

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

**RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA**

**SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS**

**Indústria Química**

**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: Indústria Química**

**Reeditado por:**

Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima - CGMC/SEPED/MCTI

**Elaborado por:**

Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM, 2010

**Autor:**

Obdulio Diego Fanti

**Colaboração:**

White Martins

**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação  
2015**

# Índice

	Página
1. Introdução _____	12
2. Processos produtivos analisados _____	13
2.1. <i>Produção de Amônia</i> _____	13
2.2. <i>Produção de Ácido Nítrico</i> _____	13
2.3. <i>Produção de Ácido Adípico</i> _____	15
2.4. <i>Produção de Caprolactama</i> _____	15
2.5. <i>Produção e uso do Carbureto de Cálcio</i> _____	15
2.6. <i>Produção de Petroquímicos e de Negro-de-Fumo</i> _____	16
2.6.1. <i>Metanol</i> _____	16
2.6.2. <i>Eteno (ou Etileno)</i> _____	17
2.6.3. <i>Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)</i> _____	17
2.6.4. <i>Óxido de Eteno</i> _____	18
2.6.5. <i>Acrilonitrila</i> _____	18
2.6.6. <i>Coque de Petróleo Calcinado</i> _____	19
2.6.7. <i>Negro-de-fumo</i> _____	20
2.7. <i>Produção de Ácido Fosfórico</i> _____	20
2.8. <i>Outros produtos químicos</i> _____	20
3. Metodologia e Dados _____	21
3.1. <i>Amônia</i> _____	21
3.2. <i>Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>)</i> _____	22
3.3. <i>Ácido Adípico</i> _____	24
3.4. <i>Caprolactama</i> _____	25
3.5. <i>Carbureto de Cálcio</i> _____	26
3.6. <i>Petroquímicos e Negro de Fumo</i> _____	26
3.6.1. <i>Metanol</i> _____	26
3.6.2. <i>Eteno</i> _____	27
3.6.3. <i>Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)</i> _____	27
3.6.4. <i>Óxido de Eteno</i> _____	27
3.6.5. <i>Acrilonitrila</i> _____	28

3.6.6.	<i>Coque de Petróleo Calcinado</i>	28
3.6.7.	<i>Negro-de-fumo</i>	28
3.7.	<i>Ácido Fosfórico</i>	29
3.8.	<i>Outros produtos químicos</i>	30
3.9.	<i>Emissões do consumo não energético de combustíveis, de acordo com o Balanço Energético Nacional</i>	31
4.	<b>Resultados</b>	35
4.1.	<i>Comparação com as emissões de CO<sub>2</sub> pelo consumo não energético BEN</i>	40
4.2.	<i>Emissões de NMVOC pelo consumo não energético de outros setores além da indústria química</i>	42
5.	<b>Diferenças em relação ao Segundo Inventário</b>	44
6.	<b>Referências Bibliográficas</b>	45

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Produção de amônia.....	22
Tabela 2 - Produção de ácido nítrico .....	24
Tabela 3 - Produção de ácido adípico .....	25
Tabela 4 - Produção de caprolactama.....	26
Tabela 5 - Produção de petroquímicos e negro-de-fumo .....	29
Tabela 6 - Quantidade de rocha fosfática consumida na produção primária de ácido fosfórico....	30
Tabela 7 - Fatores de emissão de NMVOC para outros produtos químicos .....	31
Tabela 8 - Consumo não energético de combustíveis, para o cálculo de emissões de CO <sub>2</sub> .....	32
Tabela 9 - Consumo não energético de combustíveis, para o cálculo de emissões de NMVOC .....	33
Tabela 10 - Densidade dos combustíveis para cálculo das emissões NMVOC .....	33
Tabela 11 - Dados de atividade para outros produtos químicos .....	34
Tabela 12 - Emissões de CO <sub>2</sub> da produção de substâncias químicas .....	35
Tabela 13 - Emissões de CH <sub>4</sub> da produção de substâncias químicas .....	36
Tabela 14 - Emissões de N <sub>2</sub> O da produção de substâncias químicas .....	37
Tabela 15 - Emissões de CO da produção de ácido adípico.....	38
Tabela 16 - Emissões de NO <sub>x</sub> da produção de substâncias químicas.....	38
Tabela 17 - Emissões de NMVOC da produção de petroquímicos .....	39
Tabela 18 - Emissões de NMVOC da produção de outras substâncias químicas .....	40
Tabela 19 - Emissões de CO <sub>2</sub> calculadas pelo consumo não energético do BEN.....	41
Tabela 20 - Emissões de NMVOC pelo consumo não energético de outros setores além da indústria química .....	43

## 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 a caracterização dos processos produtivos da indústria química nacional e suas estimativas de emissões dos gases de efeito estufa (GEE) - dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) - resultantes da produção de substâncias químicas. Também são compreendidos neste relatório os gases indiretos - monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e compostos orgânicos voláteis - genericamente referidos por NMVOC (*non methanic volatile organic compounds*).

Com o avanço das tecnologias de produção de biocombustíveis, a indústria química nacional tem começado a substituir os combustíveis fósseis, utilizados como matérias-primas em seus processos produtivos, por esses combustíveis de origem renovável. Tal ação visa a redução das emissões de GEE de processo. Adicionalmente, novas tecnologias de controle de N<sub>2</sub>O têm sido adotadas, principalmente para a produção dos ácidos adípico e nítrico, que era responsável pelas maiores emissões deste tipo de GEE.

Neste relatório são abordadas apenas as emissões de processo, que ocorrem como subprodutos dos principais químicos produzidos. As emissões referentes à queima de combustíveis no interior dos fornos são consideradas, de acordo com as diretrizes metodológicas do IPCC, nos relatórios referentes ao Setor Energia.

Os produtos químicos apresentados neste relatório são: amônia, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, carbureto de cálcio, dióxido de titânio, metanol, eteno, dicloroetano, cloreto de vinila, óxido de eteno, acrilonitrila, negro-de-fumo e ácido fosfórico. Envolvendo apenas os gases de efeito estufa indireto foram acrescentados os seguintes produtos químicos: resinas ABS, anidrido ftálico, borracha de butadieno estireno (SBR), estireno, etilbenzeno, formaldeído, policloreto de vinila - PVC, poliestireno, polietileno PEAD, polietileno PEBD, polietileno PELBD, polipropileno e propeno.

Nesta reedição, a CGMC ampliou a cobertura dos produtos químicos, com a inclusão das emissões da produção do coque de petróleo calcinado, e fez uma comparação com o consumo não energético do Balanço Energético Nacional (BEN). O setor de Uso de Solventes e Outros Produtos também é aqui incluído, com abordagem apenas através do uso não energético de querosene iluminante, álcool hidratado, solventes e outros produtos não energéticos de petróleo pelos setores diferentes da indústria química, conforme informado no BEN.

As emissões de gases de efeito estufa direto foram estimadas para o período de 1990 a 2010 utilizando as Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa de 2006 do IPCC, (IPCC 2006), *Guidelines 2006*. Já as de gases de efeito estufa indireto o foram pelas Diretrizes Revisadas de 1996 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC 1997), *Guidelines 1996*. Os resultados estão apresentados sinteticamente na Tabela I a seguir:

**Tabela I - Emissões provenientes dos processos produtivos da indústria química**

Gás	1990	1995	2000	2005	2010	Varição 2005/2010
	(Gg)					(%)
CO <sub>2</sub>	2.373	2.548	2.615	2.954	2983	1
CH <sub>4</sub>	5,3	6,6	9,0	9,4	11,9	27
N <sub>2</sub> O	10,69	17,44	19,94	22,83	0,93	-96
CO	0,5	0,9	1,0	1,2	1,4	15
NO <sub>x</sub>	0,7	0,9	0,9	1,1	1,1	6
NMVOG	26,5	31,4	42,9	49,0	61,1	25

Do consumo não energético de outros setores fora a indústria química, surge a necessidade de se estimar as emissões relativas ao consumo de lubrificantes, conforme a Tabela II.

**Tabela II - Emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do consumo de lubrificantes**

Gás	1990	1995	2000	2005	2010	Varição 2005/2010
	(Gg)					(%)
CO <sub>2</sub>	428	414	504	525	679	29

Na Tabela III estão apresentadas as emissões consideradas do setor Uso de Solventes e Outros Produtos, a partir das informações do BEN.

**Tabela III - Emissões evaporativas (NMVOG) no setor Uso de Solventes e Outros Produtos**

Gás	1990	1995	2000	2005	2010	Varição 2005/2010
	(Gg NMVOG)					(%)
Querosene Iluminante	0	0	0	23	7	-69
Álcool Hidratado	692	826	776	429	825	92
Solventes	208	262	402	953	438	-54
Outros não energéticos de petróleo	1.059	840	1.452	1.156	3.447	198
<b>Total</b>	<b>1.959</b>	<b>1.928</b>	<b>2.630</b>	<b>2.560</b>	<b>4.717</b>	<b>84%</b>

Os gráficos a seguir mostram a evolução das emissões para esses gases ao longo do período estendido, de 1990 a 2010 para a indústria química.

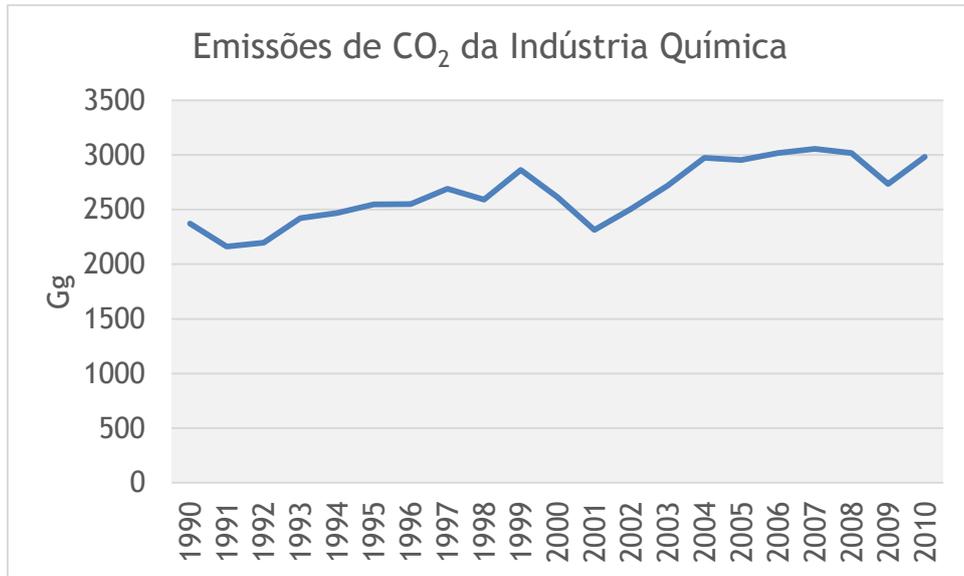
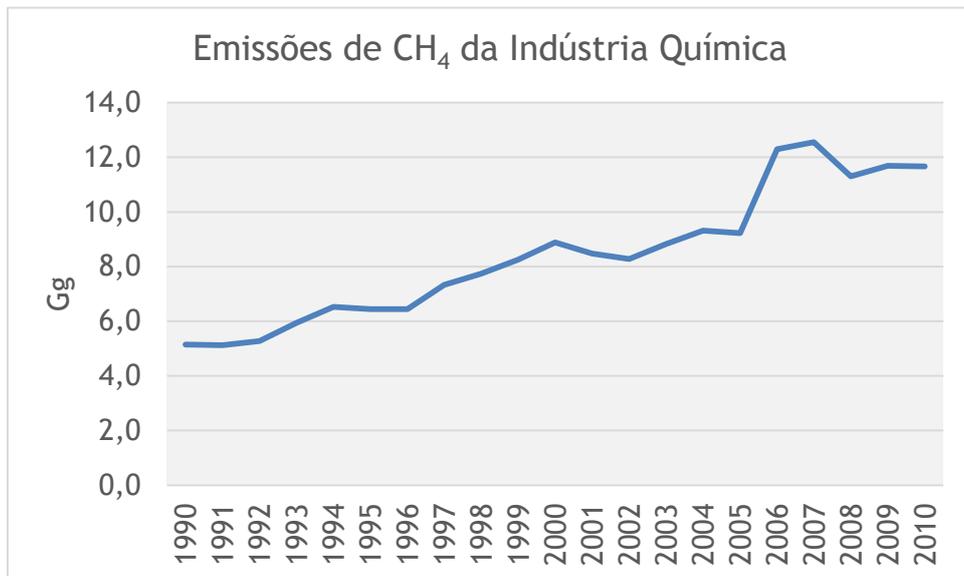
Figura I - Emissões de CO<sub>2</sub> pelos processos produtivos da indústria químicaFigura II - Emissões de CH<sub>4</sub> pelos processos produtivos da indústria química

Figura III - Emissões de N<sub>2</sub>O pelos processos produtivos da indústria química

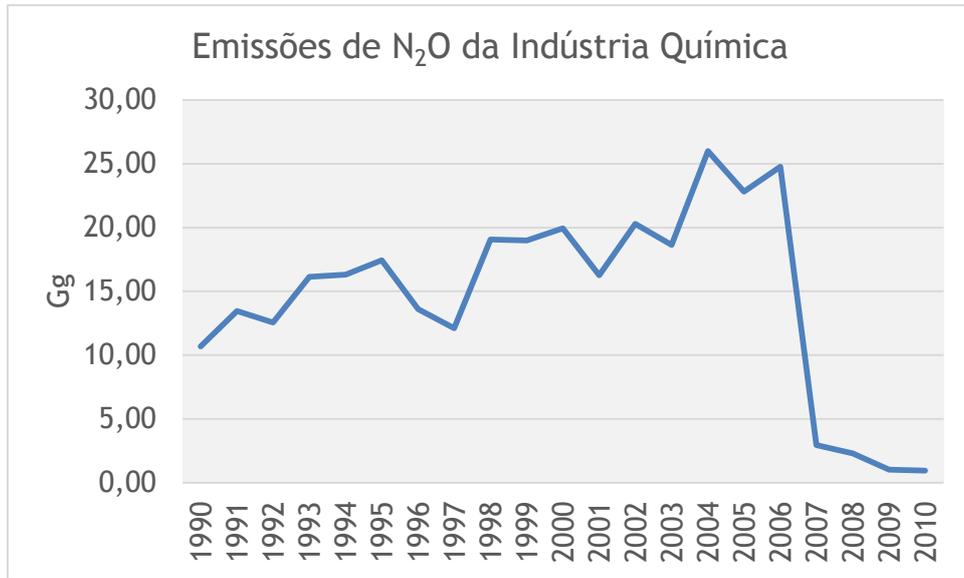


Figura IV - Emissões de CO pelos processos produtivos da indústria química

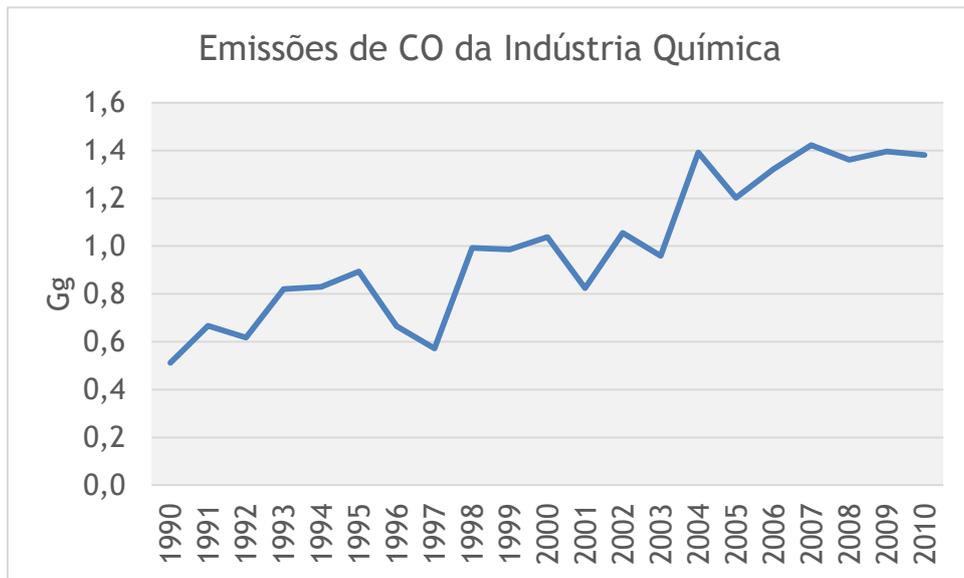


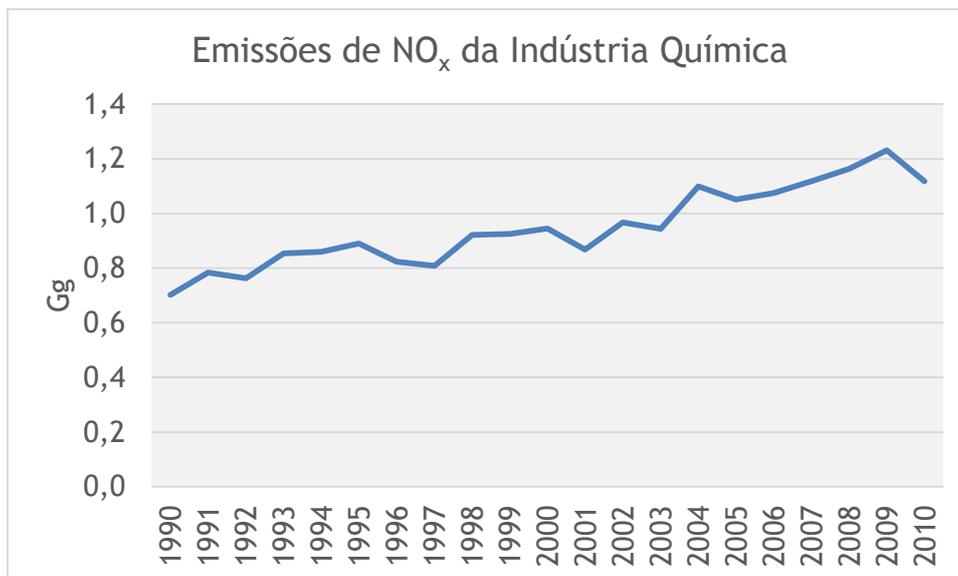
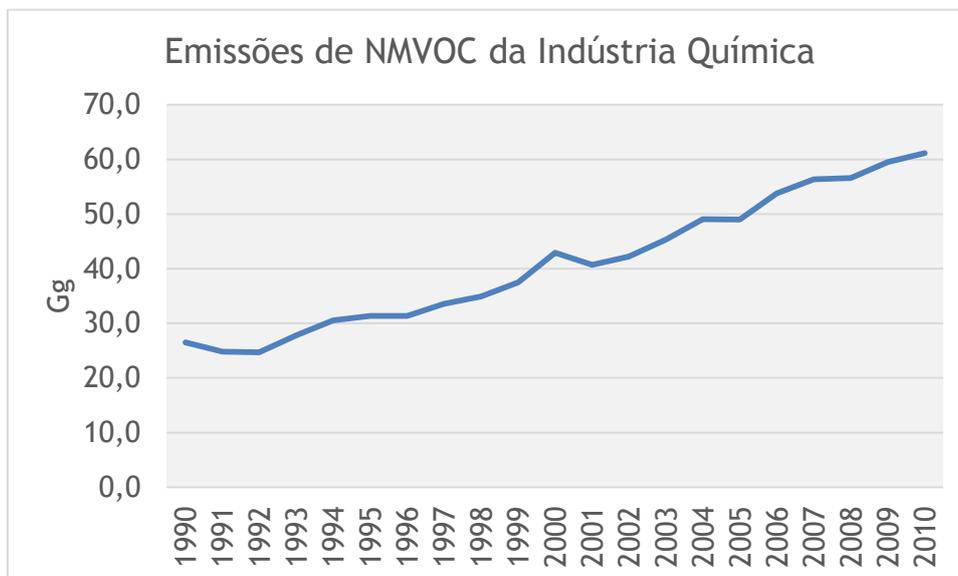
Figura V - Emissões de NO<sub>x</sub> pelos processos produtivos da indústria química

Figura VI - Emissões de NMVOC pelos processos produtivos da indústria química



## 1. Introdução

A experiência de uma série de países confirmou as contribuições significativas da produção de vários produtos químicos orgânicos e inorgânicos para os níveis nacionais e globais das emissões de gases de efeito estufa da indústria química. Essas emissões do setor químico no Brasil estão associadas às produções de amônia, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, carbureto de cálcio, dos petroquímicos (metanol, eteno, dicloroetano e cloreto de vinila, óxido de eteno e acrilonitrila), negro-de-fumo e coque de petróleo. Adicionalmente, outros químicos como resinas ABS, anidrido ftálico, borracha de butadieno estireno (SBR), estireno, etilbenzeno, formaldeído, policloreto de vinila - PVC, poliestireno, polietileno PEAD, polietileno PEBD, polietileno PELBD, polipropileno e propeno produzem emissões indiretas de compostos orgânicos voláteis como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC e CO. A produção de óxido de titânio não foi avaliada, pois a rota tecnológica utilizada no Brasil não emite GEE.

A indústria química tem presença global e utiliza materiais ricos em carbono, tanto como matéria-prima como fonte de energia, o que faz com que a discussão sobre as mudanças climáticas seja tratada como um tema de relevância para o setor. A produção e uso desses químicos geram gases de efeito estufa - GEE, razão pela qual as ações deste setor industrial são relevantes para ajudar na solução dos problemas advindos das mudanças climáticas.

## 2. Processos produtivos analisados

A seguir são apresentados os processos produtivos da indústria química no Brasil que geram gases de efeito estufa.

### 2.1. Produção de Amônia

A amônia é um dos produtos químicos básicos, produzido em grandes quantidades, utilizado como fonte de nitrogênio. É matéria-prima para a fabricação de ureia, o principal fertilizante nitrogenado, e para a produção de ácido nítrico, intermediário na produção de nitrato de amônio fertilizante e nitrato de amônio explosivo.

Aproximadamente, 10% da produção de amônia são destinados à produção de aminas e outros compostos orgânicos, como fluidos refrigerantes que substituem gases destruidores da camada de ozônio, e na produção de ureia grau técnico utilizada como insumo químico em outros processos produtivos.

A produção de amônia requer uma fonte de hidrogênio e outra de nitrogênio. A fonte de nitrogênio é o ar atmosférico. O hidrogênio pode ser obtido de diferentes matérias-primas como: resíduo asfáltico (tecnologia desenvolvida pela Shell e a Texaco); gás residual de refinaria (tecnologia desenvolvida pela Petrobras/Fosfértil/Ultrafértil); gás natural (tecnologia com uma dezena de fornecedores); nafta petroquímica (tecnologia com uma dezena de fornecedores); etanol (matéria-prima já processada na unidade industrial da Fosfertil-Cubatão-São Paulo, com adaptação tecnológica desenvolvida pela Fosfertil/Ultrafértil).

Como subproduto da fabricação de amônia é gerado dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que é liberado na atmosfera. Entretanto, quando há integração com uma planta de ureia ou de metanol, parte do  $\text{CO}_2$  é utilizada como matéria-prima na produção desses produtos. Alternativamente, o  $\text{CO}_2$  também pode ser recuperado para utilização como fluido refrigerante, na carbonatação de líquidos e como gás inerte. Em todos esses casos, porém, o  $\text{CO}_2$  utilizado não é descontado das emissões, pois acaba sendo emitido a curto prazo, quando de sua utilização.

### 2.2. Produção de Ácido Nítrico

O ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) é um composto inorgânico usado principalmente na fabricação de fertilizantes sintéticos. É o composto mais importante como insumo na fabricação de ácido adípico, como intermediário na produção de ácido nítrico concentrado, para agente de nitração de compostos orgânicos e, também, na fabricação de explosivos.

O processo de produção tradicional e comercialmente disponível do ácido nítrico envolve a oxidação catalítica de amônia com o ar e as reações subsequentes dos produtos da oxidação com

a água, através do processo de Ostwald. Tal processo básico envolve as três reações químicas representadas nas equações abaixo:

Oxidação catalítica da amônia (NH<sub>3</sub>) com o oxigênio (O<sub>2</sub>) da atmosfera para obtenção de óxido nítrico (NO):



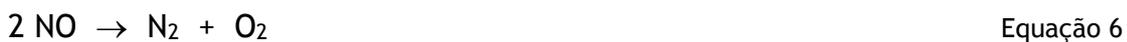
Oxidação do NO para formação de dióxido de nitrogênio (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>):



Absorção dos óxidos de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) com água para obtenção de HNO<sub>3</sub>:



Usando um catalisador apropriado, é possível converter grande parte (de 92% a 98%) da amônia em óxido nítrico (Equação 1 acima). O restante participa das seguintes reações colaterais indesejáveis, sendo que apenas na Equação 4 ocorre a formação de N<sub>2</sub>O:



Há, portanto, pela Equação 4, geração do gás de efeito estufa N<sub>2</sub>O, óxido nitroso.

As fábricas instaladas no país podem ser classificadas pelo seu processo de operação, seja a vácuo, a baixa, média ou alta pressão.

### 2.3. Produção de Ácido Adípico

O ácido adípico é um sólido cristalino branco que é utilizado como intermediário na fabricação de fibras sintéticas, plásticos, poliuretanos, elastômeros e lubrificantes sintéticos. Comercialmente é o mais importante ácido alifático dicarboxílico, usado na fabricação de poliéster e nylon 6.6.

A única planta de ácido adípico, no Brasil, utiliza a tecnologia de produção de dois estágios. O primeiro envolve a oxidação do cicloexano para formar a mistura cicloexanona/cicloexanol. O segundo estágio envolve o processo de oxidação do cicloexanol por meio de ácido nítrico. Neste último estágio é que é emitido o gás de efeito estufa óxido nitroso ( $N_2O$ ).

No final de 2005 foi registrado no Conselho Executivo do MDL projeto de destruição de  $N_2O$  dessa fábrica, com destruição efetiva de  $N_2O$  partir de 2007. Foi construída uma instalação dedicada à conversão, em alta temperatura, de óxido nitroso em nitrogênio, no processo de decomposição térmica do  $N_2O$ .

### 2.4. Produção de Caprolactama

O uso industrial primário da caprolactama é como um monômero na produção de nylon-6. Esse químico também é usado na fabricação de plásticos, cerdas, filmes, coberturas, carpetes, couro sintético, plastificantes, tintas automotivas. Uma característica é que é biodegradável e atinge uma remoção de até 94% da demanda química de oxigênio em sistemas de lodos ativados.

A produção brasileira de caprolactama parte da hidrogenação do benzeno a cicloexano, oxidação a cicloexanol e cicloexanona com ácido nítrico, etapa em que é gerado o óxido nitroso,  $N_2O$ , seguida da desidrogenação do cicloexanol produzido e posterior reação com sulfato.

### 2.5. Produção e uso do Carbureto de Cálcio

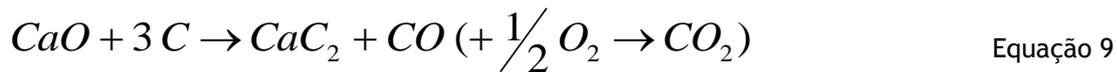
O Carbureto de Cálcio ( $CaC_2$ ) é produzido a partir da calcinação do calcário ( $CaCO_3$ ) e da subsequente redução da cal ( $CaO$ ) com coque de petróleo ou carvão vegetal (C). Esses dois tipos de agentes redutores são utilizados no Brasil.

Tanto o processo de calcinação (Equação 8) quanto o de redução (Equação 9) emitem dióxido de carbono ( $CO_2$ ) conforme as reações abaixo:



Equação 8

e



As emissões da Equação 8 já foram abordadas no Relatório de Referência “Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais - Produtos Minerais” e, portanto, não farão parte deste relatório.

O uso de matérias-primas como o coque de petróleo e o carvão vegetal no processo produtivo do  $CaC_2$  gera emissões de monóxido de carbono (CO) e  $CO_2$ , conforme demonstrado acima. Porém, apenas as emissões provenientes do redutor fóssil - coque de petróleo - são consideradas neste inventário, sendo as emissões relativas ao uso do carvão vegetal consideradas renováveis. No Brasil, o gás CO é reaproveitado para fins energéticos.

Em torno de 67% do carbono contido no coque de petróleo fica retido no produto final ( $CaC_2$ ), porém as aplicações do  $CaC_2$  produzido no Brasil acabam resultando em mais emissões. São elas:

- o Aplicação siderúrgica: Dessulfuração do aço no Brasil e no exterior; e
- o Produção de acetileno no Brasil e no exterior.

Portanto, o carbono estocado no  $CaC_2$  acaba finalmente sendo emitido como  $CO_2$  quando utilizado.

## 2.6. Produção de Petroquímicos e de Negro-de-Fumo

A indústria petroquímica utiliza combustíveis fósseis como gás natural ou produtos de refinaria como nafta, por exemplo, como matérias-primas. O mesmo ocorre no processo produtivo do negro-de-fumo, apesar de este não ser considerado como um produto petroquímico. A seguir são apresentados os produtos petroquímicos e negro-de-fumo que tiveram suas emissões estimadas neste relatório.

### 2.6.1. Metanol

O principal uso do metanol é na produção do formaldeído aplicado na produção de resinas para uso na indústria de móveis e compensados. Também é usado na produção de biodiesel, embora, nesta aplicação, o metanol seja reciclável.

As tecnologias de produção de metanol precisam de hidrogênio (H), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ). No Brasil, o processo utilizado é a síntese em baixas e altas pressões, cujas matérias-primas são o gás natural ( $CH_4$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

O gás natural, alimentado no reator de síntese utiliza a reformação primária como processo para a geração do H e CO. A matéria-prima  $CO_2$  é obtida reciclando parcialmente o gás produzido na

etapa de conversão do monóxido de carbono. Alternativamente, o CO<sub>2</sub> pode ser obtido como subproduto de outro processo produtivo, como a produção de amônia, por exemplo.

Os principais gases de efeito estufa emitidos são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>).

### **2.6.2. Eteno (ou Etileno)**

O eteno é o hidrocarboneto primário produzido em maior quantidade no país e um dos principais da cadeia de valor da indústria petroquímica. É utilizado no processo de produção de plásticos incluindo os polietilenos de alta e baixa densidade, cloreto de polivinila, sendo também usado como matéria-prima para fabricação de cloreto de vinila, óxido de eteno, etilbenzeno e dicloroeteno.

Universalmente, é produzido através do craqueamento de matérias-primas petroquímicas. A produção de etileno também gera, como substâncias secundárias, propileno, butadieno e compostos aromáticos. A rota tecnológica utilizada no Brasil é o tradicional processo de craqueamento de nafta. Entretanto em 2004, foi introduzido, pela primeira vez, o gás natural como matéria-prima do processo de pirólise.

Os principais gases emitidos são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), além do gás de efeito estufa indireto NMVOC.

A partir de 2010, o país incorporou, de forma pioneira na indústria química brasileira, uma nova matéria-prima para a produção de eteno: o etanol. Tal matéria-prima é de fonte renovável e com a implantação de novas fábricas de produção a partir dessa rota tecnológica, haverá, nos próximos anos, uma redução expressiva nas emissões de GEE a partir da produção de eteno. Essa é mais uma das iniciativas da indústria química brasileira visando à utilização do MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na viabilização da produção de eteno e seus produtos derivados a partir de uma fonte renovável.

### **2.6.3. Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)**

O dicloroetano (1,2 dicloroetano) é um dos primeiros hidrocarbonetos clorados sintetizado em 1795, apresentando-se como um líquido oleoso de cor clara com odor adocicado de clorofórmio. É utilizado como intermediário na produção de cloreto de vinila - MVC, solventes, hidrocarbonetos policlorados, etilenoglicol e outros. Também é empregado como solvente para graxas, óleos e gorduras, limpeza industrial, aditivo para combustíveis e em formulações de solventes. É também bastante difundido na extração de produtos naturais como esteróides, vitamina A, cafeína e nicotina.

O MVC é aplicado como intermediário na produção do cloreto de polivinila, amplamente usado na fabricação de materiais e fios elétricos, material de construção civil, tubos, conexões e embalagens.

A produção de MVC e dicloroetano no Brasil utiliza a rota tecnológica de cloração direta e oxicloração do eteno, sendo usado o cloreto de hidrogênio gerado no craqueamento do dicloroetano. A planta de produção de MVC e dicloroetano pode operar como “processo balanceado” entre os dois produtos. Como o processo não atinge 100% de conversão do eteno, uma pequena porcentagem da matéria-prima não é convertida. Assim, os gases exaustos são tratados para eliminar os compostos clorados formados em reações secundárias. O eteno não-reagido é convertido em CO<sub>2</sub> e os compostos clorados sofrem um processo de redução catalítica. Assim, os gases limpos são enviados para a atmosfera atendendo as exigências do órgão de controle ambiental.

Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>), além do NMVOC, indireto.

#### **2.6.4. Óxido de Eteno**

O principal uso de óxido de eteno, ou etileno, no mundo é na produção de etilenoglicol, comumente conhecido por seu uso como um refrigerante automotivo e anticongelante. Esse produto químico também é utilizado na produção de polímeros de poliéster, como intermediário na produção de éteres, álcoois superiores e aminas. Já no Brasil, o principal uso é na produção de glicóis. Adicionalmente, o óxido de eteno é largamente aplicado na esterilização de suprimentos médicos tais como ataduras, suturas, e instrumentos cirúrgicos.

Ele pode ser produzido por via duas rotas tecnológicas. A primeira inicia com a reação do cloro sobre o eteno na presença de água, seguida da desidrocloração da cloridrina de eteno formada. A segunda utiliza oxidação direta do eteno por meio do ar. Esta última é o processo adotado na produção do óxido de eteno no Brasil.

Os principais gases emitidos são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>).

#### **2.6.5. Acrilonitrila**

A acrilonitrila é utilizada na manufatura de fibras acrílicas, sínteses orgânicas, fumigantes, surfactantes e corantes. Os compostos mais conhecidos que a utilizam são:

- As borrachas de NBR (Butadieno-Acrilonitrila) usadas em aplicações envolvendo resistência a óleo e combustível, em áreas que requerem resistência a líquidos e gases apolares, baixa resiliência, resistência à compressão e à tração;
- As resinas ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno) para uso em aplicações onde a flexibilidade de design é necessária como no mercado de eletrodomésticos portáteis, brinquedos, componentes e acessórios para banheiro, complementos para a indústria moveleira, perfumaria e cosméticos; na indústria automotiva;

- A mistura ABS/PA, resina que oferece a nitidez, resistência, rigidez e processabilidade do estireno juntamente com a resistência a produtos químicos e ao calor da acrilonitrila, é utilizada para moldar peças interiores de automóveis tais como console central, botões de controle de ventilação, coberturas de air bag e de rádios, tampa do porta-luvas, tetos de tratores, e exteriores (espelhos retrovisores, pára-choques de carros, caminhões e ônibus).

O processo de produção instalado no Brasil utiliza a tecnologia Sohio de reação catalítica de propeno, amônia e ar, usados como matérias-primas. O processo produz acrilonitrila como produto primário e acetonitrila e ácido cianídrico como produtos secundários. A amoniação do propeno não rende 100% de acrilonitrila e, por isso, uma pequena fração do propeno é convertida em CO<sub>2</sub> por oxidação direta ou convertida em outros hidrocarbonetos por reações paralelas ocorridas durante o processo de amoniação.

Considerando as premissas acima, os principais gases emitidos são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>), além do NMVOC.

#### **2.6.6. Coque de Petróleo Calcinado**

A partir do coque de petróleo produzido na refinaria, o chamado “coque verde de petróleo”, esse produto pode passar por outro processo, em uma indústria química, para uma purificação destinada a aumentar-lhe o conteúdo de carbono, originando o chamado coque de petróleo calcinado.

O coque verde de petróleo é um produto sólido, obtido a partir do craqueamento de óleos residuais pesados em unidades de conversão de resíduos denominadas Unidades de Coqueamento Retardado (UCR). Nesses locais é feita a destruição de resíduos da destilação de petróleo, principalmente resíduo de vácuo, com o objetivo de obtenção de derivados claros. No Brasil, a Petrobras produz dois tipos diferenciados por grau anodo ou grau siderúrgico. O grau anodo é matéria-prima essencial para obtenção de coque calcinado. Já o coque verde grau siderúrgico é um produto utilizado como agente redutor na metalurgia de ferro e aço, além de atender aos seguimentos de pelletização, produção de carbetos, obtenção de cal, bem como a outras aplicações industriais.

O coque calcinado de petróleo é produzido num processo térmico, que permite reduzir drasticamente o teor de matéria volátil presente no coque verde de petróleo. O coque calcinado de petróleo é empregado em misturas com piche na produção de anodos para a indústria de alumínio, de eletrodos de grafite e na indústria de óxido de titânio.

As emissões referentes à utilização e/ou consumo tanto do coque verde como do coque calcinado, sejam produzidos nacionalmente ou importados, são estimadas em outros setores do inventário (produção de metais, queima de combustíveis fósseis). Neste relatório apenas se consideram as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ), principal gás emitido proveniente da calcinação do coque.

### **2.6.7. Negro-de-fumo**

O principal uso do negro-de-fumo é como aditivo na borracha para a fabricação de pneumáticos. Outro uso importante é como pigmento na fabricação de tintas.

Os processos de produção de negro-de-fumo partem da oxidação parcial de hidrocarbonetos gasosos ou líquidos, sendo que, no Brasil, o resíduo aromático é a principal matéria-prima associada com óleo combustível pesado (nafténico), na etapa de geração do negro-de-fumo. Como combustível secundário ou como matéria-prima secundária utiliza-se gás natural ou óleo combustível. Durante o processo de produção é gerado um gás de purga que contém dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e outros compostos orgânicos voláteis. Tal gás de purga é utilizado como combustível para a geração de calor, quando então estas duas últimas substâncias são convertidas em  $\text{CO}_2$ .

Os principais gases emitidos são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o metano ( $\text{CH}_4$ ).

### **2.7. Produção de Ácido Fosfórico**

O ácido fosfórico é utilizado principalmente para a produção de fertilizantes fosfatados, sendo os mais representativos o fosfato monoamônico, o fosfato diamônico, o superfosfato simples e o superfosfato triplo.

As matérias-primas utilizadas para a produção de ácido fosfórico são o ácido sulfúrico e a rocha fosfática, como fonte de fósforo. Esta última contém, em menor ou maior concentração, carbono inorgânico na forma de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que é parte integrante do mineral. O carbonato contido na rocha reage com o ácido sulfúrico produzindo como subprodutos gesso agrícola e  $\text{CO}_2$ .

### **2.8. Outros produtos químicos**

Existem outros produtos químicos não listados no *Guidelines 2006*, mas cuja produção emite gases de efeito estufa indireto, tais como: ABS, Anidrido ftálico, Borracha de butadieno estireno (SBR), Estireno, Etilbenzeno, Formaldeído, Policloreto de Vinila - PVC, Poliestireno, Polietileno PEAD, Polietileno PEBD, Polietileno PELBD, Polipropileno e Propeno. As emissões correspondentes de  $\text{NO}_x$ , NMVOC e CO são cobertas apenas pelo *Guidelines 1996*.

### 3. Metodologia e Dados

As metodologias aplicadas nas estimativas de emissões de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> a partir dos processos industriais dos produtos químicos foram as incluídas no *Guidelines 2006*, mais completas, quando não conflitantes com as orientações do *Guidelines 1996*. Já as emissões dos gases CO, NO<sub>x</sub> e NMVOC, de efeito estufa indireto, foram estimados através do *Guidelines 1996*.

O método mais simples para estimativa das emissões, o Tier 1, envolve a multiplicação de um fator de emissão *default* por um dado de atividade, normalmente o quantitativo da produção em si; já o método Tier 2, baseia-se no balanço de massa do processo e o Tier 3, o mais acurado, envolve medições diretas específicas, tendo sido usado nos casos envolvendo projetos de MDL. A partir de 2006 as emissões foram calculadas em Tier 1, excetuando as emissões de produções envolvendo projetos MDL.

Os dados sobre a produção dos químicos foram obtidos nos Anuários estatísticos da ABIQUIM (ABIQUIM 1993, 1997, 2000, 2005, 2008 e 2013), que reúne os fabricantes de produtos químicos no país. Os dados de atividade para todos os anos estão no Anexo.

Quase todas as emissões da indústria química relatadas neste relatório estão relacionadas ao consumo não energético de combustíveis (usados como matéria-prima da química, como fontes de carbono/hidrogênio), que estão relacionados no Balanço Energético Nacional (BEN) como tal. Adicionalmente, ali as informações estão divididas em consumo não energético da química e outros consumos não energéticos. Esses consumos não foram contados no setor Energia deste inventário, mas podem servir de comparação com as emissões analisadas neste relatório. Assim, no item 3.9 desta seção, faz-se uma estimativa das emissões não energéticas a partir do BEN.

#### 3.1. Amônia

Entre 1990 e 2005, para as emissões de CO<sub>2</sub> foi aplicado o Tier 3 pelas próprias empresas, com a medição de combustíveis utilizados como matérias-primas no processo, conforme o *Guidelines 2006* sem o desconto da parcela de CO<sub>2</sub> destinada à produção de uréia nas plantas integradas conforme orientação do *Guidelines 1996*.

Por razões de sigilo industrial, as fábricas não divulgaram esses dados básicos, podendo-se apenas indicar os fatores de emissão médios referentes às três das rotas existentes no país:

- o Resíduo asfáltico: 2,0 t de CO<sub>2</sub>/t de amônia;
- o Gás de refinaria: 1,3 t de CO<sub>2</sub>/t de amônia; e
- o Gás Natural: 1,2 t de CO<sub>2</sub>/t de amônia.

Considerando-se as matérias-primas utilizadas no Brasil e seus respectivos FEs acima, obteve-se um valor médio para o fator de emissão nacional de 1,46 t de CO<sub>2</sub>/t de amônia, que foi aplicado para todos os anos do período 1990 a 2010.

A tabela abaixo apresenta a produção de amônia no país.

**Tabela 1 - Produção de amônia**

<i>Ano</i>	<i>Produção Amônia (t)</i>
1990	1.152.563
1991	1.012.110
1992	1.038.436
1993	1.153.336
1994	1.156.830
1995	1.222.348
1996	1.201.047
1997	1.252.722
1998	1.176.431
1999	1.331.113
2000	1.139.109
2001	955.998
2002	1.073.161
2003	1.157.575
2004	1.324.479
2005	1.316.154
2006	1.347.748
2007	1.278.118
2008	1.240.527
2009	1.079.145
2010	1.191.042

### 3.2. Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>)

Para as emissões de N<sub>2</sub>O foram utilizados diferentes métodos, dependendo da planta.

Para aquelas plantas que realizaram projetos de MDL<sup>1</sup>, foi possível a aplicação do método mais acurado, Tier 3 do *Guidelines 2006*. Tal método utiliza dados de medições diretas que resultam em fatores de emissões específicos para cada planta. Já para as demais foi utilizado o método Tier 1, com aplicação dos fatores de emissão *default* do *Guidelines 2006*.

<sup>1</sup> PAN2 e PAN4, da Fosfertil, e Paulínia, da Rhodia.

Os fatores de emissão utilizados nas estimativas são abertos por tipo de tecnologia e indicados como valores *default* ou medidos.

- o Planta de baixa pressão: 4,89 kg N<sub>2</sub>O /t HNO<sub>3</sub> - valor medido;
- o Plantas de média pressão:
  - ⇒ 8,14 kg de N<sub>2</sub>O/t HNO<sub>3</sub> - valor medido;
  - ⇒ 6,01 kg de N<sub>2</sub>O/t HNO<sub>3</sub> - valor medido;
  - ⇒ 7,00 kg de N<sub>2</sub>O/t HNO<sub>3</sub> - valor *default* (IPCC, 2006)
- o Planta à vácuo: 5 kg N<sub>2</sub>O/t HNO<sub>3</sub> - valor *default* (IPCC, 2006);

Após julho de 2007, com a implementação de um projeto MDL em uma planta de média pressão, o fator de emissão medido dessa planta foi reduzido de 6,01 kg N<sub>2</sub>O/t HNO<sub>3</sub> para 0,52 kg N<sub>2</sub>O/t HNO<sub>3</sub>, claramente indicando ótimos resultados para a redução de gases de efeito estufa nesse processo.

Já para as emissões de NO<sub>x</sub> foi aplicado o fator de emissão 1,75 kg NO<sub>x</sub> /t HNO<sub>3</sub>, em função do controle de emissões desses gases no país, valor abaixo do *default* de 12 kg NO<sub>x</sub> /t HNO<sub>3</sub> do *Guidelines 1996*.

Na unidade que utiliza tecnologia de alta pressão, integrada à produção de amônia, os óxidos de nitrogênio, incluído o N<sub>2</sub>O, são destruídos num sistema que utiliza queima de combustíveis.

A Tabela 2 apresenta um resumo da produção de ácido nítrico no país, sem a planta de alta pressão.

Tabela 2 - Produção de ácido nítrico

Ano	Produção de Ácido nítrico que emite N <sub>2</sub> O (t)
1990	295.824
1991	313.909
1992	310.526
1993	325.567
1994	326.489
1995	332.842
1996	335.850
1997	343.127
1998	332.560
1999	335.069
2000	336.025
2001	331.805
2002	346.225
2003	349.566
2004	357.524
2005	363.422
2006	355.706
2007	356.661
2008	390.832
2009	423.757
2010	360.083

### 3.3. Ácido Adípico

Para as emissões de N<sub>2</sub>O foi aplicado o método mais acurado, Tier 3 do *Guidelines 2006*. Tal método utiliza os dados de produção da própria planta e o fator de emissão medido diretamente através de amostragens periódicas. Tais medições foram realizadas visando o projeto de MDL, que requer dados medidos para sua execução. Assim, as emissões de N<sub>2</sub>O foram aferidas por um determinado período que refletiu o padrão usual de operação da planta da Rhodia.

O fator de emissão de N<sub>2</sub>O medido corresponde a 0,270 t N<sub>2</sub>O/t ácido adípico, aplicado ao período 1990-2006. Após a implementação do projeto MDL houve uma redução significativa nas emissões, e o fator de emissão implícito, também obtido por medições, variou de 0,00640 t N<sub>2</sub>O/t ácido adípico a 0,00155 t N<sub>2</sub>O/t ácido adípico.

Em relação aos gases de efeito estufa indireto, foram estimados com fatores de emissão nacionais, em função do controle de emissões desses gases no país. As emissões de monóxido de carbono (CO) foram estimadas com o fator de 16 kg CO /t ácido adípico, abaixo do *default* do *Guidelines 1996*, 34,4 kg CO /t ácido adípico. Já para as emissões de NO<sub>x</sub> foi aplicado o fator de

emissão 5 kg NO<sub>x</sub> /t ácido adípico, valor abaixo do *default* de 8,1 kg NO<sub>x</sub> /t ácido adípico do *Guidelines 1996*.

A Tabela 3 apresenta um resumo da produção nacional de ácido adípico.

**Tabela 3 - Produção de ácido adípico**

Ano	Produção de Ácido Adípico (t)
1990	31.951
1991	41.676
1992	38.538
1993	51.264
1994	51.825
1995	55.864
1996	41.554
1997	35.767
1998	62.055
1999	61.572
2000	64.862
2001	51.486
2002	65.931
2003	59.979
2004	86.958
2005	75.147
2006	82.614
2007	88.863
2008	85.021
2009	87.196
2010	86.286

### 3.4. Caprolactama

Para as emissões de N<sub>2</sub>O foi aplicado o método Tier 3 do *Guidelines 2006*. Tal método utiliza as medições de N<sub>2</sub>O realizadas pelas plantas. O fator de emissão médio resultante dessas medições, aplicado para todo o período, foi de 6 kg N<sub>2</sub>O / t caprolactama, em contraposição ao fator *default* de 9,0 kg N<sub>2</sub>O / t caprolactama.

A Tabela 4 apresenta um resumo da produção nacional de caprolactama, sendo que o valor nulo em 2010 é devido à parada da planta.

Tabela 4 - Produção de caprolactama

Ano	Produção de Caprolactama (t)
1990	42.059
1991	47.193
1992	41.699
1993	50.824
1994	50.838
1995	52.608
1996	54.712
1997	56.024
1998	42.973
1999	50.498
2000	56.005
2001	48.550
2002	57.519
2003	48.847
2004	50.472
2005	49.655
2006	44.906
2007	49.592
2008	55.395
2009	13.282
2010	0

### 3.5. Carbureto de Cálcio

As emissões de CO<sub>2</sub> foram estimadas utilizando-se o método Tier 1 do *Guidelines 2006*, com os dados de consumo de coque de petróleo para estimar as emissões associadas à produção do carbureto de cálcio - CaC<sub>2</sub>. Para as emissões relativas ao consumo de carbureto, (e.g. aplicação em siderurgia e fabricação de acetileno), a quantidade produzida foi diminuída de uma pequena parte que é exportada, estimada em 15%, para todos os anos do relatório. Em ambos os casos são aplicados os fatores de emissão *default*: 1,7 t CO<sub>2</sub> / t coque consumido no processo e 1,10 t CO<sub>2</sub> / t CaC<sub>2</sub> consumido.

Os dados de produção e uso de combustíveis são confidenciais (White Martins, 2010).

### 3.6. Petroquímicos e Negro de Fumo

#### 3.6.1. Metanol

As emissões de CO<sub>2</sub> foram estimadas utilizando-se o método Tier 1 do *Guidelines 2006*. Tal método utiliza os dados da produção nacional de metanol e aplica o fator de emissão *default* de 0,267 t CO<sub>2</sub> / t metanol, levando-se em conta o processo utilizado no Brasil.

As emissões de CH<sub>4</sub> também utilizaram o método Tier 1, com fator de emissão de 2,3 kg CH<sub>4</sub> / t metanol, que foi aplicado para todo o período.

### 3.6.2. Eteno

As emissões de CO<sub>2</sub> foram estimadas utilizando-se o método Tier 1 do *Guidelines 2006*. Tal método utiliza os dados da produção nacional de eteno e aplica o fator de emissão *default* de 1,73 kg CO<sub>2</sub> / t eteno. De acordo com a metodologia, as emissões calculadas com esse fator devem ser corrigidas, no caso para a América do Sul, por um fator de 1,1 para corrigir para o mix de produção da linha do processo de craqueamento a vapor, que inclui, além do eteno, propileno, butadieno, aromáticos e outros químicos.

As emissões de CH<sub>4</sub> também utilizaram o método Tier 1, com um fator de emissão de 3 kg CH<sub>4</sub> / t eteno, que foi aplicado para todo o período.

A partir de 2006, com a entrada em operação da planta que utiliza gás natural, os fatores passaram a ser calculados a partir das medições específicas das plantas do consumo de matérias-primas fósseis. Para o dióxido de carbono, os FEs de 2006 em diante passaram a ser 1,74 kg CO<sub>2</sub> / t eteno, enquanto para o metano foram de 3,54 kg de CH<sub>4</sub>/t de eteno entre 2006 e 2009 e de 3,25 kg de CH<sub>4</sub>/t de eteno a partir de 2010.

Para gases de efeito estufa indireto foi usado o fator de emissão *default* do *Guidelines 1996*, de 1,4 kg NMVOC / t eteno.

### 3.6.3. Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)

Tanto para as emissões de CO<sub>2</sub> quanto para as de CH<sub>4</sub> foi utilizado Tier 1 do *Guidelines 2006*.

O fator de emissão de 0,294 t CO<sub>2</sub> / t MVC foi usado para estimar as emissões de CO<sub>2</sub> da produção integrada dicloroetano - cloreto de vinila. Da mesma forma, o fator de emissão de CH<sub>4</sub> foi de 0,0226 kg CH<sub>4</sub> / t MVC e cobre as emissões da produção integrada dos dois compostos.

As emissões dos gases de efeito estufa indireto foram estimadas com os mesmos fatores de emissão usados no Inventário Inicial, de 8,5 kg NMVOC / t MVC, determinados pelos autores e pela ABIQUIM, e de 2,2 kg NMVOC / t dicloroetano, conforme o *Guidelines 1996*.

A produção de cloreto de vinila (MVC), utilizada como dado de atividade, foi a publicada nos Anuários ABIQUIM.

### 3.6.4. Óxido de Eteno

Para as emissões de CO<sub>2</sub> foi utilizado o método Tier 2 do *Guidelines 2006*, quando se usa o balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas no processo produtivo. O fator de emissão assim calculado foi de 0,52 t CO<sub>2</sub> / t óxido de eteno, relacionado principalmente com a seletividade e eficiência do catalisador utilizado no processo de produção, e foi aplicado para todos os anos do período 1990 a 2010.

Nas emissões de CH<sub>4</sub> foi utilizado o Tier 1, com o fator de emissão de 1,79 kg CH<sub>4</sub> / t óxido de eteno.

### **3.6.5. Acrilonitrila**

Para as emissões de CO<sub>2</sub> foi utilizado o método Tier 2 do *Guidelines 2006*, usando o balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas no processo produtivo. O fator de emissão calculado foi de 0,2325 t CO<sub>2</sub> / t acrilonitrila, tendo sido aplicado para todos os anos do período 1990 a 2010.

Nas emissões de CH<sub>4</sub> foi utilizado o método Tier 1, com o fator de emissão *default* de 0,18 kg CH<sub>4</sub> / t acrilonitrila.

As emissões dos gases de efeito estufa indireto foram estimadas pelos *Guidelines 1996*, com o fator de emissão de 1 kg NMVOC / t acrilonitrila.

### **3.6.6. Coque de Petróleo Calcinado**

Para as emissões de CH<sub>4</sub> foi utilizado o método Tier 1 do *Guidelines 1996*, utilizando o fator *default* de 0,5 kg CH<sub>4</sub> / t coque produzido.

### **3.6.7. Negro-de-fumo**

Para as emissões de CO<sub>2</sub> foi utilizado o método Tier 2 do *Guidelines 2006*, de balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas no processo produtivo. O fator de emissão calculado até 2003 é de 1,989 t CO<sub>2</sub> / t negro-de-fumo. De 2004 em diante, devido a entrada em operação de uma planta com emissões menores, o fator de emissão foi recalculado para 1,618 t de CO<sub>2</sub> / t negro-de-fumo.

Nas emissões de CH<sub>4</sub> foi utilizado o método Tier 1, com o fator de emissão *default* de 0,06 kg CH<sub>4</sub> / t negro-de-fumo.

Para os gases de efeito estufa indireto, mantiveram-se as estimativas do Inventário Inicial, quando apenas foram consideradas emissões de NO<sub>x</sub>, com o fator de emissão de 0,14 kg NO<sub>x</sub> / t negro-de-fumo, determinado no II Inventário pelos autores e pela ABIQUIM.

A tabela abaixo apresenta a produção nacional de metanol, eteno, cloreto de vinila, óxido de eteno, acrilonitrila e negro-de-fumo.

Tabela 5 - Produção de petroquímicos e negro-de-fumo

Ano	Metanol	Eteno	Cloreto de Vinila	Dicloro-etano	Óxido Eteno	Acrilo-nitrila	Negro de Fumo	Coque de Petróleo Calcinado
	toneladas							
1990	168.557	1.499.714	480.415	538.183	127.221	78.000	178.395	226.204
1991	206.447	1.448.812	331.897	369.538	150.349	63.470	182.567	261.609
1992	204.447	1.505.573	333.782	420.540	142.578	74.159	186.422	262.888
1993	223.496	1.709.460	381.824	495.139	149.481	74.258	197.248	263.857
1994	222.310	1.895.754	409.757	499.934	163.473	76.522	204.301	299.639
1995	205.134	1.881.078	388.905	494.361	161.326	79.825	200.554	318.073
1996	223.765	1.875.677	433.272	512.181	149.058	78.440	202.183	320.155
1997	226.373	2.126.304	419.213	567.239	217.967	87.086	207.769	267.130
1998	210.200	2.254.657	414.680	545.103	259.015	64.056	211.138	276.511
1999	215.492	2.415.980	426.167	558.930	261.266	79.708	221.501	251.870
2000	211.584	2.633.818	424.732	541.335	256.035	87.361	229.860	265.707
2001	242.218	2.462.155	375.401	427.680	278.156	74.980	215.359	222.606
2002	240.095	2.414.222	389.005	492.583	251.345	78.362	222.204	219.184
2003	240.871	2.575.893	567.108	540.194	280.729	76.196	229.863	212.598
2004	273.596	2.702.525	588.947	566.711	296.643	83.538	278.327	244.647
2005	240.360	2.699.831	609.207	581.366	297.183	76.780	280.140	300.829
2006	276.789	3.135.114	687.861	558.842	289.724	84.811	280.140*	319.944
2007	234.595	3.223.595	685.232	536.317	309.668	88.044	354.090*	351.518
2008	216.359	2.903.352	675.124	549.373	267.298	67.912	390.420*	332.676
2009	109.229	3.082.505	684.307	581.609	266.011	86.384	385.600*	362.445
2010	205.999	3.276.627	724.927	578.200	280.953	94.501	400.060*	485.058

Fonte: ABIQUIM

\* Produção calculada : capacidade instalada x fator de utilização

### 3.7. Ácido Fosfórico

A metodologia de cálculo utilizada para quantificar a emissão de dióxido de carbono na produção de ácido fosfórico, considera que todo o carbono inorgânico (carbonato de cálcio), contido na rocha, reage formando CO<sub>2</sub> e que todo o carbono orgânico contido na rocha permanece no ácido fosfórico produzido. Como a composição da rocha fosfática varia dependendo do local de procedência, foi assumido, tomando como referência o concentrado com as rochas de Catalão, Tapira, Araxá, um valor médio do conteúdo de carbono inorgânico (carbonato de cálcio) de 0,6%, que representa 2,2% de CO<sub>2</sub> (CEPED, 2006).

Na Tabela 6 são apresentados os dados de rocha fosfática consumida para produção primária de Ácido Fosfórico.

Tabela 6 - Quantidade de rocha fosfática consumida na produção primária de ácido fosfórico

Ano	Produção concentrado fosfático (t)
1990	2.817.000
1991	3.280.000
1992	2.825.000
1993	3.420.000
1994	3.937.000
1995	3.888.000
1996	3.823.000
1997	4.275.609
1998	4.421.403
1999	4.343.638
2000	4.725.106
2001	4.805.121
2002	5.083.703
2003	5.584.000
2004	5.690.000
2005	5.631.000
2006	4.875.570
2007	5.519.835
2008	5.160.059
2009	4.439.241
2010	5.071.682
2011	4.883.206
2012	4.108.854

### 3.8. Outros produtos químicos

Para os produtos químicos desta seção foram calculadas as emissões de gases de efeito estufa indireto com fatores de emissão utilizados no Inventário Inicial, listados na Tabela abaixo. Em geral são fatores *default* do *Guidelines 1996*, mas alguns foram derivados de tecnologias sugeridas pelo CORINAIR (anidrido ftálico, policloreto de vinila - PVC e poliestireno) ou determinados pelos autores e pela ABIQUIM (borracha de butadieno estireno - SBR).

Tabela 7 - Fatores de emissão de NMVOC para outros produtos químicos

Produto químico	(kg NMVOC / t produto químico)
ABS	27,2
Anidrido Ftálico	1,3
Borracha de butadieno estireno (SBR)	5,8
Estireno	18
Etilbenzeno	2
Formaldeído	5
Policloreto de vinila (PVC)	1,5
Poliestireno	3,3
Polietileno PEAD	6,4
Polietileno PEBD	3
Polietileno PELBD	2
Polipropileno	12
Propeno	1,4

### 3.9. Emissões do consumo não energético de combustíveis, de acordo com o Balanço Energético Nacional

O BEN relaciona consumos não energéticos da química e de outros setores, para vários combustíveis. Para a química, existem consumos de alcatrão, gás natural seco, nafta, querosene iluminante, álcool hidratado, gás refinaria, outros não energéticos de petróleo; para outros setores, gás natural seco, lubrificantes, querosene iluminante, álcool hidratado, solventes, outros não energéticos de petróleo e asfalto. O *Guidelines 1996* indica que, para certo percentual de cada combustível, o carbono contido será estocado em produtos de forma mais ou menos permanente, devendo-se estimar emissões de CO<sub>2</sub> para o restante. Apoiado nessa metodologia, considerou-se para a química:

- querosene iluminante, álcool hidratado, gás refinaria, outros não energéticos de petróleo → 100% estocado
- alcatrão → 75% estocado
- gás natural seco → 33% estocado
- nafta → 90% estocado

Para ou outros setores, considerou-se:

- gás natural seco → 100% emitido

- lubrificantes → 80% estocado, segundo o *Guidelines 2006* (para considerar 20% emitido nos motores dois tempos, em que o lubrificante é queimado com o combustível)
- querosene iluminante, álcool hidratado, solventes, outros não energéticos de petróleo → 100% emitidos como NMVOC
- asfalto → 100% estocado, excetuando asfalto usado para pavimentação com FE de 320 kg NMVOC/t.

Assim, devem ser considerados os combustíveis conforme a Tabela 8 para os cálculos de emissões de CO<sub>2</sub>. O consumo de gás natural seco para outros consumos não energéticos em 2010 será desconsiderado, pelo julgamento que deva ser algum valor espúrio.

**Tabela 8 - Consumo não energético de combustíveis, para o cálculo de emissões de CO<sub>2</sub>**

Ano	Consumo não energético da química			Outros consumos não energéticos	
	Gás Natural Seco	Alcatrão	Nafta	Gás Natural Seco	Lubrificantes
	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
1990	1.313	0	1.526	0	428
1991	1.382	0	1.485	0	412
1992	1.440	0	1.620	0	343
1993	1.436	0	1.673	0	377
1994	1.550	0	1.888	0	393
1995	1.324	0	1.829	0	414
1996	1.216	0	1.778	0	438
1997	374	0	2.195	0	460
1998	591	0	2.198	0	449
1999	1.118	0	2.428	0	467
2000	1.151	0	2.485	0	504
2001	1.105	0	2.425	0	454
2002	1.137	0	2.020	0	567
2003	1.095	0	2.203	0	502
2004	1.161	0	2.201	0	515
2005	1.176	0	2.234	0	525
2006	1.196	148	2.241	0	461
2007	1.214	146	2.393	0	561
2008	1.118	0	2.112	0	698
2009	1.129	0	2.260	0	541
2010	1.158	0	2.334	1.683	679
2011	2.776	0	2.268	0	744
2012	2.848	0	2.248	0	679

Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE/MME, 2013)

Para as emissões de NMVOC, devem ser considerados os combustíveis relacionados na Tabela 9, juntamente com a informação de densidade dos mesmos, na Tabela 10.

**Tabela 9 - Consumo não energético de combustíveis, para o cálculo de emissões de NMVOC**

Ano	Outros consumos não energéticos				
	Querosene Iluminante	Álcool Hidratado	Solventes	Asfalto para pavimentação	Outros Não Energéticos de Petróleo
	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>				
1990	0	692	208	1.143	1.059
1991	0	529	289	849	1.039
1992	0	536	285	1.097	871
1993	0	592	261	1.000	930
1994	0	711	332	1.179	864
1995	0	826	262	1.079	840
1996	0	749	285	1.286	1.055
1997	0	685	348	1.352	1.151
1998	0	726	334	1.763	1.233
1999	0	705	403	1.337	1.423
2000	0	776	402	1.575	1.452
2001	0	912	418	1.428	1.094
2002	0	643	525	1.485	1.297
2003	0	583	595	982	1.152
2004	68	700	682	1.221	1.176
2005	23	429	953	1.269	1.156
2006	0	744	1.015	1.643	1.417
2007	0	0	590	1.452	1.402
2008	0	739	617	1.830	2.171
2009	7	673	475	1.938	2.517
2010	7	825*	438	2.578	3.447
2011	16	674	434	2.263	3.723
2012	15	764	443	2.351	3.473

Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE/MME, 2013)

\* Considerou-se que havia um erro de alocação de consumo não energético de álcool hidratado no BEN, que colocava 100% dele como da indústria química, em vez do valor de 35, conforme aconteceu em 2008 e 2010.

**Tabela 10 - Densidade dos combustíveis para cálculo das emissões NMVOC**

Querosene Iluminante	790	kg/m <sup>3</sup>
Álcool Hidratado	809	kg/m <sup>3</sup>
Solventes	740	kg/m <sup>3</sup>
Asfalto para pavimentação	1.040	t/m <sup>3</sup>
Outros Não Energéticos de Petróleo	873	kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE/MME, 2013)

A tabela abaixo apresenta um resumo da produção de outras substâncias químicas.

**Tabela 11 - Dados de atividade para outros produtos químicos**

Ano	Resinas ABS	Anidrido ftálico	Borrachadebutadieno-estireno (SBR)	Estireno	Etilbenzeno	Formaldeído	Policloreto de vinila PVC (Cloroeto de Polivinila)	Poliestireno	PoliétilenoPEAD	PoliétilenoPEBD*	PoliétilenoPELBD	Polipropileno	Propeno
	10 <sup>3</sup> t												
1990	27	66	185	306	441	177	504	134	322	626	0	304	794
1991	26	77	189	280	314	195	500	155	339	585	0	356	779
1992	28	77	196	254	287	206	489	138	311	570	0	375	827
1993	32	76	192	223	238	245	511	163	430	609	104	478	975
1994	32	91	209	262	346	262	593	154	479	609	133	522	1.086
1995	33	75	221	273	407	276	581	169	495	595	150	558	1.077
1996	33	87	211	236	259	282	627	149	529	561	170	590	1.085
1997	33	86	239	232	250	292	632	133	644	664	177	636	1.219
1998	33	74	206	228	263	348	632	139	693	649	174	708	1.271
1999	33	90	244	227	240	396	658	165	764	659	266	787	1.299
2000	33	88	237	406	437	357	648	176	891	647	334	848	1.409
2001	33	91	205	403	439	320	538	239	819	636	270	832	1.340
2002	33	95	233	400	422	353	602	314	811	608	313	891	1.390
2003	33	98	246	388	428	501	604	292	811	672	359	1.012	1.559
2004	33	103	261	445	468	540	630	319	833	673	407	1.130	1.747
2005	33	85	212	405	395	509	640	317	812	682	442	1.212	1.731
2006	33	94	231	460	430	491	663	347	956	803	521	1.253	1.804
2007	33	94	231	430	430	473	686	376	1.100	924	599	1.293	1.876
2008	33	94	231	324	430	528	699	345	973	817	530	1.626	1.698
2009	33	94	231	455	430	625	689	367	1.049	880	571	1.486	2.086
2010	33	94	231	440	430	491	725	390	1.092	917	595	1.586	2.192
2011	33	94	231	424	430	481	696	376	1.042	875	568	1.565	2.200

Fonte: Anuários ABIQUIM. Exceções:

- Resinas ABS: último valor conhecido é de 1995, repetindo-se para os demais anos
- Acrilonitrila, Anidrido ftálico, Borracha de butadieno estireno (SBR), Etilbenzeno: valores de 2006 a 2011 foram feitos iguais à média de 2001 a 2005.
- Cloreto de vinila monômero (MVC), Dicloroetano Formaldeído, Policloreto de vinila PVC (Cloreto de Polivinila), Poliestireno, Polietileno, Polipropileno, Propeno: valores de 2006 iguais às suas médias de 2005 e 2007.
- A partir de 2006, o Anuário apenas publica a produção de Polietileno; daí em diante a divisão em PEAD, PEBD ou PELBD foi feita segundo a proporção entre esses tipos em 2005.

\* A produção do polietileno PELBD começou no país no ano de 1993.

## 4. Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados das emissões de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> provenientes dos processos da indústria química brasileira, bem como dos gases indiretos CO, NO<sub>x</sub> e NMVOC, por produto químico produzido.

Tabela 12 - Emissões de CO<sub>2</sub> da produção de substâncias químicas

Ano	Produto Químico									Total
	Amônia	Carbureto de Cálcio	Metanol	Eteno	Cloreto de Vinila	Óxido de Eteno	Acrlonitrila	Negro-de-fumo	Ácido Fosfórico	
	(Gg CO <sub>2</sub> )									
1990	1.683	0	45	3	141	66	18	355	62	2.373
1991	1.478	0	55	3	98	78	15	363	72	2.161
1992	1.516	0	55	3	98	74	17	371	62	2.196
1993	1.684	0	60	3	112	78	17	392	75	2.422
1994	1.689	0	59	4	120	85	18	406	87	2.468
1995	1.785	4	55	4	114	84	19	399	86	2.548
1996	1.754	23	60	4	127	78	18	402	84	2.549
1997	1.829	32	60	4	123	113	20	413	94	2.690
1998	1.718	25	56	4	122	135	15	420	97	2.591
1999	1.943	40	58	5	125	136	19	441	96	2.861
2000	1.663	51	56	5	125	133	20	457	104	2.615
2001	1.396	42	65	5	110	145	17	428	106	2.314
2002	1.567	54	64	5	114	131	19	442	112	2.507
2003	1.690	49	64	5	167	146	19	457	123	2.720
2004	1.934	41	73	5	173	154	19	450	125	2.974
2005	1.922	35	64	5	179	155	18	453	124	2.954
2006	1.968	46	64	5	202	151	20	453	107	3.017
2007	1.866	41	64	6	201	161	20	573	121	3.054
2008	1.811	43	59	5	198	139	16	632	114	3.017
2009	1.576	41	30	5	201	138	20	624	98	2.733
2010	1.739	42	56	6	213	146	22	647	112	2.983

Tabela 13 - Emissões de CH<sub>4</sub> da produção de substâncias químicas

Ano	Produto Químico							Total
	Metanol	Eteno	Cloreto de Vinila	Óxido de Eteno	Acrilonitrila	Negro-de-fumo	Coque de Petróleo Calcinado	
	(Gg CH <sub>4</sub> )							
1990	0,39	4,50	0,01	0,23	0,01	0,11	0,01	5,26
1991	0,47	4,35	0,01	0,27	0,01	0,13	0,01	5,25
1992	0,47	4,52	0,01	0,26	0,01	0,13	0,01	5,41
1993	0,51	5,13	0,01	0,27	0,01	0,13	0,01	6,08
1994	0,51	5,69	0,01	0,29	0,01	0,15	0,01	6,68
1995	0,47	5,64	0,01	0,29	0,01	0,16	0,01	6,60
1996	0,51	5,63	0,01	0,27	0,01	0,16	0,01	6,60
1997	0,52	6,38	0,01	0,39	0,02	0,13	0,01	7,46
1998	0,48	6,76	0,01	0,46	0,01	0,14	0,01	7,88
1999	0,50	7,25	0,01	0,47	0,01	0,13	0,01	8,37
2000	0,49	7,90	0,01	0,46	0,02	0,13	0,01	9,02
2001	0,56	7,39	0,01	0,50	0,01	0,11	0,01	8,59
2002	0,55	7,24	0,01	0,45	0,01	0,11	0,01	8,39
2003	0,55	7,73	0,01	0,50	0,01	0,11	0,01	8,93
2004	0,63	8,11	0,01	0,53	0,02	0,12	0,02	9,44
2005	0,55	8,10	0,01	0,53	0,01	0,15	0,02	9,38
2006	0,64	11,10	0,02	0,52	0,02	0,16	0,02	12,46
2007	0,54	11,41	0,02	0,55	0,02	0,18	0,02	12,73
2008	0,50	10,28	0,02	0,48	0,01	0,17	0,02	11,47
2009	0,25	10,91	0,02	0,48	0,02	0,18	0,02	11,87
2010	0,47	10,64	0,02	0,50	0,02	0,24	0,02	11,91

Tabela 14 - Emissões de N<sub>2</sub>O da produção de substâncias químicas

Ano	Produto Químico			Total
	Ácido nítrico	Ácido adípico	Caprolactama	
	(Gg N <sub>2</sub> O)			
1990	1,81	8,63	0,25	10,69
1991	1,93	11,25	0,28	13,46
1992	1,89	10,41	0,25	12,55
1993	2,00	13,84	0,30	16,15
1994	2,01	13,99	0,31	16,30
1995	2,05	15,08	0,32	17,44
1996	2,07	11,22	0,33	13,62
1997	2,12	9,66	0,34	12,12
1998	2,06	16,75	0,26	19,08
1999	2,06	16,62	0,30	18,99
2000	2,09	17,51	0,34	19,94
2001	2,06	13,90	0,29	16,25
2002	2,14	17,80	0,35	20,29
2003	2,14	16,19	0,29	18,63
2004	2,21	23,48	0,30	25,99
2005	2,24	20,29	0,30	22,83
2006	2,20	22,31	0,27	24,78
2007	2,07	0,57	0,30	2,94
2008	1,58	0,37	0,33	2,28
2009	0,79	0,14	0,08	1,01
2010	0,80	0,13	0,00	0,93

Tabela 15 - Emissões de CO da produção de ácido adípico

Ano	Emissões de CO
	(Gg)
1990	0,5
1991	0,7
1992	0,6
1993	0,8
1994	0,8
1995	0,9
1996	0,7
1997	0,6
1998	1,0
1999	1,0
2000	1,0
2001	0,8
2002	1,1
2003	1,0
2004	1,4
2005	1,2
2006	1,3
2007	1,4
2008	1,4
2009	1,4
2010	1,4

Tabela 16 - Emissões de NOx da produção de substâncias químicas

Ano	Produto Químico			Total
	Ácido nítrico	Ácido adípico	Negro-de-fumo	
	(Gg NO <sub>x</sub> )			
1990	0,5	0,2	0,0	<b>0,7</b>
1991	0,5	0,2	0,0	<b>0,8</b>
1992	0,5	0,2	0,0	<b>0,8</b>
1993	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
1994	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
1995	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
1996	0,6	0,2	0,0	<b>0,8</b>
1997	0,6	0,2	0,0	<b>0,8</b>
1998	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
1999	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
2000	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
2001	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
2002	0,6	0,3	0,0	<b>1,0</b>
2003	0,6	0,3	0,0	<b>0,9</b>
2004	0,6	0,4	0,0	<b>1,1</b>
2005	0,6	0,4	0,0	<b>1,1</b>
2006	0,6	0,4	0,0	<b>1,1</b>
2007	0,6	0,4	0,0	<b>1,1</b>
2008	0,7	0,4	0,1	<b>1,2</b>
2009	0,7	0,4	0,1	<b>1,2</b>
2010	0,6	0,4	0,1	<b>1,1</b>

Tabela 17 - Emissões de NMVOC da produção de petroquímicos

Ano	Petroquímicos				Subtotal
	Eteno	Cloreto de Vinila	Dicloroetano	Acrilonitrila	
(Gg NMVOC)					
1990	2,1	4,1	1,2	0,1	7,4
1991	2,0	2,8	0,8	0,1	5,7
1992	2,1	2,8	0,9	0,1	5,9
1993	2,4	3,2	1,1	0,1	6,8
1994	2,7	3,5	1,1	0,1	7,3
1995	2,6	3,3	1,1	0,1	7,1
1996	2,6	3,7	1,1	0,1	7,5
1997	3,0	3,6	1,2	0,1	7,9
1998	3,2	3,5	1,2	0,1	7,9
1999	3,4	3,6	1,2	0,1	8,3
2000	3,7	3,6	1,2	0,1	8,6
2001	3,4	3,2	0,9	0,1	7,7
2002	3,4	3,3	1,1	0,1	7,8
2003	3,6	3,5	1,2	0,1	8,4
2004	3,8	3,6	1,2	0,1	8,7
2005	3,8	3,9	1,3	0,1	9,0
2006	4,4	4,9	1,2	0,1	10,5
2007	4,5	5,8	1,2	0,1	11,6
2008	4,1	5,7	1,2	0,1	11,1
2009	4,3	5,8	1,3	0,1	11,5
2010	4,6	6,2	1,3	0,1	12,1

Tabela 18 - Emissões de NMVOC da produção de outras substâncias químicas

Ano	Outros químicos													Total (incluindo petroquímicos)
	ABS	Anidrido Ftálico	Borracha de butadieno estireno (SBR)	Estireno	Etilbenzeno	Formaldeído	Policloreto de vinila PVC	Poliestireno	Polietileno PEAD	Polietileno PEBD	Polietileno PELBD	Polipropileno	Propeno	
	(Gg NMVOC)													
1990	0,7	0,1	1,1	5,5	0,9	0,9	0,8	0,4	2,1	1,9	0,0	3,6	1,1	26,5
1991	0,7	0,1	1,1	5,0	0,6	1,0	0,8	0,5	2,2	1,8	0,0	4,3	1,1	24,8
1992	0,8	0,1	1,1	4,6	0,6	1,0	0,7	0,5	2,0	1,7	0,0	4,5	1,2	24,7
1993	0,9	0,1	1,1	4,0	0,5	1,2	0,8	0,5	2,7	1,8	0,2	5,7	1,4	27,8
1994	0,9	0,1	1,2	4,7	0,7	1,3	0,9	0,5	3,1	1,8	0,3	6,3	1,5	30,6
1995	0,9	0,1	1,3	4,9	0,8	1,4	0,9	0,6	3,2	1,8	0,3	6,7	1,5	31,4
1996	0,9	0,1	1,2	4,2	0,5	1,4	0,9	0,5	3,4	1,7	0,3	7,1	1,5	31,4
1997	0,9	0,1	1,4	4,2	0,5	1,5	0,9	0,4	4,1	2,0	0,4	7,6	1,7	33,6
1998	0,9	0,1	1,2	4,1	0,5	1,7	0,9	0,5	4,4	1,9	0,3	8,5	1,8	34,9
1999	0,9	0,1	1,4	4,1	0,5	2,0	1,0	0,5	4,9	2,0	0,5	9,4	1,8	37,5
2000	0,9	0,1	1,4	7,3	0,9	1,8	1,0	0,6	5,7	1,9	0,7	10,2	2,0	42,9
2001	0,9	0,1	1,2	7,2	0,9	1,6	0,8	0,8	5,2	1,9	0,5	10,0	1,9	40,7
2002	0,9	0,1	1,4	7,2	0,8	1,8	0,9	1,0	5,2	1,8	0,6	10,7	1,9	42,2
2003	0,9	0,1	1,4	7,0	0,9	2,5	0,9	1,0	5,2	2,0	0,7	12,1	2,2	45,3
2004	0,9	0,1	1,5	8,0	0,9	2,7	0,9	1,1	5,3	2,0	0,8	13,6	2,4	49,1
2005	0,9	0,1	1,2	7,3	0,8	2,5	1,0	1,0	5,2	2,0	0,9	14,5	2,4	49,0
2006	0,9	0,1	1,3	8,3	0,9	2,5	1,0	1,1	6,1	2,4	1,0	15,0	2,5	53,8
2007	0,9	0,1	1,3	7,7	0,9	2,4	1,0	1,2	7,0	2,8	1,2	15,5	2,6	56,4
2008	0,9	0,1	1,3	5,8	0,9	2,6	1,0	1,1	6,2	2,5	1,1	19,5	2,4	56,6
2009	0,9	0,1	1,3	8,2	0,9	3,1	1,0	1,2	6,7	2,6	1,1	17,8	2,9	59,5
2010	0,9	0,1	1,3	7,9	0,9	2,5	1,1	1,3	7,0	2,8	1,2	19,0	3,1	61,1

#### 4.1. Comparação com as emissões de CO<sub>2</sub> pelo consumo não energético BEN

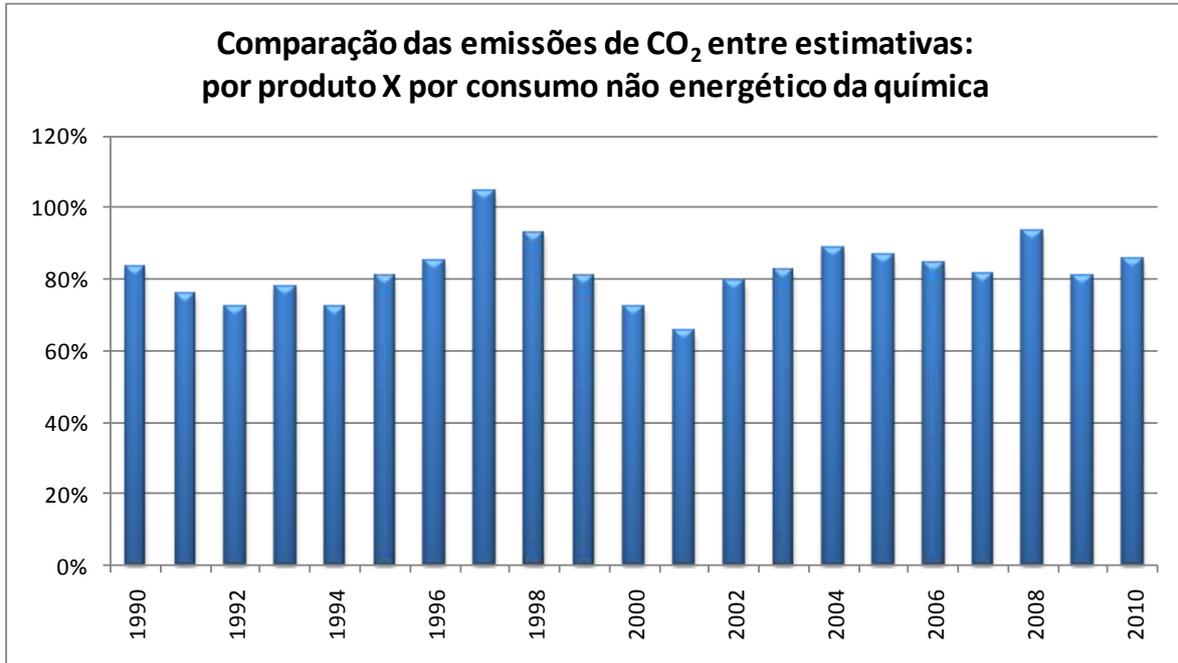
As emissões calculadas pelo consumo não energético do BEN com os percentuais informados acima para o carbono estocado/emitado estão apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 - Emissões de CO<sub>2</sub> calculadas pelo consumo não energético do BEN

Ano	Consumo não energético da química	Outros consumos não energéticos (lubrificantes)
	Gg CO <sub>2</sub>	Gg CO <sub>2</sub>
1990	2.839	428
1991	2.867	412
1992	3.060	343
1993	3.109	377
1994	3.438	393
1995	3.153	414
1996	2.994	438
1997	2.569	460
1998	2.789	449
1999	3.546	467
2000	3.636	504
2001	3.530	454
2002	3.157	567
2003	3.298	502
2004	3.362	515
2005	3.410	525
2006	3.585	461
2007	3.752	561
2008	3.230	698
2009	3.389	541
2010	3.492	679
2011	5.044	744
2012	5.097	679

A comparação dos resultados referentes à indústria química com os resultados por produto da Tabela 12 está na Figura 1. Por essa comparação, as emissões por produto, pela ABIQUIM, seriam cerca de 80% das calculadas pelo consumo não energético do BEN. Mas os cálculos obtidos pela ABIQUIM tendem a ser melhores que os apenas calculados com o BEN combinado com os fatores *default* do IPCC para o carbono estocado/emitido, estes sugeridos para uma média mundial que pode não representar a realidade nacional. Assim, apenas a coluna referente ao consumo de lubrificantes será aproveitada para o inventário.

Figura 1 - Comparação entre as estimativas das emissões por produto e pelo consumo não energético da indústria química



#### 4.2. Emissões de NMVOC pelo consumo não energético de outros setores além da indústria química

As emissões de NMVOC pelo consumo não energético de outros setores além da indústria química são apresentadas na Tabela 20. Note-se que essas emissões englobam totalmente as calculadas para o Segundo Inventário no setor Uso de Solventes e Outros Produtos.

Tabela 20 - Emissões de NMVOC pelo consumo não energético de outros setores além da indústria química

Ano	Querosene Iluminante	Álcool Hidratado	Solventes	Asfalto para pavimentação	Outros não energéticos de petróleo	Total
	Gg NMVOC					
1990	0	692	208	380	1.059	2339
1991	0	529	289	283	1.039	2139
1992	0	536	285	365	871	2058
1993	0	592	261	333	930	2116
1994	0	711	332	392	864	2299
1995	0	826	262	359	840	2287
1996	0	749	285	428	1.055	2517
1997	0	685	348	450	1.151	2634
1998	0	726	334	587	1.233	2879
1999	0	705	403	445	1.423	2976
2000	0	776	402	524	1.452	3154
2001	0	912	418	475	1.094	2900
2002	0	643	525	494	1.297	2959
2003	0	583	595	327	1.152	2657
2004	68	700	682	406	1.176	3032
2005	23	429	953	422	1.156	2982
2006	0	744	1.015	547	1.417	3723
2007	0	0	590	483	1.402	2475
2008	0	739	617	609	2.171	4136
2009	7	673	475	645	2.517	4317
2010	7	0	438	858	3.447	4750
2011	16	674	434	753	3.723	5601
2012	15	764	443	783	3.473	5478

## 5. Diferenças em relação ao Segundo Inventário

Neste relatório foram acrescentadas as emissões de CH<sub>4</sub> relativas à produção de coque de petróleo calcinado às emissões da indústria química. Foram incluídas também as emissões de CO<sub>2</sub> referente ao consumo (não energético) de lubrificantes no país, bem como as emissões evaporativas (NMVOC) ligadas ao uso não energético de querosene iluminante, álcool hidratado, solventes e outros produtos não energéticos de petróleo pelos setores diferentes da indústria química, conforme informado no BEN.

## 6. Referências Bibliográficas

ABIQUIM, Anuários Estatísticos 1993, 1997 2000, 2005, 2008 e 2013.

CEPED, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, Manual Econômico da Indústria Química - MEIQ - Produtos inorgânicos - volume II - ed. Camaçari, BA - CEPED, 2006. 6ª, 7ª e 8ª edições.

FOSFERTIL, Documento de Concepção de Projeto: “Projeto de Abatimento de Óxido Nitroso na PAN2 Fosfertil Piaçaguera”. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/>.

FOSFERTIL, Documento de Concepção de Projeto: “Projeto de Abatimento de Óxido Nitroso na PAN4 Fosfertil Cubatão”. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int>.

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

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.

RODHIA, Documento de Concepção de Projeto: “Redução de emissões de N<sub>2</sub>O em Paulínia, SP”. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/>.

WHITE MARTINS, 2010. Comunicação da empresa.