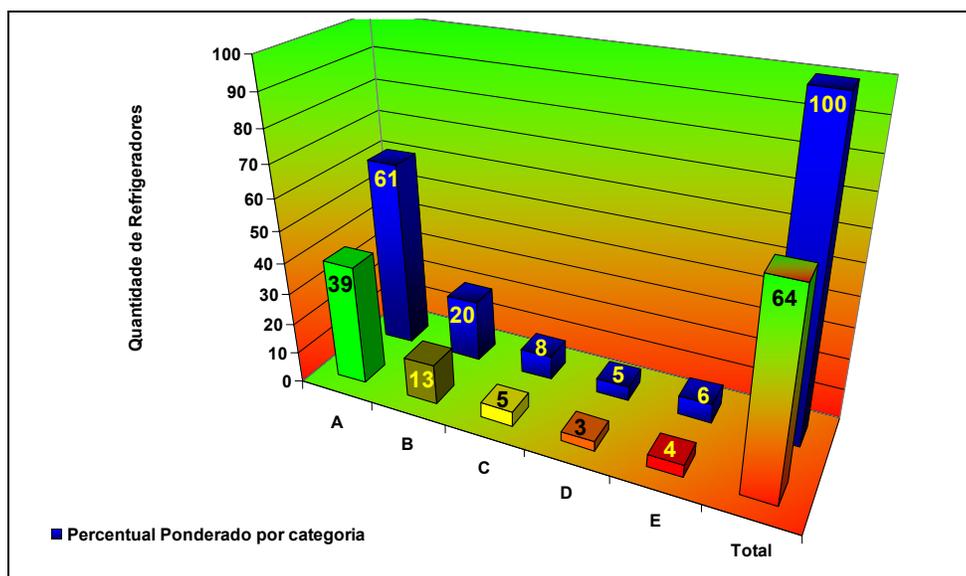


Figura Anexo C13 – Situação dos Refrigeradores no Selo de Eficiência Energética

Inseriu-se, neste exemplo, o número de refrigeradores amostrados e apontados por categoria de eficiência energética: no total de 64 aparelhos, 39 aparelhos se enquadraram na categoria “A” (61% da amostra), 13 na categoria “B” (20%) e assim por diante até atingir o total dos aparelhos refrigeradores analisados, completando os 100% da amostra. Deste modo, a análise de todos os outros quatro gráficos pode ser feita de forma análoga a este exemplo apresentado, isto porque foi padronizado o formato dos gráficos, facilitando a interpretação.

Planilha “Resultados Consolidados em Gráficos”

A planilha (Figura Anexo C14), que ilustra os resultados finais da análise de risco (dados consolidados), auxilia na tomada de decisão, evidenciando o panorama atual do mercado brasileiro de refrigeradores (neste caso de 1 porta) perante critérios técnicos, econômicos, sociais e ambientais para uma proposta de Programa de Rotulagem Ambiental no País.

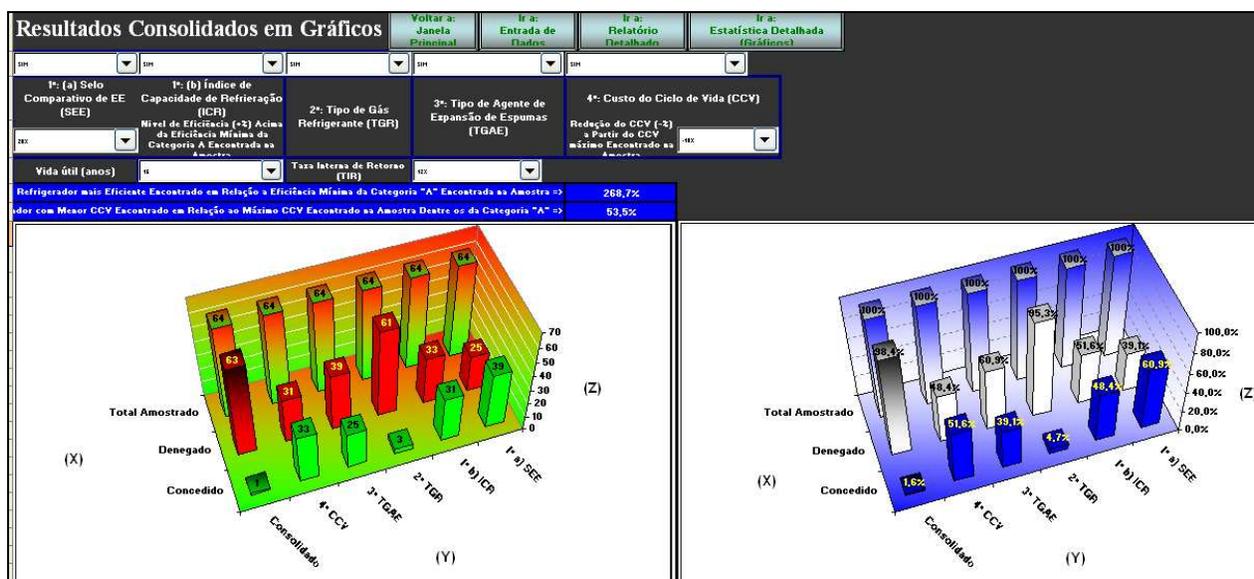


Figura Anexo C14 – Planilha de Dados Consolidados em Gráficos

Nesta planilha, como nas outras já apresentadas, existe o campo onde pode ser simulada, de diversas formas, a entrada e/ou saída de critérios exigidos (através da escolha do “Sim” ou do “Não”). Apresentam-se também os gráficos com os valores individuais e consolidados, que contêm a quantidade de refrigeradores aprovados ou não na metodologia proposta. Na necessidade de saber detalhadamente qual modelo recebeu o rótulo ambiental, deve-se reportar à “Planilha Resultados Individuais Detalhados - Relatório de Ocorrências”, anteriormente apresentada.

A importância da ilustração individual dos critérios (acionamento do “Sim” ou “Não”) se dá pelo fato de que não significa que o bom das partes será o bom de um todo, ou seja, pode ocorrer que o refrigerador se dê muito bem em um critério e um pouco ou muito pior em outro. Obrigando, necessariamente, a metodologia desenvolvida, através da sua rotina de cálculo, a identificar, classificar e selecionar o refrigerador em função do desempenho de risco ambiental apresentado individualmente e, ao mesmo tempo, consolidar todos os resultados individuais, cruzando simultaneamente todas as considerações realizadas para a concessão do Rótulo Ambiental.

Escolheu-se, para exemplo, a simulação de uma situação com os quatro critérios técnico-ambientais exigidos. O objetivo é mostrar a necessidade de olhar o refrigerador como um todo e não somente, apesar de muito importante, o seu desempenho energético (Selo de Eficiência Energética). Tais critérios escolhidos são 1ª Selo de Eficiência Energética (SEE), 1ª Índice de Capacidade de Refrigeração (ICR), 2º Tipo de Gás Refrigerante (TGR), 3º Tipo de Agente de Expansão de Espumas (TGAE) e 4º Custo do Ciclo de Vida do Refrigerador (CCV).

A amostragem de refrigeradores utilizada foi de um total de 64 modelos de 1 porta. A simulação da concessão do rótulo ambiental, para cada critério, foi fixada da seguinte forma: para o SEE foi necessário estar na Categoria “A”; para o ICR foi preciso ser 20% mais eficiente do que a média da amostragem dos refrigeradores encontrados na Categoria “A”; para o TGR foi necessário utilizar o gás refrigerante isobutano (R-600a); para o TGAE foi preciso utilizar o ciclo/isopentano, e para o CCV foi necessário atingir 18% de redução do que o CCV médio da amostragem dos refrigeradores encontrados na Categoria “A”. Outras informações interessantes e importantes passadas ao analista ou tomador de decisão são: a eficiência apresentada pelo refrigerador mais eficiente encontrado e a redução do CCV em relação à média. Por exemplo, na Figura Anexo C15, são ilustrados um ganho de eficiência máxima encontrado, pela rotina de cálculo, de 268,7% e uma redução de CCV máxima de 53,5% dentre os refrigeradores amostrados na Categoria “A” do SEE. O analista ou tomador de decisão, tendo tal informação em mãos, pode simular “n” graus de eficiência e redução de CCV sem perder a realidade da capacidade tecnológica dos equipamentos/refrigeradores já fabricados e comercializados no Brasil.

Iniciada a simulação, feita de forma progressiva, avaliaram-se os 64 modelos no critério “Selo de Eficiência Energética”. Destes, um montante de 39 modelos (60,9%) foi aprovado (Figura Anexo C15).

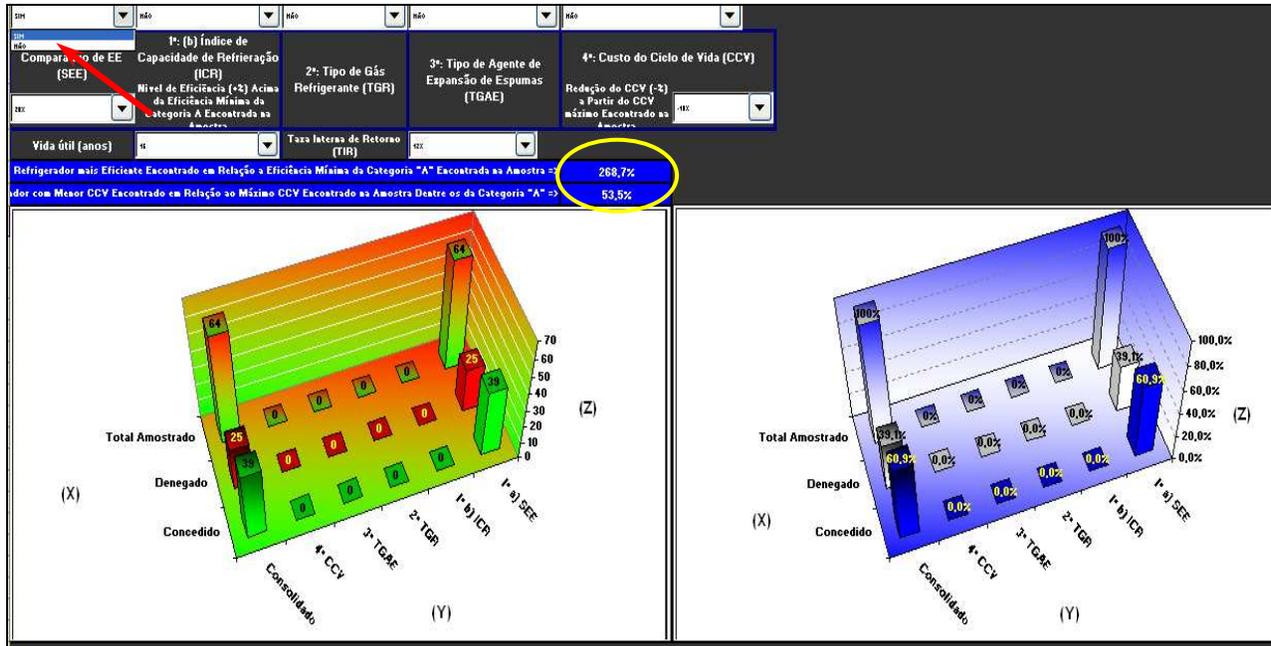


Figura Anexo C15 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critério SEE

Quando inserido na simulação o Critério 1ºb - “Índice de Capacidade de Refrigeração” (Figura Anexo C16), o número de modelos aprovados decresceu para 31 (48,4% da amostra). Isto ocorreu porque a metodologia de análise de risco identificou que nem todos os refrigeradores, que estavam na Categoria “A” do SEE, eram 20% mais eficientes que a média da amostragem (Categoria “A”).

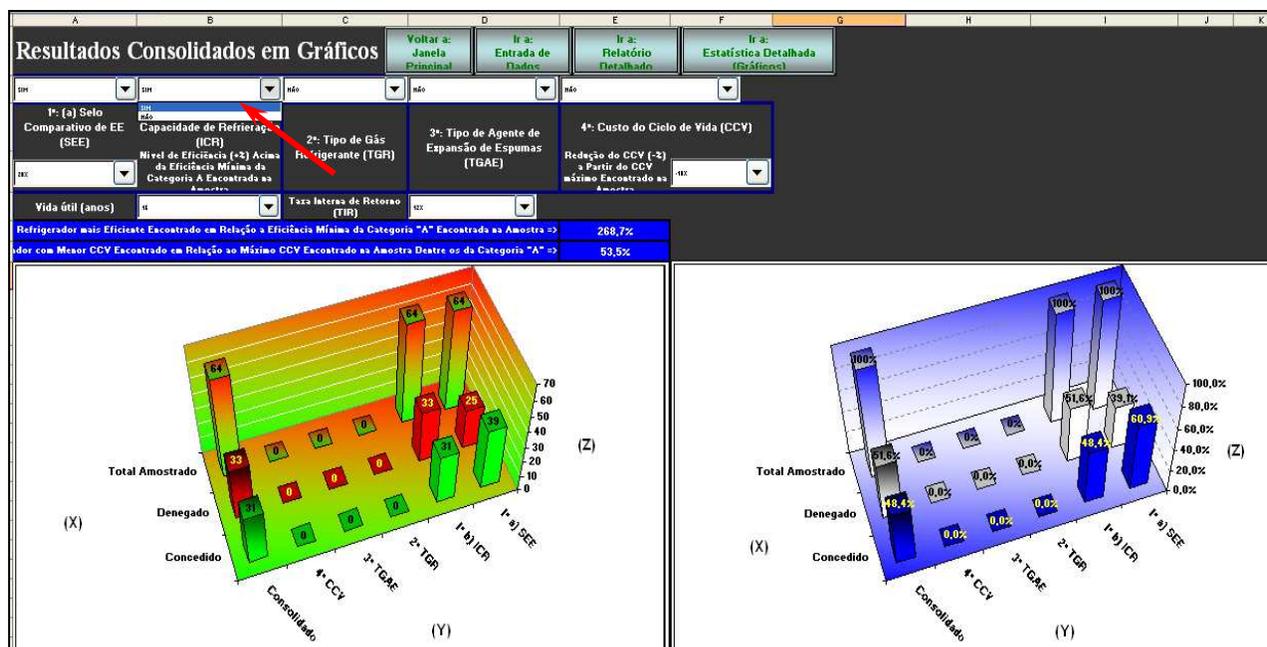


Figura Anexo C16 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critério SEE/ICR

Seguindo com a simulação, inseriu-se o critério “Agente de Expansão de Espumas” (Figura Anexo C17), ocorrendo uma diminuição do montante de modelos aprovados para 14 (21,9%), ou seja, a metodologia identificou, classificou e selecionou somente os modelos de refrigeradores que cumpriram com êxito as exigências dos dois critérios simulados. Todavia, pode ser visualizado que, se fosse feita uma avaliação individual deste critério, o número de refrigeradores aprovados aumentaria para 25 (39,1%) do total da amostra, demonstrando mais uma vez que a metodologia desenvolvida está apta a separar o “bom das partes do bom de um todo”.

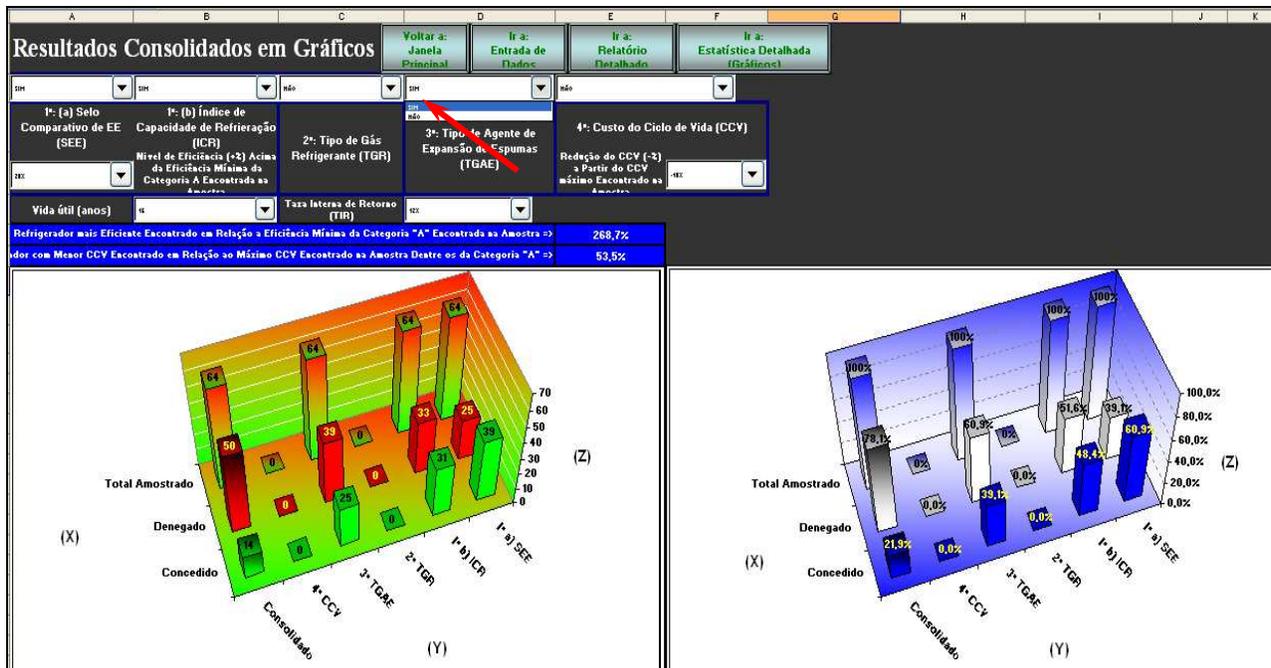


Figura Anexo C17 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critérios SEE/ICR e TGAE

Quando o critério “Tipo de Gás Refrigerante” foi inserido (Figura Anexo C18), o número de modelos de refrigeradores que recebeu a concessão do rótulo ambiental reduziu-se para 03 (4,7% da amostra), evidenciando, mais uma vez, a flexibilidade da metodologia no aumento de critérios e/ou exigência que pode ser atingida.

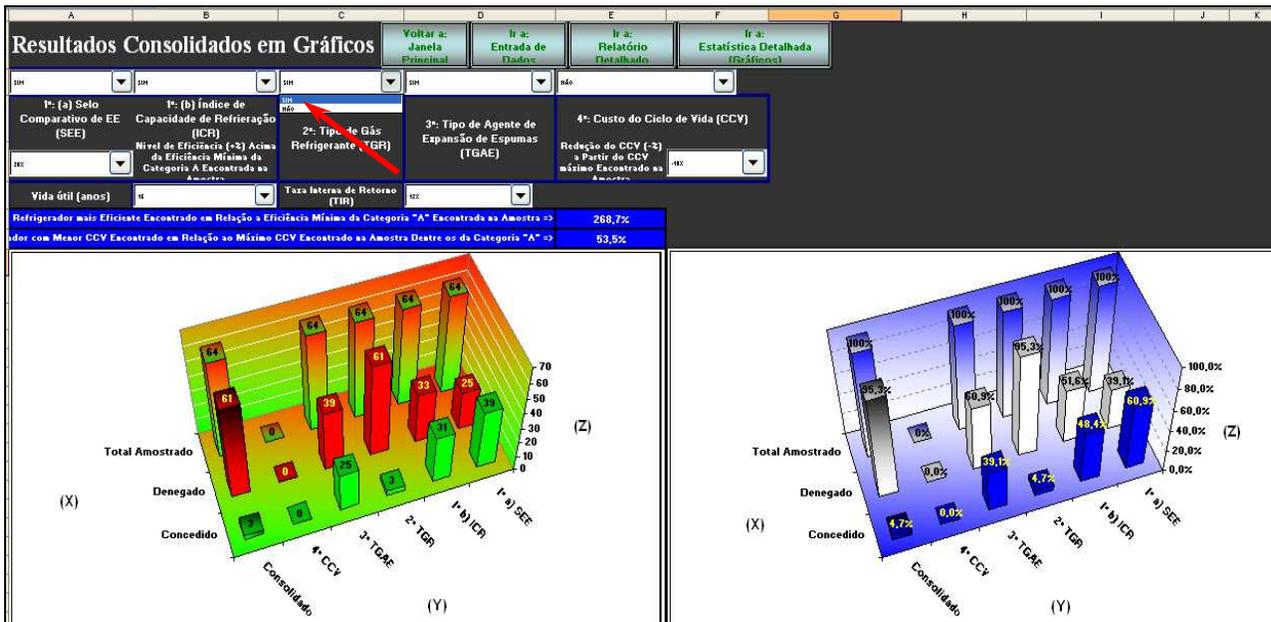


Figura Anexo C18 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critérios SEE/ICR, TGAE e TGR

Inserindo o último critério “Custo do Ciclo de Vida” (Figura Anexo C19), o número de modelos de refrigeradores que recebeu a concessão do rótulo ambiental foi reduzido para 01 (1,6% da amostra). Porém, caso o critério “CCV” fosse analisado separadamente, poderia-se constatar que o número de refrigeradores aprovados seria de 33 (51,6% da amostra).

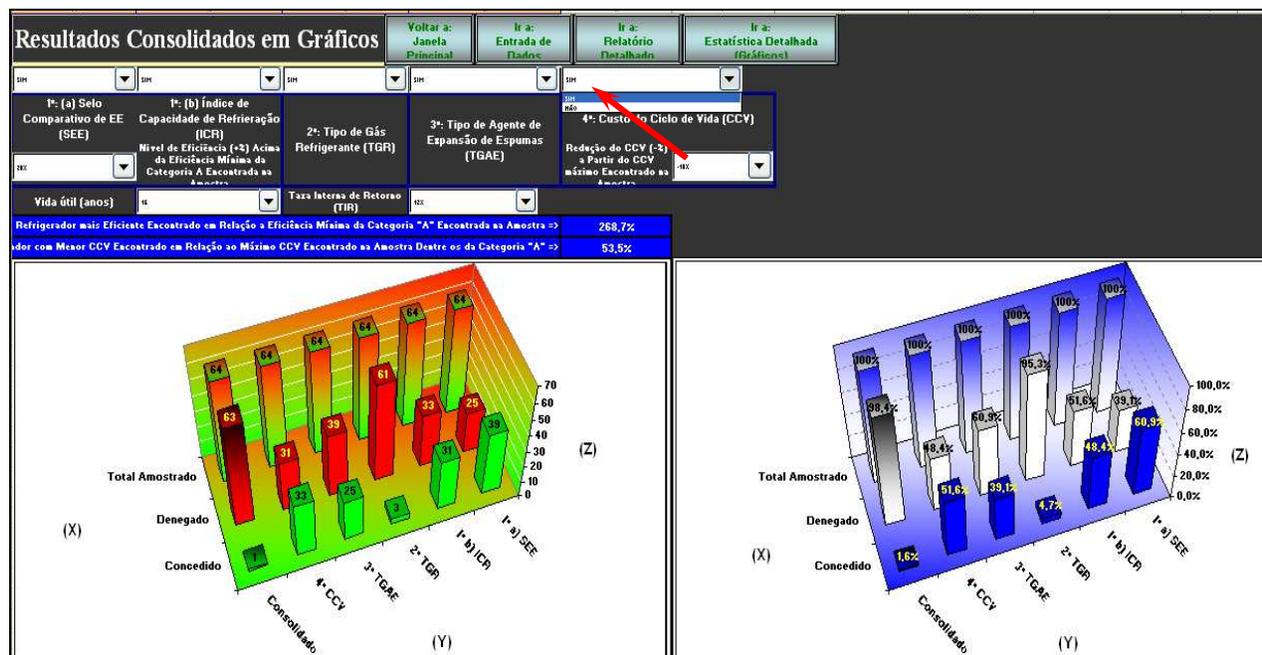


Figura Anexo C19 – Situação Perante o Rótulo Ambiental: Critérios SEE/ICR, TGAE, TGR e CCV

Como a planilha de cálculo foi programada para avaliar tanto o consolidado quanto o individual dos quatro critérios e também variar os seus graus de exigência, foi possível realizar simulações até ser encontrado “o melhor modelo do mercado” (*top runner*). Ou ainda, seria plausível planejar ou formar metas a serem atingidas num futuro próximo pelos vários modelos comercializados no País, buscando-se, deste modo, o desenvolvimento de tecnologias eficientes energética e ambientalmente para que, cada vez mais, o avanço das tecnologias possa propiciar a construção (*Ecodesign*) de refrigeradores que impactam menos o meio ambiente.

Parte 2 - Detalhamento da Planilha de Economias Atingidas com a Substituição de Refrigeradores Antigos

Nesta seção do Anexo C, são apresentadas as sequências de entrada de dados, as formulações e hipóteses assumidas, que refletem possíveis economias a serem atingidas com a substituição de refrigeradores por tecnologias mais eficientes e que impactam menos o meio

ambiente. A metodologia é desenvolvida na base e formatos das folhas de cálculo das planilhas do *software Excel* da *Microsoft Corporation*.

Planilha de Entrada de Dados

O cálculo das economias, 2ª Parte da “Planilha de Cálculo da Metodologia de Rotulagem Ambiental para Refrigeradores Residenciais” (*vide* Figura Anexo C3 – Janela Principal da Planilha), foi desenvolvido buscando-se apresentar as vantagens, em nível nacional, da utilização de refrigeradores apontados pela metodologia de rotulagem ambiental como sendo os mais eficientes energeticamente e com maior desempenho técnico-ambiental e econômico do mercado.

Esta 2ª Parte de rotina de cálculo das economias está dividida em 3 etapas principais: 1 – Planilha de “Entrada de Dados”; 2 – Planilha “Memória de Cálculo” e 3 – Planilha de “Resultados Consolidados”. Todas essas etapas estão detalhadas nos textos seguintes, juntamente com as hipóteses consideradas e rotinas de cálculo relacionadas. A Figura Anexo C20 ilustra a planilha de “Entradas de Dados” e as variáveis de entrada, necessárias aos cálculos das economias. Vale lembrar que as planilhas desenvolvidas neste estudo possuem uma dimensão relativamente grande para o formato do *Word*, desta forma, a intenção da ilustração é que o leitor tenha uma visão geral do formato de cada planilha (Figura Anexo C20),.

Planilha de Entrada de Dados: Cálculo das Economias

Dados de Entrada Necessários

Tipo de Gás Refrigerante	Potencial Aquecimento Global (GWP)	Faixas de Volume dos Refrigeradores (litro) e Respektivas Quantidades de Gás Refrigerante Utilizados (grama)			
		até 100	101-300	301-500	acima de 500
ISOBUTANO (R-600a)	3		30	32	
HFC (R-410a)	1.300		75	85	
HFC (R-22)	1.700				
CFC	10.600		98	130	163

Percentual de Inserção de Cada Faixa de Volume dos

TOTAL (Conferência) 100,0%

Agente de Expansão de Espumas	Potencial Aquecimento Global (GWP)	Faixas de Volume dos Refrigeradores (litros) e Respektivas Quantidades de Gás De Expansão de Espumas (grama)			
		até 100	101-300	301-500	acima de 500
CICLOPENTANO	10		229	303	
HFC (R-141a)	713				
CFC	10.600		142	190	237

Custo da tCO2 no Mercado de MDL (US\$/tCO2)		Emissão Média de CO2 do Sistema Elétrico Interligado Nacional	
Valor (US\$/tCO2)	432,00	Ano da Análise	2011
Taxa de Câmbio (US\$/1,00)	19,522	tCO2/MWh Gerado	1,0022
Tarifa de Ener.Elet.	4522,00	Ano da Análise	2011
Impostos (%)	402	Consumo (MWh/habitante)	1,0022

Nº de Residências no País	62.417.926
Taxa de Crescimento	5,00%
Penetração Refrigeradores μ s	90,8%
Taxa Crescimento da	5,00%
Taxa de Substituição de Refri.	5,00%
Nº de HORAS de Funcionamento	3.504

Penetração do Gás no Mercado (%)

Refrigeradores nas Residências		Gás Refrigerante (Sistema de Refrigeração)						Gás de Expansão de Espumas		
Idade Refrigerador (anos)	Mercado (%) /	ISOBUTANO (R-600a)	HFC (R-134a)	HFC (R-22)	CFC	DTAL (Conferência)	CICLOPENTANO	HFC (R-141a)	DTAL (Conferência)	
Idade >= 5	5,00%	5,00%	95,00%	0,00%	0,00%	100,0%	5,00%	95,00%	100,0%	
Idade >= 10	10,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,0%	0,00%	100,00%	100,0%	
Idade >= 15	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%	0,00%	0,00%	100,0%	
Idade >= 20	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%	0,00%	0,00%	100,0%	
TOTAL (Conferência) =		100,0%					100,0%			

FCE (%)	(%)	Participação do Mercado de	Penetração do Gás no Mercado (%) nos Novos Refrigeradores (Novas Residências e Substituição de						
		Marca	Gás Refrigerante (Sistema de Refrigeração)			Gás de Expansão de Espumas			
FCE (5 - 10)	5,00%		ISOBUTANO (R-600a)	HFC (R-134a)	HFC (R-22)	DTAL (Conferência)	CICLOPENTANO	HFC (R-141a)	DTAL (Conferência)
FCE (10 - 16)	10,00%	Electrolux	0,00%	100,00%	0,00%	100,0%	0,00%	0,00%	100,0%
FCE (> 16)	15,00%	Multibrás	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%	0,00%	0,00%	100,0%
TOTAL (Conferência) =		100,0%							

Potencial Aquecimento Global (GWP) de Termelétricas			
Tipo de Combustível	Eficiência da Termelétrica	Fator de Oxição	Fator de Emissão
Gás Natural	51,00%	0,9950	15,30
Óleo	51,00%	0,9900	20,00
Carvão	51,00%	0,9800	25,80

Figura Anexo C20 – Planilha de Entrada de Dados para Cálculo das Economias

Planilhas “Memória de Cálculo 3, 4, 5, 6 e 7”

As “Planilhas de Memória de Cálculo” foram desenvolvidas para coletar todas as informações passadas nas planilhas de “Entrada de Dados” das duas partes da “Metodologia de Rotulagem Ambiental” e agrupá-las em rotinas de cálculos, que resultam em gráficos, os quais ilustram os resultados obtidos. Todas as rotinas de cálculos usadas nas Planilhas Memória de Cálculo já foram apresentadas no Capítulo 3 – seção 3.5 a 3.5.3.

Planilha “Resultados Consolidados”

A planilha “Resultados Consolidados” foi desenvolvida de tal forma que o analista, planejador e/ou tomador de decisão possam simular “n-situações”, cruzando, de forma flexível e rápida, as diversas informações inseridas nas planilhas de “Entrada de Dados” da 1ª e 2ª partes da “Planilha de Cálculo da Metodologia de Rotulagem Ambiental para Refrigeradores Residenciais”. A Figura Anexo C21 ilustra a planilha “Resultados Consolidados” contendo dezessete gráficos para a realização de simulações.

Estes estão divididos em quatro objetivos principais: 1 – A evolução da redução dos refrigeradores substituídos (considerando vida útil) *versus* a entrada dos refrigeradores novos; 2 – A evolução dos ganhos de eficiência através das economias (acumuladas) de energia encontradas, reduzindo a necessidade de geração de energia e a redução (acumulada) na fatura de energia elétrica obtida; 3 – A evolução da redução de emissão de CO₂ no ambiente decorrente de um menor consumo de energia elétrica e da não emissão de gás de efeito estufa devido aos gases dos sistemas de refrigeração e expansão de espumas nos refrigeradores, recuperados em uma manufatura reversa; e 4 – Simulação de potenciais ganhos com formação de projetos de MDL para o mercado de crédito de carbono.

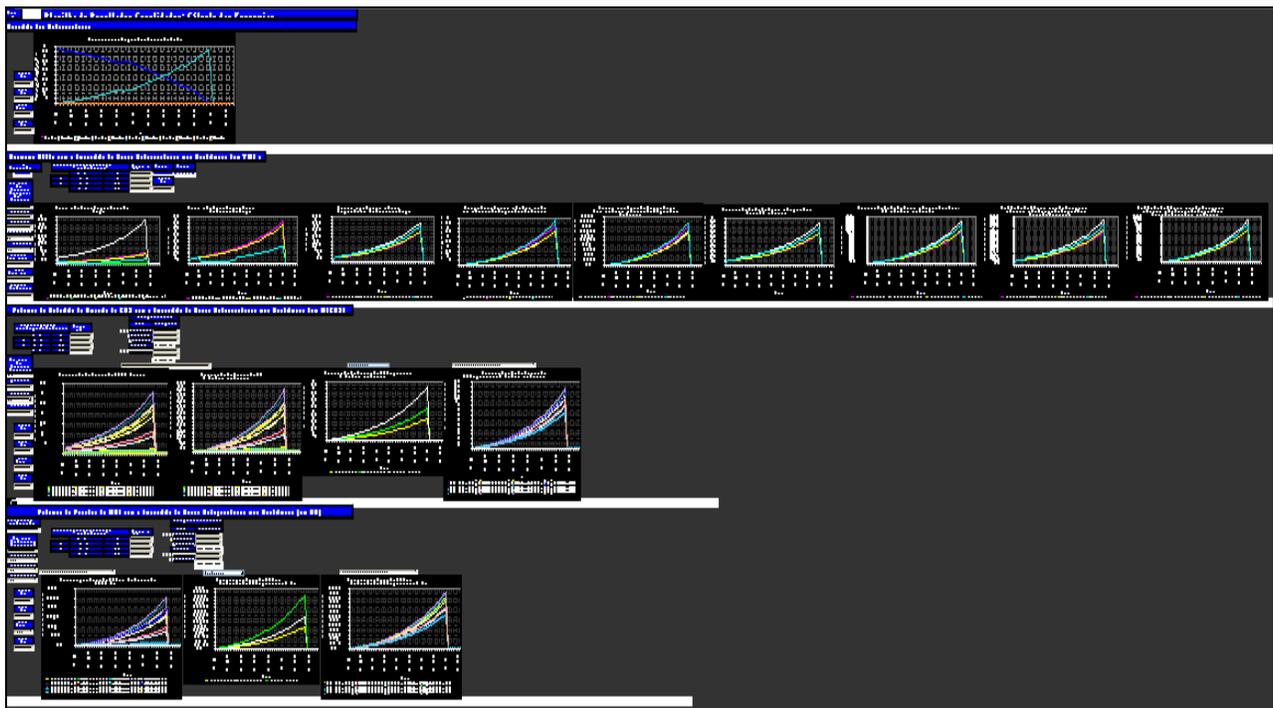


Figura Anexo C21 – Planilha de Resultados Consolidados: Cálculo das Economias (visão geral)

Apesar da planilha “Resultados Consolidados” (Figura Anexo C21) estar dividida em quatro partes principais (para facilitar a interpretação), as mesmas estão interligadas apresentando modificações instantâneas mesmo que somente uma ou outra parte da planilha seja simulada individualmente.

1ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Tempo de Substituição dos Refrigeradores Antigos por Novos

O analista pode simular na primeira parte da planilha, Figura Anexo C22, o crescimento da população de refrigeradores novos em substituição aos antigos que decrescem ao longo dos anos da análise. Para a simulação de cenários, o analista pode escolher analisar a evolução dos refrigeradores usando todas as vidas úteis (disponíveis para análise na planilha) para ter uma visão da faixa do número de aparelhos que ainda faltam ser substituídos considerando o término de sua vida útil (as vidas variam de 10 a 20 anos). Outro fator de programação para flexibilizar os resultados da planilha é a possibilidade das várias escolhas de resultados a serem apresentados nos gráficos. Desta forma, as legendas abaixo dos gráficos sempre apresentarão todas as opções de resultados possíveis; porém, deve-se atentar para o título das figuras para saber qual resultado está sendo ilustrado no momento (*vide* exemplos da Figura Anexo C22 e Figura Anexo C23).

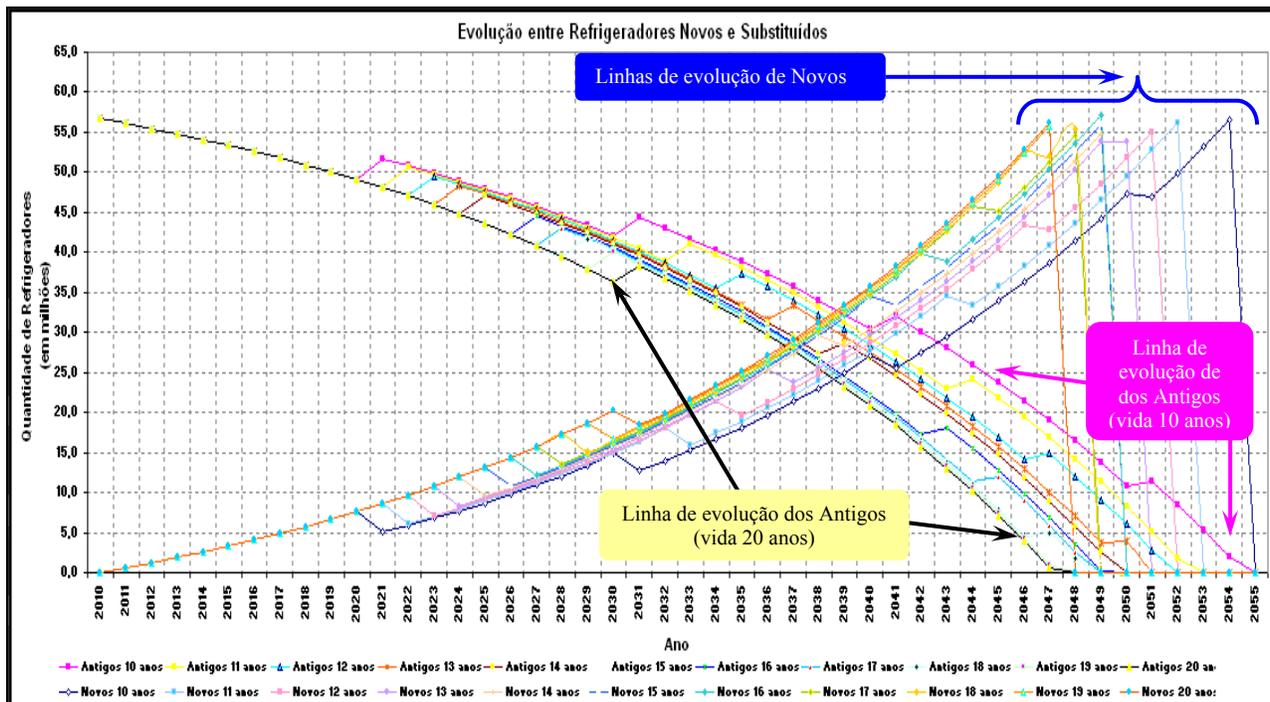


Figura Anexo C22 – Planilha de Resultados Consolidados: Gráficos do Número de Refrigeradores Novos e Usados (todas as vidas úteis)

Caso o analista queira simular as vidas úteis de forma individualizada, basta selecionar a vida útil (de 10 a 20 anos) para que o gráfico apresente somente os resultados desejados (Figura Anexo C23). Outros três parâmetros que podem ser variados na simulação são: a Taxa de Crescimento Residencial/ano, a Taxa de Crescimento da Penetração dos Refrigeradores nas Residências/ano e a Taxa de Substituição de Refrigeradores Antigos/ano. Com as quatro variáveis dispostas sob forma dinâmica, o analista pode simular cenários que apresentarão, dependendo da combinação das variáveis, o ano em que os refrigeradores antigos serão totalmente substituídos no País. Esta simulação (eixo “X” do gráfico) está vinculada ao ano de análise (base) do número de residências (Planilha de Entrada de Dados) que, por sua vez, é utilizada para encontrar o número total de refrigeradores no País. Desta forma, toda a planilha pode ser atualizada quando da obtenção de novos dados de entrada.

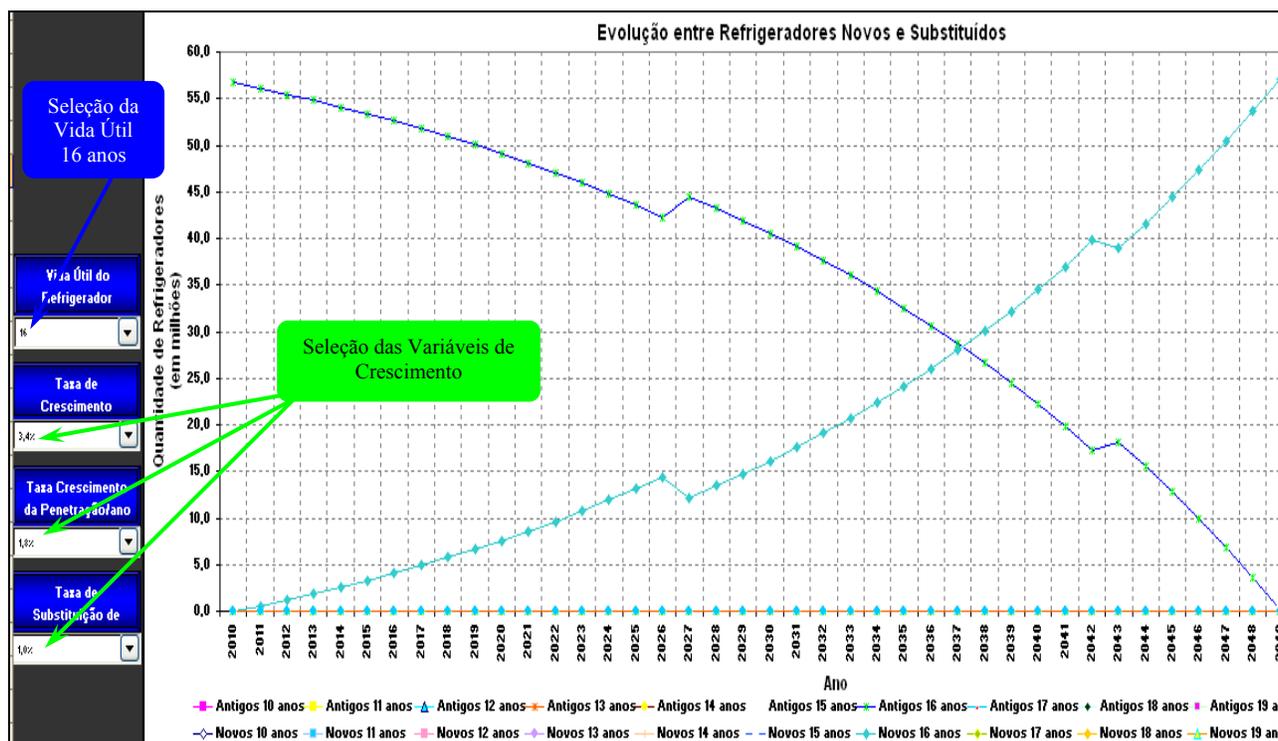


Figura Anexo C23 – Gráfico do Número de Refrigeradores (escolha da vida útil, 16 anos)

O cálculo da substituição dos refrigeradores por vidas úteis foi feito considerando os aparelhos já antigos encontrados no País somados aos novos (por substituição e/ou aumento de inserção de refrigeradores no País) na época e que já teriam extrapolado sua vida útil nos anos de análise subsequentes. Por isso, os gráficos apresentam diferentes degraus para cada vida útil (*vide* Figura Anexo C22). Por exemplo, considerando como ano base 2010, no qual os refrigeradores

novos teriam 16 anos de vida útil e que foi substituído um montante de aparelhos antigos em 2011, inicia-se a simulação. Quando a simulação chegar a 2026, para substituir refrigeradores antigos, a metodologia considerará como aparelho antigo tanto aqueles que ainda não foram substituídos quanto os novos inseridos em 2011, os quais em 2026 já teriam extrapolado a vida útil estabelecida.

2ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Possíveis Economias Alcançadas

Na segunda parte da planilha (Capítulo 4 – seção 4.3.2), o analista pode simular casos que demonstram os potenciais ganhos de economia de energia elétrica e a redução na fatura de energia do consumidor, além do número de pessoas que poderiam ser abastecidas com essa energia elétrica e a potência economizada ao longo dos anos.

Nesta parte da planilha, o analista pode utilizar variáveis, além das já aplicadas na primeira parte, como o ganho de eficiência energética dos refrigeradores (o mesmo estipulado para a concessão do rótulo ambiental), em comparação à média de eficiência e a relação de menor eficiência/por idade dos aparelhos antigos perante a atual média de eficiência. Tais variáveis, unidas àquelas da planilha de entrada de dados, informam qual o montante de energia elétrica economizado (acumulada) por ano e o valor monetário atingido com essa economia (acumulada).

Através dos resultados da economia de energia obtidos com as simulações, decidiu-se calcular o número equivalente de pessoas que poderiam ser abastecidas com a eletricidade economizada durante o período de 01 ano. Outro cálculo comparativo foi a obtenção da potência média equivalente economizada devido à economia de energia obtida com a substituição dos refrigeradores. Esta foi calculada através da divisão da economia de energia encontrada pelo número de horas de funcionamento do refrigerador no ano. Todos os cálculos podem ser analisados com a geração dos gráficos, como “quantidade/por ano” ou “quantidade acumulada/ano”, dependendo da necessidade do analista.

3ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Potencial de Redução de Emissão de CO₂

Na terceira parte da planilha “Resultados Consolidados”, o analista encontra, com as simulações, o potencial de redução de emissão de CO₂ na atmosfera com a substituição de refrigeradores antigos nas residências do País.

Além das variáveis usadas na 1ª e 2ª partes e na planilha de entrada de dados, na terceira parte, foram inseridas outras variáveis, que representam a participação do mercado de gases utilizados no sistema de refrigeração e no isolamento dos refrigeradores residenciais.

Com as várias possibilidades de simulação, o analista dispõe de quatro gráficos (Capítulo 4 – seção 4.3.2) que apresentam os potenciais de redução de emissão de CO₂, separados por tipo de geração de energia elétrica, gás refrigerante, gás de expansão de espumas e/ou todas as emissões consolidadas.

4ª Parte da Planilha “Resultados Consolidados”: Potencial de Ganhos com MDL

Na quarta parte da planilha de resultados consolidados das economias encontradas, o analista tem em mãos informações dos valores (em Reais – R\$) obtidos em potenciais projetos de MDL apresentados ao mercado de crédito de carbono.

Mais uma vez, além de todas as variáveis utilizadas nas outras partes da planilha de “Resultados Consolidados” e de “Entrada de Dados”, aqui foi inserida mais uma variável - o valor pago pelo mercado de carbono por tCO₂ não emitido no ambiente com a substituição do parque de refrigeradores antigos existentes no País. Desta maneira, de forma similar aos gráficos da terceira parte, os gráficos da última parte da planilha “Resultados Consolidados” (Capítulo 4 – seção 4.3.2) separam os potenciais valores encontrados por tipo de geração de energia elétrica, gás refrigerante, gás de expansão de espumas e/ou todas as emissões consolidadas.

Com a metodologia de rotulagem ambiental formulada e representada nas planilhas de cálculo e formulações anteriores, o analista/decisor deve recorrer a informações seguras e rastreáveis quando do preenchimento dos dados de entrada exigidos pela metodologia, para que se possa ter segurança nos inúmeros cenários a serem encontrados com as simulações.

Portando, a metodologia de rotulagem ambiental desenvolvida apresenta-se como uma ferramenta de planejamento, tanto para o governo quanto para o setor de refrigeradores, por mostrar a situação atual do mercado e do setor, assim como as possibilidades de melhorias nas áreas de eficiência energética e ambiental dos aparelhos que virão a ser fabricados no País em benefício da sociedade como um todo.

Anexo D

Princípio 80/20 de Pareto

Tal teoria surgiu na Itália, no fim do século XIX, através da observação da desigualdade de poder e riqueza da sua população. O fato foi observado, pela primeira vez, pelo economista sociopolítico italiano Vilfredo Pareto que, quando da análise de sua pesquisa sobre a estruturação geopolítica de seu país, identificou, em termos gerais, que qualquer fenômeno (problema) escolhido para análise sempre se apresentava como relação direta - 80% das consequências do fenômeno eram originadas por apenas 20% de causas (relação causa/efeito).

Um exemplo prático foi quando Pareto buscou encontrar, calculando matematicamente, a relação de riqueza e poder da sociedade italiana da época, chegando ao resultado de que 80% da riqueza estavam em mãos de apenas 20% da população (GOMES, 2009, NUSS, 2007 e BATTISTI, 2002). Em outras palavras, segundo Battisti (2002), o Princípio 80/20 demonstra que “... uma minoria de ações leva a maior parte dos resultados; em contrapartida, uma maioria de ações leva a menor parte dos resultados”. Agnaldo (2008) e Battisti (2002) citam ainda alguns fatos que ajudam a ilustrar o Princípio 80/20:

- 80% do total de vendas estão relacionados a 20% dos produtos;
- 80% dos lucros de uma empresa estão relacionados a 20% dos produtos;
- 80% dos lucros estão relacionados a 20% dos clientes;
- 80% dos acidentes de trânsito são causados por 20% dos motoristas;
- 80% dos usuários de computador usam apenas 20% dos recursos disponíveis;
- Em 80% do tempo usamos 20% de nossas roupas;
- 80% das pessoas preferem 20% dos sabores ou cores disponíveis;

- 80% dos resultados são obtidos por 20% dos funcionários, entre outros.

Battisti (2002) destaca também que “obviamente a relação entre causas e efeitos não é exatamente 80/20, mas algo próximo desta proporção”, já que esta relação foi definida por Pareto apenas como um referencial. Contudo, segundo relatos da literatura estudada, o que mais se apresentou surpreendente para Pareto foi que, em sua pesquisa, os resultados apresentavam sempre o desequilíbrio representado pelo princípio 80/20 em diversas outras relações causa/efeito do dia-a-dia (como as apresentadas anteriormente).

Anexo E

Gráficos Simulados e Não Apresentados no Corpo da Tese

Alguns gráficos, em razão de se evitar uma construção demasiada do corpo da Tese, foram simulados na planilha de cálculo e inseridos como anexo deste estudo. Entende-se que tais gráficos serviriam apenas para ilustrar, com mais detalhes, os já apresentados no Capítulo 4 – seção 4.3, não afetando, de nenhuma forma, a qualidade e a interpretação dos textos anteriormente apresentados.

Gráficos Simulados no Caso Referência (Taxas Crescimento 3,4% e 1,8% e Substituição 1%)

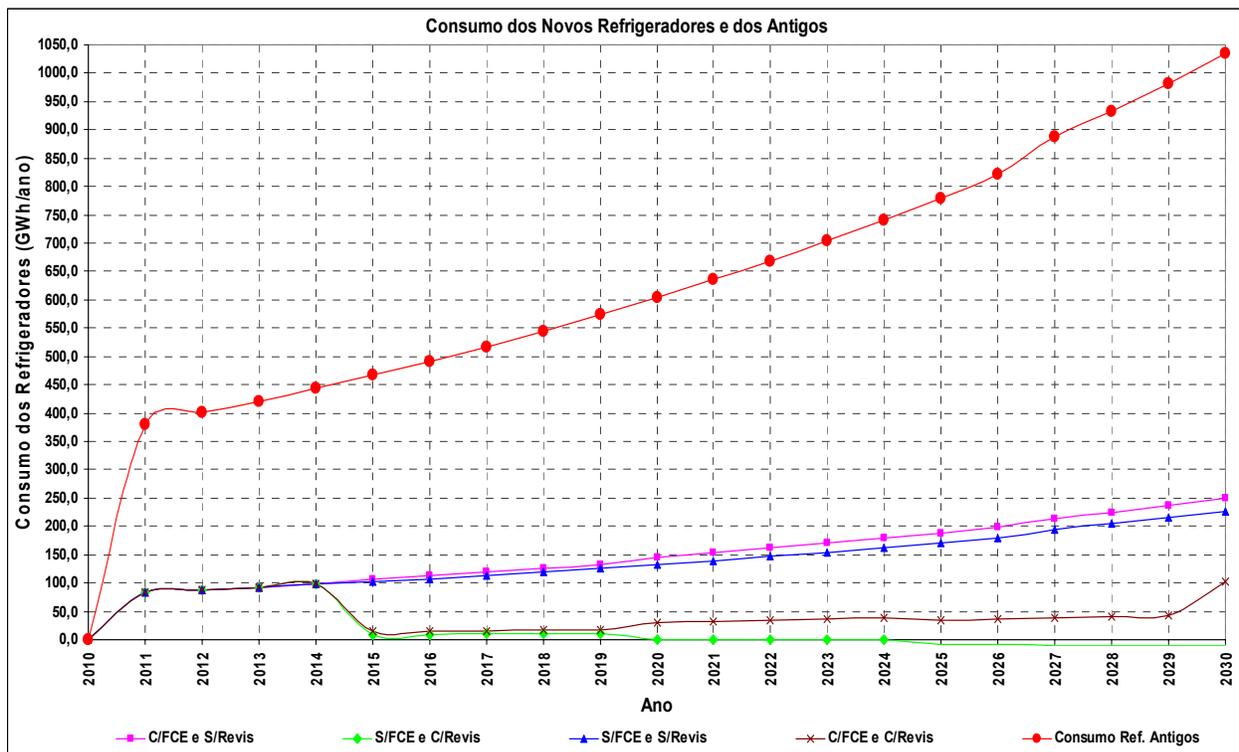


Figura Anexo E1 – Gráfico do Consumo dos Refrigeradores Novos e Antigos (vida útil, 16 anos)

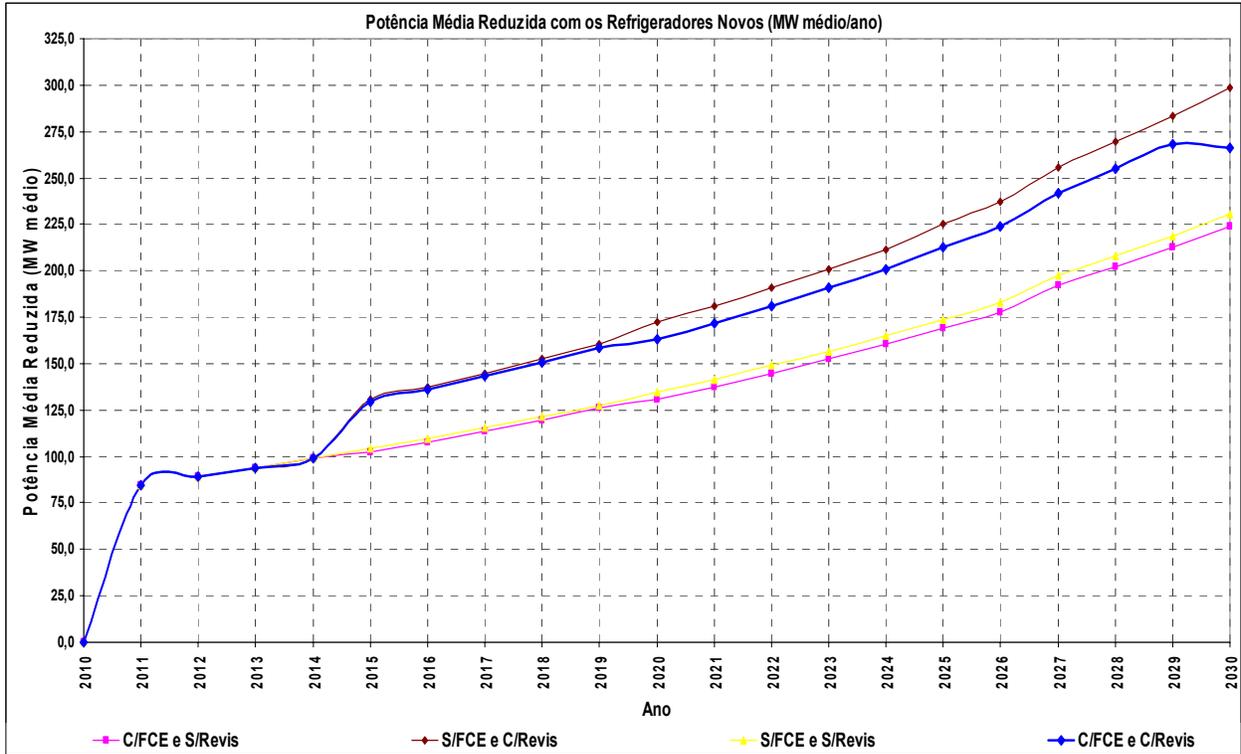


Figura Anexo E2 – Gráfico da Potência Média Reduzida por Ano (vida útil, 16 anos)

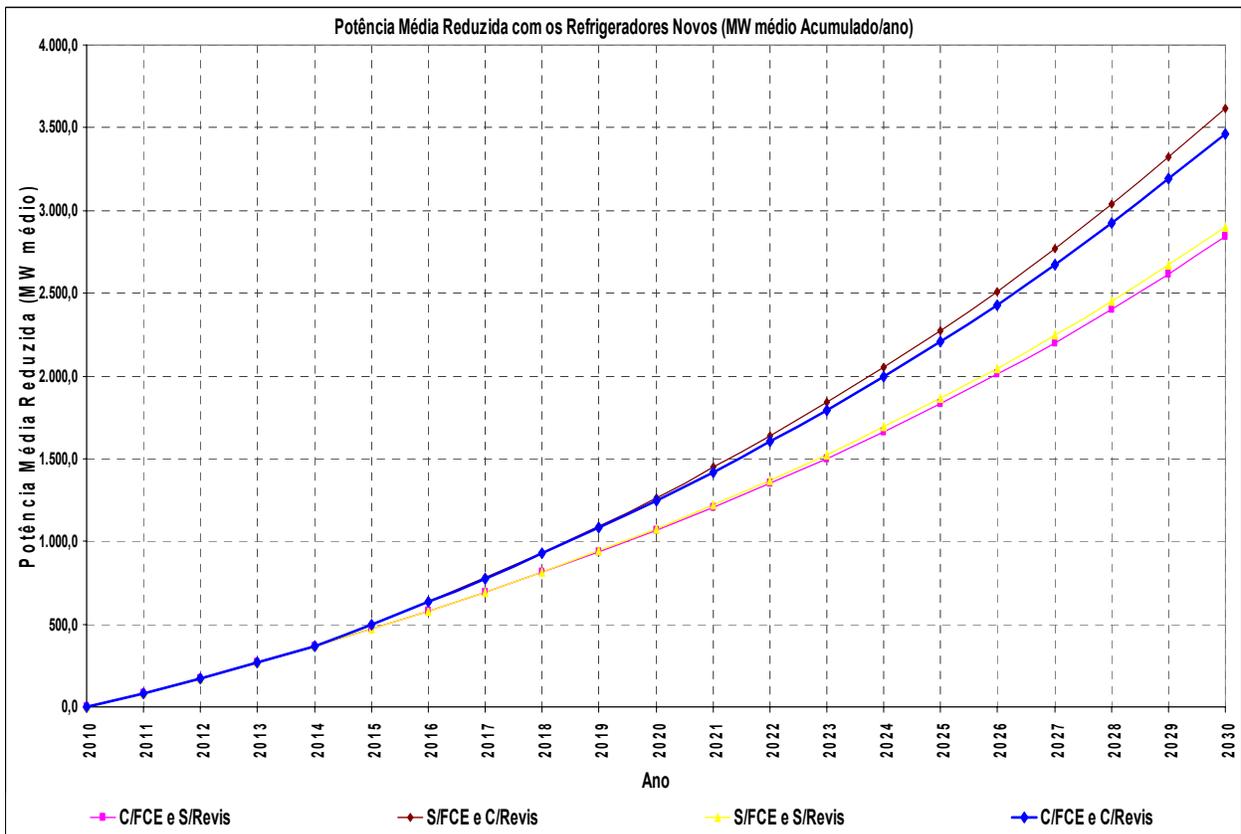


Figura Anexo E3 – Gráfico da Potência Média Reduzida Acumulada por Ano (vida útil, 16 anos)

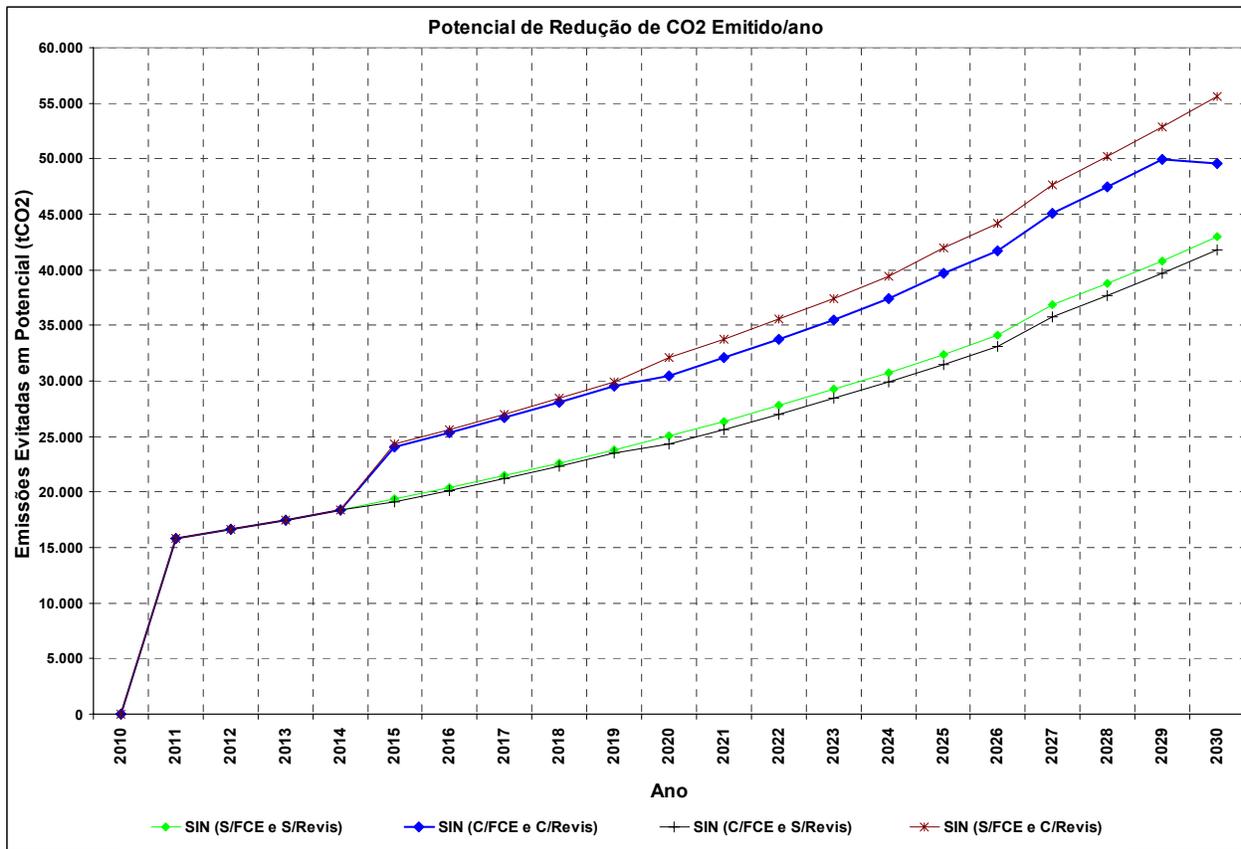


Figura Anexo E4 – Gráfico do Potencial de Redução de Emissão de CO₂ no SIN (vida útil, 16 anos)

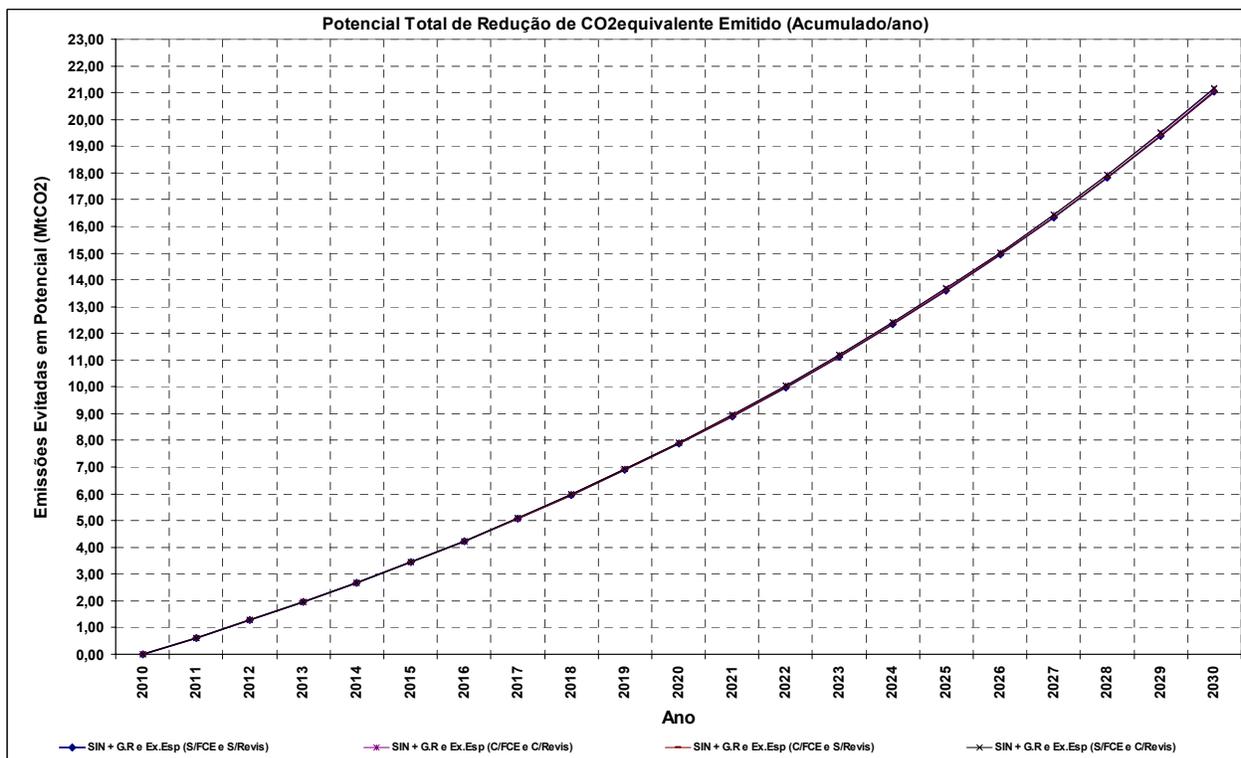


Figura Anexo E5 – Potencial de Redução de Emissão de CO₂ no SIN + G.R. e Ag. Exp. Esp. (V.U. 16 anos)

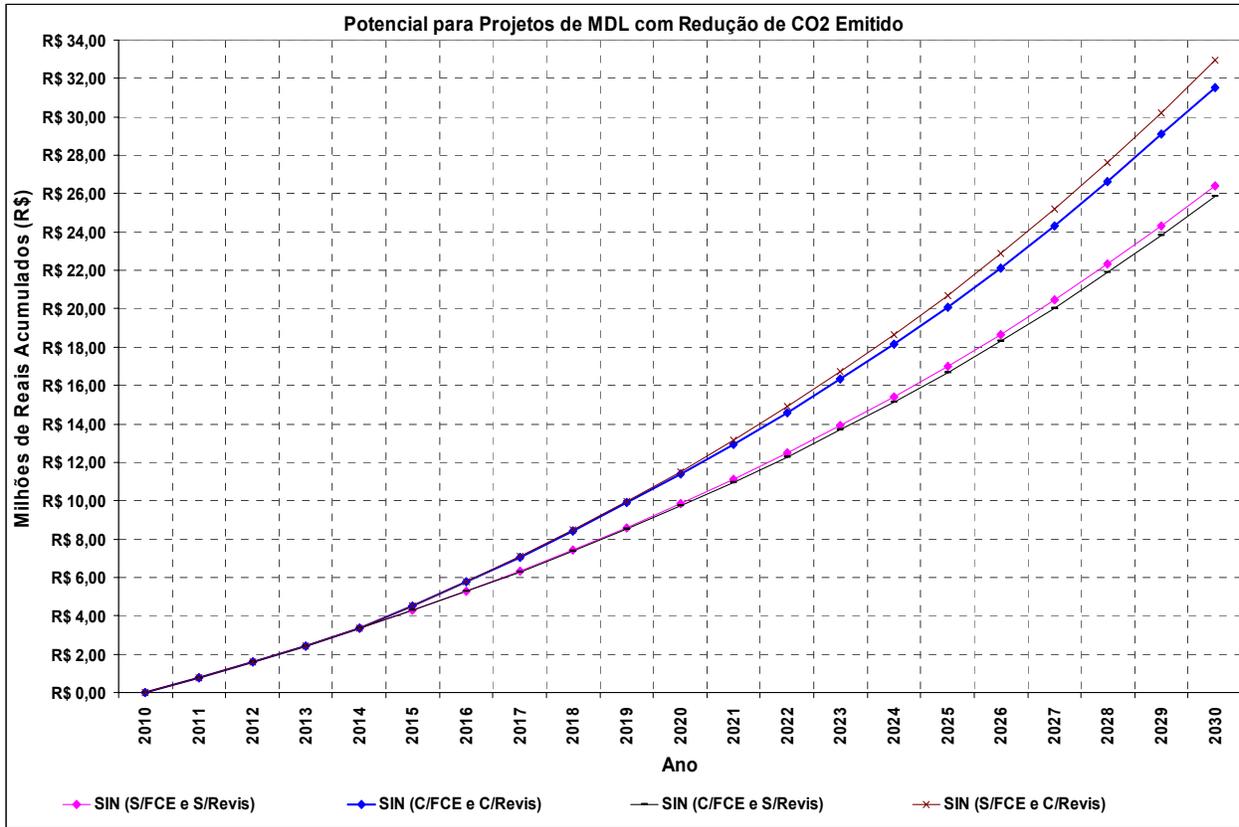


Figura Anexo E6 – Potencial de Ganho com MDL no SIN (vida 16 anos)

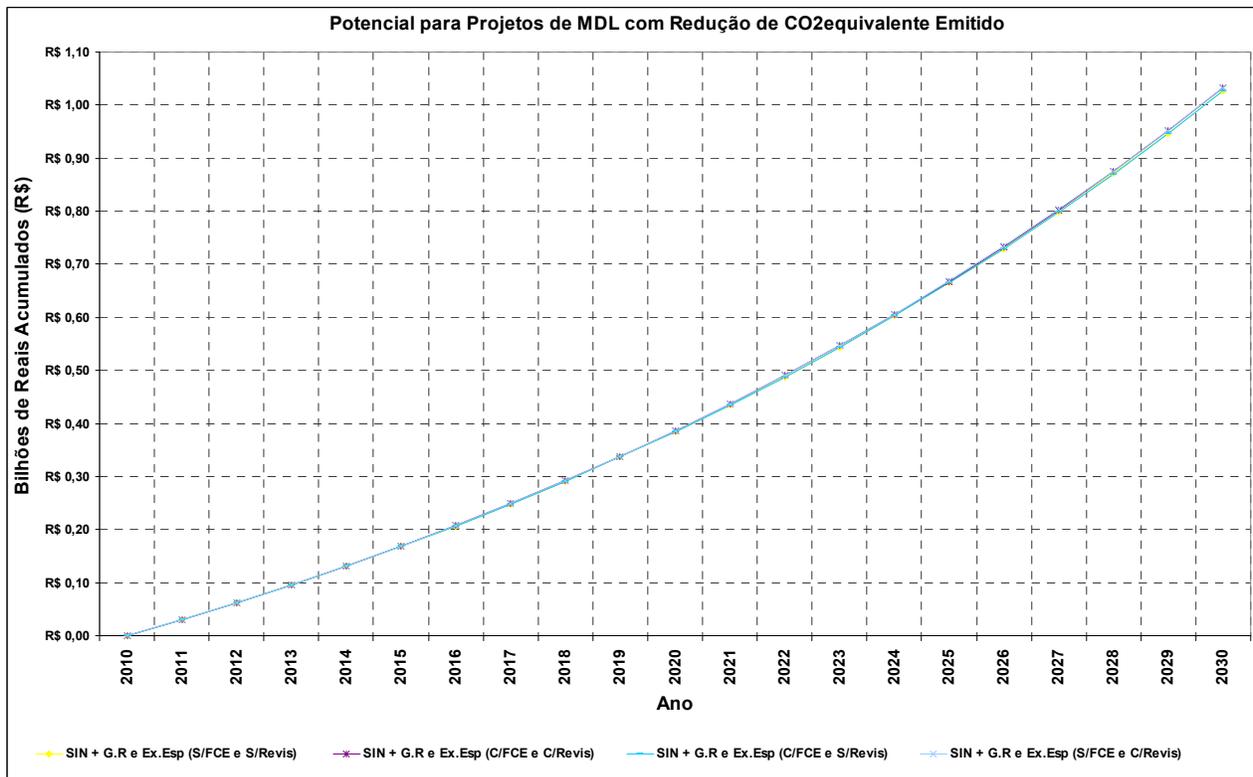


Figura Anexo E7 – Potencial de Ganho com MDL no SIN + G.R. e Ag. Exp. Esp. (vida 16 anos)