

**TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS

Produção e Consumo de HFCs e SF₆

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

2015

**TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NOS PROCESSOS
INDUSTRIAIS:**

Produção e Consumo de HFCs e SF₆

Elaborado por:

Roberto de Aguiar Peixoto

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

2015

Índice

SUMÁRIO EXECUTIVO	10
1 INTRODUÇÃO	14
2 EMISSÕES NA PRODUÇÃO E NO CONSUMO DE HALOCARBONOS.....	17
2.1 PRODUÇÃO DE HALOCARBONOS.....	17
2.2 CONSUMO DE HALOCARBONOS - SETOR DE REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO	17
2.2.1 <i>Refrigeração Doméstica</i>	20
2.2.2 <i>Refrigeração Comercial</i>	21
2.2.3 <i>Ar Condicionado Estacionário</i>	22
2.2.4 <i>Ar Condicionado Veicular</i>	23
2.2.5 <i>Transporte Refrigerado</i>	23
2.2.6 <i>“Banco” de Refrigerantes</i>	26
2.3 CONSUMO DE HALOCARBONOS - SETOR DE ESPUMAS, SOLVENTES, AEROSSÓIS E EXTINTORES	27
2.3.1 <i>Setor de Espumas</i>	27
2.3.2 <i>Setor de Solventes</i>	29
2.3.3 <i>Setor de Aerossóis</i>	31
2.3.4 <i>O Setor de Extinção de Incêndios - Extintores</i>	32
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 EMISSÕES DE HFC-23 PELA PRODUÇÃO DE HCFC-22.....	35
3.2 EMISSÕES NO CONSUMO DE HFCs – REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO.....	35
3.2.1 <i>Tier 1 – emissões potenciais</i>	35
3.2.2 <i>Tier 2 – emissões reais</i>	36
3.3 EMISSÕES NO CONSUMO DE HFCs – ESPUMAS, SOLVENTES, AEROSSÓIS E EXTINTORES	38
3.3.1 <i>Espumas</i>	38
3.3.2 <i>Solventes</i>	38
3.3.3 <i>Aerossóis</i>	39
3.3.4 <i>Extintores</i>	39
3.4 EMISSÕES DE SF ₆ DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E OUTRAS FONTES.....	40
4 DADOS.....	41
4.1 PRODUÇÃO DE HCFC-22	41
4.2 USO DE HFCs - EMISSÕES POTENCIAIS – TIER 1B.....	41
4.3 USO DE HFCs– EMISSÕES REAIS – SETOR REFRIGERAÇÃO E AR-CONDICIONADO.....	49
4.3.1 <i>Carga total em equipamentos sucateados</i>	49
4.3.2 <i>Carga total em equipamentos novos</i>	49
4.3.2.1 <i>Unidades de refrigeração doméstica</i>	50

4.3.2.2	Refrigeradores e Congeladores (Freezers) Comerciais.....	57
4.3.2.3	Sistemas de ar-condicionado – automóveis e veículos comerciais leves.....	59
4.3.2.4	Sistemas de ar-condicionado – ônibus.....	64
4.3.2.5	Caminhões frigoríficos com HFC-134a.....	66
4.3.2.6	Unidades de Resfriamento de Líquidos (chillers) com HFC-134a.....	67
4.3.2.7	Bebedouros.....	69
4.3.2.8	Total de cargas novas de HFC-134a e R404A.....	70
4.4	USO DE HFCs– EMISSÕES REAIS – ESPUMAS, SOLVENTES, AEROSSÓIS E EXTINTORES.....	74
4.4.1	<i>Produção de Espumas</i>	74
4.4.2	<i>Setor de Solventes</i>	74
4.4.3	<i>Aerossóis</i>	74
4.4.4	<i>Extintores</i>	75
4.5	USO DE SF ₆ – EMISSÕES REAIS E POTENCIAIS.....	75
5	RESULTADOS.....	78
5.1	EMISSÕES DE HFC-23 PELA PRODUÇÃO DE HCFC-22 – EMISSÕES REAIS.....	78
5.2	EMISSÕES PELO USO DE HFCs - EMISSÕES POTENCIAIS – TIER 1B.....	78
5.3	EMISSÕES PELO USO DE HFCs - EMISSÕES REAIS – TIER 2.....	79
5.4	EMISSÕES DE HFC-134A NA PRODUÇÃO DE ESPUMAS.....	82
5.5	EMISSÕES DE HFC-134A EM AEROSSÓIS.....	83
5.6	EMISSÕES RELACIONADAS AO CONSUMO DE SF ₆ – EMISSÕES REAIS.....	83
6	DIFERENÇAS EM RELAÇÃO AO SEGUNDO INVENTÁRIO.....	85
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Uso de Fluidos Refrigerantes em Sistemas e Equipamentos de Refrigeração e Ar Condicionado Novos no Brasil	24
Tabela 2 - Uso de Fluidos Refrigerantes em Sistemas e Equipamentos de Refrigeração e Ar Condicionado em operação no campo (instalados) no Brasil	25
Tabela 3 - Tecnologias disponíveis para a conversão no setor de espumas	29
Tabela 4 - Agentes de Extinção de Incêndio Alternativos aos Halons	33
Tabela 5- Produção de HCFC-22 no Brasil, de 1990 a 1999	41
Tabela 6 - Importação de HFC-134a	43
Tabela 7 - Exportação de refrigeradores e carga de HFC-134a	44
Tabela 8 - Exportação de HFC-134a	45
Tabela 9 - Outros HFCs não individualizados	46
Tabela 10 - Importações e Exportações de R-404A, 407C, 422D, 437A, 417A, 422A, 438A	47
Tabela 11 - Importações e Exportações de R-410A, 423A	48
Tabela 12 - Importações de HFCs identificadas no Segundo Inventário Nacional	48
Tabela 13 - Produção de refrigeradores domésticos, congeladores (freezers) verticais e refrigeradores e congeladores (freezers) horizontais, de 1995 a 2002	51
Tabela 14 - Produção total de refrigeradores domésticos, refrigeradores e congeladores (freezers) verticais e horizontais, de 2003 a 2010	51
Tabela 15 - Estimativa do uso de CFC-12 e HFC-134a em produtos de refrigeração, de 1997 a 2002	53
Tabela 16 - Produção estimada de unidades com refrigerante HFC-134a, de 1997 a 2002	53
Tabela 17 - Carga média de refrigerante CFC-12	54
Tabela 18 - Comparação do consumo real com o consumo estimado de CFC-12	54
Tabela 19 - Carga média de refrigerante HFC-134a	54
Tabela 20 - Produção de refrigeradores domésticos, refrigeradores e congeladores (freezers) verticais e horizontais, com HFC-134a	55
Tabela 21 - Quantidade de refrigeradores domésticos que entram no mercado nacional (produção + importação - exportação).	56
Tabela 22 - Carga total de HFC-134a em unidades de refrigeração domésticas novas, que entram no mercado nacional, de 1990 a 2010	57

Tabela 23 - Produção de refrigeradores e congeladores (freezers) comerciais.....	58
Tabela 24 - Carga de HFC-134a e R-404A em equipamentos compactos de refrigeração comercial, de 1997 a 2010	59
Tabela 25 - Frações de existência de veículos a partir do ano de licenciamento (curva de sucateamento), para 50 anos	60
Tabela 26 - Automóveis e comerciais leves licenciados, de 1996 a 2010	62
Tabela 27 - Percentual da frota nacional de veículos com sistema de ar-condicionado	63
Tabela 28 - Automóveis produzidos, importados e exportados, de 1996 a 2010	64
Tabela 29 - Comerciais leves produzidos, importados e exportados, de 1996 a 2010	64
Tabela 30 - Ônibus licenciados, de 1995 a 2010.....	65
Tabela 31 - Carga de HFC-134a em ônibus, de 1996 a 2010.....	66
Tabela 32 - Licenciamento de Caminhões frigorificados novos e carga anual de HFC-134a e R-404A	67
Tabela 33 - Capacidade de refrigeração total de 1995 a 1999.....	68
Tabela 34 - Capacidade de resfriamento instalada por tipo de equipamento de condicionamento de ar de 2000 a 2010	68
Tabela 35 - Carga de HFC-134a em <i>chillers</i> centrífugo e parafuso.....	69
Tabela 36 - Vendas anuais de bebedouros com HFC-134a e carga estimada anual	70
Tabela 37 - Cargas de HFC-134a no setor de refrigeração e ar-condicionado, de 1990 a 2010	71
Tabela 38 - Cargas de R-404A no setor de refrigeração e ar-condicionado, de 1990 a 2010	72
Tabela 39 - Carga de HFC-125, HFC134a e HFC-143a contidos na mistura R-404A em equipamentos compactos de refrigeração comercial	73
Tabela 40 - Carga de HFC-125, HFC134a e HFC-143a contidos na mistura R-404A em caminhões frigorificados.....	73
Tabela 41 - Fração das importações HFC-134a destinada ao uso em MDI.....	74
Tabela 42 - Importações de SF ₆ , segundo o portal ALICE-Web, de 1997 a 2010	75
Tabela 43 - Importações hipotética de SF ₆ no período de 1990 a 1996	76
Tabela 44 - Importação e exportação de SF ₆ de 1990 a 2010	77
Tabela 45 - Emissões de HFC-23 pela produção de HCFC-22, no Brasil, de 1990 a 2005	78
Tabela 46 - Emissões potenciais de HFC-134a, HFC-32, HFC-125, HFC-143a e HFC-152a.....	79

Tabela 47 - Emissões reais de HFC-134a no setor de refrigeração e ar condicionado no Brasil, de 1990 a 2010	80
Tabela 48 - Emissões reais de HFC-125 no setor de refrigeração e ar condicionado no Brasil, de 1990 a 2010	81
Tabela 49 - Emissões reais de HFC-143a no setor de refrigeração e ar condicionado no Brasil, de 1990 a 2010	82
Tabela 50 - Emissões de HFC-134a no setor de espumas.....	83
Tabela 51 - Emissões de HFC-134a no setor de Aerossóis.....	83

Lista de Figuras

Figura 1 - Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor	18
Figura 2- Ciclo de vida dos fluidos halocarbônicos	26
Figura 3 - Produção de espumas no Brasil por sub-setor na em 2002.....	27
Figura 4 - Utilização de espumas no Brasil em 2008	28
Figura 5 - Consumo Nacional de CFC-12 na Fabricação de Refrigeradores	52
Figura 6 - Curvas de sucateamento para automóveis e comerciais leves	61
Figura 7 - Determinação hipotética das importações de SF ₆ no período de 1990 a 1996	76

Apresentação

O Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal (Inventário) é parte integrante da Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção de Mudança do Clima). A Comunicação Nacional, por sua vez, é um dos principais compromissos de todos os países signatários da Convenção de Mudança do Clima.

A responsabilidade pela elaboração da Comunicação Nacional é do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, por ser este Ministério o responsável pela coordenação da implementação da Convenção de Mudança do Clima no Brasil, conforme divisão de trabalho no âmbito do Governo Federal estabelecida em 1992. A Terceira Comunicação Nacional Brasileira foi elaborada de acordo com as Diretrizes para Elaboração das Comunicações Nacionais dos Países não Listados no Anexo I da Convenção (países em desenvolvimento) (Decisão 17/CP.8 da Convenção) e as diretrizes metodológicas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC).

Em atenção a essas Diretrizes, o presente Inventário é apresentado para os anos de 2006 a 2010. Em relação aos anos de 1990 a 2005, o presente Inventário atualiza as informações apresentadas no Segundo Inventário.

Como diretriz técnica básica, foram utilizados os documentos elaborados pelo IPCC: “*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” publicado em 1997, o documento “*Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*”, publicado em 2000, e o documento “*Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*”, publicado em 2003. Algumas das estimativas já levam em conta o documento “*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*”, publicado em 2006.

De acordo com as diretrizes, o Inventário deve ser completo, acurado, transparente, comparável, consistente e ser submetido a processo de controle de qualidade.

A elaboração do Inventário contou com a participação ampla de entidades governamentais e não-governamentais, incluindo ministérios, institutos, universidades, centros de pesquisa e entidades setoriais da indústria. Os estudos elaborados resultaram em um conjunto de Relatórios de Referência, do qual este relatório faz parte, contendo as informações utilizadas, descrição da metodologia empregada e critérios adotados.

Todos os Relatórios de Referência foram submetidos a uma consulta pública, com amplo envolvimento de especialistas que não participaram diretamente na elaboração do Inventário, como parte do processo de controle e garantia de qualidade. Esse processo foi essencial para assegurar a qualidade e a correção da informação que constitui a informação oficial do Governo Brasileiro submetida à Convenção de Mudança do Clima.

Sumário Executivo

Este relatório apresenta as emissões dos gases de efeito estufa pertencentes às famílias de hidrocarbonos parcialmente fluorinados, também conhecidos como hidrofluorcarbonos ou HFCs, genericamente chamados de halocarbonos, como também do hexafluoreto de enxofre - SF₆, seja pelo sua produção ou pelo seu uso.

O SF₆ e os HFCs não são produzidos no Brasil, com exceção do HFC-23 que era um subproduto indesejado da produção de HCFC-22, encerrada em 1999. As emissões de HFC-23 por essa via estão mostradas na Tabela I.

Tabela I - Resumo das emissões de HFC-23 pela produção de HCFC-22 no Brasil

Gás	1990	1995	2000	2005	2010	Variação 2005/2010
	t					%
HFC-23	120,2	153,0	-	-	-	NA

Os HFCs foram introduzidos como alternativas às substâncias destruidoras da camada de ozônio (SDO) e são usados, principalmente, no setor de refrigeração e ar-condicionado, mas também ocorrem nos setores de aerossóis, solventes, espumas e em extintores de incêndio e proteção de explosões.

O HFC-134a é o fluido refrigerante HFC mais utilizado no setor de refrigeração e ar-condicionado. Outros refrigerantes, tais com R-404A, R-410A, R-407C e outros, são misturas bem determinadas de diferentes HFCs e são utilizados na manutenção de equipamentos. Tais misturas começaram a ser utilizadas posteriormente ao HFC-134a, ainda de forma incipiente.

Já o SF₆, em face de suas excelentes propriedades como isolante inerte, não tóxico, de alta rigidez dielétrica, refrigerante não inflamável, termicamente estável e com poder de auto-regeneração, permitiu o desenvolvimento de equipamentos elétricos de alta capacidade e desempenho, além de mais compactos, leves e seguros. Destacam-se, dentre os equipamentos elétricos que foram desenvolvidos em função do SF₆, os disjuntores e as subestações blindadas, que utilizam cerca de 10% do espaço físico das subestações convencionais equivalentes.

O consumo desses gases industriais é difícil de ser estimado de forma precisa, pois envolve o conhecimento do uso em uma infinidade de equipamentos, além de envolverem informações normalmente confidenciais nas empresas que os utilizam. Para esses gases, é utilizada uma abordagem de referência, através do recolhimento mais simples das informações anuais de importação e exportação e uma hipótese de que tudo o que permanece no país seja emitido para a atmosfera nesse mesmo ano - as emissões potenciais. Na verdade isso não ocorre, pois os gases permanecem nos equipamentos por vários anos. Através de dados de mercado e pesquisas reunidos em modelos e em diversos fatores de emissão, como os sugeridos pelas diretrizes do IPCC, pode-se

ter uma abordagem mais precisa para as emissões - as emissões reais. A comparação das emissões potenciais com as emissões reais dá então um quadro melhor de análise e pode indicar caminhos para posterior aperfeiçoamento do inventário.

As Tabelas II e III apresentam o resumo das emissões reais e potenciais de HFCs e SF₆ no Brasil.

Tabela II - Emissões reais de HFCs e SF₆ no Brasil, de 1990 a 2010

Gás	1990	1995	2000	2005	2010	Variação 2005/2010
	(Gg)					(%)
HFC-125	-	-	0,0036	0,0064	0,0108	70,2
HFC-134a	0,0004	0,0028	0,4988	1,2279	2,6671	117,2
HFC-143a	-	-	0,0043	0,0075	0,0128	70,2
SF ₆	0,0099	0,0142	0,0153	0,0252	0,0087	-66,7

Obs: As emissões reais de SF₆ foram fornecidas por estudos anteriores do MCTI.

Tabela II - Emissões potenciais de HFCs e SF₆ no Brasil, de 1990 a 2010

Gás	1990	1995	2000	2005	2010	Variação 2005/2010
	(Gg)					(%)
HFC-32	-	-	-	-	0,1059	NA
HFC-125	-	-	0,0071	0,1249	0,5012	301,2
HFC-134a	0,0010	0,0163	1,7092	4,0506	7,0343	73,7
HFC-143a	-	-	0,0075	0,0929	0,4671	403,0
HFC-152a	-	-	0,0001	0,1748	-	-100,0
SF ₆	0,0480	0,0609	0,0634	0,0819	0,1118	36,4

Os gráficos a seguir apresentam as comparações das emissões potenciais com as emissões reais, para os quatro gases que puderam ser estimados de ambas as formas.

Figura I - Comparação das emissões reais com as emissões potenciais de HFC-134a

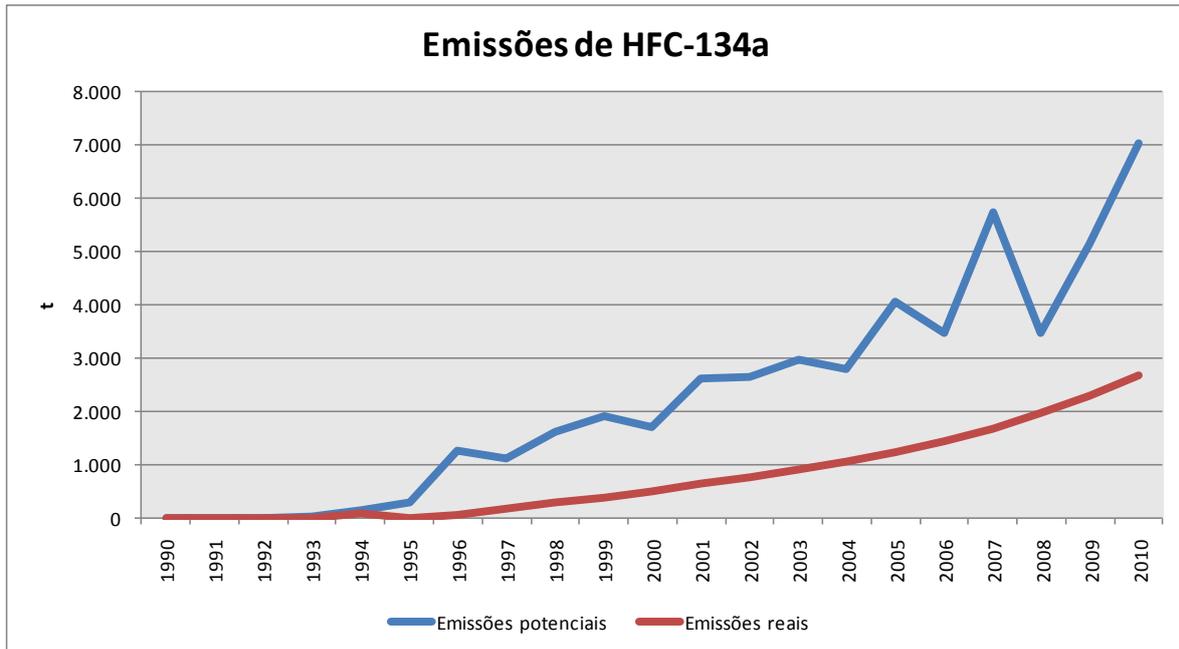


Figura II - Comparação das emissões reais com as emissões potenciais de HFC-125

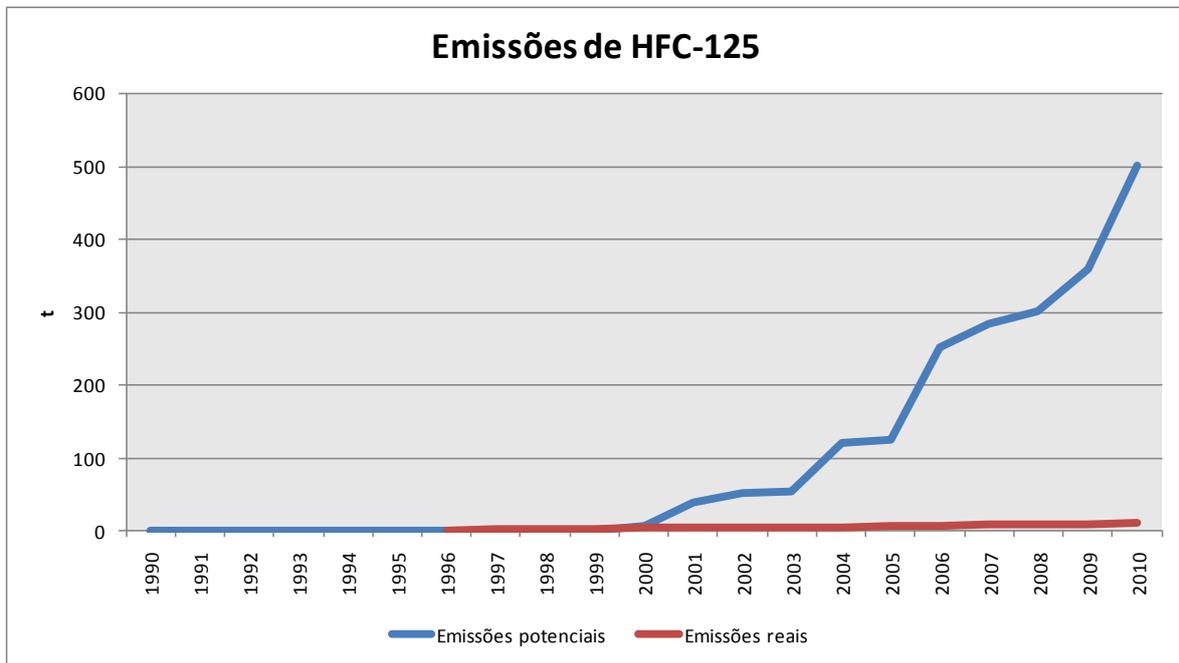
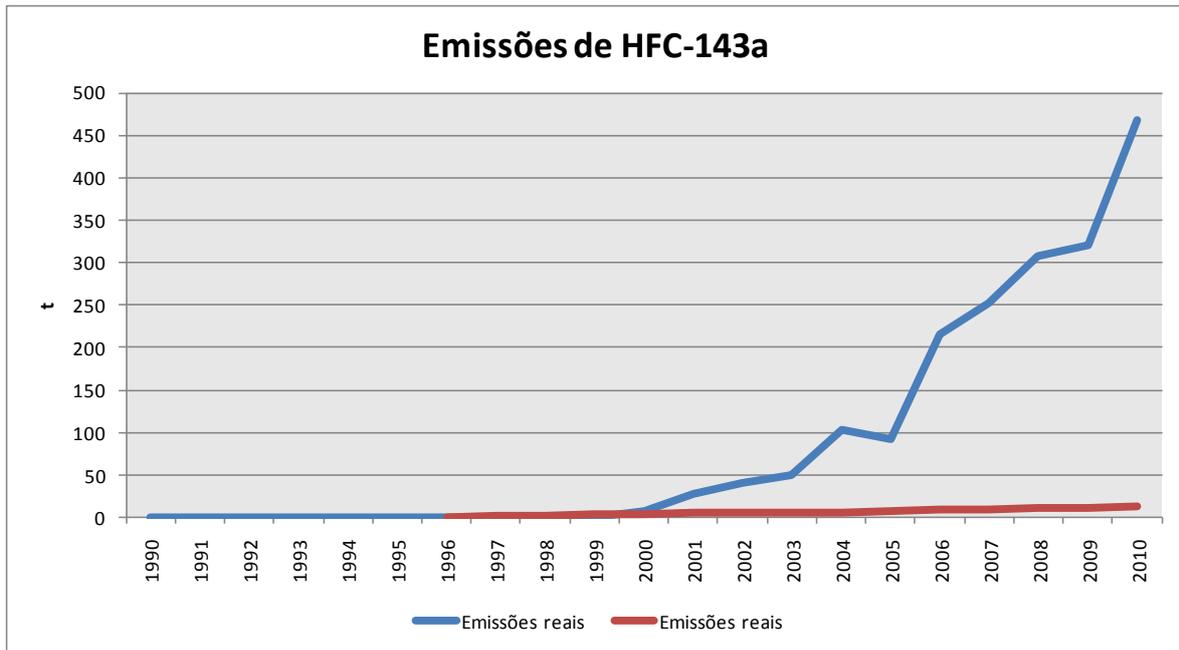
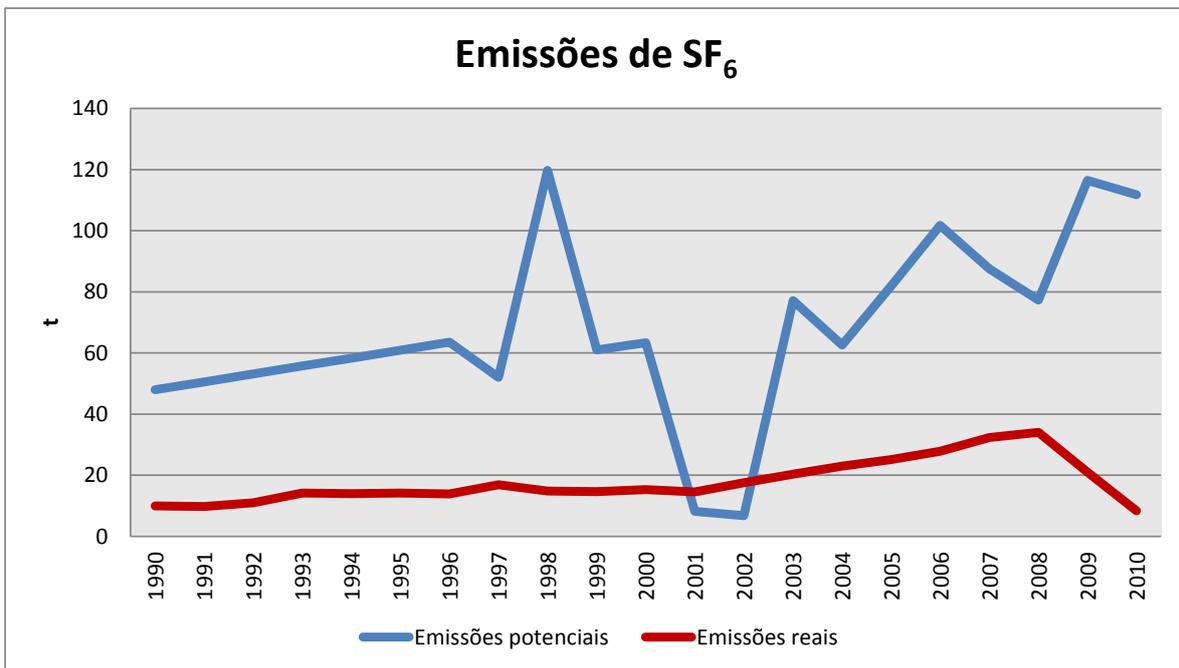


Figura III - Comparação das emissões reais com as emissões potenciais de HFC-143a

Figura IV - Comparação das emissões reais com as emissões potenciais de SF₆

Para o inventário nacional, serão consideradas as emissões reais de HFC-143a e de SF₆, para os quais a diferença entre as emissões potenciais e reais não são tão grandes, em função de dados mais robustos de utilização. Já os demais gases - HFC-32, HFC-125, HFC-143a e HFC-152 - serão contabilizados pelas suas emissões potenciais.

1 Introdução

Compostos químicos halocarbonos, também chamados de fluorquímicos, HFCs e SF₆ são gases de efeito estufa que fazem parte dos seis gases controlados pelo Protocolo de Kyoto. São consumidos em processos industriais ou usados como alternativas a Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio - SDOs¹ em várias aplicações. Também são produzidos em algumas atividades industriais que quimicamente ou fisicamente transformam materiais. HFCs e SF₆ também são emitidos em processos industriais, tais como produção de alumínio, magnésio e halocarbonos (emissões de HFC-23 na produção de HCFC-22).

Nos últimos 30 anos, diversos setores industriais estiveram envolvidos em um grande movimento de discussão e avaliação dos impactos ambientais dos halocarbonos devido à proteção da camada de ozônio e à eliminação das SDOs que originou e ainda vai gerar diversas modificações nos projetos dos produtos e equipamentos que as utilizam, assim como nos seus processos de fabricação e procedimentos de operação e manutenção.

Fruto de diversas evidências científicas que se acumularam, culminando com a descoberta do buraco na camada de ozônio na Antártica, a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio foi ratificada em 1985. Como primeiro desdobramento da Convenção de Viena, é assinado em 1987 o Protocolo de Montreal onde, na época, 28 governos acordaram uma redução na produção e consumo de CFCs e congelamento da produção e consumo de halons. O Protocolo foi substancialmente fortalecido em 1990 (Londres), com 100% de eliminação CFCs em 2000, e em 1992 (Copenhague), com 100% de eliminação dos clorofluorcarbonos (CFCs) e hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) em 1996 e 2030, respectivamente. Em Viena (1995) o controle sobre os HCFCs se tornou mais rígido com 99,5% de eliminação até 2020. Essas datas foram estabelecidas para os países denominados desenvolvidos, sendo que os países em desenvolvimento têm um prazo adicional de 10 anos. Os HCFCs têm uma eliminação posterior aos CFCs porque eles são removidos da atmosfera 5-10 vezes mais rápido que os CFCs, tendo, por isso, um menor potencial de destruição da camada de ozônio (ODP na sigla em inglês). No 20º aniversário do Protocolo de Montreal, em Montreal 2007, foi estabelecido um acordo entre os países signatários para acelerar a eliminação da produção e consumo de HCFCs. Essa decisão foi tomada com o intuito de reduzir significativamente o processo de destruição da camada de ozônio com a intenção de, simultaneamente, reduzir o impacto no aquecimento global causado pelos HCFCs. Os CFCs e os HCFCs, além de serem substâncias destruidoras da camada de ozônio, são gases de efeito estufa com alto potencial de aquecimento global (GWP na sigla em inglês).

Desde o estabelecimento do Protocolo de Montreal, a indústria de refrigeração tem procurado substitutos para os refrigerantes CFCs (clorofluorcarbonos) e HCFCs (hidroclorofluorcarbonos). Os

¹ SDOs - substâncias destruidoras da camada de ozônio conhecidas na linguagem do Protocolo de Montreal como “substâncias controladas”. Compreendem CFCs, halons, brometo de metila, tetracloreto de carbono, metil clorofórmio e HCFCs.

HFCs foram desenvolvidos nos anos 80 e 90 como alternativas aos CFCs e HCFCs em diversas aplicações, principalmente como fluidos refrigerantes. HFCs não contém cloro e desta forma não destroem a camada de ozônio, mas são gases de efeito estufa e contribuem para o processo de aquecimento global.

Usos atuais destas substâncias incluem refrigeração e condicionamento de ar, extinção de incêndio, aerossóis, solventes, e produção de espuma. Estas substâncias químicas são emitidas instantaneamente ou lentamente através de vazamentos que ocorrem ao longo do tempo, têm alto potencial de aquecimento global (GWPs) e tempos de vida atmosféricos longos. O consumo de HFCs tem crescido substancialmente ao longo dos últimos anos devido a sua importância como substitutos para SDOs.

Como o Protocolo de Montreal estabeleceu prazos diferentes para eliminação de CFCs e HCFCs em países industrializados e países em desenvolvimento, a introdução dessas substâncias nos mercados desses dois grupos de países é diferenciada. Os países em desenvolvimento não utilizam HFCs tão intensamente como os países industrializados. Além disso, nos últimos anos devido a questões de novas regulamentações ambientais que estão sendo estabelecidas em determinadas regiões e países, alguns compostos químicos HFCs, com alto valor de GWP, enfrentarão restrições futuras de uso e algumas já estão sendo substituídos por outras substâncias de baixo impacto de aquecimento global (caso, em refrigeração e ar condicionado, dos chamados “fluidos naturais”, amônia, hidrocarbonetos e CO₂) e das alternativas sintéticas de baixo GWP, HFCs insaturados, também chamados de HFOs (hidrofluor olefinas), que recentemente foram desenvolvidas e algumas já estão em fase de comercialização.

As principais aplicações de HFCs são:

- refrigeração e ar condicionado, incluindo as sub-categorias de refrigeração doméstica, refrigeração comercial, transporte refrigerado, refrigeração industrial, ar-condicionado estacionário e ar-condicionado móvel;
- agentes de expansão de espumas;
- aerossóis incluindo inaladores;
- solventes e agentes de limpeza;
- outros usos

Já o Hexafluoreto de enxofre (SF₆) é um composto químico inorgânico sintético usado como um meio de isolamento e para extinção de arco em equipamentos de transmissão e distribuição de energia elétrica, tanto em disjuntores, como em uma subestação blindada, e é liberado na operação dos sistemas. Tem propriedades elétricas, térmicas, físicas e químicas muito boas. O SF₆ é não-inflamável, não tóxico e não corrosivo. Além disso, a rigidez dielétrica é quase três vezes do ar. Após interrupção do arco, o gás SF₆ é capaz de se regenerar. Tais propriedades levaram à utilização extensiva de SF₆ no setor de energia elétrica.

Outros usos de SF₆ envolvem aplicações na indústria de magnésio, uso médico em cirurgia oftálmica e como agente de extinção de incêndio.

Este relatório apresenta as emissões dos gases de efeito estufa pertencentes às famílias de hidrocarbonos parcialmente fluorinados, também conhecidos como hidrofluorcarbonos, ou HFCs, genericamente chamados de halocarbonos, relativamente à sua produção e ao seu consumo. Também são apresentadas as estimativas de emissões de SF₆.

2 Emissões na produção e no consumo de halocarbonos

2.1 Produção de halocarbonos

As emissões de HFCs devido à produção de halocarbonos podem ser devidas a fugas existentes durante a produção de HFCs ou a emissão de HFCs produzidos como produtos secundários e que são emitidas para a atmosfera.

No Brasil, a única produção de HFC se relacionou ao segundo tipo, ou seja, esteve vinculada à produção de gás HCFC-22², este controlado pelo Protocolo de Montreal, e que tem como subproduto o HFC-23, gás de efeito estufa incluído neste inventário. Das duas empresas que produziram o HCFC-22 no Brasil, uma delas encerrou suas atividades nesse setor, no país, em 1994 e a outra, em 1999.

Como o Brasil não produz HFCs suas utilizações, nos vários setores e aplicações, são dependentes de importações.

A seguir são apresentadas as estimativas de emissões de HFCs para o setor de refrigeração e ar condicionado para o período de 1990 a 2010, utilizando as Diretrizes Revisadas de 1996 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (*Guidelines 1996*), e o Guia de Boas Práticas e Gerenciamento de Incertezas em Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (*Good Practice Guidance 2000*). Foram calculadas as emissões reais e as emissões potenciais para os HFCs.

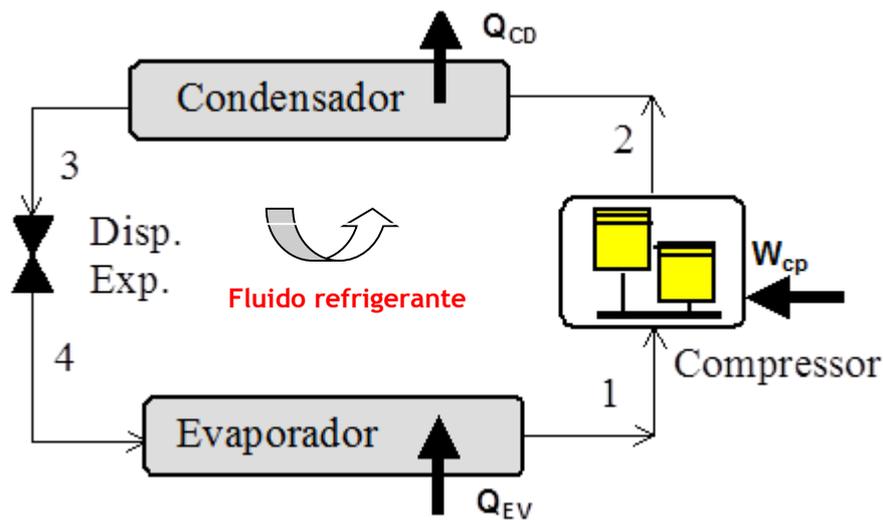
No caso do HFC-134a, admitiu-se que o seu uso é exclusivamente como fluido refrigerante consumido no setor de refrigeração e ar condicionado. O outro uso identificado, mas bastante incipiente foi como agente propelente em aerossóis medicinais (MDIs). Segundo a empresa maior importadora desta substância, a importação para uso em aerossóis durante o período de 2006 a 2010 foi em média apenas 0,65% da quantidade importada total

2.2 Consumo de halocarbonos - Setor de refrigeração e Ar Condicionado

Em meados do século XIX foi desenvolvida a tecnologia de refrigeração utilizando o ciclo termodinâmico de compressão de vapor (Rankine reverso) constando de quatro componentes básicos (compressor, condensador, evaporador e dispositivo de expansão) e de um fluido de trabalho, chamado de fluido refrigerante, ou simplesmente refrigerante, conforme apresentado na Figura 1. De uma forma geral, a indústria de refrigeração e ar condicionado evoluiu durante o século XX e hoje se faz presente em diversos setores da sociedade.

² a principal aplicação de HCFC-22 ou R-22 é como fluido refrigerante em sistemas de refrigeração comercial e equipamentos de ar condicionado estacionário

Figura 1 - Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor



As aplicações convencionais de refrigeração e de ar condicionado apresentam uma grande variação em tamanho, capacidade e nível de temperatura. Uma geladeira doméstica tem uma potência elétrica entre 50-250 W e contém de 30 a 150 g de refrigerante (dependendo do tipo de refrigerante), ao passo que centrais de ar condicionado, refrigeração industrial e armazenamento frigorificado são caracterizados por potências elétricas de vários MW e quantidade de refrigerante de várias centenas de quilogramas.

As aplicações de refrigeração, condicionamento de ar e de bomba de calor representam, hoje em dia, um dos setores usuário de energia mais importante da sociedade. Estima-se que em média, para os países desenvolvidos, o setor de refrigeração e ar condicionado responda por 10-20% do consumo de eletricidade (UNEP, 2010).

O impacto econômico das aplicações de refrigeração é muito mais significativo do que se imagina. Estimativas indicam 300 milhões de toneladas de mercadoria continuamente refrigeradas, com um enorme consumo anual de eletricidade, e cerca de US\$ 100 bilhões de investimentos em maquinaria e equipamentos, sendo que o valor estimado dos produtos tratados por refrigeração é da ordem de quatro vezes esta quantidade. (UNEP, 2010)

O processo de seleção do refrigerante para um ciclo de compressão de vapor é complexo, envolvendo a investigação de um grande número de parâmetros, incluindo:

- propriedades termodinâmicas e de transporte;
- faixas de temperatura;
- relações de pressão e temperatura;
- requisitos para o processo de compressão;

- compatibilidade com materiais e óleo;
- aspectos de saúde, segurança e flamabilidade;
- parâmetros ambientais como ODP, GWP.

Desde o estabelecimento do Protocolo de Montreal em 1987, a indústria de refrigeração tem procurado substitutos para os refrigerantes CFCs e HCFCs. Nos últimos 15 anos, os fluidos refrigerantes evoluíram de quatro substâncias destruidoras de ozônio (SDOs) (basicamente CFC-11, CFC-12, HCFC-22 e R-502), para quase uma centena de fluidos, incluindo hidrofluorcarbonos (HFCs), que foram desenvolvidos pelas indústrias químicas, além dos chamados fluidos naturais (amônia, CO₂, hidrocarbonetos e água).

Os refrigerantes hidrofluorcarbonos (HFCs) foram desenvolvidos nos anos 80 e 90 como refrigerantes alternativos aos CFCs e HCFCs. HFCs não contém cloro e desta forma não destroem a camada de ozônio, mas contribuem para o processo de aquecimento global. HFCs são gases de efeito estufa e fazem parte da "cesta de seis gases" cujas emissões devem ser reduzidas de acordo com o Protocolo de Kyoto. CFCs e HCFCs, além de substâncias destruidoras do ozônio, são também gases de efeito estufa, mas não foram incluídos no Protocolo de Kyoto pois já são controlados pelo Protocolo de Montreal. (Peixoto, 2008)

Sistemas e equipamentos de refrigeração e ar condicionado (RAC) podem ser classificados em seis sub-aplicações ou categorias:

- Refrigeração doméstica;
- Refrigeração comercial incluindo tipos de equipamentos diferentes, de máquinas automáticas de vendas a sistemas centralizados de refrigeração em supermercados;
- Processos Industriais incluindo *chillers*, armazenamento frigorificado, e bombas de calor usadas nas indústrias de alimentos, petroquímica e outras;
- Transporte refrigerado, incluindo equipamentos e sistemas usados em caminhões refrigerados, containers, e vagões;
- Ar condicionado estacionário, incluindo sistemas compactos, bombas de calor e *chillers* para aplicações residenciais e prediais; e
- Sistemas de ar condicionado veiculares, usados em carros de passageiro, cabines de caminhões, ônibus e trens.

Em todas estas sub-aplicações, HFCs, junto com outros refrigerantes não sintéticos, estão progressivamente substituindo CFCs e HCFCs. Por exemplo, o HFC-134a substituiu CFC-12 em refrigeração doméstica, *chillers* de alta pressão e sistemas de condicionamento de ar veiculares. Misturas de HFCs tal como R-410A (HFC-32/HFC-125) e o fluido HFC-32 estão sendo utilizadas para substituir o HCFC-22 principalmente em sistemas de ar condicionado estacionário; e o R-404A (HFC-

125/HFC-143a/HFC-134a) e R-507A (HFC-125/HFC-143a) são utilizadas para substituir R-502 (CFC-22/CFC-115) e HCFC-22 em refrigeração comercial.

O Anexo I apresenta informações sobre os tipos de refrigerantes, suas composições e sobre o sistema de denominação de fluidos refrigerantes adotado internacionalmente.

As aplicações de refrigeração, condicionamento de ar e de bomba de calor representam o setor que é o maior consumidor de substâncias químicas halogenadas usadas como refrigerantes. Em refrigeração e condicionamento de ar, HFCs estão sendo utilizados como a principal alternativas, aos fluidos refrigerantes CFCs e HCFCs, cujos consumos foram e estão sendo eliminados conforme decisões do Protocolo de Montreal. O Protocolo de Montreal, diferentemente do Protocolo de Quioto, não adotou restrições relativas às emissões de determinadas substâncias, mas sim considerando sua produção e consumo. No entanto, dado que CFCs e HCFCs são gases de efeito estufa, a conversão, recuperação, reciclagem e prevenção de vazamentos são ações importantes para a redução das suas emissões nas instalações de refrigeração e ar-condicionado existentes.

A seguir são descritas as várias aplicações de refrigeração e ar-condicionado onde se concentra o consumo de HFCs no Brasil

2.2.1 Refrigeração Doméstica

No panorama global, HC-600a e HFC-134a continuam a ser as alternativas dominantes para refrigerantes substitutos do CFC-12 em novos equipamentos de refrigeração doméstica.

As geladeiras fabricadas no Brasil até o ano de 1999 usavam CFC-12 como fluido refrigerante. Em função das determinações do Protocolo de Montreal, do qual o Brasil é signatário, esse fluido foi substituído, pelas empresas fabricantes de refrigeradores, pelo HFC-134a e pelo isobutano (R-600a). Esta última alternativa está sendo bastante difundida atualmente globalmente e várias indústrias produtoras de refrigeradores a estão adotando como substituição ao HFC-134a. No Brasil, A BSH Continental iniciou a produção de refrigeradores com R-600a (isobutano) no Brasil em 2004 em poucas linhas. A partir de 2011 a substituição de HFC-134a por R-600a se intensificou e hoje todos os grandes fabricantes usam este refrigerante

A fabricação e montagem de refrigeradores domésticos e "freezers" (verticais e horizontais) no Brasil tem a predominância de grandes empresas multinacionais. As principais empresas são: Multibrás (Whirlpool), BSH Continental, Electrolux, Mabe, GE-Dako, Panasonic, Samsung, Esmaltec, Metalfrio, Imbera.

A capacidade atual de fabricação de refrigeradores está em torno de 6 milhões de unidades. Atualmente, estima-se a presença de cerca de 61 milhões de refrigeradores em operação nas residências brasileiras (Giuliani, 2013).

2.2.2 Refrigeração Comercial

Refrigeração comercial é constituída por três tipos de equipamentos:

- Equipamentos compactos (“stand-alone”): todos componentes são integrados na unidade pelo fabricante, por exemplo, bebedouros, expositores (“vending machines”), congeladores (“freezers”) comerciais, etc. Os equipamentos compactos são utilizados em diversos estabelecimentos comerciais, padarias, lojas de conveniência, supermercados, e podem ser comprados ou alugados pelo dono do estabelecimento. Esses equipamentos, junto com os refrigeradores domésticos, foram os primeiros a adotar o refrigerante HFC-134a. As empresas nacionais fabricantes de refrigeradores e congeladores comerciais que fornecem equipamentos para clientes que estabeleceram políticas de não utilizar HFCs, estão se adaptando a essa determinação e passando a utilizar refrigerantes HCs (hidrocarbonetos) em alguns de seus produtos.

- Unidades condensadoras: são compostas por um (ou dois) compressor(es), um condensador, e um reservatório montados em uma chamada “unidade de condensação”, que é, em geral, localizada externamente à área de vendas. O evaporador, ou o dispositivo de refrigeração é instalado em um ou mais balcões na área de vendas e/ou em uma pequena câmara refrigerada. Unidades condensadoras são normalmente instaladas em padarias, açougues e lojas de conveniência. Também em pequenos supermercados, é possível encontrar um grande número de unidades de condensação (normalmente até 20) instaladas lado a lado em uma pequena sala de máquinas. HCFC-22 ainda é o refrigerante mais utilizado nos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Há um uso pequeno de fluidos refrigerantes HFCs, tais como HFC-134a e R-404A.

- Sistemas centralizados: nesses sistemas os compressores são montados em “racks” localizados em salas de máquinas. Esse tipo de sistema é o mais utilizado em supermercados, onde o fluido refrigerante circula pelos evaporadores localizados nos balcões e nas gôndolas e volta à sala de máquinas. Nesses sistemas, HCFC-22 é o fluido mais utilizado nacionalmente, mas há também o uso em pequena escala de refrigerante HFC (R-404A).

Existem outras configurações incluindo sistemas indiretos, onde um fluido secundário (“brine”) é resfriado em unidades de refrigeração primárias localizadas nas salas de máquinas e circula pelas gôndolas e balcões; e sistemas em cascata com dois fluidos refrigerantes. O número de instalações com essas outras configurações é ainda pequeno quando comparado com os sistemas de expansão direta.

O uso R-404A vem sendo utilizado, principalmente, em instalações de refrigeração em supermercados como alternativa ao fluido HCFC-22. Em função do prazo mais longo de substituição do HCFC-22 estabelecido pelo Protocolo de Montreal, das questões relativas a possíveis restrições ao uso de HFCs e do desenvolvimento de alternativas não HFCs, o uso de R-404A em países em desenvolvimento, chamados países “Artigo-5” na denominação do Protocolo de Montreal, é ainda bastante pequena.

No entanto, esse cenário deve se alterar no médio prazo devido à decisão dos países partes do Protocolo de Montreal em antecipar a data de eliminação total para 2030 e começar, em 2015, as restrições ao seu consumo.

O uso de CO₂ (R-744) como fluido refrigerante em instalações em supermercados é uma alternativa que foi desenvolvida nos países da Europa do norte e agora começa a ganhar mercado em várias regiões do mundo. No Brasil, o CO₂ está sendo utilizado em sistemas em cascata em conjunto com HFC-134a, como refrigerante no circuito de alta temperatura. Estima-se que haja cerca de 50 lojas atualmente). A vantagem é diminuir carga de refrigerante HFC, ou HCFC, comparativamente a uma instalação centralizada convencional.

2.2.3 Ar Condicionado Estacionário

O uso de refrigerantes HFCs em sistemas e equipamentos compactos de ar condicionado estacionário durante o período analisado se deu basicamente em equipamentos chillers (unidades resfriadoras de líquidos) com compressores centrífugos e parafuso utilizados em sistemas de ar condicionado com central de “água gelada”. Neste equipamentos utiliza-se o refrigerante HFC-134a.

Os sistemas de ar condicionado central e refrigeração industrial utilizam basicamente os refrigerantes HCFC-22 e amônia. Nos equipamentos produzidos no Brasil HCFC-22 é utilizado nas unidades resfriadoras de líquido (“chillers”) com compressores alternativos, parafuso e scroll. Alguns sistemas importados da Europa utilizam o refrigerante R-407C (mistura de HFCs). HFC-134a é utilizado nas unidades resfriadoras de líquidos (“chillers”) com compressores centrífugos, unidades que são importadas, pois não há produção local destas unidades. Amônia tem atualmente seu uso restrito a instalações de refrigeração industrial.

Na aplicação de ar condicionado comercial ou residencial constituída por equipamentos compactos, tais como “equipamentos de janela”, split ou multi-split, tanto os equipamentos produzidos no Brasil quanto os importados utilizaram quase que exclusivamente o refrigerante HCFC-22 durante o período analisado.

A partir de 2011 equipamentos de split ou multi-split começaram a ingressar no mercado nacional, importados ou fabricados no Brasil, com refrigerante HFC (R-410A) de forma mais significativa.

Este fluido HFC poderá ter o seu consumo bastante intensificado nos próximos anos em função do cronograma de eliminação dos HCFCs estabelecido pelo Protocolo de Montreal. Uma alternativa aos HCFCs e HFCs de alto GWP, nestes equipamentos, o uso de refrigerante HCs-290 (hidrocarboneto, propano) ainda não tem uma aceitação ampla, devido às restrições existentes ao uso deste refrigerante devido a questão de segurança em função da sua flamabilidade.

2.2.4 Ar Condicionado Veicular

Os sistemas de ar condicionado veicular, junto com os refrigeradores domésticos e congeladores comerciais constituem a aplicação de refrigeração e ar condicionado que apresenta um grande uso de refrigerantes HFCs, no caso o refrigerante HFC-134a. Os sistemas de climatização veiculares passaram a utilizar o refrigerante HFC-134a a partir de 1996 e este é o único refrigerante utilizado nos novos sistemas. Nos sistemas produzidos antes desta data o refrigerante utilizado era o CFC-12, substituído devido às determinações do Protocolo de Montreal.

O fluido refrigerante HFC-134a é utilizado para carga inicial e para a recarga, para compensar os vazamentos que ocorrem durante a vida útil dos sistemas de ar condicionado automotivo. Veículos (carros, caminhões, ônibus e trens) construídos antes de meados de 1990 utilizam CFC-12 como refrigerante, ou HCFC-22 usado em trens. Desde então, em resposta ao Protocolo de Montreal, os veículos novos com ar condicionado (AC) foram equipados com sistemas que utilizam HFC-134a. Até o ano 2000, a transição do CFC-12 e HFC-134a como fluido refrigerante, instalado nos sistemas de ar condicionado veiculares pelas OEM (Original Equipment Manufacturer), foi completada em todos os países. Além disso, desde meados da década de 2000, o desenvolvimento e avaliação de alternativas aos HFC-134a vem ocorrendo devido ao alto potencial de aquecimento global [GWP] do HFC-134a.

2.2.5 Transporte Refrigerado

Transporte refrigerado é a aplicação de refrigeração responsável, na chamada “cadeia do frio”, pelo transporte da carga que necessita ser refrigerada ou congelada para conservar as suas qualidades essenciais durante o transporte. Por exemplo: frutas e carnes.

Os caminhões frigoríficos que utilizavam CFC-12 como fluido refrigerante utilizam agora HFC-134a e R-404A. Atualmente, estes dois fluidos refrigerantes são os mais amplamente usados nos equipamentos de refrigeração para transportes.

Em geral, os sistemas de refrigeração para caminhões comercializados com HFC-134a são destinados a produzirem temperaturas próximas de 0oC. Para temperaturas abaixo de 0 oC utiliza-se o R-404A.

A Tabela 1 apresenta um resumo do uso de fluidos refrigerantes nos equipamentos e sistemas de refrigeração e ar condicionado novos e a Tabela 2 apresenta o uso de refrigerantes em equipamentos e sistemas antigos.

Tabela 1 - Uso de Fluidos Refrigerantes em Sistemas e Equipamentos de Refrigeração e Ar Condicionado Novos no Brasil

Aplicação	Refrigerante HFC Puro ou Misturas contendo HFCs	Outros Refrigerantes
Refrigeração Doméstica Bebedouros	HFC-134a R-401A	HC-600a
Refrigeração comercial - unidades compactas (congeladores para sorvetes e refrigeradores de bebidas, “ <i>vending machines</i> ”, expositores, etc.)	HFC-134a, R-404A, R-417A	HC-290 HC-600a R-744
Refrigeração comercial - unidades condensadoras	HFC-134a R-404A	HCFC-22
Refrigeração comercial - supermercados (sistemas centralizados com <i>rack</i> de compressores)	HFC-134a R-404A	HCFC-22 R-744
Transporte Refrigerado - caminhões frigoríficos	HFC-134a, R-404A	-
Ar Condicionado e Refrigeração Industrial (unidades resfriadoras de líquidos - <i>chillers</i> centrífugos e com compressores alternativos, parafuso ou <i>scroll</i>)	HFC-134a R-410A	HCFC-22 HCFC-123
ar condicionado comercial ou residencial constituída - equipamentos compactos, tais como “equipamentos de janela”, split ou multi-split	R-410A	HCFC-22
Ar Condicionado Veicular (automóveis, ônibus)	HFC-134a	-

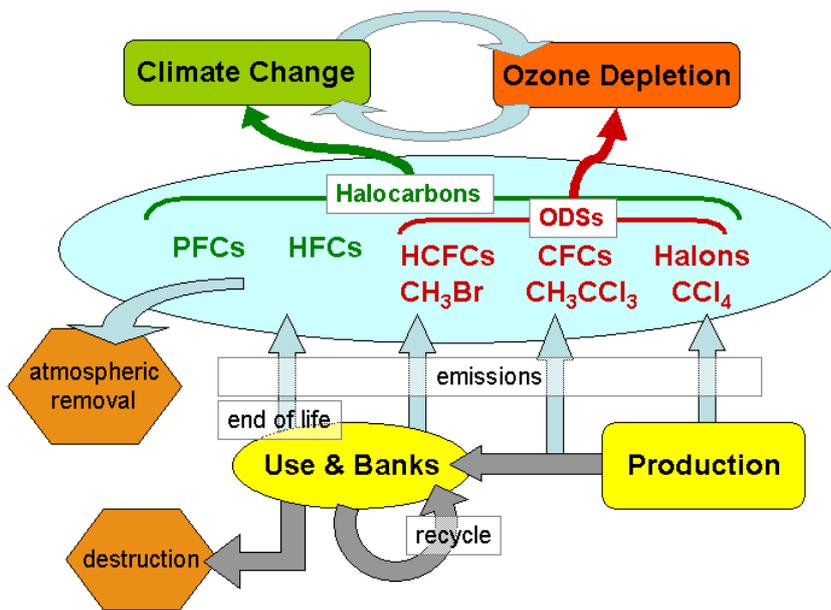
Tabela 2 - Uso de Fluidos Refrigerantes em Sistemas e Equipamentos de Refrigeração e Ar Condicionado em operação no campo (instalados) no Brasil

Aplicação	Refrigerante HFC Puro ou Misturas contendo HFCs	Outros Refrigerantes
Refrigeração Doméstica Bebedouros	HFC-134a R-401A	HC-600a CFC-12
Refrigeração comercial - unidades compactas (congeladores para sorvetes e refrigeradores de bebidas, “ <i>vending machines</i> ”, expositores, etc.)	HFC-134a, R-404A R-417A	HC-600a HC-290 CFC-12 R-502 R-744
Refrigeração comercial - unidades condensadoras	HFC-134a R-404A R-401A	HCFC-22 CFC-12
Refrigeração comercial - supermercados (sistemas centralizados com <i>rack</i> de compressores)	HFC-134a R-404A R-417A	HCFC-22 R-744
Transporte Refrigerado - caminhões frigoríficos	HFC-134a, R-404A	CFC-12 HCFC-22
Ar Condicionado e Refrigeração Industrial (unidades resfriadoras de líquidos - <i>chillers</i> centrífugos e com compressores alternativos, parafuso ou <i>scroll</i>)	HFC-134a R-407C R-410A	CFC-11 CFC-12 HCFC-22 HCFC-123
ar condicionado comercial ou residencial constituída - equipamentos compactos, tais como “equipamentos de janela”, split ou multi-split	R-407C R-410A	HCFC-22
Ar Condicionado Veicular (automóveis, ônibus)	HFC-134a	CFC-12

2.2.6 “Banco” de Refrigerantes

Em cada país ou região há um grande número de equipamentos de refrigeração e ar condicionado que contém os fluidos refrigerantes descritos. Essa quantidade de fluidos refrigerantes é chamada de “banco” (“bank” em inglês) de refrigerantes. Vendas anuais de novos refrigerantes são usadas para: aumentar o tamanho do “banco” em uso; ou substituir a fração do “banco” que foi emitida à atmosfera no último ano, (por conta de vazamentos e disposição final). A Figura 2 apresenta o ciclo de vida dos compostos halocarbônicos, a formação do “banco” e os impactos atmosféricos

Figura 2- Ciclo de vida dos fluidos halocarbônicos



Fonte: IPCC/TEAP, 2005

2.3 Consumo de halocarbonos - Setor de espumas, solventes, aerossóis e extintores

2.3.1 Setor de Espumas

A indústria de fabricação de espumas é composta de quatro sub-setores: espumas rígidas, flexíveis, moldadas e de poliestireno. A Figura 3 apresenta a participação de cada um desses sub-setores na produção nacional de espumas em 2002.

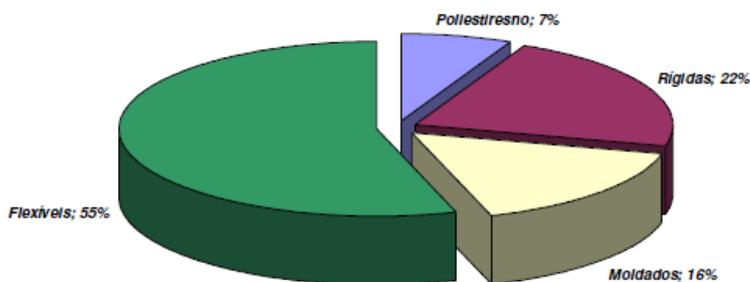


Figura 3 - Produção de espumas no Brasil por sub-setor na em 2002

Fonte: PNUD, 2007

Diversas empresas fabricam espumas rígidas, flexíveis, moldadas/pele integral em poliuretano e espumas termoplásticas, para atender os segmentos automotivo, moveleiro, construção civil, refrigeração e outros. Sua composição está estimada em 1.000 empresas, na grande maioria pequenas empresas de estrutura familiar. Encontram-se pulverizadas por todo o país, mas há uma característica concentração em São Paulo e Rio Grande do Sul (PNUD, 2007).

A indústria automotiva faz uso de espumas de pele integral e moldadas flexíveis para assentos, encostos, volantes, encostos para cabeça, descanso para os braços, revestimento de tapetes, isolamento sonoro e muitas outras aplicações. As empresas moveleiras e de estofados produzem blocos flexíveis de espuma e espumas moldadas para almofadas, colchões, travesseiros etc. A fabricação de espumas rígidas para isolamento térmico no Brasil, além da refrigeração doméstica, ocorre na refrigeração comercial, fabricação de painéis sanduíche, blocos, equipamentos para transportes (caminhões frigorificados e containers”), isolamentos para equipamentos de energia

solar e produtos para construção civil e ainda no uso de espumas rígidas como produtos estruturais (gabinetes para equipamentos). (MMA,2010)

A Figura 4 apresenta a participação de alguns setores na utilização de espumas no Brasil.

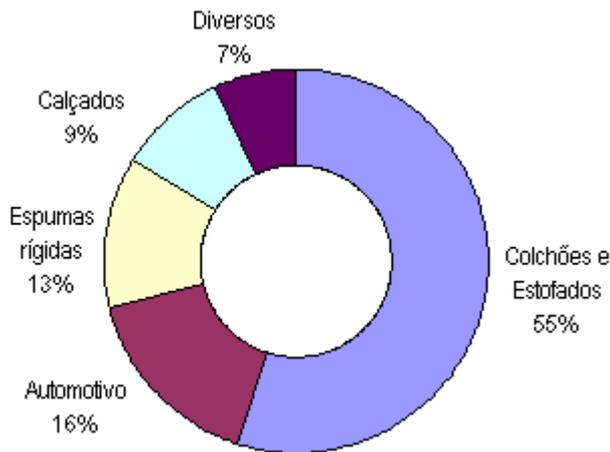


Figura 4 - Utilização de espumas no Brasil em 2008

Fonte: <http://www.poliuretanos.com.br/>

Apesar de bastante diversificado, o uso de espumas de poliuretano expandido no Brasil ainda é inferior ao de países mais desenvolvidos e vem crescendo consistentemente nos últimos anos, ocupando novos nichos de mercado. (MMA,2010)

Os CFCs e HCFCs foram e são utilizados como agentes de expansão na produção de espumas rígidas e flexíveis, pois são compostos com baixo ponto de ebulição e vaporizam com o calor desprendido durante a reação exotérmica de formação da espuma. Com a entrada em vigor do Protocolo de Montreal, o principal agente de expansão utilizado, o CFC-11, foi substituído, basicamente, pelo HCFC-141b e pelo hidrocarboneto ciclo-pentano. Globalmente, além do HCFC-141b, que será também eliminado futuramente pelas medidas previstas pelo Protocolo de Montreal, vários agentes de expansão alternativos estão agora em uso, incluindo, HFCs, ciclo/isopentano, cloreto de metileno, dióxido de carbono e água.

Atualmente está em implantação o Plano Nacional de Eliminação de HCFCs que em sua primeira fase se concentrou no setor de espumas visando eliminar o uso do HCFC-141b. Nos segmentos ou produtos onde a eficiência térmica não é a principal característica necessária, como o setor de móveis e decorações, já há predominância de espumas de poliuretano com água como agente expensor em substituição ao HCFC-141b. Algumas empresas de grande porte, fabricantes de painéis contínuos e refrigeração comercial, migraram parcialmente para o uso de ciclopentano como agente expensor. De resto, predomina o uso do HCFC-141b (MMA,2010).

A Tabela 3 a seguir fornece uma visão geral das alternativas para substituição do HCFC-141b como agente de expansão.

Tabela 3 - Tecnologias disponíveis para a conversão no setor de espumas

Aplicação	CFCs	HCFCs	HFCs	HCs	HCOs	HFCs não saturados (HFOs)	CO ₂
	<i>ODS a ser substituída</i>						
PU Equipamentos	CFC-11	HCFC-141b HCFC-22	HFC-245fa HFC-365mfc/227ea	ciclo-pentano ciclo/iso-pentano	Formiato de metila.	HFO-1233zd(E) HFO-1336mzzm(Z)	CO ₂ (água)
PU Placa	CFC-11	HCFC-141b	HFC-365mfc/227ea	n-pentano ciclo/iso-pentano		HFO-1233zd(E) HFO-1336mzzm(Z)	
PU Pannel	CFC-11	HCFC-141b	HFC-245fa HFC-365mfc/227ea	n-pentano ciclo/iso-pentano		HFO-1233zd(E) HFO-1336mzzm(Z)	CO ₂ (água)
PU Spray	CFC-11	HCFC-141b	HFC-245fa HFC-365mfc/227ea			HFO-1233zd(E) HFO-1336mzzm(Z)	CO ₂ (água) Super-critical CO ₂
PU In-situ/Block	CFC-11	HCFC-141b	HFC-245fa HFC-365mfc/227ea	n-pentano ciclo/iso-pentano		HFO-1233zd(E) HFO-1336mzzm(Z)	CO ₂ (água)
PU Pele Integral	CFC-11	HCFC-141b HCFC-22	HFC-245fa HFC-134a		Formiato de metila.		CO ₂ (água)
XPS Placa	CFC-12	HCFC-142b HCFC-22	HFC-134a HFC-152a		DME	HFO-1234ze(E)	CO ₂ CO ₂ /etanol
Fenólica	CFC-11	HCFC-141b	HFC-245fa HFC-365mfc/227ea	n-pentano ciclo/iso-pentano		HFO-1233zd(E) HFO-1336mzzm(Z)	

No processo de implementação do Plano Nacional de Eliminação de HCFCs (na sigla em inglês HPMP), várias empresas estão avaliando o uso da mistura HFC-365mfc (93%)/HFC-227ea (7%), para depois passar a utilizar os HFOs, como alternativa ao uso de HCFC-141b.

2.3.2 Setor de Solventes

Conforme definição apresentada pelo Sindisol (2010): “solventes são líquidos voláteis que têm a propriedade de dissolver ligantes, resinas ou quaisquer outros materiais sólidos e/ou líquidos sem que sejam alteradas as suas estruturas químicas originais. São indispensáveis para a cadeia produtiva de diversos segmentos industriais e empregados, por exemplo, na fabricação de plásticos e resinas, vernizes, tintas, defensivos agrícolas, adesivos, cosméticos e detergentes, entre outros inúmeros produtos, além de serem utilizados para limpeza e a esterilização de componentes de equipamentos e produtos”.

No final dos anos 40 foi descoberto que os solventes constituídos por CFCs (clorofluorcarbonos), MCF (metilclorofórmio) e CTC (tetracloro de carbono) tinham muitas vantagens sobre outros solventes orgânicos comumente utilizados e o seu uso começou a crescer. Eram utilizados basicamente em 3 processos dentro das cadeias produtivas das empresas: limpeza a quente,

limpeza a frio e como formuladores. O consumo de solventes CFCs, MCF e CTC, foi eliminado pelas determinações do Protocolo de Montreal. O Brasil chegou a produzir o tetracloroeto de carbono e CFC 113, no entanto, as instalações de produção de CFC/HCFC da Hoechst do Brasil Química e Farmacêutica S.A. pararam a produção em 1994 enquanto as da Dupont do Brasil S.A. foram fechadas em agosto de 1999.

Em substituição foram desenvolvidos Solventes HFCs, contudo sua utilização também encontra-se em processo de eliminação. Diversas alternativas foram desenvolvidas e implementadas no mundo e no Brasil. As principais alternativas, conforme descrição de Tanimoto e Soares (2000) são apresentadas abaixo:

- Solventes clorados que não atacam a camada de ozônio como o percloroetileno e o tricloroetileno;
- Soluções aquosas (utilizam água como solvente primário). Estas soluções são compostas basicamente de três componentes: os agentes construtores (estabilizadores); os aditivos orgânicos e inorgânicos; e os surfactantes e agentes que promovem humectação removendo a sujeira da superfície e iniciando o processo de emulsão;
- Soluções semi-aquosas;
- Solventes orgânicos como cetonas, alcoóis, éteres e ésteres;
- Derivados de petróleo alifáticos e aromáticos como querosene, aguarrás mineral (mistura de hidrocarbonetos constituídos principalmente de 9 a 13 átomos de carbono), gasolina, xilenos e tolueno;
- Perfluorocarbonos (PFCs): em substituição do CFC-113 e 1,1,1 Tricloroetano;
- Hidrofluorcarbonos (HFC). O HFC-4310 e a sua família de solventes para limpeza foram especialmente desenvolvidos para substituição de SDOs (CFC, HCFC-141b e PFCs). Utilizados na limpeza de precisão, são utilizados com a mesma tecnologia de desengraxe a vapor.

2.3.3 Setor de Aerossóis

Aerossol é a denominação genérica dada a um equipamento que consiste em uma embalagem, normalmente metálica, pressurizada, contendo uma mistura de um produto (desodorante, tinta, inseticida, medicamento, etc.) e um gás propelente. Essa embalagem contém uma válvula que ao ser pressionada libera a mistura de produto, ou substância a ser consumida/utilizada, e o propelente sob a forma de um spray com o nome técnico de aerossol (dispersão de partículas em um meio). Têm como princípio de funcionamento o a autopropulsão, tendo como propelente, “motor” do aerossol, um gás liquefeito ou um gás comprimido.

A indústria do aerossol engloba a produção de produtos cosméticos, farmacêuticos, veterinários, domissanitários e industriais. Desde o início da produção de aerossóis, diversos propelentes foram utilizados tais como CO₂, cloreto de metila, dimetil éter, isobutano, cloreto de vinila, etc. O uso de propelentes constituídos por clorofluorcarbonos (CFC), em substituição aos que vinham sendo utilizados, foi um dos fatores essenciais para a produção em massa de aerossóis e para a sua consolidação na aplicação em produtos cosméticos e medicinais.

A partir das determinações do Protocolo de Montreal, antigos e novos propelentes começaram a ser utilizados, entre eles o GLP (mistura de hidrocarbonetos, butano, iso-butano, propano e outros gases insaturados), dióxido de carbono e nitrogênio. Esses gases são utilizados atualmente em 95% dos aerossóis, o restante usa HFCs (basicamente o HFCs 134a), que foram escolhidos por suas propriedades especiais principalmente para uso em aerossóis medicinais Inaladores de Dose Medida MDIs (do inglês Metered Dose Inhalers).

Os aerossóis podem ser classificados em produtos não medicinais e produtos medicinais apresentados abaixo.

Produtos não-medicinais

O uso de CFC na produção de aerossóis não-medicinais como produtos de higiene pessoal, spray para cabelo, perfumes, produtos domésticos, inseticidas, produtos automotivos, produtos industriais e tintas, etc; foi proibido em 1988 de acordo com a legislação brasileira, antes mesmo do Brasil se tornar Parte do Protocolo de Montreal (MMA, 2007).

Em todo o mundo os hidrocarbonetos (misturas de butano/propano) são os propelentes mais usados para substituir as misturas de CFC-12, CFC12/11 e CFC-12/114. O éter metílico comprimido e gases dissolvidos, como nitrogênio e dióxido de carbono, assim como meios alternativos de embalagens também têm tido seu papel na substituição de CFCs usados como propelentes de aerossóis.

Produtos Medicinais

O Protocolo de Montreal adotou uma categoria chamada de “usos essenciais” para permitir o uso de SDOs em aplicações onde até o momento não havia tecnologia alternativa comercialmente disponível. O uso de CFCs em formulações farmacêuticas e em medicamentos para tratamentos em forma de aerossol, tais como MDIs, se encaixou nessa definição, conforme apresentado na Resolução CONAMA N° 267 (CONAMA, 2000), e foi isentado da legislação de 1988.

Dessa forma o consumo de CFCs restante, pós 1989, no setor de aerossóis se destinou à fabricação de inaladores MDI, predominantemente produtos bronco-dilatadores para o tratamento de asma e doenças pulmonares obstrutivas crônicas. (MMA, 2007). Os CFCs usados na produção de MDIs foram os CFC 11 e CFC 12. A substituição de CFCs em MDIs tem sido realizada com a substituição total por HFC 134a a partir de 2011, ou com outras formas de embalagens dosimetradas. Identificou-se o uso de HFC-134a em MDIs a partir de 2006.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, como membro integrante do Grupo de Trabalho instituído pela Portaria do Ministério da Saúde no 1.788/2006 e responsável pelo controle de medicamentos no País adotou medidas disciplinares por meio da RDC N° 88 de 25 de novembro de 2008 que dispõe sobre a adequação dos medicamentos registrados que possuam clorofluorcarbonos. Esta legislação determina a data limite para produção e importação de medicamentos inaladores de dose medida que utilizem gás propelente do tipo CFCs, assim como prazos regulamentares para adequação dos registros desses medicamentos. Estabeleceu, também, mecanismos de monitoramento sobre a produção, importação e comercialização no mercado nacional e exportação. A Resolução estabeleceu os seguintes prazos:

- 31 de dezembro de 2010 para adequação de registros de MDIs-CFCs para medicamentos não-CFCs;
- 1º de janeiro de 2011 para proibição da produção e importação de MDIs-CFCs

2.3.4 O Setor de Extinção de Incêndios - Extintores

O setor de extinção de incêndios inclui o uso de equipamentos de segurança, chamados extintores de incêndio portáteis, que tem o objetivo de extinguir ou controlar incêndios em situações de emergência. Esses equipamentos são constituídos por cilindros contendo um agente de extinção de incêndio, ou agente extintor, pressurizado e são utilizados no local do incêndio. São utilizados em edificações, indústrias, aeronaves, embarcações, etc.

Os agentes extintores combatem incêndios usando suas diferentes propriedades, podendo ser mais ou menos eficazes dependendo do material que está em combustão (Química e Derivados, 2009). De acordo com UFRJ (2010), os diversos extintores de incêndio utilizam os seguintes agentes de extinção de incêndios:

- Água
- Pó químico: várias composições sendo as mais comuns, do tipo BC - fabricado com 95% de bicarbonato de sódio e 5% de estearato de potássio; de magnésio; e ABC, tendo como principal componente, o fosfato monoamônico
- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Espuma
- Compostos Halogenados (halons). Os halons são substâncias destruidoras da camada de ozônio (SDOs) e são controlados pelo Protocolo de Montreal

O Brasil proibiu desde 2001 a produção de novos produtos/equipamentos contendo halons através da Resolução CONAMA 267/00. Além disso, as ações de implementação do Protocolo de Montreal para a área de extinção de incêndios tiveram como objetivo a eliminação do Halon-1301 e do Halon-1211, além da sua substituição por produtos alternativos. Após o abandono dos halons, o setor de extinção de incêndio no Brasil passou a usar agentes extintores à base de pó químico. Alguns modelos utilizam HFCs.

Segundo MCTI (2006) em termos globais, mas considerando fundamentalmente os países desenvolvidos, apenas 20% das aplicações de halons foram substituídas por HFC's. Essas proporções podem ser menores em determinados países, dependendo do tipo de uso e dos riscos a serem protegidos.

Os HFCs são substitutos para os halons em áreas ocupadas onde espaço e peso são restrições ou a velocidade de extinção do fogo é importante. Porém, há um fator limitador ao crescimento do uso de HFC's nos equipamentos de combate a incêndios, que é o elevado custo do sistema comparativamente com outras alternativas no mercado. (Herculano Xavier da Silva Junior, 2009)

A Tabela 4 apresenta as alternativas HFCs para substituição dos halons.

Tabela 4 - Agentes de Extinção de Incêndio Alternativos aos Halons

Agente	Constituintes
HFC-125	C ₂ H ₂ F ₅ - Pentafluoroetano
HFC-23	CHF ₃ - Trifluorometano
HFC-227ea	CF ₃ CH ₂ CF ₃ - 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃ - 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropano
HFC Mistura B	HFC-134a, CH ₂ FCF ₃ , 1,1,1,2-tetrafluoroetano, 86 wt.%; HFC-125, C ₂ H ₂ F ₅ , Pentafluoroetano, 9 wt.%; Dióxido de carbono, CO ₂ , 5 wt.%

Fonte: UNEP, 2010

O HFC-227ea (heptafluoropropano) é o gás substituto do halon mais difundido a nível mundial. O HFC-227ea extingue o incêndio através da absorção e extração do calor das chamas; quando o gás se descompõe, a chama diminui de temperatura e a reação química de combustão é detida.

3 Metodologia

3.1 Emissões de HFC-23 pela produção de HCFC-22

As emissões de HFC-23 pela produção de HCFC-22 foram estimadas pela abordagem Tier 1, usando-se o valor default de 4% da produção de HCFC-22 para as emissões de HFC-23 (U.S. EPA, 1994 - Guidelines 1996).

3.2 Emissões no consumo de HFCs - Refrigeração e Ar condicionado

As emissões devidas ao consumo de HFCs nas várias aplicações podem ser estimadas por metodologias com diferentes níveis de complexidade, as quais são apresentadas a seguir.

3.2.1 Tier 1 - emissões potenciais

Na metodologia Tier 1 (a e b), as emissões potenciais de uma certa substância química são iguais à quantidade de substância virgem consumida no país menos a quantidade de substância química recuperada para destruição ou exportação no ano em consideração. Todas as substâncias químicas consumidas serão emitidas à atmosfera ao longo do tempo se não forem destruídas, e no longo prazo, emissões potenciais igualarão as emissões reais.

Esse método permite uma estimativa das emissões através da seguinte equação:

$$\text{Potencial de Emissões} = \text{Produção} + \text{Importação} - \text{Exportação} - \text{Destruição}$$

Existem duas versões do método Tier 1. Na versão Tier 1a, as substâncias químicas contidas nos produtos não são consideradas, ao contrário da versão Tier 1b.

Duas versões foram apresentadas porque muitos países podem ter dificuldades com a disponibilidade de dados relativos a importações e exportações de HFCs/PFCs contidos em produtos. A metodologia Tier 1b é a preferida se os dados relevantes estiverem disponíveis.

⇒ Tier 1a

O método Tier 1a pode subestimar ou superestimar o potencial de emissões, dependendo da relação entre importação e exportação de produtos contendo HFC/PFC.

São consideradas tanto as importações como as exportações de HFC/PFC em volume (bulk).

⇒ Tier 1b

Tier 1b é uma extensão do método Tier 1a e inclui HFCs/PFCs contidos em vários produtos que são importados e exportados.

No método Tier 1b, considera-se como importação a quantidade de HFC/PFC importada em volume mais a quantidade destas substâncias contidas nos produtos importados. Como exportação é considerada a quantidade de HFC/PFC exportada em volume mais a quantidade destas substâncias contidas nos produtos exportados.

Importação = Substância química importada em volume + quantidade de substância química importada em produtos contendo HFC/PFC

Exportação = Quantidade exportada em volume + quantidade exportada em produtos que contém HFC/PFC

3.2.2 Tier 2 - emissões reais

Na metodologia Tier 2, estimativas de emissões reais levam em conta a diferença de tempo entre consumo e emissão, que pode ser considerável em algumas áreas de aplicação, por exemplo, espumas, refrigeração e equipamentos de extinção de incêndio. Os atrasos de tempo resultam do fato que uma substância química é colocada em novos produtos e então vaza lentamente ao longo do tempo.

Esse método, geral para todas as aplicações dos HFCs, PFCs e SF₆, permite uma estimativa das emissões reais, seja em uma abordagem bottom-up quanto em uma abordagem top-down.

⇒ Tier 2a - *Bottom-up*

O método Tier 2a - Bottom-up é baseado no cálculo de emissões na montagem, operação, e disposição final dos equipamentos. A equação geral é:

$$\text{Emissões Totais} = \text{Emissões na Montagem} + \text{Emissões na Operação} + \text{Emissões na Disposição}$$

Emissões na Montagem - incluem as emissões associadas com fabricação de produto, mesmo que os produtos sejam eventualmente exportados.

Emissões na Operação - incluem vazamentos anuais das substâncias químicas e as emissões referentes à manutenção, que ocorrem no conjunto dos equipamentos em uso. Esse cálculo deve incluir todas as unidades no país, independentemente de onde elas foram fabricadas.

Emissões na Disposição - incluem as substâncias químicas liberados de sistemas sucateados ou em disposição final. Analogamente às emissões na operação, devem incluir todos os equipamentos no país onde eles foram sucateados, independentemente de onde eles foram fabricados.

⇒ Tier 2b - *Top-down*

No método Tier 2b - Top-down, as três etapas de emissões são combinadas na seguinte equação simplificada:

$$\text{Emissões} = (\text{Vendas Anuais de Novas Substâncias Químicas}) - (\text{Carga Total em Equipamentos Novos}) + (\text{Carga Total Original de Equipamentos Sucateados})$$

Vendas Anuais de Novas Substâncias Químicas - representam as quantidades dessas substâncias introduzidas nos setores de consumo num determinado país e num dado ano. Incluem toda a substância química utilizada para carregar ou recarregar um equipamento, quer a carga seja realizada na fábrica, no campo depois de instalação, ou realização de recarga do equipamento nas operações de manutenção.

Carga total em Equipamentos Novos - é a soma das cargas de todos os equipamentos novos que são vendidos no país num dado ano. Inclui tanto as substâncias químicas para fazer a carga de equipamentos na fábrica quanto para carga de equipamentos no campo, após a sua instalação.

Carga Total Original de Equipamentos Sucateados - é a soma das cargas originais de todos os equipamentos que são sucateados no país num ano dado. Inclui tanto o gás que foi necessário para carregar inicialmente o equipamento na fábrica quanto o que foi necessário para carga inicial de equipamento no campo, depois de instalação.

Neste trabalho serão apresentadas a seguir as estimativas para as emissões potenciais de HFCs, utilizando-se o método Tier 1b, assim como a estimativa das emissões reais de HFCs no país, utilizando-se a metodologia Tier 2a - Bottom-up, cujas equações gerais foram apresentadas acima.

Para o cálculo das emissões reais Tier 2a - bottom-up foram usados os seguintes percentuais de vazamentos usados na montagem e na operação para todos os produtos considerados:

- **Na montagem:**
 - Refrigeração doméstica 0,6%
 - Refrigeração comercial 1,75%
 - Automóveis 0,5%
 - Ônibus 0,5%
 - Caminhões frigoríficos 0,5%
 - Unidades de resfriamento (*chillers*) 1,0%
 - Bebedouros 0,6 %

- **Na operação:**
 - Refrigeração doméstica 0,5%
 - Refrigeração comercial 10%
 - Automóveis 20%
 - Ônibus 30%
 - Caminhões frigoríficos 30%
 - Unidades de resfriamento (*chillers*) 10%
 - Bebedouros 10 %

3.3 Emissões no consumo de HFCs - Espumas, Solventes, Aerossóis e Extintores

3.3.1 Espumas

1) Espuma de célula aberta

Para espumas de célula aberta, emissões de HFC ocorrem durante a fabricação e são iguais a 100% da quantidade de substância química usada como o agente de expansão. Desta forma, as emissões totais de HFC no ano t para espumas de célula aberta podem ser calculados da seguinte forma:

Emissões de HFCs no ano $t = 100\%$ da quantidade de HFCs comercializados para produção de espumas de célula aberta no ano t

2) Espuma de célula fechada

Para espumas de célula fechada, somente cerca de 10% do agente expensor é liberado durante o processo de espumação, enquanto a substância química restante fica contida no isolamento. Esta quantidade que permanece na espuma é liberada lentamente ao longo dos 20 a 25 tempo de tempo de vida da espuma. Emissões de HFC de espuma isolante no ano t são calculadas como:

Emissões de HFCs no ano $t = 10\%$ da quantidade total de HFC usado na fabricação de espuma isolante no ano em $t + 4,5\%$ da quantidade de HFC originalmente utilizada na espuma fabricada entre o ano t e $t - 20$

Para as emissões do setor de espumas foi utilizada a equação para espumas de célula fechada, admitindo-se que a espuma foi fabricada no meio do ano t e, desta forma, a parcela das emissões referente a liberação do HFC-134a contido na espuma ocorrerá ao longo do meio ano restante para finalizar o ano em análise. Para o primeiro ano considerou-se 50% de vazamento.

3.3.2 Solventes

Substâncias químicas usadas como agentes de limpeza são totalmente (100%) emitidas durante ou logo após o uso. A metodologia proposta assume que os solventes, na media, são utilizados 6 meses após a venda.

Emissões de HFCs no ano $t = 50\%$ da quantidade de HFCs vendida para aplicações como solventes no ano $t + 50\%$ da quantidade de HFCs vendida para aplicações como solventes no ano $t - 1$

3.3.3 Aerossóis

As emissões de aerossóis normalmente ocorrem pouco depois produção, em média seis meses depois de venda. No entanto, o período entre fabricação e venda pode variar significativamente dependendo da sub-aplicação envolvida. Durante o uso de aerossóis, 100 por cento da substância química é emitida.

Emissões de aerossóis são estimadas no IPCC Guidelines 1996 de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Emissões} = St \cdot FE + St-1 \cdot (1 - FE) - Dt-1$$

onde:

Emissões = emissões no ano t

St = quantidade de HFC em aerossóis vendida no ano t

St-1 = quantidade de HFC em aerossóis vendida no ano t-1

FE = fator de emissões (= fração da substância química emitida no ano do seu uso inicial)

Dt-1 = quantidade de HFC em aerossóis destruída no ano t-1

Adotando-se FE = 50% e que não houve destruição (Dt = 0), tem-se:

Emissões de HFCs no ano t = 50% da quantidade de HFCs contida em aerossóis vendidos no ano t + 50% da quantidade de HFCs contida em aerossóis vendidos no ano t-1

3.3.4 Extintores

Emissões de halons, contidos em equipamentos de extinção de incêndio, podem ser estimadas como sendo 60% da quantidade do halon 1211 contido em novos extintores de incêndio portáteis instalados cada ano, e 35% do total de halon 1301 contido nos novos equipamentos do tipo por saturação instalados cada ano. As quantidades restantes de substância química, 40% para o caso dos extintores de incêndio portáteis, e 65% para equipamentos por saturação com halon 1301, respectivamente, adicionam-se ao banco de substâncias químicas de extinção de incêndio. Como halons estão sendo substituídos por HFCs em alguns casos, emissões de HFCs podem ser estimadas, considerando o acima apresentado para equipamentos portáteis e por saturação, da seguinte forma:

Emissões de HFCs no ano t = 60% da quantidade total de HFC usado em equipamentos novos de extinção de incêndio portáteis instalados no ano t.

De forma similar, estimativas de emissões no ano t para equipamento por saturação podem ser calculadas como:

Emissões de HFCs no ano t = 35% da quantidade total de HFC usada em novos equipamento instalados no ano t

3.4 Emissões de SF₆ de Equipamentos Elétricos e Outras Fontes

O Hexafluoreto de Enxofre (SF₆) é usado para isolamento elétrico e interrupção de corrente em equipamento usado na transmissão e distribuição de eletricidade. A maioria do SF₆ usado em equipamento elétrico é utilizada em subestações de alta tensão isolada a gás (gas insulated switchgear - GIS) e disjuntores. Pode ser utilizado, em menor quantidade, no isolamento de linhas de transmissão de alta tensão e outros equipamentos.

A escolha do método para estimativa de emissões de SF₆ dependerá de circunstâncias nacionais. O GPG 2000 apresenta o método Tier 1, duas variações do método Tier 2 e três formatos alternativos de um procedimento mais exato denominado Tier 3. Para este inventário foi utilizado o Tier 2b, onde são avaliadas a capacidade instalada SF₆ de todos usos, associando as emissões com o uso de SF₆. A estimativa de vazamentos anuais baseou-se em fator default, segundo o Good Practice Guidance 2000, no valor de 2% ao ano.

4 Dados

A coleta de dados para a estimativa das emissões nos setores e aplicações analisados é bastante complexa e, mesmo assim, não se consegue obter a totalidade das informações necessárias. Portanto, algumas hipóteses simplificadoras precisam ser incluídas, o que é explicado ao longo deste capítulo.

4.1 Produção de HCFC-22

A Tabela 5 resume a produção brasileira de HCFC-22, encerrada em 1999, de acordo com Revisão do Programa Brasileiro de Eliminação das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio - PROZON 1999.

Tabela 5- Produção de HCFC-22 no Brasil, de 1990 a 1999

Ano	Produção HCFC-22
	t
1990	3.006
1991	3.438
1992	4.090
1993	4.307
1994	3.915
1995	3.826
1996	2.226
1997	2.383
1998	326
1999	2.429

4.2 Uso de HFCs - emissões potenciais - Tier 1b

Foi utilizada a metodologia Tier 1b para estimar essas emissões. Ela leva em consideração a produção nacional (inexistente), a importação e exportação de HFCs, seja direto como fluidos seja dentro de equipamentos importados e exportados.

As importações e exportação de fluidos refrigerantes HFCs foram obtidas a partir das informações disponibilizadas pelo sistema de análise das informações de comércio exterior via internet, denominado ALICE-Web, da Secretaria de Comércio Exterior - SECEX, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. Esse serviço do governo federal torna público um banco de dados sobre importações e exportações brasileiras.

Para o acesso às informações do ALICE-Web, a fim de se obter os dados sobre a importação e exportação dos fluidos refrigerantes HFCs, foi necessária a obtenção dos códigos NCM -

Nomenclatura Comum do Mercosul - para essas substâncias, o que foi realizado a partir de contatos com empresas importadoras.

⇒ Importação de HFC-134a

Apesar do uso do fluido refrigerante HFC-134a na produção de produtos e equipamentos de refrigeração e ar-condicionado no Brasil, ter começado no ano de 1996, observa-se que a partir de 1990 houve importação, em pequena, mas crescente quantidade dessa substância. A interpretação desse fato adotada neste trabalho, fruto das informações obtidas e das discussões com representantes de empresas participantes nesse mercado, é que essa importação, entre 1990 e 1994, foi utilizada para a constituição de estoque e/ou para carga ou recarga (manutenção) de sistemas de ar-condicionado industrial com unidades resfriadoras de líquidos (“chillers”) com compressores centrífugos ou parafusos importados (já produzidos nos países de origem para uso de HFC-134a); e para a recarga (manutenção) de sistemas de ar-condicionado automotivo de veículos importados (também produzidos nos países de origem para o uso de HFC-134a). Não foi possível a obtenção de dados de atividade desses subsetores que permitissem a comprovação dessa interpretação. Decidiu-se, considerando que a recarga de equipamentos significa emissão, adotar a hipótese que 50% da quantidade importada entre 1990 e 1994 foram emitidos.

A importação de HFC-134a, além da que acontece em bulk e mostrada na Tabela 6, deve ser acrescentada da quantidade contida em equipamentos importados.

Tabela 6 - Importação de HFC-134a

Ano	Importação(<i>bulk</i>)	Importação de HFC-134a dentro de misturas R-4XX	Importação de gás dentro de refrigeradores domésticos	Importação de gás dentro de automóveis
	kg	kg	kg	kg
1990	865	-	129	-
1991	1.802	-	24	-
1992	8.427	-	40	-
1993	15.993	-	329	-
1994	136.905	-	349	-
1995	287.243	-	3.421	-
1996	1.243.299	-	1.376	28.723
1997	1.084.559	-	24.453	45.062
1998	1.613.955	-	10.502	63.656
1999	1.935.627	-	7.113	34.432
2000	1.814.410	-	7.611	33.513
2001	2.727.524	-	3.397	42.674
2002	2.763.658	-	2.688	29.016
2003	3.267.625	-	2.603	19.454
2004	3.218.763	-	1.551	14.021
2005	4.491.010	-	3.396	20.346
2006	3.833.893	19.382	6.924	39.925
2007	6.023.421	23.914	11.096	91.171
2008	3.665.547	24.847	12.065	116.839
2009	5.194.744	35.932	9.852	163.458
2010	7.072.471	19.382	17.653	224.165

Fonte: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>

⇒ Exportação de HFC-134a

A exportação de HFC-134a em bulk é quase inexistente em quase todo período analisado, apresentando valores muito pequenos nos anos de 2007 a 2010 e a quantidade exportada em produtos refere-se à exportação de refrigeradores domésticos e veículos dotados de sistema de ar condicionado com carga de fluido refrigerante constituída por HFC-134a.

A exportação de refrigeradores foi obtida no sistema ALICE-Web a partir do ano 1997, quando começaram a ser exportados refrigeradores contendo HFC-134a. Para estimar a parcela dos refrigeradores exportados com HFC-134a de 1997 a 2000, período no qual conviveram os usos de CFC-12 (em processo de substituição por HFC-134a) e HFC-134a, utilizou-se o procedimento adotado anteriormente, neste setor, em relação ao percentual de unidades que utilizam o HFC-134a, considerando-se a carga de 135 g de gás. A Tabela 7 mostra esses dados.

Tabela 7 - Exportação de refrigeradores e carga de HFC-134a

Ano	Refrigeradores exportados	Uso de HFC-134a	Refrigeradores com HFC-134a	Carga de HFC-134 ^a exportada
	Unidade	%	Unidade	kg
1997	223.066	30,3	67.561	9.121
1998	245.493	45,2	110.917	14.974
1999	333.818	39,5	131.803	17.793
2000	414.799	99,7	413.698	55.849
2001	467.230	100,0	467.230	63.076
2002	473.032	100,0	473.032	63.859
2003	1.249.290	100,0	1.249.290	168.654
2004	1.570.872	100,0	1.570.872	212.068
2005	1.108.922	100,0	1.108.922	149.704
2006	975.485	100,0	975.485	131.690
2007	852.829	100,0	852.829	115.132
2008	699.333	100,0	699.333	94.410
2009	455.292	100,0	455.292	61.464
2010	453.367	100,0	453.367	61.205

A Tabela 8 apresenta os dados de exportação de HFC-134a considerando a carga contida nos refrigeradores e a contida nos veículos dotados de ar condicionado.

Tabela 8 - Exportação de HFC-134a

Ano	Exportação de HFC-134a como fluido ³	Exportação de HFC-134a dentro de misturas R-4XX	Exportação de gás dentro de refrigeradores domésticos	Exportação de gás dentro de automóveis	Total
	kg	kg	kg	kg	kg
1996	-	-	-	18.560	18.560
1997	-	-	9.121	41.327	50.447
1998	-	-	14.974	58.292	73.266
1999	-	-	17.793	59.487	77.281
2000	-	-	55.849	90.480	146.329
2001	-	-	63.076	85.147	148.223
2002	-	-	63.859	98.452	162.312
2003	-	-	168.654	154.273	322.928
2004	-	-	212.068	233.561	445.629
2005	-	-	149.704	314.418	464.122
2006	-	-	131.690	281.311	413.002
2007	665	0	115.132	288.137	403.934
2008	472	272	94.410	265.161	360.315
2009	10.136	161	61.464	182.855	254.616
2010	9.047	0	61.205	245.632	315.884

Outros consumos não individualizados

Durante o final do período analisado, há a utilização de outras substâncias HFCs, em quantidade muito menor que o HFC-134a. Esses HFCs são utilizados como constituintes de diversos fluidos refrigerantes, misturas que contêm HFCs na sua composição. Esses fluidos refrigerantes misturas, conhecidos como R-4XX, segundo a denominação ASHRAE - American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, são apresentados na Tabela 9. Considerando-se a ausência de informações adequadas sobre dados de atividades do setor de refrigeração e ar condicionado referentes à utilização desses fluidos refrigerantes, apenas foram consideradas as emissões potenciais das misturas. Como os valores de quantidades importadas obtidos no portal Aliceweb referem-se a um grupo de misturas, cuja composição em termos de compostos HFCs é variável, não é possível com base nos dados de importação estimar as emissões dos HFCs constituintes.. Ressalte-se que as emissões reais de R-404A, o refrigerante mais importante deste grupo e com consumo, segundo estimativa de especialistas maior, foram estimadas para as sub-aplicações de refrigeração comercial e transporte frigorificado.

Tabela 9 - Outros HFCs não individualizados

Fluido Refrigerante	Composição percentual
R-404a	R-125/143a/134a (44,0/52,0/4,0)
R-407C	R-32/125/134a (23,0/25,0/52,0)
R-410A	R-32/125 (50,0/50,0)
R-417A	R-125/134a/600 (46,6/50,0/3,4)
R-422A	R-125/134a/600 (85,1/11,5/3,4)
R-422D	R-125/134a/600 (65,1/31,5/3,4)
R-423A	134a/227ea (52,5/47,5)
R-437A	R-125/134a/600/601 (19,5/78,5/1,4/0,6)
R-438A	R-32/125/134a/600/601 (8,5/45,0/44,2/1,7/0,6)

Obs. R significa refrigerante e pode significar CFC, HCFC, HFC ou HC

A Tabela 10 e a Tabela 11 apresentam informações sobre importação e exportação de outros fluidos refrigerantes HFCs com uso menos significativo. Para esse outros grupos de fluidos refrigerantes, como aproximação, o grupo fiscal de misturas R-404A, 407C, 422D, 437A, 417A, 422A e 438A foi reduzido a apenas R-404A; para o grupo R-410A e 423A, considerou-se tudo como referente a apenas R-410A. Assim, as informações de importação e exportação desses grupos foram divididas conforme seus gases componentes.

Tabela 10 - Importações e Exportações de R-404A, 407C, 422D, 437A, 417A, 422A, 438A⁴

Ano	Importação de R-404A, 407C, 422D, 437A, 417A, 422A, 438A	Exportação de R-404A, 407C, 422D, 437A, 417A, 422A, 438A
	kg	Kg
1990	0	0
1991	0	0
1992	0	0
1993	0	0
1994	0	0
1995	0	0
1996	0	0
1997	0	0
1998	0	0
1999	0	0
2000	0	0
2001	0	0
2002	0	0
2003	0	0
2004	0	0
2005	0	0
2006	0	0
2007	484.553	0
2008	597.862	6.794
2009	621.176	4.015
2010	898.308	0

Fonte: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>⁴ Os refrigerantes R-404A, 407C, 422D, 437A, 417A, 422A, 438A tem o mesmo código NCM igual a 38247810

Tabela 11 - Importações e Exportações de R-410A, 423A⁵

Ano	Importação de R-410A, 423A	Exportação de R-410A, 423A
	kg	Kg
1990	0	0
1991	0	0
1992	0	0
1993	0	0
1994	0	0
1995	0	0
1996	0	0
1997	0	0
1998	0	0
1999	0	0
2000	0	0
2001	0	0
2002	0	0
2003	0	0
2004	0	0
2005	0	0
2006	0	0
2007	145.127	1.587
2008	83.997	0
2009	174.329	0
2010	211.825	16

Fonte: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>

No Segundo Inventário Nacional houve também a identificação dos seguintes valores de importação de HFCs:

Tabela 12 - Importações de HFCs identificadas no Segundo Inventário Nacional

Ano	HFC-125	HFC-143a	HFC-152a
	t		
2000	7,07	7,48	0,14
2001	39,21	27,09	29,54
2002	50,75	39,82	8,13
2003	54,79	50,04	23,77
2004	120,74	103,71	54,26
2005	124,90	92,87	174,76
2006	251,67	215,70	280,01

⁵ Os refrigerantes R-410A, 423A tem o mesmo código NCM igual a 38247890

4.3 Uso de HFCs- emissões reais - Setor refrigeração e ar-condicionado

4.3.1 Carga total em equipamentos sucateados

Para a Carga Total Original de Equipamentos Sucateados, foi assumido o valor zero, adotando-se a hipótese de que todos os equipamentos sucateados utilizam refrigerantes não HFCs, ou seja de que não há ainda equipamentos de refrigeração e ar condicionado com HFCs sucateados. A justificativa é que tais equipamentos começaram a ser produzidos a partir de 1996 e o tempo de vida médio dos equipamentos novos é:

- ✓ Refrigeradores e congeladores (*freezers*) domésticos e comerciais: 15-20 anos
- ✓ Bebedouros: 15 anos
- ✓ Ar-condicionado veicular: 15-20 anos
- ✓ *Chillers*: 20-25 anos
- ✓ Sistemas de refrigeração para caminhões: 15-20 anos;

Existe uma exceção para ar-condicionado de automóveis e veículos comerciais leves, que serão tratados a seguir.

4.3.2 Carga total em equipamentos novos

A carga total de fluido refrigerante HFC-134a nos equipamentos novos será calculada considerando a produção anual dos equipamentos que utilizam essa substância como fluido refrigerante e a carga média contida nesses equipamentos. A equação utilizada é apresentada abaixo.

$$CTEN = (REFRD \times CRRD) + (FREV \times CRFV) + (FREH \times CRFH) + (ACAVN \times CRA) + (ACAVU \times CRA) + (ACOB \times CROB) + (CRECC \times CRCC) + (CRECP \times CRCP) + (CAFRI \times CRFRI) + (BEBED \times CRB)$$

onde:

CTEN = Carga total de refrigerante em equipamentos novos por ano;
 REFRD = Número de refrigeradores domésticos de fabricação nacional que entram no mercado nacional por ano;
 CRRD = carga média de refrigerante em refrigeradores domésticos;
 FREV = Número de refrigeradores e congeladores (*freezers*) verticais por ano;
 CRFV = carga média de refrigerante em refrigeradores e congeladores (*freezers*) verticais;
 FREH = Número de congeladores (*freezers*) e refrigeradores horizontais por ano;
 CRFH = carga média de refrigerante em congeladores (*freezers*) e refrigeradores horizontais;
 ACAVN = Número de sistemas de ar-condicionado automotivo instalados em veículos novos por ano;
 ACAVU = Número de sistemas de ar-condicionado automotivo instalados em veículos usados por ano;

CRA = Carga média de refrigerante em sistemas de ar-condicionado automotivo;
ACOB = Número de sistemas de ar-condicionado instalados em ônibus novos por ano;
CROB = Carga média de refrigerante em sistemas de ar-condicionado de ônibus;
CRECC = Capacidade de refrigeração de *chillers* centrífugos e parafuso que utilizam refrigerante HFC-134a importados por ano;
CRCC = carga média de refrigerante em *chillers* com compressores centrífugos que utilizam refrigerante HFC-134a;
CRECP = Capacidade de refrigeração de *chillers* parafuso que utilizam refrigerante HFC-134a importados por ano;
CRCP = carga média de refrigerante em *chillers* com compressores parafuso que utilizam refrigerante HFC-134a;
CAFRI = Número de sistemas de refrigeração instalados nos caminhões frigoríficos por ano;
CRFRI = Carga média de refrigerante em sistemas de refrigeração para caminhões frigoríficos;
BEBED = Número de bebedouros de fabricação nacional que entram no mercado nacional por ano;
CRB= carga média de refrigerante em bebedouros.

4.3.2.1 Unidades de refrigeração doméstica

A quantidade de produtos ingressantes no mercado, vendas no mercado nacional, foi obtida considerando-se a relação: $Vendas = Produção + Importação - Exportação$

Para a obtenção de dados sobre a produção de equipamentos de refrigeração doméstica, o procedimento adotado foi semelhante ao utilizado acima. Foram obtidas informações de produção nacional a partir do banco de dados da Eletros e do IBGE (Pesquisa Industrial Anual-Produto - PIA- Produção e vendas dos 100 maiores produtos e/ou serviços industriais), apresentadas nas Tabela 13 e Tabela 14.

Uma das fontes consultadas para a obtenção de dados de vendas nacionais de refrigeradores e congeladores domésticos e comerciais foi a Eletros - Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos, à qual os fabricantes desses produtos estão associados. A Tabela 13 apresenta as informações obtidas para o período de 1995 a 2002.

Tabela 13 - Produção de refrigeradores domésticos, congeladores (freezers) verticais e refrigeradores e congeladores (freezers) horizontais, de 1995 a 2002

Ano	Produção de Refrigeradores	Produção de congeladores (freezers) verticais	Produção de congeladores (freezers) e refrigeradores horizontais	Total
1995	3.031.247	546.794	680.370	4.258.411
1996	4.042.065	679.267	744.722	5.466.054
1997	3.720.164	517.881	703.990	4.942.035
1998	3.207.477	361.126	493.023	4.061.626
1999	3.006.751	314.481	357.975	3.679.207
2000	3.239.111	303.670	333.325	3.876.106
2001	3.649.331	184.830	252.198	4.086.359
2002	3.488.098	179.762	277.310	3.945.170

Fonte: Eletros

A partir de 2003 a Eletros passou a divulgar dados agregados da “linha branca”, incluindo todos os produtos dessa linha (refrigeradores, fogões, lavadoras, microondas, etc.)⁶, não mais separando a produção dos diversos refrigeradores como desejado neste trabalho. Foram feitas pesquisas a outras fontes de informação e os dados utilizados a partir de 2003 foram obtidos em publicações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE sobre a produção industrial brasileira, para os produtos de refrigeração agregados (refrigeradores domésticos, refrigeradores e congeladores (freezers) verticais e horizontais), apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Produção total de refrigeradores domésticos, refrigeradores e congeladores (freezers) verticais e horizontais, de 2003 a 2010

Ano	Produção de refrigeração*
2003	4.888.335
2004	5.419.834
2005	5.296.945
2006	6.128.610
2007	7.318.636
2008	6.694.221
2009	7.599.290
2010	7.817.150

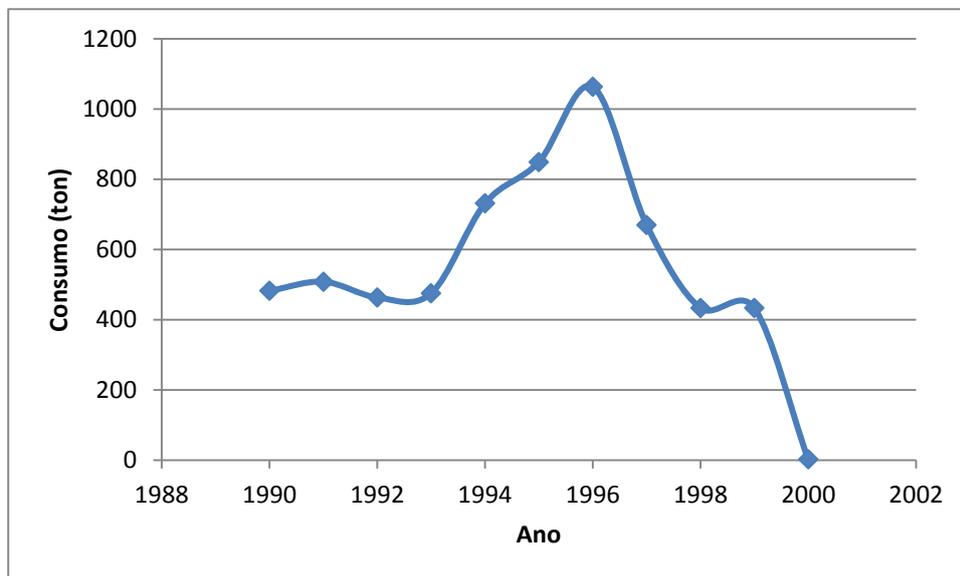
* Refrigeradores domésticos, congeladores (freezers) verticais e refrigeradores e congeladores (freezers) horizontais. Fonte: IBGE

⁶ Por decisão dos associados, as estatísticas de vendas industriais, divulgadas pela Eletros, a partir de abril de 2003, e durante um período, utilizou o formato de índices com base igual a 100,00 em janeiro de 2002. Os índices refletiam o desempenho do setor através dos produtos especificados. Os produtos contidos no índice da linha branca eram: Refrigeradores; Freezers" verticais; Congeladores e Conservadores horizontais; Lavadoras automáticas; Lava-louças Automática; Secadoras de Roupas; Fogões. No entanto, a Eletros deixou de divulgar também essas informações que foram substituídas por uma tabela contendo a penetração de eletrodomésticos nos domicílios brasileiros com origem na Pesquisa PNAD do IBGE

Para desagregar esses dados foi utilizada a porcentagem de participação de cada produto considerando os dados de 2002 da Eletros⁷.

Outro nível de desagregação dos dados, necessário para a estimativa de emissões de HFC-134a, é a quantidade de produtos fabricados com o refrigerante original CFC-12 e a quantidade fabricada com o HFC-134a, que substituiu o CFC-12. Durante o período considerado para avaliação das emissões houve a transição entre essas duas tecnologias em função das medidas de implementação do Protocolo de Montreal para eliminação da produção e consumo do CFC-12. A transição do CFC-12 para o HFC-134a iniciou-se em 1996 e foi completada em 2000, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 - Consumo Nacional de CFC-12 na Fabricação de Refrigeradores



Fonte: MMA, 2004

Tendo em conta que o início da produção de unidades com HFC-134a foi em 1997 e considerando a variação de consumo de CFC-12 entre 1996 e 2000, pode-se adotar a hipótese simplificadora que a diminuição da fabricação de refrigeradores domésticos com refrigerante CFC-12 é equivalente à diminuição do consumo de CFC-12. Com o valor das cargas médias de refrigerante por tipo de produto e o consumo de CFC-12 nos anos subsequentes pode-se calcular o total de produtos produzidos com CFC-12 e, subtraindo-se do total geral, obter-se uma estimativa para o número de produtos com HFC-134a. Os valores obtidos utilizando-se esse método são apresentados nas Tabela 15 e Tabela 16, tendo em conta que início da produção de produtos com HFC-134a foi em 1997 e

⁷ Ao longo dos anos de 1995 até 2002 houve uma queda na produção dos congeladores domésticos (*freezers*) verticais e horizontais fruto da maior oferta e maior participação no mercados de refrigeradores combinados (duas portas com congeladores). Adotou-se, baseado em consulta a representantes do setor que a situação existente em 2002 representaria adequadamente a situação para o período de 2003 a 2010 e, dessa forma, a participação relativa dos produtos (geladeiras, congeladores verticais e horizontais) na produção total foi adotada, para esse período, como sendo igual a de 2002.

considerando a variação de consumo de CFC-12 entre 1996 e 2000, e que esta diminuição seria igual para os demais produtos.

Tabela 15 - Estimativa do uso de CFC-12 e HFC-134a em produtos de refrigeração, de 1997 a 2002

Ano	Produtos com CFC-12	Produtos com HFC-134a	Uso de HFC-134a
	unidades		%
1997	3.445.208	1.496.827	30,3%
1998	2.226.530	1.835.096	45,2%
1999	2.226.530	1.452.677	39,5%
2000	10.284	3.865.822	99,7%
2001	-	4.086.359	100,0%
2002	-	3.945.170	100,0%

Tabela 16 - Produção estimada de unidades com refrigerante HFC-134a, de 1997 a 2002

Ano	Refrigeradores	Congeladores (<i>freezers</i>) verticais	Congeladores (<i>freezers</i>) e refrigeradores horizontais
1997	1.126.751	156.854	213.222
1998	1.449.180	163.161	222.754
1999	1.187.168	124.168	141.341
2000	3.230.517	302.864	332.441
2001	3.649.331	184.830	252.198
2002	3.488.098	179.762	277.310

As cargas médias de refrigerante para os três tipos de produto foram obtidas a partir de informações da literatura e de especialistas. Para refrigeradores, o valor de 150 g foi considerado o mais preciso. A partir desse valor e utilizando as informações da literatura e de entrevistas com especialistas, os valores para os congeladores e refrigeradores horizontais e verticais foram ajustados utilizando dados de consumo do refrigerante CFC-12 para 1995 e 1996. Considerou-se uma redução da carga de refrigerante quando do uso de HFC-134a de 10% com relação ao valor da carga de CFC-12 utilizada.

A Tabela 17 e a Tabela 18 apresentam os valores adotados para a carga média de refrigerante e o procedimento de validação a partir dos dados de consumo de CFC-12 obtidos para 1995 e 1996. A Tabela 19 apresenta os valores de carga para o refrigerante HFC-134a. Devido a diferenças em propriedades termodinâmicas e termo-físicas a carga de refrigerante HFC-134a nos equipamentos de refrigeração é cerca de 90% do valor da carga do refrigerante CFC-12.

Tabela 17 - Carga média de refrigerante CFC-12

Equipamento	Carga média de refrigerante (CFC-12)
	kg
Refrigeradores domésticos	0,150
Congeladores (<i>freezers</i>) verticais	0,400
Congeladores (<i>freezers</i>) horizontais	0,250

Tabela 18 - Comparação do consumo real com o consumo estimado de CFC-12

Ano	Consumo de CFC-12	Consumo estimado de CFC-12 a partir das cargas médias de refrigerante	Diferença
	kg	kg	%
1995	849.000	843.497	-0,65
1996	1.063.000	1.064.197	0,11

Tabela 19 - Carga média de refrigerante HFC-134a

Equipamento	Carga média de refrigerante (HFC-134a)
	kg
Refrigeradores domésticos	0,135
Congeladores (<i>freezers</i>) verticais	0,360
Congeladores (<i>freezers</i>) horizontais	0,225

Assim, juntando-se as informações da Tabela 16, para os anos de 1997 a 2002, Tabela 13, para o anos de 1995 a 2002 e a Tabela 14, para os anos de 2003 a 2005, pode-se chegar à série de produção que utiliza HFC-134a de refrigeradores domésticos, refrigeradores e congeladores (*freezers*) verticais e horizontais, conforme apresenta a Tabela 20.

Tabela 20 - Produção de refrigeradores domésticos, refrigeradores e congeladores (freezers) verticais e horizontais, com HFC-134a

Ano	Produção com HFC-134a			
	Refrigeradores	Congeladores (freezers) verticais	Congeladores (freezers) e refrigeradores horizontais	Total
	Unidades			
1997	1.126.751	156.854	213.222	1.496.827
1998	1.449.180	163.161	222.754	1.835.095
1999	1.187.168	124.168	141.341	1.452.677
2000	3.230.517	302.864	332.441	3.865.822
2001	3.649.331	184.830	252.198	4.086.359
2002	3.488.098	179.762	277.310	3.945.170
2003	4.321.992	222.737	343.606	4.888.335
2004	4.791.913	246.955	380.966	5.419.834
2005	4.683.262	241.356	372.328	5.296.946
2006	5.418.573	279.251	430.786	6.128.610
2007	6.470.727	333.474	514.434	7.318.635
2008	5.918.655	305.023	470.544	6.694.222
2009	6.718.866	346.262	534.162	7.599.290
2010	6.911.486	356.189	549.475	7.817.150

O uso de HFC-134a anterior a 1997 é nulo, conforme o texto

Foi adotada a hipótese que a fração de congeladores verticais e horizontais em relação a produção total de equipamentos domésticos, que tem diminuído ao longo da última década, manteve-se constante no período de 2003 a 2010 com o valor apresentado em 2002.

Para determinação da carga de HFC-134a presente nos equipamentos de refrigeração doméstica que entram no mercado, foram obtidos dados de importação e exportação de refrigeradores que permitiram estimar a quantidade desses equipamentos que entraram no mercado anualmente. Estes dados são apresentados na Tabela 21. As quantidades produzidas e exportadas foram obtidas de informações da ELETROS, IBGE e do portal ALICE-Web.

Tabela 21 - Quantidade de refrigeradores domésticos⁸ que entram no mercado nacional (produção + importação - exportação).

ANO	Produção	Exportação	Importação	Produção + Importação - Exportação
1990	-	-	954	954
1991	-	-	179	179
1992	-	-	299	299
1993	-	-	2.436	2.436
1994	-	-	2.585	2.585
1995	-	-	25.342	25.342
1996	-	-	10.191	10.191
1997	1.126.751	67.561	181.135	1.240.325
1998	1.449.180	110.917	77.791	1.416.054
1999	1.187.168	131.803	52.687	1.108.052
2000	3.230.517	413.698	56.381	2.873.200
2001	3.649.331	467.230	25.160	3.207.261
2002	3.488.098	473.032	19.909	3.034.975
2003	4.321.992	1.249.290	19.284	3.091.986
2004	4.791.913	1.570.872	11.487	3.232.528
2005	4.683.262	1.108.922	25.155	3.599.495
2006	5.418.573	975.485	51.286	4.494.374
2007	6.470.727	852.829	82.192	5.700.090
2008	5.918.655	699.333	89.373	5.308.695
2009	6.718.866	455.292	72.977	6.336.551
2010	6.911.486	453.367	130.763	6.588.882

Para a estimativa da quantidade de congeladores (freezers) verticais e horizontais que entra no mercado adotou-se a hipótese que a importação e exportação desses equipamentos não é significativa, comparativamente a de refrigeradores, e dessa forma essa quantidade foi considerada como igual a produção nacional.

Juntando-se as duas últimas tabelas, chega-se à Tabela 22, que mostra a carga total de HFC-134a para unidades novas.

⁸ Refrigeradores domésticos incluindo os combinados de duas portas, mas não incluindo congeladores (freezers) verticais e horizontais.

Tabela 22 - Carga total de HFC-134a em unidades de refrigeração domésticas novas, que entram no mercado nacional, de 1990 a 2010

Ano	Uso de HFC-134a			
	Refrigeradores domésticos ⁹	Congeladores (freezers) verticais	Congeladores (freezers) e refrigeradores horizontais	Total
	Kg			
1990	129	-	-	129
1991	24	-	-	24
1992	40	-	-	40
1993	329	-	-	329
1994	349	-	-	349
1995	3.421	-	-	3.421
1996	1.376	-	-	1.376
1997	167.444	56.467	47.975	271.886
1998	191.167	58.738	50.120	300.025
1999	149.587	44.700	31.802	226.089
2000	387.882	109.031	74.799	571.712
2001	432.980	66.539	56.745	556.264
2002	409.722	64.714	62.395	536.831
2003	417.418	80.185	77.311	574.914
2004	436.391	88.904	85.717	611.012
2005	485.932	86.888	83.774	656.594
2006	606.740	100.530	96.927	804.197
2007	769.512	120.051	115.748	1.005.311
2008	716.674	109.808	105.872	932.354
2009	855.434	124.654	120.186	1.100.274
2010	889.499	128.228	123.632	1.141.359

A partir de 2011 todos os grandes fabricantes começaram a usar o refrigerante isobutano (R-600a) no lugar do HFC-134a.

4.3.2.2 Refrigeradores e Congeladores (Freezers) Comerciais

Os refrigeradores e freezers comerciais, são equipamentos de tecnologia similar aos equipamentos domésticos, constituídos por expositores (displays) para bebidas, freezers para sorvetes etc.

⁹ Admitiu-se que todo refrigeradores importados entre 1990 e 1996, vieram de países que já tinham eliminado o uso de CFC-12 pela determinação do Prot. De Montreal para os países contem HFC-134a

Parque Instalado

Estima-se que em 2010, o parque instalado desses equipamentos seja 4,54 milhões de unidades. Conforme informações obtidas de fabricantes, a fração de unidades compactas de refrigeração comercial instaladas em relação ao parque instalado de refrigeradores e congeladores domésticos é de 7,5 %.

Quantidade Produzida

As informações obtidas sobre a produção de refrigeradores e freezers comerciais ao nível nacional são apresentadas na Tabela 23.

A estimativa da carga de HFC-134a e R-404A foi realizada adotando-se as seguintes premissas, estabelecidas a partir dos contatos e informações obtidas com profissionais deste mercado:

- Conversão para HFC-134a e R-404A em 1997;
- carga média igual a 0,400 kg/produto
- fração de produtos com HFC-134a igual 90%;
- fração de produtos com R-404A igual 10%.

Tabela 23 - Produção de refrigeradores e congeladores (freezers) comerciais

ANO	Vendas	Produtos com HFC-134a	Produtos com R-404A
1990	-	-	-
1991	-	-	-
1992	-	-	-
1993	-	-	-
1994	-	-	-
1995	680.370		
1996	744.722		
1997	703.990	633.591	70.399
1998	493.023	443.721	49.302
1999	357.975	322.178	35.798
2000	333.325	299.993	33.333
2001	252.198	226.978	25.220
2002	277.310	249.579	27.731
2003	210.955	189.860	21.096
2004	216.625	194.963	21.663
2005	461.141	415.027	46.114
2006	414.331	372.898	41.433
2007	566.429	509.786	56.643
2008	536.628	482.965	53.663
2009	250.830	225.747	25.083
2010	572.698	515.428	57.270

Fonte: Dados de 1995 a 2002 Eletros (2010), Dados de 2003 a 2010 IBGE (2014)

A Tabela 24 apresenta os valores estimados para a carga de HFC-134a e R-404A em equipamentos compactos de refrigeração comercial.

Tabela 24 - Carga de HFC-134a e R-404A em equipamentos compactos de refrigeração comercial, de 1997 a 2010

Ano	HFC-134a	R-404A
	kg	
1997	253.436	28.160
1998	177.488	19.721
1999	128.871	14.319
2000	119.997	13.333
2001	90.791	10.088
2002	99.832	11.092
2003	75.944	8.438
2004	77.985	8.665
2005	166.011	18.446
2006	149.159	16.573
2007	203.914	22.657
2008	193.186	21.465
2009	90.299	10.033
2010	206.171	22.908

4.3.2.3 Sistemas de ar-condicionado - automóveis e veículos comerciais leves

Os sistemas de climatização veiculares passaram a utilizar o refrigerante HFC-134a em veículos novos produzidos no Brasil a partir de 1996, sendo o único refrigerante utilizado nos novos sistemas. Nos sistemas produzidos antes desta data o refrigerante utilizado era o CFC-12, substituído devido às determinações do Protocolo de Montreal.

Como a classe de automóveis e comerciais leves revelou-se como a grande contribuidora de emissões de HFC-134a do setor de refrigeração e ar-condicionado, foi feito um modelo especial para ela, considerando-se o sucateamento da frota, com a mesma função adotada para este inventário no setor de transporte rodoviário. A Tabela 25 e a Figura 6 mostram as curvas de sucateamento adotadas.

As perdas anuais nos automóveis e comerciais leves foram calculadas como 20% da capacidade original do veículo a partir do ano seguinte ao do licenciamento, considerando-se a frota existente (sem os veículos sucateados), sendo que haveria restauração da carga do fluido a 100% no sexto ano, reiniciando a sequência de vazamentos. Para o primeiro ano de licenciamento, considerou-se uma redução extra 50% já que, em média, os veículos surgem na frota no meio desse ano. Com essas premissas, sabendo-se o número de veículos sucateados por ano de licenciamento e sua carga correspondente no ano do sucateamento, assumiu-se toda a perda do gás restante nesse momento.

Tabela 25 - Frações de existência de veículos a partir do ano de licenciamento (curva de sucateamento), para 50 anos

Ano de licenciamento	Automóveis	Comerciais	Ano de licenciamento	Automóveis	Comerciais
	Fração existente			Fração existente	
1	1,000000	1,000000	26	0,376401	0,244453
2	0,997000	0,989800	27	0,333810	0,220118
3	0,993282	0,978035	28	0,294049	0,198428
4	0,988824	0,964469	29	0,257484	0,179237
5	0,983487	0,948899	30	0,224323	0,162367
6	0,977111	0,931124	31	0,194625	0,147624
7	0,969513	0,910953	32	0,168327	0,134802
8	0,960482	0,888220	33	0,145272	0,123702
9	0,949788	0,862798	34	0,125236	0,114127
10	0,937175	0,834612	35	0,107957	0,105895
11	0,922371	0,803661	36	0,093152	0,098838
12	0,905091	0,770029	37	0,080539	0,092802
13	0,885055	0,733899	38	0,069845	0,087651
14	0,862000	0,695558	39	0,060815	0,083261
15	0,835702	0,655397	40	0,053216	0,079528
16	0,806004	0,613900	41	0,046840	0,076355
17	0,772843	0,571621	42	0,041503	0,073663
18	0,736279	0,529159	43	0,037045	0,071380
19	0,696517	0,487123	44	0,033327	0,069445
20	0,653927	0,446097	45	0,030232	0,067807
21	0,609037	0,406611	46	0,027657	0,066421
22	0,562521	0,369114	47	0,025517	0,065249
23	0,515164	0,333954	48	0,023741	0,064258
24	0,467806	0,301378	49	0,022267	0,063420
25	0,421291	0,271528	50	0,021045	0,062712

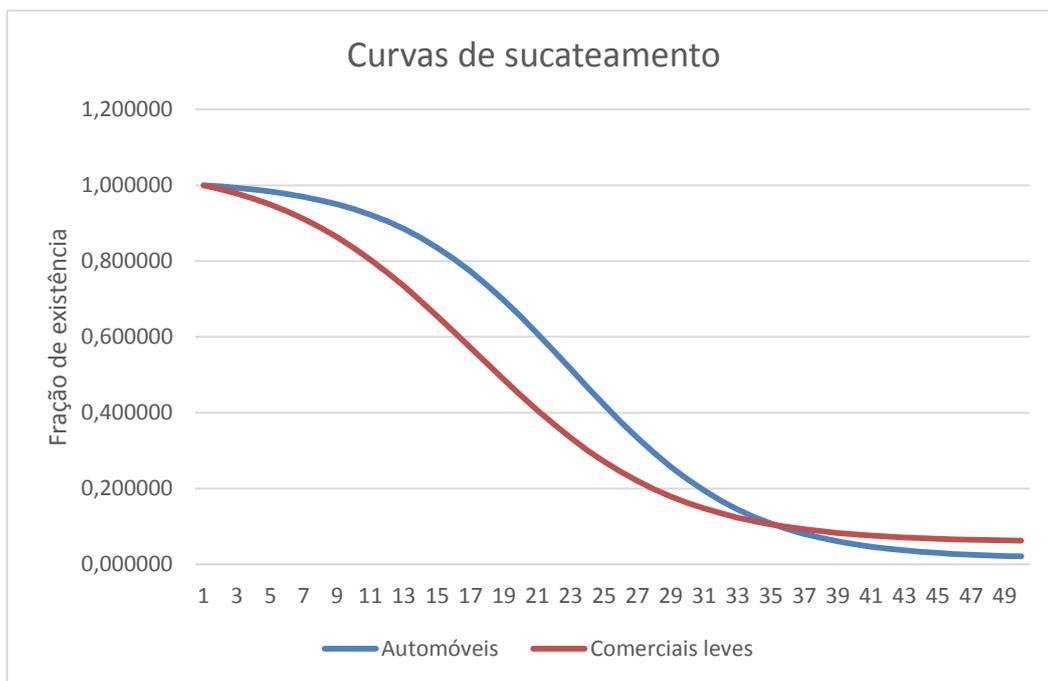


Figura 6 - Curvas de sucateamento para automóveis e comerciais leves

Na ausência de informações disponíveis sobre o número de sistemas de ar-condicionado automotivo instalados anualmente em veículos para o mercado nacional, esse número foi determinado considerando-se a quantidade de veículos novos no mercado nacional e utilizando-se um fator estimado da porcentagem desses veículos que saem de fábrica com sistema de ar-condicionado.

$$ACAVN = VCMN \times FAC$$

onde:

VCMN = Número de veículos novos comercializados no mercado nacional por ano;
 FAC = Percentual de veículos novos comercializados com sistema de ar-condicionado.

Os valores anuais para VCMN foram obtidos na publicação da ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, o Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2011, considerando os dados referentes a veículos novos (automóveis e comerciais leves) licenciados. A Tabela 26 apresenta os dados obtidos.

Tabela 26 - Automóveis e comerciais leves licenciados, de 1996 a 2010¹⁰

Ano	Automóveis licenciados	Comerciais leves licenciados
1996	1.405.545	267.591
1997	1.569.727	303.938
1998	1.211.885	254.538
1999	1.011.847	183.762
2000	1.176.774	227.059
2001	1.295.096	216.091
2002	1.218.546	177.595
2003	1.168.681	177.649
2004	1.258.446	219.672
2005	1.369.182	249.765
2006	1.556.220	275.492
2007	1.975.518	365.514
2008	2.193.277	477.714
2009	2.474.764	533.978
2010	2.644.704	684.242

Fonte: Anfavea

Para obtenção dos valores para o parâmetro FAC durante a realização do Segundo Inventário foram realizados diversos contatos com Anfavea, Sindipeças - Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores, ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento, fabricantes de sistemas de ar-condicionado automotivo e fabricantes de veículos. As instituições e empresas contatadas não possuem nenhuma estatística oficial pública que contenha dados sobre sistemas de ar-condicionado veicular instalados. Apenas foram obtidas estimativas¹¹. Para a realização deste Inventário foram refeitos alguns contatos com as empresas e confirmados os valores estimados obtidos anteriormente e que são apresentadas na Tabela 27.

¹⁰ Os dados de automóveis licenciados levam em conta os veículos produzidos no Brasil, as exportações e as importações realizadas.

¹¹ As fontes para essas estimativas foram entrevistas com fabricantes de sistemas de ar-condicionado veicular (Densu, Behr), montadoras automotivas (Ford, GM) e publicações mencionadas nas referências deste estudo.

Tabela 27 - Percentual da frota nacional de veículos com sistema de ar-condicionado

Ano	Percentual de veículos novos com ar-condicionado - (FAC)
	%
1990	10
1995	18
1997	27
1999	38
2001	45
2005	58
2009	65

Os dados de FAC referentes aos anos de 1995, 1997, 1999, 2001, 2005 e 2009 foram interpolados linearmente entre esses anos, sendo que o percentual de 2010 foi feito igual ao de 2009, por falta de maiores informações.

A carga média considerada foi de 0,80 kg de HFC-134a/sistema em automóveis ou comerciais leves.

Para a estimativa das emissões na montagem dos veículos, é necessária a produção nacional. Para efeito da avaliação das emissões potenciais, é necessário estimar as quantidades de HFC-134a importadas e exportadas contidas como carga de refrigerante nos sistemas de ar condicionado dos veículos importados e exportados, respectivamente. A Tabela 28 e a Tabela 29 a seguir apresentam a produção, importação e exportação desses veículos. Os dados dos veículos importados e exportados foram obtidos no Anuário 2011 da Anfavea. Para as estimativas da carga de HFC-134a contida nos veículos importados ou exportados, adotou-se a mesma carga média de 0,80 kg de HFC-134a/veículo e os mesmos percentuais de utilização de sistema de ar condicionado adotada para a produção nacional.

Tabela 28 - Automóveis produzidos, importados e exportados, de 1996 a 2010

Ano	Automóveis produzidos	Automóveis importados	Automóveis exportados
1996	1.299.191	159.573	51.652
1997	1.496.949	208.621	125.410
1998	1.119.550	244.830	156.746
1999	1.050.559	113.263	144.978
2000	1.284.944	100.942	206.672
2001	1.376.444	118.539	196.348
2002	1.371.013	75.170	219.768
2003	1.374.245	47.219	310.063
2004	1.685.818	32.011	425.898
2005	1.869.261	43.849	541.704
2006	1.914.918	83.525	458.766
2007	2.270.141	185.306	467.131
2008	2.410.201	230.908	422.679
2009	2.487.881	314.343	286.210
2010	2.584.690	431.087	374.841

Tabela 29 - Comerciais leves produzidos, importados e exportados, de 1996 a 2010

Ano	Comerciais leves produzidos	Comerciais leves importados	Comerciais leves exportados
1996	260.204	59.942	51.458
1997	280.750	91.197	65.917
1998	226.756	99.003	67.455
1999	169.909	61.711	50.704
2000	228.489	65.595	65.857
2001	199.408	56.716	40.172
2002	172.973	37.834	35.290
2003	208.206	24.874	64.387
2004	308.559	27.570	107.346
2005	345.330	41.297	135.920
2006	356.053	55.468	129.751
2007	386.336	88.403	118.514
2008	438.471	140.029	101.355
2009	437.104	171.085	65.434
2010	566.982	226.204	97.529

4.3.2.4 Sistemas de ar-condicionado - ônibus

A partir de informações obtidas com fabricantes de sistemas de ar-condicionado para ônibus, considerou-se que o consumo de HFC-134a é somente para a carga em veículos novos. Segundo estimativa de um dos fabricantes, estima-se que chegou a oito mil produzidos em 2007. Na ausência de uma séria histórica, adotou-se como hipótese que a evolução do número de ônibus com ar-

condicionado apresentaria o mesmo comportamento, ao longo dos anos do período em estudo, que o dos veículos leves com ar-condicionado. Considerando o valor 8.000 para 2007, e utilizando-se da mesma variação ao longo do tempo estimado para a produção de veículos leves novos com sistema de ar-condicionado, é possível avaliar a produção anual de ônibus novos com ar-condicionado para o período considerado, conforme mostra na Tabela 30.

O setor de transportes estima que do total de ônibus licenciados, aproximadamente 60% são ônibus urbanos.

Tabela 30 - Ônibus licenciados, de 1995 a 2010

Ano	Ônibus licenciados	Ônibus rodoviários licenciados	Ônibus urbanos licenciados
1995	17.638	7.055	10.583
1996	15.518	6.207	9.311
1997	14.862	5.945	8.917
1998	15.761	6.304	9.457
1999	10.679	4.272	6.407
2000	16.439	6.576	9.863
2001	16.578	6.631	9.947
2002	16.594	6.638	9.956
2003	15.989	6.396	9.593
2004	17.652	7.061	10.591
2005	15.363	6.145	9.218
2006	19.768	7.907	11.861
2007	23.198	9.279	13.919
2008	27.010	10.804	16.206
2009	22.625	9.050	13.575
2010	28.422	11.369	17.053

*Fonte: Anfavea

A carga média de HFC-134a em sistemas de ar-condicionado de ônibus foi considerada como 5 kg. A Tabela 31 apresenta a carga de HFC-134a instalada anualmente em ônibus.

Tabela 31 - Carga de HFC-134a em ônibus, de 1996 a 2010

Ano	Ônibus rodoviários licenciados com ar condicionado	Ônibus urbanos licenciados com ar condicionado	Carga de HFC-134a (kg)
1996	6.207	279	32.430
1997	5.945	268	31.065
1998	6.304	284	32.940
1999	4.272	192	22.320
2000	6.576	296	34.360
2001	6.631	298	34.645
2002	6.638	299	34.685
2003	6.396	288	33.420
2004	7.061	318	36.895
2005	6.145	277	32.110
2006	7.907	356	41.315
2007	9.279	418	48.485
2008	10.804	486	56.450
2009	9.050	407	47.285
2010	11.369	512	59.405

Foi considerado que todos ônibus novos (licenciados) rodoviários contam com sistema de ar condicionado e que a fração da frota de ônibus urbanos novos (licenciados) com sistema de ar condicionado é igual a 3%, conforme informações de especialistas do setor.

4.3.2.5 Caminhões frigoríficos com HFC-134a

Em 2009, dos 1.454.592 equipamentos rodoviários para o transporte de cargas em operação no Brasil, apenas 23.715 são veículos com câmaras ou baús frigoríficos, conforme os dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, que, no entanto, não divulga informações mostrando a evolução histórica da frota.

A estimativa da carga de HFC-134a e R-404A foi realizada considerando os valores de licenciamento de caminhões novos publicados pela Anfavea, em seu anuário; e adotando-se as seguintes premissas, estabelecidas a partir dos contatos e informações obtidas com profissionais deste mercado:

- 1) Participação percentual dos caminhões frigoríficos no licenciamento de caminhões novos constante e igual à porcentagem obtida para a frota em 2009, 1,63%;
- 2) 80% dos caminhões frigoríficos utilizando refrigerante HFC-134a, com carga média de 4,5 kg; e 20% com R-404A, com carga média de 6 kg

Com essas hipóteses pôde-se calcular a carga anual de HFC-134a e R-404A nos novos caminhões frigoríficos, conforme apresentado na Tabela 32.

Tabela 32 - Licenciamento de Caminhões frigorificados novos e carga anual de HFC-134a e R-404A

Ano	Licenciamento de Caminhões Novos	Licenciamento de Caminhões Frigorificados Novos	Carga de HFC-134a (kg)	Carga de R-404A (kg)
1996	15.518	253	911	304
1997	14.862	242	872	291
1998	15.761	257	925	308
1999	10.679	174	627	209
2000	16.439	268	965	322
2001	16.578	270	973	324
2002	16.594	270	974	325
2003	15.989	261	938	313
2004	17.652	288	1036	345
2005	15.363	250	902	301
2006	19.768	322	1160	387
2007	23.198	378	1361	454
2008	27.010	440	1585	528
2009	22.625	369	1328	443
2010	28.422	463	1668	556

4.3.2.6 Unidades de Resfriamento de Líquidos (chillers) com HFC-134a

Os chillers com compressores centrífugos ou parafusos que utilizam o refrigerante HFC-134a não são produzidos no Brasil. As unidades instaladas são importadas da Europa, Ásia e EUA. Os chillers centrífugos de baixa pressão, que anteriormente utilizavam CFC-11, agora usam HCFC-123, enquanto os chillers centrífugos e parafuso para CFC-12 foram adaptados para utilizar HCFC-22, HCFC-123 ou HFC-134a, sendo apenas este último de interesse para este relatório. Atualmente há uma grande participação das unidades tipo Split e multi-split no mercado de ar condicionado estacionário (residencial e comercial). A partir de 2011, uma parcela crescente dos produtos que ingressam no mercado brasileiro, tanto importados, como os montados no Brasil, passou a utilizar refrigerantes HFCs, R-407C e R-410A e hoje basicamente o R-410A. Desta forma não foram incluídos no estudo realizado

Para a determinação número de chillers que utilizam refrigerante HFC-134a importados por ano, foram feitos contatos com a Abrava. Assim como a Eletros, por decisão dos seus associados, essa associação não divulga o número e características de equipamentos produzidos e/ou importados, mas a capacidade de refrigeração dos equipamentos comercializados por ano.

No período de 1995 a 1999, não há estimativas por parte da Abrava classificadas por tipo de equipamento, apenas para o total da capacidade de resfriamento instalada, conforme mostra a Tabela 33 abaixo.

Tabela 33 - Capacidade de refrigeração total de 1995 a 1999

Ano	Capacidade (TR)
1995	210.000
1996	230.000
1997	390.000
1998	400.000
1999	410.000

Para o período de 2000 a 2010, existem estimativas de capacidade de refrigeração instalada por tipo de equipamento conforme apresentado na Tabela 34.

Tabela 34 - Capacidade de resfriamento instalada por tipo de equipamento de condicionamento de ar de 2000 a 2010

Ano	<i>Self Contained</i>	Unidades Resfriadoras (Chillers)	<i>Split</i>
	Capacidade de Resfriamento (TR) ¹²		
2000	210.000	172.000	90.000
2001	190.000	169.000	130.000
2002	140.000	117.000	127.000
2003	135.000	150.000	138.000
2004	155.000	157.000	195.000
2005	141.000	149.000	340.000
2006	152.000	179.000	472.000
2007	164.000	186.000	870.000
2008	176.000	190.000	1.000.000
2009	130.000	160.000	1.380.000
2010	190.000	200.000	2.900.000

Conforme estimativas de especialistas pode-se considerar um valor médio durante o período analisado de 30% dos chillers usando HFC-134a, sendo 10% com compressor parafuso e 20% com compressor centrífugo. No período de 1995 a 1999, para a obtenção da capacidade de resfriamento instalada em chillers adotou-se o valor médio (34%) da participação dos chillers durante o período

¹² TR = Tonelada de refrigeração, unidade para capacidade de refrigeração utilizada para equipamentos de refrigeração e ar-condicionado, equivalente a 3,5168525 kW. Neste trabalho utilizou-se a aproximação 1 TR = 3,5 kW.

de 2000 a 2004 na capacidade total instalada neste período, antes da explosão do uso dos equipamentos Split.

Considerando essas hipóteses e estimando a carga de refrigerante em chillers centrífugo e parafuso como sendo 0,34 kg HFC-134a/kW resfriamento (Little, A.D.) e a TR equivalente a 3,5kW, o total de HFC-134a nesses equipamentos é apresentado na Tabela 35.

Tabela 35 - Carga de HFC-134a em *chillers* centrífugo e parafuso

Ano	Uso de HFC-134a em Chillers Centrífugo e Parafuso
	Kg
1995	25.490
1996	27.917
1997	47.338
1998	48.552
1999	49.766
2000	61.404
2001	60.333
2002	41.769
2003	53.550
2004	56.049
2005	53.193
2006	63.903
2007	66.402
2008	67.830
2009	57.120
2010	71.400

4.3.2.7 Bebedouros

Bebedouros, assim como os refrigeradores domésticos, foram convertidos para utilizar HFC-134a como refrigerante alternativo ao CFC-12. Não há estatísticas disponíveis sobre a produção anual de bebedouros. O Plano Nacional de Eliminação de CFCs (PNC), elaborado pelo MMA em 2000, apresenta uma estimativa de um total de quatro milhões de unidades utilizando CFC-12 no campo em 2000 com uma carga total de 200 toneladas de CFC-12 e, conseqüentemente, com uma carga média de refrigerante de 50 g. Por meio de pesquisas a outras fontes, foram encontrados dados de produção de bebedouros para o período 2001-2005, publicados pelo IBGE. Para o restante dos anos do período em estudo, 1995-2000, adotou-se uma hipótese de evolução da produção similar ao total dos refrigeradores e congeladores domésticos e comerciais e, dessa forma, foi estimada a produção anual de bebedouros com HFC-134a. A

Tabela 36 apresenta uma estimativa da produção anual de bebedouros.

Tabela 36 - Vendas anuais de bebedouros com HFC-134a e carga estimada anual

Ano	Vendas de bebedouros	Carga de HFC-134a
	Unidades	kg
1997*	161.057	8.053
1998*	194.776	9.739
1999*	154.809	7.740
2000*	404.043	20.202
2001	427.078	21.354
2002	356.391	17.820
2003	266.734	13.337
2004	247.003	12.350
2005	340.474	17.024
2006	399.311	19.966
2007	184.902	9.245
2008	136.196	6.810
2009	145.603	7.280
2010	388 489	19.424

* Fonte: IBGE

4.3.2.8 Total de cargas novas de HFC-134a e R404A

As Tabela 37 e Tabela 38 resumem as cargas de HFC-134a e R-404A no setor de refrigeração e ar-condicionado.

Tabela 37 - Cargas de HFC-134a no setor de refrigeração e ar-condicionado, de 1990 a 2010

Ano	Refrigeração doméstica	Refrigeração comercial	Automóveis	Ônibus	Caminhões frigoríficos	Unidades de resfriamento (chillers)	Bebedouros	Carga total
	kg							
1990	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	25.490	-	25.490
1996	-	-	233.854	32.430	923	27.917	-	295.125
1997	256.553	254.563	323.341	31.065	883	47.338	8.053	665.243
1998	304.497	178.277	291.083	32.940	938	48.552	9.739	866.025
1999	236.770	129.444	319.370	22.320	635	49.766	7.740	766.045
2000	619.950	120.530	426.601	34.360	978	61.404	20.202	1.284.026
2001	615.944	91.195	495.520	34.645	985	60.333	21.354	1.319.975
2002	598.002	100.275	529.211	34.685	985	41.769	17.820	1.322.747
2003	740.965	76.281	566.189	33.420	952	53.550	13.337	1.484.694
2004	821.529	78.332	738.388	36.895	1.051	56.049	12.350	1.744.594
2005	802.902	166.749	867.337	32.110	912	53.193	17.024	1.940.226
2006	928.964	149.822	915.331	41.315	1.175	63.903	19.966	2.120.475
2007	1.109.347	204.821	1.116.909	48.485	1.379	66.402	9.245	2.556.588
2008	1.014.698	194.045	1.219.562	56.450	1.605	67.830	6.810	2.560.999
2009	1.151.887	90.700	1.293.698	47.285	1.346	57.120	7.280	2.649.317
2010	1.184.911	207.088	1.344.039	59.405	1.689	71.400	19.424	2.887.956

Tabela 38 - Cargas de R-404A no setor de refrigeração e ar-condicionado, de 1990 a 2010

Ano	Equipamentos compactos de refrigeração comercial	Caminhões frigorificados	Total
	kg		
1996	-	304	304
1997	28.160	290	28.450
1998	19.721	308	20.029
1999	14.319	209	14.528
2000	13.333	322	13.655
2001	10.088	324	10.412
2002	11.092	324	11.416
2003	8.438	313	8.751
2004	8.665	346	9.011
2005	18.446	300	18.746
2006	16.573	386	16.960
2007	22.657	454	23.111
2008	21.465	528	21.993
2009	10.033	443	10.476
2010	22.908	556	23.464

A partir do conteúdo das misturas apresentado na Tabela 9 foi permitido desmembrar a carga do setor de refrigeração para os gases HFC-125, HFC134a e HFC143a contidos na mistura R404A. Estas cargas são apresentadas nas Tabela 39 e Tabela 40.

Tabela 39 - Carga de HFC-125, HFC134a e HFC-143a contidos na mistura R-404A em equipamentos compactos de refrigeração comercial

Ano	Equipamentos compactos de refrigeração comercial		
	Total de HFC-125	Total de HFC-134a	Total de HFC-143a
	kg		
1996	0	0	0
1997	12.390	1.126	14.643
1998	8.677	789	10.255
1999	6.300	573	7.446
2000	5.867	533	6.933
2001	4.439	404	5.246
2002	4.881	444	5.768
2003	3.713	338	4.388
2004	3.813	347	4.506
2005	8.116	738	9.592
2006	7.292	663	8.618
2007	9.969	906	11.782
2008	9.445	859	11.162
2009	4.415	401	5.217
2010	10.079	916	11.912

Tabela 40 - Carga de HFC-125, HFC134a e HFC-143a contidos na mistura R-404A em caminhões frigorificados

Ano	Caminhões Frigorificados		
	Total de HFC-125	Total de HFC-134a	Total de HFC-143a
	kg		
1996	134	12	158
1997	128	12	151
1998	136	12	160
1999	92	8	109
2000	142	13	167
2001	143	13	168
2002	143	13	168
2003	138	13	163
2004	152	14	180
2005	132	12	156
2006	170	15	201
2007	200	18	236
2008	232	21	275
2009	195	18	230
2010	244	22	289

4.4 Uso de HFCs- emissões reais - Espumas, Solventes, Aerossóis e Extintores

4.4.1 Produção de Espumas

Nas pesquisas e contatos com empresas e associações do setor realizadas foi encontrado um uso muito pequeno de HFC-134a na produção de espumas, em uma única empresa em São Paulo. Essa empresa informou ter consumido cerca de 50 ton/ano de 2006 a 2011 na produção de espumas rígidas, célula fechada.

4.4.2 Setor de Solventes

O HCFC-141b ainda é utilizado em algumas aplicações como solventes e o seu substituto HFC, o HFC-4310mee, começou a ser utilizado em pequena escala no país no final da década passada. Apesar dos HFCs fazerem parte das alternativas tecnológicas para a eliminação de SDOs no setor de solventes, conforme apresentado anteriormente, não foram identificados usos dessas substâncias no setor de solventes. Um eventual uso do HFC-4310mee durante os anos precedentes a 2010, período em análise neste estudo, não foi possível de ser identificado. O procedimento de obtenção de possíveis quantidades importadas, utilizando o portal Alice web também não se mostrou viável, pois o código NCM, necessário para a pesquisa de quantidades importadas neste portal, inclui diversas outras substâncias e não existem estimativas a respeito da fração de cada substância nas quantidades importadas identificadas.

4.4.3 Aerossóis

Para estimativa das emissões de HFC-134a em MDIs - metered-dose inhaler é necessário saber as importações dessa substância para uso como agente propelente em MDIs. A Tabela 41 a seguir, apresenta a fração das importações de HFC-134a para uso em MDI, obtidas junto à principal empresa importadora dessa substância, a partir de 2006 quando essa substância começou a ser utilizada em MDI no Brasil. A mesma Tabela 41, apresenta as quantidades de HFC-134a para uso em MDI. Pode-se notar que este uso é bastante reduzido.

Tabela 41 - Fração das importações HFC-134a destinada ao uso em MDI

Ano	Fração da Importação de HFC-134a destinada ao uso em MDI	Importação de HFC-134a	Uso em MDI
	%	kg	kg
2006	0,64	3.833.893	24.537
2007	0,64	6.023.421	38.550
2008	0,70	3.665.547	25.659
2009	0,65	5.194.744	33.766
2010	0,58	7.072.471	41.020

4.4.4 Extintores

Considerando fundamentalmente os países desenvolvidos, a parcela das aplicações de halons que foram substituídas por HFC's é pequena. No Brasil, alguns modelos em a partir de 2009 começaram a utilizar o agente de extinção FE-36, (HFC-236) fabricado pela DuPont, mas a quantidade de extintores de incêndio com HFCs até 2010 era muito pequena e pode ser desconsiderada. Na maioria das aplicações, halons têm sido substituídos por espuma, dióxido de carbono ou até mesmo água.

4.5 Uso de SF₆ - Emissões reais e potenciais

As emissões reais de SF₆ foram informadas pelos estudos realizados pelo MCTI para o Segundo Inventário, envolvendo o uso em equipamentos de energia elétrica e na produção de magnésio. Na época, o parque instalado de equipamentos utilizando SF₆ foi avaliado até 2008, permanecendo como dados confidenciais. A extrapolação dessa capacidade até 2010 considerou o crescimento médio no período dos dez anos anteriores, sendo usado um fator de emissão anual de 2% da capacidade instalada.

Para a produção de magnésio, o uso de SF₆ foi obtido até 2004 da empresa Rima S.A. e, posteriormente, acompanhada pelas informações públicas do MDL, tendo esse uso reduzido à metade em 2009 e zerado em 2010, pela substituição pelo gás SO₂. Os resultados da produção de magnésio são informados no relatório de produção de metais.

No portal ALICE-Web os dados de importação e exportação para as substâncias consideradas neste relatório, incluindo o SF₆, estão disponíveis a partir de 1997 (Tabela 42). Para esse gás, foi feita uma estimativa das quantidades importadas de 1990 a 1996 a partir da adoção de um comportamento linear neste período considerando-se os dados do período de 1997 a 2010 (Figura 7, Tabela 43).

Tabela 42 - Importações de SF₆, segundo o portal ALICE-Web, de 1997 a 2010

Ano	Quantidade (kg)
1997	52.040
1998	119.756
1999	61.027
2000	63.385
2001	82.190
2002	67.480
2003	77.144
2004	62.649
2005	81.941
2006	101.727
2007	87.486
2008	77.282

2009	116.484
2010	111.769

Figura 7 - Determinação hipotética das importações de SF₆ no período de 1990 a 1996

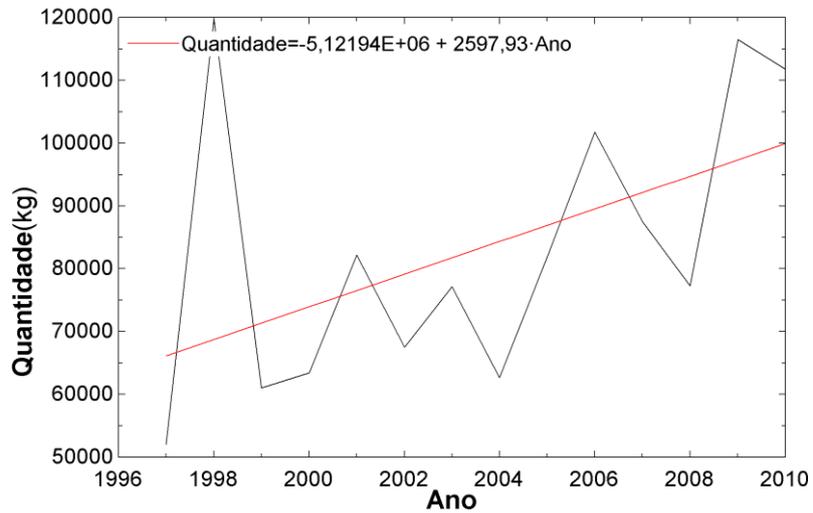


Tabela 43 - Importações hipotéticas de SF₆ no período de 1990 a 1996

Ano	Quantidade (kg)
1990	47.954
1991	50.552
1992	53.149
1993	55.747
1994	58.345
1995	60.943
1996	63.541

Obs: Os valores apresentados foram estimados adotando-se um comportamento linear no período de 1997 a 2010 e usando esta relação no período de 1990 a 1996.

Na Tabela 44 apresentam-se, então, os valores de importação e exportação de SF₆ considerados para este relatório.

Tabela 44 - Importação e exportação de SF₆ de 1990 a 2010

Ano	Importação	Exportação
	kg	
1990	47.954	-
1991	50.552	-
1992	53.149	-
1993	55.747	-
1994	58.345	-
1995	60.943	-
1996	63.541	-
1997	52.040	-
1998	119.756	-
1999	61.027	-
2000	63.385	40
2001	8.219	0
2002	6.748	5
2003	77.144	0
2004	62.649	115
2005	81.941	978
2006	101.727	323
2007	87.486	50
2008	77.282	9.010
2009	116.484	824
2010	111.769	40

5 Resultados

5.1 Emissões de HFC-23 pela produção de HCFC-22 - emissões reais

A Tabela 45 apresenta as emissões de HFC-23 pela produção de HCFC-22.

Tabela 45 - Emissões de HFC-23 pela produção de HCFC-22, no Brasil, de 1990 a 2005

Ano	Emissões de HFC-23
	t
1990	120,2
1991	137,2
1992	163,6
1993	172,3
1994	156,6
1995	153,0
1996	89,0
1997	95,3
1998	13,0
1999	97,2
2000	0
2001	0
2002	0
2003	0
2004	0
2005	0
2006	0
2007	0
2008	0
2009	0
2010	0

5.2 Emissões pelo uso de HFCs - emissões potenciais - Tier 1b

Com base na metodologia e dados expostos neste trabalho, calcularam-se as emissões potenciais (abordagem Tier 1b), conforme a Tabela 46.

Tabela 46 - Emissões potenciais de HFC-134a, HFC-32, HFC-125, HFC-143a e HFC-152a

Ano	Emissões potenciais				
	HFC-134a	HFC-32	HFC-125	HFC-143a	HFC-152a
	t				
1990	1,0	-	-	-	-
1991	1,8	-	-	-	-
1992	8,5	-	-	-	-
1993	16,3	-	-	-	-
1994	137,3	-	-	-	-
1995	290,7	-	-	-	-
1996	1.254,8	-	-	-	-
1997	1.103,6	-	-	-	-
1998	1.614,8	-	-	-	-
1999	1.899,9	-	-	-	-
2000	1.709,2	-	7,1	7,5	0,1
2001	2.625,4	-	39,2	27,1	29,5
2002	2.633,0	-	50,8	39,8	8,1
2003	2.966,8	-	54,8	50,0	23,8
2004	2.788,7	-	120,7	103,7	54,3
2005	4.050,6	-	124,9	92,9	174,8
2006	3.467,7	-	251,7	215,7	280,0
2007	5.741,1	71,8	285,0	252,0	-
2008	3.458,1	42,0	302,1	307,4	-
2009	5.138,3	87,2	358,7	320,9	-
2010	7.034,3	105,9	501,2	467,1	-

5.3 Emissões pelo uso de HFCs - emissões reais - Tier 2

Com base na metodologia apresentada e nos dados recolhidos e expostos neste trabalho, pôde-se chegar à Tabela 47, à Tabela 48 e à Tabela 49, que mostram as emissões reais (abordagem Tier 2) de HFC-134a, ocorridas nos setores de refrigeração, ar-condicionado

Tabela 47 - Emissões reais de HFC-134a no setor de refrigeração e ar condicionado no Brasil, de 1990 a 2010

Ano	Emissões na montagem	Emissões na operação	Emissões no sucateamento (automóveis e com. leves)	Emissões reais HFC-134a
	t			
1990	-	-	-	0,4
1991	-	-	-	0,9
1992	-	-	-	4,2
1993	-	-	-	8,0
1994	-	-	-	68,5
1995	0,3	2,5	0,0	2,8
1996	1,6	45,5	0,0	47,1
1997	6,8	156,4	1,0	164,1
1998	7,1	271,0	2,3	280,4
1999	5,9	371,1	3,2	380,3
2000	8,9	486,2	3,7	498,8
2001	8,7	615,7	6,6	631,0
2002	8,7	750,2	10,2	769,1
2003	9,4	883,0	13,2	905,6
2004	10,8	1.027,1	15,4	1.053,3
2005	12,9	1.197,1	17,9	1.227,9
2006	13,7	1.391,5	25,2	1.430,4
2007	16,8	1.631,6	33,7	1.682,1
2008	16,6	1.917,6	41,7	1.976,0
2009	15,8	2.228,3	49,2	2.293,3
2010	18,6	2.591,2	57,3	2.667,1

Tabela 48 - Emissões reais de HFC-125 no setor de refrigeração e ar condicionado no Brasil, de 1990 a 2010

Ano	Emissões na montagem	Emissões na operação	Emissões reais HFC-125
	t		
1990	-	-	-
1991	-	-	-
1992	-	-	-
1993	-	-	-
1994	-	-	-
1995	-	-	-
1996	0,001	0,040	0,041
1997	0,217	1,317	1,535
1998	0,153	2,226	2,378
1999	0,111	2,883	2,994
2000	0,103	3,513	3,616
2001	0,078	3,999	4,078
2002	0,086	4,530	4,616
2003	0,066	4,943	5,008
2004	0,067	5,370	5,437
2005	0,143	6,221	6,363
2006	0,128	7,001	7,129
2007	0,175	8,058	8,233
2008	0,166	9,072	9,238
2009	0,078	9,572	9,650
2010	0,178	10,653	10,831

Tabela 49 - Emissões reais de HFC-143a no setor de refrigeração e ar condicionado no Brasil, de 1990 a 2010

Ano	Emissões na montagem	Emissões na operação	Emissões reais HFC-143a
	t		
1990	-	-	-
1991	-	-	-
1992	-	-	-
1993	-	-	-
1994	-	-	-
1995	-	-	-
1996	0,001	0,047	0,048
1997	0,257	1,557	1,814
1998	0,180	2,631	2,811
1999	0,131	3,408	3,539
2000	0,122	4,151	4,273
2001	0,093	4,726	4,819
2002	0,102	5,354	5,455
2003	0,078	5,841	5,919
2004	0,080	6,346	6,426
2005	0,169	7,352	7,520
2006	0,152	8,274	8,426
2007	0,207	9,523	9,730
2008	0,197	10,721	10,918
2009	0,092	11,312	11,405
2010	0,210	12,590	12,800

5.4 Emissões de HFC-134a na Produção de Espumas

A Tabela 50 apresenta a estimativa de emissões de HFC-134a

Tabela 50 - Emissões de HFC-134a no setor de espumas

Ano	Uso na montagem	Vazamento na montagem	Vazamento anual	Vazamento total HFC-134a
		10%	4,50%	
t				
2006	50	5,0	1,1	6,1
2007	50	5,0	3,4	8,4
2008	50	5,0	5,6	10,6
2009	50	5,0	7,9	12,9
2010	50	5,0	10,1	15,1

5.5 Emissões de HFC-134a em Aerossóis

A estimativa das emissões de HFC-134a em aerossóis aplicada em MDIs é apresentada na Tabela 51.

Tabela 51 - Emissões de HFC-134a no setor de Aerossóis

Ano	Emissões de HFC-134a
	t
2006	12,3
2007	19,3
2008	12,8
2009	16,9
2010	20,5

5.6 Emissões relacionadas ao consumo de SF₆ - emissões reais

A Tabela 52 a seguir mostra os resultados em termos de capacidade instalada de SF₆ em equipamentos, e uma estimativa de vazamentos anuais.

Tabela 52 - Capacidade instalada de SF₆ em equipamentos e estimativa de vazamentos anuais

Ano	Capacidade instalada	Uso de SF ₆ em equipamentos elétricos
		2%
		t
1990	208,85	4,2
1991	199,63	4,0
1992	200,76	4,0
1993	202,42	4,0
1994	204,16	4,1
1995	205,47	4,1
1996	207,05	4,1
1997	208,84	4,2
1998	236,64	4,7
1999	243,84	4,9
2000	248,31	5,0
2001	255,93	5,1
2002	264,08	5,3
2003	281,95	5,6
2004	297,81	6,0
2005	306,32	6,1
2006	313,74	6,3
2007	320,63	6,4
2008	404,24	8,1
2009	420,28	8,4
2010	436,32	8,7

6 Diferenças em relação ao Segundo Inventário

Foram alteradas as cargas médias de refrigerantes HFC-134a para refrigeradores domésticos, congeladores (freezers) verticais e congeladores (freezers) horizontais, considerando-se que deveriam ser 10% a menos que as correspondentes ao uso do CFC-12.

Foi alterada a metodologia usada para as emissões reais. No II Inventário foi utilizada a metodologia Tier 2b, que considera vendas de fluidos no mercado nacional menos cargas utilizadas. Neste inventário foi utilizada a metodologia Tier 2a, que considera emissões na montagem, operação e sucateamento, este apenas no setor de ar-condicionado automotivo.

As cargas dos automóveis e comerciais leves foram reavaliadas, de 0,96 kg/veículo para 0,8 kg/veículo. Um novo modelo foi considerado para incluir o sucateamento da frota desses veículos e o vazamento de 20% da carga original a cada ano, com a hipótese da recomposição da carga no sexto ano.

7 Referências bibliográficas

ANFAVEA Autoveículos - Produção, vendas internas e exportações

CONAMA. Resolução CONAMA nº 267, de 14 de setembro de 2000. Publicada no DOU de 11 de setembro de 2000.

GIULIANI, R. A Perda de Eficiência de Refrigeradores Domésticos Do Parque Brasileiro e os Impactos Associados a sua Degradação, UNB, 2013

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria, Pesquisa Industrial Anual - Produto.

IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.

IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

IPCC, OECD, IEA. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Bracknell, UK, 1997.

MCT, Relatório de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais e por Uso de Solventes, Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - 2002, Ministério da Ciência e Tecnologia, Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento, Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima, Brasília - DF, 2006, 95 p.

MMA, 2007. 20 Anos do Protocolo de Montreal. Secretaria de Mudanças Climáticas. Brasília, 2007.

MMA, 2010. Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs - PBH. Secretaria de Mudanças Climáticas. Ministério do Meio Ambiente, 2010

PEIXOTO Roberto de Aguiar., Fluidos Refrigerantes Hidrocarbonetos -Uso Atual e Perspectivas Futuras, Núcleo de Ozônio da Diretoria de Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2006.

Plano Nacional de Eliminação de CFCs (PNC) - MMA, 2004

PNUD, 2007. Atividades Desenvolvidas pelo PNUD, em apoio ao esforço do Governo Brasileiro, para a Proteção da Camada de Ozônio. Brasília, 2007.

PROZON, 1999. Programa Brasileiro de Eliminação da Produção e do Consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio - PBCO, Revisão Geral, Ministério do Meio Ambiente.

SILVA JUNIOR, H. X. Relatório de Análise dos Setores de Espuma, Aerossóis e Extintores de Incêndio no Brasil, 2009. Projeto BR/05/G31 - PNUD, 2009.

TANIMOTO, A. H.; SOARES, P. S., 2000. Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio e sua Legislação, 2000. 55p. Monografia (Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria) - Universidade Federal da Bahia. Bahia, 2000.

UNEP, 2010. UNEP 2010 Report of the Halons Technical Options Committee. Nairobi, 2010

Sites da web:

<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>

<http://www.engenhariae arquitetura.com.br/noticias/739/Conceito-dos-fluidos-refrigerantes.aspx>

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/industria/pimpfbr/default.shtm>

<http://www.poliuretanos.com.br/>

UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:<
<http://www.eq.ufrj.br/links/h2cin/carlosandre/incendio.pdf> >.

ANEXO I - Denominação de Fluidos Refrigerantes

Os fluidos refrigerantes podem ser classificados, primeiramente, da seguinte maneira: (engenharia e arquitetura, 2014)

- Substâncias puras: são espécies de matéria formada por moléculas quimicamente iguais, ou seja, é a porção de matéria que possui somente um tipo de constituinte. O fluido R-22, ou HCFC-22, é um produto que pode ser citado como exemplo de uma substância pura, sua composição é clorodifluormetano 100%.
- Mistura ou *blends*: são espécies de matéria formada por moléculas quimicamente diferentes, ou seja, é um sistema constituído por no mínimo duas substâncias. O fluido R-410A é um exemplo de mistura, pois é composto por cinco substâncias, entre elas pentafluoretano, 1,1,1,2 tetrafluoretano, difluormetano, butano e 2-metilbutano.

Cada *blend* possui uma composição específica, o que confere propriedades únicas e peculiares a cada produto.

Os fluidos refrigerantes são designados de acordo com a norma ASHRAE 34-1992, utilizando-se números e letras.

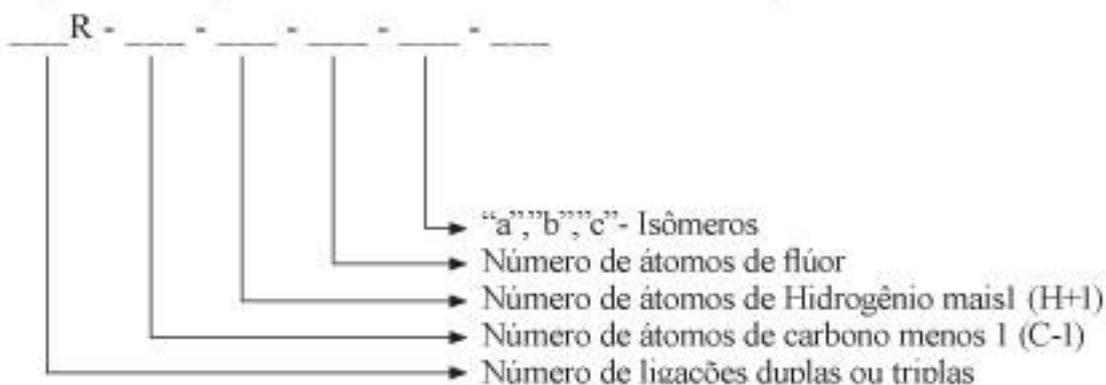
As substâncias simples halogenadas seguem a seguinte regra:

- O primeiro algarismo da direita indica o número de átomos de flúor na molécula;
- O segundo algarismo indica o número de átomos de hidrogênio mais 1;
- O terceiro algarismo indica o número de átomos de carbono menos 1. Quando o dígito for igual a zero, é omitido o número;
- O quarto algarismo a partir da direita indica o número de ligações insaturadas de carbono;
- Ao lado direito do primeiro algarismo as letras “a”, “b”, “c” são referentes a isômeros.

Uma forma mais simples de visualizar esta regra é demonstrada na Figura 3.

Por convenção o primeiro algarismo nulo a partir da direita, que representa número de ligações duplas ou triplas, não é escrito.

Figura 3 – Regra para as substâncias simples halogenadas



As misturas ou *blends* são nomeadas da seguinte maneira:

- A letra a direita “A”, “B”, “C”, representam as porcentagens dos compostos da mistura;

- Os dois algarismos seguintes indicam a ordem cronológica de aparecimento;
- O quarto algarismo indica se a mistura é não azeotrópica ou se é mistura azeotrópica. O número 4 representa misturas não azeotrópicas, ou seja, aquelas cujo ponto de ebulição inicia-se a uma determinada temperatura e termina em outra diferente da inicial, e o número 5 representa misturas azeotrópicas, ou seja, aquelas que mantêm temperatura constante durante a mudança de fase. A Figura 4 representa uma forma mais simples de visualizar essa regra. Por fim, os fluidos refrigerantes inorgânicos são designados com a série R-700, conforme Figura 5.

Figura 4 – Nomenclatura das misturas ou blends

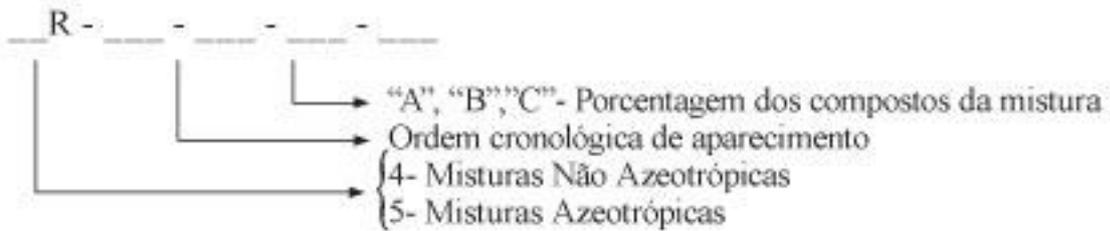


Figura 5 - Nomenclatura de fluidos refrigerantes inorgânicos

