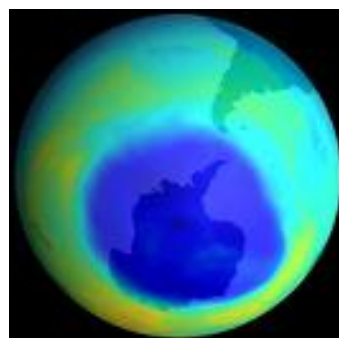


# Prêmio FIESP de Mérito Ambiental 2007



**B/S/H/  
&  
20 anos de Protocolo  
de Montreal**



1. INTRODUÇÃO .....	3
2. OBJETIVOS .....	5
3. DESCRIÇÃO SUCINTA.....	6
3.1 A FORMAÇÃO DO OZÔNIO .....	6
3.2 A DEGRADAÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO .....	7
3.3 A DIMINUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO .....	9
3.4 AS REAÇÕES NOCIVAS .....	10
3.5 O EFEITO ESTUFA.....	10
3.6 AS CARACTERÍSTICAS DOS COMPOSTOS USADOS NA INDÚSTRIA DE REFRIGERAÇÃO .....	12
<b>3.6.1 Clorofluorcarbonetos (CFC's)</b> .....	12
<b>3.6.2 Hidroclorofluorcarbonetos (HCFC's)</b> .....	12
<b>3.6.3 Hidrofluorcarbonetos (HFC's)</b> .....	13
<b>3.6.4 Hidrocarbonetos (HC's)</b> .....	13
<b>3.6.5 Propriedades Físicas e Impacto Ambiental dos compostos</b> .	14
<b>3.6.6 Flamabilidade e Toxidez dos compostos</b> .....	15
3.7 AS CONSEQÜÊNCIAS DESSES COMPOSTOS SOBRE A NATUREZA.....	16
3.8 AS CONSEQÜÊNCIAS DESSES COMPOSTOS SOBRE O HOMEM	17
3.9 A INDÚSTRIA DE REFRIGERAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO.....	18
<b>3.9.1 A experiência do uso de hidrocarbonetos na BSH</b> .....	19
<b>3.9.2 Investimentos envolvidos no projeto de implantação do HC na BSH</b> .....	21
4. DATA DA EFETIVA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO .....	21
5. BENEFÍCIOS .....	21
6. CONCLUSÃO .....	22
7. DECLARAÇÃO DE CIÊNCIA DO REGULAMENTO .....	23
8 . ANEXOS .....	24
8.1 Anexo 1 – Política Ambiental.....	25
8.2 Anexo II – Indicador e monitoramento de incremento de produção com R600 .....	26
8.3 – Anexo III - Indicador de redução de consumo de R 134a .....	27
8.4 Anexo IV – Publicação na revista” Banas Qualidade” do mês de janeiro de 2007 .....	28
8.5 – Anexo V – Publicação digital do projeto no site da CETESB .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1987, reunida em Montreal, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu um programa de ação internacional denominado Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio.

Dez anos após o Protocolo de Montreal, a ONU firmou no Japão o Protocolo de Kyoto que visa reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa.

De encontro a esses Protocolos e afirmando sua responsabilidade ambiental, desde a sua inauguração em 1997, a BSH Continental Eletrodomésticos, incorporou o Hidrocarboneto (HC) Ciclopentano na função de agente isolante e expansor bem como o Hidrofluorcarbono (HFC) R134a na função de gás refrigerante. O ciclopentano como um HC, é composto por Carbono e Hidrogênio e nessa aplicação não tem impacto negativo sobre a camada de ozônio e sua contribuição para o aquecimento global é insignificante, ao contrário de outros agentes expansores que são Hidroclorofluorcarbono (HCFC) como o Freon ou até mesmo o Clorofluorcarbono (CFC). Já o gás refrigerante R134a, é utilizado como substituto para o refrigerante CFC. Como o R134a não contém Cloro, não gera impacto negativo na camada de ozônio, entretanto ele ainda tem alto potencial como gás estufa.

Caminhando nessa linha de melhoria contínua e em sintonia com o Governo Federal e Ministério do Meio Ambiente a BSH Continental inovou mais uma vez e implantou, de forma inédita no país, em sua produção um outro HC, o fluido refrigerante R600a conhecido também como Isobutano. O R600a é composto por carbono e hidrogênio, sendo considerado como “fluido natural” semelhante ao GLP, largamente utilizado na Europa, principalmente na Alemanha.

Como o R134a, o Isobutano não ataca a camada de ozônio, mas tem como diferencial ambiental significativo o fato de não contribuir para o efeito estufa.

Em função do baixo poder de aquecimento global, os hidrocarbonetos (HCs) se apresentam como uma relevante alternativa tecnológica para contribuir com a redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de refrigeração doméstica. Embora haja um grande potencial de ganhos sócio-ambientais associados ao uso de refrigeradores domésticos que utilizam hidrocarbonetos, a produção nacional tem se baseado majoritariamente na utilização do HFC como agente refrigerante. Como

resultado do Protocolo de Montreal, os fabricantes de refrigeradores iniciaram a transição do uso de CFC como refrigerante para a utilização de outras substâncias não agressoras da Camada de Ozônio.

No Brasil, a alternativa dominante para a substituição do CFC tem sido a aplicação do HFC - R134a. Todavia, essa iniciativa positiva para a proteção da Camada de Ozônio implica em impactos negativos quanto ao objetivo da Convenção sobre Mudança do Clima em função da família dos gases HFC's serem potentes gases de efeito estufa. Existem barreiras técnico-econômicas que ainda dificultam uma maior produção de refrigeradores domésticos com o HC como fluido refrigerante. Pode-se citar que as HC's são excelentes agentes refrigerantes sob variados aspectos, mas apresentam como característica a inflamabilidade, resultando na necessidade de alterações nos padrões produtivos.

Um instrumento ainda não considerado de maneira apropriada para auxiliar na superação das barreiras ao uso dos refrigeradores baseados em HC, trata-se do Mecanismo do Desenvolvimento Limpo, ferramenta do Protocolo do Kyoto criada tanto para auxiliar os países industrializados a alcançarem seus compromissos quantificados da limitação e redução de emissões de gases de efeito estufa como para estimular o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento.

A cada ano, há a entrada de cerca de 3 milhões de novos equipamentos no mercado. Dado o baixo Poder do Aquecimento Global do HC em comparação com o HFC-R134a, torna-se relativamente simples demonstrar a redução de emissões.

A partir desse contexto, é plausível, por meio da substituição do HFC-R134a por HC, evitarem-se as emissões do gás de efeito estufa, tendo em vista que não seria mais utilizado no processo produtivo em detrimento da utilização de um fluido refrigerante com baixo impacto de aquecimento global.

Os valores de Poder de Aquecimento Global são os seguintes (baseado em dados técnicos fornecidos pelo Ministério de Energia e Meio Ambiente – Dinamarca):

Substância	R – nº.	Fórmula	Natural	ODP	GWP
HFC - 134a	R - 134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	Não	0	1300
Isobutano	R - 600a	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Sim	0	3
Ciclopentano	-	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	Sim	0	(10)
Dióxido de Carbono	R - 744	CO <sub>2</sub>	Sim	0	1
Ar	R - 729	-	Sim	0	0
Água	R - 718	H <sub>2</sub> O	Sim	0	(0)

ODP = Ozone depletion Potential, CFC - 12 = 1.0 = (Potencial de degradação do Ozônio).

GWP = Global Warming Potential (Potencial de Aquecimento Global)

**Fonte:** Ministério de Energia e Meio Ambiente - Dinamarca

Environmental Project N°. 301 - 1995

**Rumo aos refrigerantes Naturais** - "A Experiência da Indústria Dinamarquesa"

Frank Elefsen - Danish Teechnological Institute, Per Henrik Pedersen and Lene Mogensen - Danish environmental Protection Agency.

Portanto, as resultados em termos ambientais são consideráveis para a conversão do setor produtivo de refrigeradores para o uso do HC como fluido refrigerante, em detrimento da utilização do HFC-134a.

Com essa iniciativa e com o compromisso que a BSH tem em cumprir o Protocolo de Montreal e também apoiar ações efetivas que contribuam para a redução do aquecimento global são realizadas ações fundamentais para minimizarmos previsíveis mudanças no clima e para que a humanidade consiga um desenvolvimento sustentável que garanta a continuidade da vida em nosso planeta.

A BSH consciente de sua responsabilidade ambiental desenvolve projetos que abrangem tanto a prevenção da poluição hídrica, do solo bem como proteção atmosférica em total sintonia com o Protocolo de Montreal e Kyoto.

Neste trabalho estaremos apenas apresentando as ações e projetos da BSH que estão relacionadas à proteção atmosférica escopo deste prêmio.

## 2. OBJETIVOS

A BSH Continental Eletrodomésticos signatária dos Protocolos de Montreal e Kyoto, tendo como uma de suas atividades a produção de Refrigeradores e Freezers pretende não só assegurar o cumprimento da legislação vigente, mas também estar em conformidade com a sua Política de Meio Ambiente, Saúde e Segurança, excedendo o que for requerido nas legislações e outros requisitos aplicáveis.

Tendo a consciência dos efeitos danosos ao Meio Ambiente dos gases utilizados em processos industriais que contribuem para a diminuição da camada de ozônio e o aquecimento global, a BSH Continental antecipando-se às exigências mais restritivas quanto ao uso desses compostos, inseriu na sua linha de produção o gás Isobutano ou também chamado de R600a, que em conjunto com o Ciclopentano usado como isolante e expensor, formará o que podemos chamar de **Refrigeradores 100% Ecológicos**.

A BSH Continental Eletrodomésticos, como um grande produtor de Refrigeradores e Freezers, espera estar contribuindo dessa forma com a minimização do aquecimento global e com a preservação da camada de ozônio.

Pelo respeito de que goza no mercado, o consórcio Bosch-Siemens espera incentivar os demais fabricantes a pensar mais seriamente em utilizar hidrocarbonetos como gases refrigerantes.

### **3. DESCRIÇÃO SUCINTA**

#### **3.1 A FORMAÇÃO DO OZÔNIO**

Os átomos de oxigênio podem combinar-se de diferentes formas. Este fenômeno é chamado de alotropia e as formas resultantes destas combinações são chamadas de formas alotrópicas. Assim, o ozônio é uma forma alotrópica do oxigênio. Ele é formado por três átomos de oxigênio e tem propriedades físico-químicas muito diferentes das outras formas alotrópicas.

A atmosfera é constituída por aproximadamente 21% de O<sub>2</sub> e 78% de N<sub>2</sub>, e essa composição varia muito pouco até aproximadamente 70 km de altura. À medida que as radiações mais energéticas chegam à superfície da Terra podem ser absorvidas seletivamente por algumas substâncias. Entretanto, antes de chegar à baixa atmosfera, uma parte dessa radiação é absorvida pelo oxigênio existente na estratosfera, desencadeando uma série de reações.

A camada de ozônio formada corresponde a uma faixa de aproximadamente 30 mil metros de espessura, que se inicia perto de 15 km da superfície terrestre. Se a camada estivesse nas condições de temperatura e pressão do nível do mar teria uma espessura de, no máximo, 3 milímetros. Mesmo assim ela é fundamental para a conservação da vida na Terra. O ozônio absorve intensamente a radiação ultravioleta. Por isso funciona como um filtro que impede esta radiação de chegar à superfície terrestre.

Em pequena quantidade, os raios ultravioleta são benéficos, por exemplo, ativam a formação de vitamina D em nossa pele, mas, em grande volume causam vários males aos seres humanos, entre eles as conhecidas queimaduras de sol, câncer de pele e

lesões oculares. Nas plantas e nos fitoplânctons o excesso de radiação ultravioleta determina redução do ritmo de crescimento e de produtividade.

O ozônio também se forma na troposfera, região mais baixa da atmosfera e onde vivemos. Aqui embaixo, sob a ação da luz, o ozônio se forma preferencialmente de uma combinação de óxidos de nitrogênio (produtos formados a partir da combustão de derivados do petróleo, eliminados pelas chaminés de fábricas e canos de escape dos veículos automotores). Por se constituir num elemento extremamente reativo e poderoso agente oxidante, o ozônio ataca uma série de materiais, como obras de arte, plantas, tecidos, borrachas e até os seres vivos, inclusive o próprio organismo humano. Portanto, sua presença na baixa atmosfera é indesejável e por seu caráter reativo, constitui um importante causador de vários poluentes secundários.

### **3.2 A DEGRADAÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO**

Tudo começou com um fenômeno importante para a manutenção da vida, a transformação de parte do oxigênio que se acumulava na atmosfera em ozônio. Isso graças à interação das radiações ultravioletas do sol nas altas camadas da atmosfera. Essas reações originaram uma verdadeira barreira de ozônio, filtrando e impedindo a penetração de quantidades excessivas de raios ultravioletas, que são nocivos à vida.

A surpresa mais perturbadora do final do século XX até os nossos dias talvez seja a descoberta da fragilidade do meio ambiente, principalmente da Camada de Ozônio.

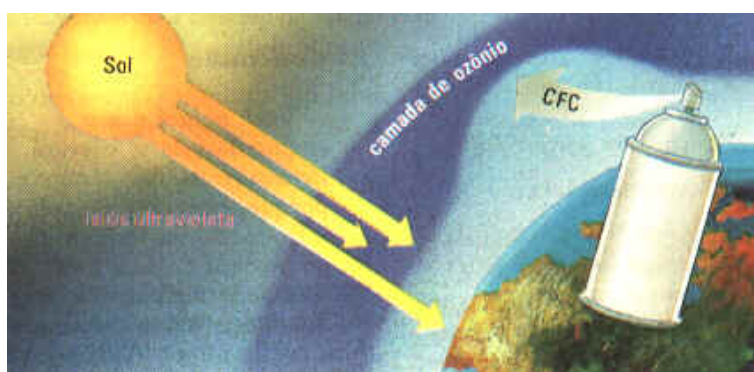
A camada de ozônio é uma "capa" desse gás (ATMOSFERA) que envolve a Terra e a protege de vários tipos de radiação, sendo que a principal delas, a radiação ultravioleta, é a principal causadora de câncer de pele. No último século, devido ao desenvolvimento industrial, passaram a ser utilizados produtos que emitem Clorofluorcarbonos (CFC), um gás que ao atingir a camada de ozônio destrói as moléculas que a formam ( $O_3$ ), causando assim a destruição dessa camada da atmosfera. Sem essa camada, a incidência de raios ultravioletas nocivos a Terra fica sensivelmente maior, aumentando as chances de contração de câncer de pele.

A origem dos atuais problemas ambientais está no estilo de vida das nações industrializadas. O aumento da industrialização no hemisfério norte trouxe riquezas materiais à custa do meio ambiente. A mineração a céu aberto deixou cicatrizes na área rural, cidades e fábricas se espalharam, liberando substâncias químicas nocivas no ar. Os carros estão se multiplicando, acrescentando poluentes à atmosfera.

As grandes inimigas da camada de ozônio são as moléculas de cloro <sup>[1]</sup> e de bromo lançadas na atmosfera em decorrência de produtos e tecnologias industriais inadequadas. As principais substâncias são os CFCs (clorofluorcarbonos), HCFC's (hidroclorofluorcarbonos) e brometo de metila <sup>[2]</sup> - presentes em ampla gama de produtos - gases refrigerantes, solventes, espumas, etc. Estes gases tendem a se acumular nas regiões mais frias do planeta tais como os pólos, por isso o buraco da Camada de Ozônio na Antártida é tão grande.

Nas últimas décadas tentou-se evitar ao máximo a utilização do CFC e, mesmo assim, o buraco na camada de ozônio continua aumentando, preocupando cada vez mais a população mundial. As ineficientes tentativas de se diminuir a produção de CFC, devido à dificuldade de se substituir esse gás, principalmente nos refrigeradores, fez com que o buraco continuasse aumentando, prejudicando cada vez mais a humanidade.

Um exemplo do fracasso na tentativa de se eliminar a produção de CFC foi a dos EUA, o maior produtor desse gás em todo planeta. Em 1978 os EUA produziam, em aerossóis, 235 mil toneladas de CFC, aumentando para 470 mil em 1988. Em compensação, a produção de CFC em outros produtos, que era de 350 mil toneladas em 1978, passou para 540 mil em 1988, mostrando a necessidade de se utilizar esse gás em nossa vida cotidiana. Foi muito difícil encontrar uma solução para o problema. De qualquer forma, dever-se-ia evitar ao máximo a utilização desse gás, para que pudéssemos garantir a sobrevivência de nossa espécie.



**[1]** Cloro - é um ávido destruidor da camada de ozônio - na estratosfera, ele "quebra" a molécula do ozônio ( $O_3$ ) e se "apropria" de um átomo de oxigênio para formar monóxido de cloro (ClO), um gás pouco estável que gera um processo em cadeia de eliminação do ozônio.

**[2]** Brometo de metila - substância química usada principalmente em agricultura para limpeza do solo, antes do plantio, e na eliminação das pragas. Os principais consumidores no Brasil são as indústrias de fumo (no sul do país) e as indústrias de armazenamento de grãos.



### 3.3 A DIMINUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

Do total da energia que nos chega do Sol, aproximadamente 46% correspondem à luz visível; 45% à radiação infravermelha e 9% à radiação ultravioleta. Essa última contém mais energia e, por isso, é mais perigosa para a vida dos animais e vegetais sobre a superfície da terra. O ultravioleta é a radiação que consegue "quebrar" várias moléculas que formam nossa pele, sendo por isso o principal responsável pelas queimaduras da praia.

Na atmosfera terrestre entre 12 e 32 km de altitude, existe a camada de ozônio (O<sub>3</sub>) que funciona como escudo, evitando que 9% da radiação ultravioleta atinjam a superfície da Terra.

No início da década de 60 verificou-se que a camada de ozônio estava sendo destruída mais rapidamente que o normal. O problema foi agravado pelo aumento do número de automóveis, aviões a jato, aviões supersônicos, foguetes, ônibus espaciais.

Em 1984 verificou-se uma perda de 40% da camada de ozônio sobre a Antártida. Calcula-se que a camada de ozônio vem diminuindo 0,5% ao ano, e que uma redução de 1% na camada de ozônio corresponde a um aumento de 2% da radiação ultravioleta que chega à superfície terrestre.

A redução da camada de ozônio provoca efeitos nocivos para a saúde humana e para o meio ambiente.

A *Radiação Ultravioleta* é uma parte sui-generis do espectro solar, e pode ser separada em três partes: a radiação UV-A, que se estende desde 320 a 400 nanômetros (nm); a radiação UV-B, que vai de 280 a 320 nm; e a radiação UV-C, que vai de 280 a comprimentos de onda ainda menores. A UV-C é totalmente absorvido na atmosfera terrestre, e por isto tem importância para medidas feitas da superfície da Terra. A UV-A é importante, porque não é absorvida pela atmosfera, a não ser por espalhamento nas moléculas e partículas, e porque tem efeitos sobre a pele humana. A radiação UV mais importante, sem dúvida, é a UV-B. Esta radiação é absorvida pelo ozônio, na estratosfera. Como a camada de ozônio está diminuindo, e vai continuar assim por mais algumas décadas, acredita-se que o UV-B vai aumentar sua intensidade no futuro.

Nos seres humanos, a exposição a longo prazo ao UV-B está associada ao risco de dano à visão, à supressão do sistema imunológico e ao desenvolvimento do câncer de pele.

Os animais também sofrem as conseqüências como o aumento do UV-B. Os raios ultravioletas prejudicam os estágios iniciais do desenvolvimento de peixes, camarões, caranguejos e outras formas de vida aquáticas e reduz a produtividade do fitoplâncton, base da cadeia alimentar aquática.

O INPE mantém uma importante rede de monitores de UV-B no território nacional, e tem oferecido estas informações à comunidade médica. Um dos objetivos do trabalho é divulgar o índice de UV-B, que é um número sem dimensões que visa definir quantitativamente se o sol está forte ou fraco. É um número de 0 a 16.

No Brasil, a camada de ozônio já perdeu aproximadamente 5% do seu tamanho original, de acordo com os instrumentos medidores do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais).

### **3.4 AS REAÇÕES NOCIVAS**

As moléculas de Clorofluorcarbonos, ou Freon, passam intactas pela troposfera, que é a parte da atmosfera que vai da superfície até uma altitude média de 10.000 metros. Em seguida essas moléculas atingem a estratosfera, onde os raios ultravioletas do sol aparecem em maior quantidade. Esses raios quebram as partículas de CFC (CFC) liberando o átomo de cloro. Este átomo, então, rompe a molécula de ozônio (O<sub>3</sub>), formando monóxido de cloro (ClO) e oxigênio (O<sub>2</sub>).

A reação tem continuidade e logo o átomo de cloro libera o de oxigênio que se liga a um átomo de oxigênio de outra molécula de ozônio, e o átomo de cloro passa a destruir outra molécula de ozônio, criando uma reação em cadeia.

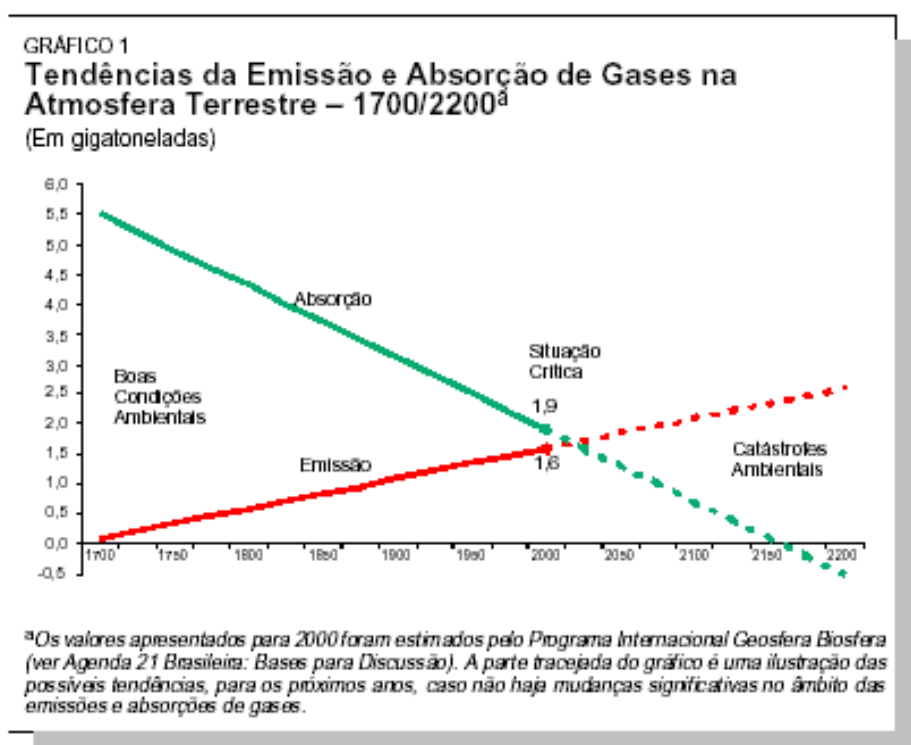
O ozônio pode ser destruído pelo freon que era o gás de refrigeração utilizado em geladeiras, freezers, aparelhos de ar condicionado, aerossóis, sprays de perfumes, desodorantes, tintas, etc.

Desta forma ocorre uma reação em cadeia com a formação de cloro atômico que dá continuidade à destruição da camada de ozônio.

### **3.5 O EFEITO ESTUFA**

Nas últimas décadas, a polêmica sobre um possível aquecimento global do nosso planeta decorrente de uma exacerbação do efeito estufa, passou a fazer parte das preocupações da humanidade.

O planeta Terra apresenta certas características que o tornam único no sistema solar. A atmosfera terrestre, por sua composição e estrutura, interage simultaneamente com a irradiação solar e a superfície terrestre, estabelecendo um sistema de trocas energéticas que explicam muitos fenômenos que afetam a vida no planeta. A distribuição espectral da radiação solar vai desde o ultravioleta até o infravermelho, com predominância da luz visível (0,4  $\mu\text{m}$  a 0,7  $\mu\text{m}$ ). Da radiação que atinge a Terra, cerca de 70% é absorvida (51% pela superfície e 19 % pela atmosfera). A fração da energia solar absorvida na superfície aquece o planeta e provoca reações químicas e transformações físicas.



O planeta irradia para o espaço uma quantidade de energia igual a que absorve do sol. Essa irradiação ocorre sob a forma de radiação eletromagnética na faixa do infravermelho, principalmente entre 4  $\mu\text{m}$  e cerca de 100  $\mu\text{m}$ .

A Terra funciona, portanto como um irradiador de infravermelho que iria para todo espaço, não fosse a presença na atmosfera de alguns gases que absorvem grande parte dessa radiação e conseqüentemente aquecendo-a.

A atmosfera terrestre é um mistura de gases, com predominância de nitrogênio (78%) e oxigênio (21%), gases que não absorvem radiação infravermelha.

Cabe destacar que grande parte do efeito estufa natural se deve a presença de água na atmosfera, vapor d'água (85%) e partículas d'água (12%). Outros gases estufas são: o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), os clorofluorcarbonetos (CFC's), os hidroclorofluorcarbonetos (HCFC's) e o hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ). O aumento desses gases na atmosfera em decorrência das atividades humanas pode causar aumento do efeito estufa e conseqüentemente um aquecimento global do planeta.

### **3.6 AS CARACTERÍSTICAS DOS COMPOSTOS USADOS NA INDÚSTRIA DE REFRIGERAÇÃO**

#### **3.6.1 Clorofluorcarbonetos (CFC's)**

Os clorofluorcarbonetos ou freons, principais responsáveis pela degradação da camada de ozônio, possuem um tempo médio de residência na atmosfera que varia de 75 até 380 anos e são potentes gases estufa. Uma molécula de CFC-12, por exemplo, tem o mesmo impacto de cerca de 10 mil moléculas de  $\text{CO}_2$ .

Os CFC's são produzidos principalmente para o uso em compressores para refrigeração doméstica e para expansão de polímeros. A produção e emissão destes gases diminuíram muito nos últimos anos em decorrência do Protocolo de Montreal (1987) e suas revisões posteriores que restringem a produção e uso de substâncias que destroem a camada de ozônio.

#### **3.6.2 Hidroclorofluorcarbonetos (HCFC's)**

Os hidroclorofluorcarbonetos (HCFC's) diferem do CFC's somente pelo fato de um ou mais átomos de cloro e/ou flúor serem substituídos por átomos de hidrogênio. Estes gases foram propostos e aceitos dentro do Protocolo de Montreal para substituir os

CFC's, pois a presença de átomos de hidrogênio nas moléculas torna-os mais instáveis, o que minimiza em muito seu potencial de destruição da camada de ozônio.

### 3.6.3 Hidrofluorcarbonetos (HFC's)

Um dos HFC's mais usados atualmente em refrigeradores no lugar dos HCFC's é o de fórmula  $\text{CH}_2\text{FCF}_3$  (nome comercial HFC - R134a). Os HFC's, entretanto são potentes gases estufas. Uma molécula de HCFC - R134a, por exemplo, tem o mesmo impacto que cerca de 3.400 moléculas de  $\text{CO}_2$  (que tem sido apontado como grande vilão do aumento do efeito estufa). Estima-se que no ano 2010 as emissões globais de HFC - R134a serão da ordem de 148 mil toneladas, o que terá um impacto estufa semelhante ao de todo combustível fóssil queimado no Reino Unido naquele ano.

Por isso, diversas empresas européias substituíram-nos por hidrocarbonetos de baixo potencial estufa, em especial o **Ciclopentano** e o **Isobutano**, o que requer adaptações nos refrigeradores.

### 3.6.4 Hidrocarbonetos (HC's)

Os hidrocarbonetos – gases naturais derivados do petróleo totalmente inofensivos à camada de ozônio e com poder de aquecimento global próximo ao  $\text{CO}_2$ . Este gás é de livre acesso, pois as substâncias utilizadas não são patenteáveis. O HCFC e o HFC, ao contrário, são patenteados por indústrias químicas e produzidos apenas contra o pagamento de royalties.

Os hidrocarbonetos são fluidos de refrigeração intrinsecamente mais eficientes que os HFC's. Isto significa que, com melhorias tecnológicas, as possibilidades de futuras reduções no consumo de energia dos refrigeradores são muito maiores com o uso dos hidrocarbonetos do que com o uso dos HFC's.

Para um país como o Brasil, com potencial de aumento significativo do número de equipamentos domésticos por habitante, a escolha de linhas tecnológicas mais econômicas no consumo de energia, proteção a camada de ozônio e com preservação do meio ambiente global é, sem dúvida, o desafio e o caminho para as indústrias de refrigeração que almejam produzir produtos inovadores, com tecnologia limpa e que contribuam para a sustentabilidade do planeta.

### 3.6.5 Propriedades Físicas e Impacto Ambiental dos compostos

Na tabela 1 são apresentadas as principais propriedades físicas dos gases refrigerantes a base de hidrocarbonos comparadas às do R 12 e R 134<sup>a</sup>:

**TABELA 1** – Propriedades físicas do R12, R134A e refrigerantes hidrocarbonos.

REFRIGERANTE	ESTRUTURA MOLECULAR	PESO MOLECULAR (°C)	PRESSÃO CRÍTICA (bar)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)
R12	$\begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{F} - \text{C} - \text{Cl} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$	120,0	111,8	-29,8
R134a	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{F} - \text{C} - \text{C} - \text{F} \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{H} \end{array}$	102,0	101,2	-26,0
Propano (R290)	$\begin{array}{c} \quad \quad \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	44,1	96,7	-41,7
Butano (R600)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{C} - \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	58,1	151,0	-0,5
Isobutano (R600a)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	58,1	136,1	-11,7

Fonte: Programa Refprop e Catálogo Matheson

Como se pode verificar na tabela 1, os refrigerantes hidrocarbonos apresentam menor peso molecular quando comparados ao do R 12 e R 134a. Isto é devido à ausência de halogêneos como cloro e flúor na sua estrutura molecular, que é composta apenas de carbono e hidrogênio. Tal característica torna os refrigerantes hidrocarbonos menos agressivos ao meio ambiente, como mostra a tabela 2.

**TABELA 2** - Impacto ambiental dos refrigerantes hidrocarbonos, R 12 e R 134a.

Tipo	Tempo de vida (anos)	ODP	HGWP	Inflamabilidade
CFC R12	120	1,0	7100	Não
HCFC R22	15	< 1	1500	Não
HFC R134a	16	0	3200	Não
Propano R290	meses	0	< 5	Sim
Butano R600	semanas	0	< 5	Sim
Isobutano R600a	< 1 semana	0	< 0.01	Sim

Fonte: 3º relatório da comissão de inquérito do parlamento Alemão "Protection of the Atmosphere", 1990.

ODP - Potencial de Diminuição de Ozônio.

HGWP - Potencial de Aquecimento Global.

Observa-se também na tabela 2 que os refrigerantes hidrocarbonos a exemplo do R 134a, não destroem a camada de ozônio (ODP = 0). Tal característica deve-se à ausência de cloro nas suas moléculas. Entretanto os refrigerantes hidrocarbonos exercem efeito desprezível (GWP < 5) sobre o aquecimento da Terra, ao contrário do R 12 e R 134a.

Outro fator ambiental favorável aos gases refrigerantes hidrocarbonos, mostrado na tabela 2, é seu menor tempo de vida na atmosfera.

### 3.6.6 Flamabilidade e Toxidez dos compostos

A flamabilidade de um fluido é representada pelos seus limites inferior (LEL) e superior (UEL) de explosão. Tais limites, cuja diferença é conhecida como limite de flamabilidade representam a mínima e a máxima concentração de um gás no ar, que quando submetido a uma fonte de ignição, promove a propagação de chama, sendo ou não continuada a aplicação da fonte de ignição.

Quanto maior o valor do LEL, mais facilmente é evitado a formação de uma mistura inflamável, como mostra a tabela 3.

**TABELA 3 – Flamabilidade e Toxidez**

REFRIGERANTE	TOXIDEZ	FLAMABILIDADE DO AR	
		LEL	UEL
		(% por volume)	
R12	TLV = 1000 ppm	Não inflamável	
R134a	AEL= 1000 ppm	Não inflamável	
Propano (R290)	Baixa	2,1	9,5
Butano (R600)	Levemente anestésico TLV= 800 ppm	1,8	8,5
Isobutano (R600a)	Levemente anestésico TLV= Não estabelecido	1,8	8,5

TLV = Valor Limite "Threshold" (ACGIH)

AEL= Limites de exposição permissíveis (DuPont)

Fonte: Catálogo White Martins e DuPont

Observa-se também na tabela 3 que os refrigerantes hidrocarbonos apresentam toxidez similar à dos gases R12 e R134a.

### 3.7 AS CONSEQÜÊNCIAS DESSES COMPOSTOS SOBRE A NATUREZA

Em todo o mundo as massas de ar circulam, sendo que um poluente lançado no Brasil pode atingir a Europa devido a correntes de convecção. Na Antártida, por sua vez, devido ao rigoroso inverno de seis meses, essa circulação de ar não ocorre e, assim, formam-se círculos de convecção exclusivos daquela área. Os poluentes atraídos durante o verão permanecem na Antártida até a época de subirem para a estratosfera. Ao chegar o verão, os primeiros raios de sol quebram as moléculas de CFC encontradas nessa área, iniciando a reação. Em 1988, foi constatado que na atmosfera da Antártida, a concentração de monóxido de cloro é cem vezes maior que em qualquer outra parte do mundo.

Além disso, existe a hipótese segundo a qual a destruição da camada de ozônio pode causar desequilíbrio no clima, resultando no "efeito estufa", o que causaria o descongelamento das geleiras polares e conseqüente inundação de muitos territórios que atualmente se encontram em condições de habitação.



### 3.8 AS CONSEQÜÊNCIAS DESSES COMPOSTOS SOBRE O HOMEM

A principal conseqüência da destruição da camada de ozônio será o grande aumento da incidência de câncer de pele, desde que os raios ultravioletas são mutagênicos. .O câncer da pele é um tumor formado por células da pele que sofreram uma transformação e multiplicam-se de maneira desordenada e anormal dando origem a um novo tecido (neoplasia). De qualquer forma, a maior preocupação dos cientistas é mesmo com o câncer de pele, cuja incidência vem aumentando nos últimos vinte anos. Cada vez mais se aconselha a evitar o sol nas horas em que esteja muito forte, assim como a utilização de filtros solares, únicas maneiras de se prevenir e de se proteger a pele.

Há cerca de 400 milhões de anos, começou a se acumular na atmosfera uma quantidade significativa de oxigênio (O<sub>2</sub>). Estimulado e energizado pelas radiações ultravioletas (UV), esse gás reagia com o oxigênio livre (O), logo abaixo da estratosfera, formando o O<sub>3</sub>. A formação do ozônio permitiu a evolução dos vertebrados terrestres, porque, ao absorver radiação UV da alta atmosfera, apenas uma pequena parcela dessas radiações passou a alcançar o solo. Se essas radiações chegassem com grande intensidade à superfície, provocariam feridas na pele, câncer e mutações degenerativas.

O ozônio está constantemente sendo consumido e produzido num permanente ciclo, associado ao ciclo de oxigênio num processo natural e com equilíbrio delicado. A atividade humana pode alterar esse equilíbrio. É o que parece estar ocorrendo ultimamente, fato descoberto através de fotos obtidas pelo satélite norte-americano Nimbus-7, em outubro de 1986. A redução na camada de ozônio permite a passagem de uma maior quantidade de raios UV. Isso pode provocar problemas no sistema imunológico humano (facilitando as doenças e o ataque de parasitas), deficiências genéticas e câncer de pele. Estima-se que a perda de 1% na camada de ozônio levaria a 70 mil novos casos desse tipo de câncer. Culturas agrícolas, como ervilha, feijão e soja, teriam a produtividade reduzida, devido às sérias alterações genéticas e à inibição do crescimento.

Para amenizar esses efeitos seria necessário evitar que o cloro chegasse à alta atmosfera, eliminando sua fonte. A principal fonte de cloro já foi identificada. É um gás

chamado CFC (clorofluorcarbono), inventado em 1930 e usado como fluido refrigerante em geladeiras e em aerossóis.

O CFC não é tóxico ao homem, nem é inflamável e tem baixo custo de produção. Entretanto, apresenta uma séria desvantagem: é muito estável; leva 139 anos para que o volume liberado diminua pela metade. Por isso ele tem tempo para subir lentamente até a estratosfera e dar início ao processo de destruição do O<sub>3</sub>. Não bastasse isso, o CFC é também um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, contribuindo em 17% para isso.

### **3.9 A INDÚSTRIA DE REFRIGERAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO**

Os clorofluorcarbonos - CFC's, são gases utilizados em refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, balcões frigoríficos e outros. Na indústria de refrigeração, os gases mais utilizados é R-134a e alguns CFC's. Os CFC's, até recentemente tidos como gases ideais para trabalho e inofensivos à natureza, provocam sérios danos à camada de ozônio e o aumento do efeito estufa.

No campo de espumas de poliuretano, diversos compostos químicos da família dos fluorcarbonos, são utilizados como agente de expansão. A legislação brasileira pertinente a este assunto está prevista na Resolução CONAMA n.º 13 de 13/Dez/1995, que estipula a proibição do uso de CFC's na produção de espumas rígidas e semi-rígidas a partir de 01/Jan./2001.

O Protocolo de Montreal prevê a utilização de HCFC's até 2040 em países em desenvolvimento e 2030 para os países desenvolvidos.

Em 1987, através do Protocolo de Montreal, foram estabelecidas metas para a substituição dos CFC's, por gases alternativos, menos prejudiciais ou inofensivos ao meio ambiente, como por exemplo, o R134a. A principal meta estabelecida em Montreal prevê zerar a produção de CFC's a partir de 1996, com um prazo de 10 anos de carência para os países em desenvolvimento – grupo em que se encontra o Brasil.

Assim, a indústria de refrigeradores começou a substituir o CFC por HCFC (Hidroclorofluorcarbono) e HFC (Hidrofluorcarbono), gases recomendados como de transição, pois, apesar de não destruírem a camada de ozônio, aumentam o efeito estufa.

Na Europa, principalmente na Alemanha, optou-se por gases hidrocarbonetos, como o R290, propano, na produção de aparelhos de ar condicionado e o R600a, Isobutano, na produção de refrigeração doméstica.

Esses gases, no entanto, são inflamáveis e requerem cuidados especiais em sua utilização, a fim de atingir as exigências de segurança.

Até pouco tempo atrás, os HFC's - agressores da camada de ozônio - eram vistos como os principais substitutos dos CFC's para a fabricação das espumas de isolamento térmico das geladeiras. Várias indústrias, como a BSH, passaram a usar o ciclopentano (Hidrocarboneto derivado do petróleo), inofensivo à camada de ozônio, no lugar nos CFC's e HCFC's. Representantes das empresas envolvidas na produção de espumas de isolamento térmico com ciclopentano já afirmaram que se trata da "maior e mais rápida mudança tecnológica nos últimos 25 anos" na indústria do poliuretano.

### **3.9.1 A experiência do uso de hidrocarbonetos na BSH**

A BSH Continental Eletrodomésticos, signatária dos Protocolos de Montreal e Kyoto, realiza em sua planta a produção de Refrigeradores e Freezers. Pretendendo assegurar o cumprimento da legislação vigente no País e dentro da conformidade com suas Políticas de Meio Ambiente, Saúde e Segurança, busca constantemente atualizações em seus processos, visando ganhos ambientais e econômicos.

Com esta filosofia, e ciente das contribuições dos gases utilizados em seus processos na diminuição da camada de ozônio e no aquecimento global, a BSH pesquisou substitutos para o gás refrigerante usado na produção de refrigeradores e freezers em suas linhas de produção, o R134A, da família dos HFC's. Este gás apresenta propriedades químicas de reação com o oxigênio presente no ozônio atmosférico, reduzindo assim a camada de ozônio.

Em relação ao aquecimento global, há que se considerar ainda que uma molécula do HFC-134a apresenta impacto de cerca de 3.400 moléculas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, e a emissão deste gás para o ano 2010 está estimada em 148 t, o que requer ações inovadoras e imediatas, como já vem ocorrendo em determinadas empresas européias.

Como a empresa está compromissada com o meio ambiente buscou-se uma nova opção de gás inerte, que não reagisse com o oxigênio atmosférico evitando assim a depleção da camada de ozônio.

A BSH optou por utilizar o gás R 600A (Isobutano), que embora reduza os impactos citados é inflamável e requer cuidados especiais em sua utilização.

Para tanto a empresa fez modificações em seu processo, com a intenção de manter a segurança exigida, incluindo medidas relativas à:

- Sistemas de segurança no descarregamento;
- Equipamentos de injeção de gases;
- Dispositivos de identificação para os produtos;
- Sensores para detecção de vazamentos;
- Treinamento de pessoal;

Praticamente não há diferenças no processo produtivo quanto ao uso de um HC e um HFC, pois os equipamentos utilizados na produção dos refrigeradores são praticamente os mesmos. As únicas diferenças são nos tempos de ciclo das bombas quando comparamos HFC e HC nos tempos de injeção de gases, porém isto não é significativo para definirmos diferenças nos processos de produção. Mas a adequação necessária na fábrica para transferência desta tecnologia gera um investimento considerável.

A nossa linha de produtos já está praticamente 85% convertida em R- 600. Porém devido a dificuldades técnicas alguns modelos de 01 porta ainda não foram convertidos, embora já existam testes em andamento. Outro fator que faz com que a linha não seja totalmente de R 600a é o fato de alguns mercados externos, exemplo do México, que ainda solicitam modelos com R 134a.

### 3.9.2 Investimentos envolvidos no projeto de implantação do HC na BSH

Em termos gerais a BSH fez um grande investimento para a adequação de sua fábrica de refrigeradores para a nova tecnologia limpa de HC's. Em âmbito geral podemos destacar como investimentos significativos:

○ Sistemas de ventilação:	R\$ 30.000,00
○ Máquinas, Equipamentos, Bombas Dosadoras e acessórios:	R\$ 701.000,00
○ Sistemas de segurança e sensores de vazamentos:	R\$ 226.000,00
○ Edificações e tanques:	R\$ 272.000,00
○ Painéis de Controle:	R\$ 210.000,00
○ Sistemas de vácuo:	R\$ 111.000,00

**Totalizando um investimento: R\$ 1.550.000,00**

## 4. DATA DA EFETIVA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Em Hortolândia, a fábrica, de Refrigeradores e Freezers, vem canalizando esforços para adequação de sua planta a esta tecnologia limpa de HC desde 2003. Com isto gradativamente vem migrando seus produtos e modelos para o uso de R600a até a presente data.

## 5. BENEFÍCIOS

### Ganhos Ambientais:

- A empresa reduziu a emissão do gás **HFC's** em cerca de 70% por ano, com previsão de chegar a 100% até o final de 2007;
- Lançamento no mercado de um produto mais ecológico;
- Atendimento a normas internacionais ambientais, além de suas políticas corporativas;
- Redução do uso de matéria prima, gerando menor impacto ambiental final.

### Ganhos Econômicos

- Com a nova medida implementada na substituição do gás refrigerante R -134a pelo R600a, a empresa obteve uma economia energética de 3,0% por ano;
- Redução do consumo do gás na produção dos refrigeradores em aproximadamente 45% quando comparado ao uso do gás R-134<sup>a</sup>;
- Abertura de novos mercados para os seus produtos.

### **Ganhos de Imagem**

- Associação da marca BOSCH a produtos ecologicamente corretos;
- Único refrigerador produzido no Brasil com tecnologia sustentável;
- Produto de tecnologia limpa reconhecido por órgãos governamentais.
- Divulgação de seus valores de responsabilidade e cultura ambiental.

## **6. CONCLUSÃO**

Esta iniciativa fez com que em 2006 a BSH focasse grande esforço na área de desenvolvimento de produtos (P&D). O resultado deste esforço foi o desenvolvimento de toda a nova linha de refrigeradores da marca BOSCH, conhecidos comercialmente como **BOSCH SPACE**.

Este produto 100% ecológico alia a tecnologia mais moderna existente na proteção à camada de ozônio e a prevenção do aquecimento global associado a um design moderno e sofisticado.

Desta forma, a BSH alinhada com sua política de Meio Ambiente tem a intenção de continuar suas pesquisas e aplicá-las na evolução de seus produtos tornando cada vez mais a marca **BOSCH** uma marca associada à **tecnologia para a vida**.

## **7. DECLARAÇÃO DE CIÊNCIA DO REGULAMENTO**

## **8 . ANEXOS**

Nas páginas seguintes serão anexos materiais que contribuem para a avaliação e o entendimento do projeto apresentado.



## **8.1 Anexo 1 – Política Ambiental**

## **8.2 Anexo II – Indicador e monitoramento de incremento de produção com R600**

**8.3 – Anexo III - Indicador de redução de consumo de R 134a**

**8.4 Anexo IV – Publicação na revista” Banas Qualidade” do mês de janeiro de 2007**

## **8.5 – Anexo V – Publicação digital do projeto no site da CETESB**