SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO
DE UMA ESTRATÉGIA INDUSTRIAL BRASILEIRA
PARA ECOMONIA DE BAIXO CARBONO

Caderno 4

Nota Técnica Química

© 2012 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI
Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que seja citada a fonte.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
GVces - Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade

Supervisão
Alexandre Comin – MDIC
Maria Luisa Campos Machado Leal - ABDI

Equipe Técnica da ABDI
Carla Naves – Gerente
Claudionel Campos Leite – Coordenador
Cássio Marx Rabello Da Costa - Especialista
Adriana Torres - Assistente Projetos
Willian Cecílio de Souza - Assistente Projetos

Coordenadora Geral
Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos

Gerência de Comunicação ABDI
Oswaldo Buarim Junior

Supervisão da Publicação
Joana Wightman
Coordenadora de Comunicação

Equipe Técnica MDIC
Demétrio Florentino de Toledo Filho Assistente Técnico

Equipe Técnica FGV
Mario Monzoni
Guarany Osório
Alexandre Gross
Beatriz Kiss
Gabriel Pinheiro Lima
Gustavo Velloso Breviglieri
Mariana Bartolomei
Pedro Canelas

Consultor
Marcelo Kós Silveira Campos

Revisão de texto
GVces - Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Setor Bancário Norte Quadra 1 – Bloco B – Ed. CNC
70041-902 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3962-8700
www.abdi.com.br

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Esplanada dos Ministérios, Bloco "J"
70053-900 - Brasília, DF,
Tel.: (61) 2027-7000
www.desenvolvimento.gov.br

FGV - Fundação Getúlio Vargas – Centro de Estudos em Sustentabilidade - GVces
Av. 9 de Julho, 2029 - Bela Vista
01313-902 – São Paulo - SP
Tel.: (11) 3799-7777
www.fgv.br

República Federativa do Brasil
Dilma Rousseff
Presidenta

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Fernando Damata Pimentel
Ministro

Heloísa Guimarães Menezes
Secretária de Desenvolvimento da Produção do MDIC

Alexandre Comin
Diretor do Departamento de Competitividade Indústria da Secretaria de Desenvolvimento da Produção

Beatriz Martins Carneiro
Coordenadora-Geral de Análise da Competitividade e Desenvolvimento Sustentável

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Mauro Borges Lemos
Presidente

Maria Luisa Campos Machado Leal
Otávio Silva Camargo
Diretores

Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos

Claudionel Campos Leite
Coordenador do Complexo de Eletrônica

Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV/EAESP
Mario Monzoni
Coordenador Geral do GVces

Guarany Osório
Coordenador do Programa Política e Economia Ambiental - Centro de Estudos em Sustentabilidade - GVces

APRESENTAÇÃO

É cada vez maior a responsabilidade de todos os países para redução de gases de efeito estufa (GEE). O Brasil assumiu essa responsabilidade ao aprovar a Lei 12.187/2009, que trata da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), comprometendo realizar um conjunto de ações governamentais e setoriais visando à mitigação e a adaptação aos efeitos da mudança do clima.

A partir da Conferência de Copenhague, Dinamarca, realizada em dezembro 2009, o Brasil estabeleceu cinco segmentos em que atuará para diminuir a emissão de GEE: redução do desmatamento da Amazônia e também do Cerrado; investimento em energia limpa, como os biocombustíveis; substituição da produção de carvão original de desmatamento por carvão de florestas plantadas, e a utilização do plantio indireto na agricultura. Com isso, espera-se que o país reduza entre 36,1% e 38,9% da sua emissão de gases de efeito estufa até 2020.

Com a PNMC deu-se início à elaboração de Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima, regulamentados pelo Decreto nº 7.390/2010. Em 2011 foi determinada a elaboração dos seguintes Planos Setoriais: Indústria; Mineração; Transporte e Mobilidade Urbana; e Saúde. Esses planos, bem como os elaborados anteriormente, subsidiarão a revisão do Plano Nacional de Mudança do Clima de 2012.

O Plano Setorial de Reduções de Emissão da Indústria (Plano Indústria) é de responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior – MDIC e abrange a Indústria de Transformação, Bens de Consumo Duráveis, Química Fina, Base, Papel e Celulose e Construção Civil.

O objetivo do Plano Indústria é preparar a indústria nacional para o novo cenário que já se

desenha, em que a produtividade-carbono, que equivale a intensidade de emissões de gases de efeito estufa por unidade de produto, será tão importante quanto a produtividade do trabalho e dos demais fatores para definir a competitividade internacional da economia.

O Plano Indústria adotou como referência a meta de redução de emissões de processos industriais e uso de energia de 5% em relação ao cenário tendencial (Business As Usual) projetado para 2020.

Considerando que, tanto no que se refere às emissões diretas quanto aquelas oriundas do Subsetor Energético, poucos setores industriais concentram a maior parte de emissões de GEE. O Plano Indústria propõe que, numa primeira fase, os setores que são responsáveis pela maior parte das emissões sejam focalizados de forma particular.

Com isso, e considerando ainda o estabelecido na Lei 12.187/2009, foi proposto incluir inicialmente os seguintes setores:

- *Alumínio*
- *Cal*
- *Cimento*
- *Ferro-gusa e aço*
- *Papel e celulose*
- *Química*
- *Vidro*

Em conjunto, esses setores foram responsáveis, em 2005, por quase 90% das emissões diretas de GEE da Indústria de Transformação e por mais da metade das emissões derivadas da queima de combustíveis fósseis na indústria. Em 2009, o peso destes setores no Valor Bruto da Produção industrial foi de aproximadamente 19%, embora inclua apenas pouco mais de 5% das empresas industriais.

O Plano Indústria realizará estudos de linhas de base e cenários tendenciais de emissões, levantamento de tecnologias de baixo carbono e oportunidades de mitigação nas cadeias produtivas dos setores considerados e estabelecerá canal permanente de comunicação entre indústria e governo para identificar obstáculos à melhoria de gestão de carbono e encaminhar medidas para superá-los. A partir do estabelecimento dessas pré-condições será possível preparar a indústria para novos avanços na quantificação dos resultados de mitigação.

Inicialmente o foco das ações setoriais do Plano Indústria será a indústria de Alumínio, Cimento, Papel e celulose e Química, seguidos pela indústria de Ferro e Aço, Cal e Vidro, em 2013, e com a incorporação progressiva de todos os demais setores da Indústria de Transformação até 2020.

Para cumprimento das metas estabelecidas no Plano Indústria para o ano de 2012, o Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior – MDIC e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI celebraram convênio para a realização do Estudo Técnico que irá subsidiar a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para economias de baixo carbono para a indústria de Alumínio, Cimento, Papel e celulose, Química e Automotivo.

Para a elaboração das Notas Técnicas, que constituem o Estudo, foi contratada a Fundação Getúlio Vargas. O Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces) coordenou uma série de reuniões e workshops setoriais buscando levantar e estruturar as informações relevantes sobre os assuntos para a elaboração das seguintes Notas Técnicas .

- *Nota Técnica Mensuração, Relato e Verificação de Inventários Bottom-up de Gases de Efeito Estufa no Brasil.*
- *Nota Técnica Papel e Celulose.*
- *Nota Técnica Subsetor Cimento.*
- *Nota Técnica Química.*
- *Nota Técnica Alumínio.*
- *Nota Técnica Eficiência de Motores de Automóveis de Passeio.*

Assim, este caderno contempla a Nota Técnica Química.

Este trabalho constitui importante contribuição do MDIC e da ABDI para a estruturação e consolidação da estratégia nacional para economia de baixo carbono.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Química

Em 2009, o subsetor químico respondeu por 2,6% do PIB brasileiro, com a indústria química de produtos para uso industrial (PQI) sendo responsável por quase 49% de tal contribuição. No que diz respeito às emissões de GEE, a PQI, por meio de seus principais processos industriais e da geração e consumo de energia, emitiu cerca de 17 MtCO2eq no ano de 2010, uma queda de 25,9% com relação a 2005.

As emissões de GEE da PQI podem ser divididas em três grandes blocos: 72,9% da combustão para geração de energia térmica; 21,5% de 12 processos industriais; e 5,6% da geração e consumo de energia elétrica. Até 2020, tais emissões, em um cenário BAU, devem chegar a até 30 MtCO2eq, ou aproximadamente 64,6% da "meta" projetada ao setor com base no Decreto 7390.

Em um cenário otimista de baixo carbono, as emissões do subsetor podem ser 14,5% inferiores ao projetado para 2020, desde que a indústria química incremente a utilização de biomassa como matéria-prima em sua matriz energética e invista em ganhos de eficiência energética, dentre outras possíveis medidas de mitigação. Para tanto, um mix de políticas se faz necessário, com medidas como a criação de selos de eficiência carbônica, concessão de incentivos para produção e consumo de produtos menos intensos em emissões de GEE, e o tratamento diferenciado ao etanol usado como matéria-prima, dentre outras.

SUMÁRIO

Introdução **13**

1. Perfil técnico **17**

2. Perfil econômico **23**

3. Perfil de emissões da indústria química no Brasil **31**

4. Medidas de Mitigação **45**

5. Cenários de baixo carbono **49**

6. Recomendações **59**

7. Bibliografia **63**

8. Anexos **67**

Siglas

Abifina: Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades
Abiquim: Associação Brasileira da Indústria Química
ACC: American Chemistry Council
BAU: Business as Usual
BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CH_4: Metano
CNAE: Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNI: Confederação Nacional da Indústria
CO_2: Dióxido de carbono
CO_2eq: CO_2 equivalente
Comperj: Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
FE: Fator de Emissão
GEE: Gases de Efeito Estufa
HFC: Hidrofluorocarbonetos
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC: International Panel on Climate Change
MCT: Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MVC: Cloreto de Vinila
N_2O: Óxido nitroso
P&D: Pesquisa e Desenvolvimento
PFC: Perfluorocarbonetos
PIB: Produto Interno Bruto
PME: Pequenas e médias empresas
PQI: Indústria química brasileira de produtos para uso industrial
SF_6: Hexafluoreto de enxofre

Introdução

A indústria química é caracterizada por reunir um espectro amplo e (aparentemente) pouco conexo de segmentos industriais, com elevado grau de heterogeneidade mesmo dentro de um segmento, produzindo cerca de 70 mil produtos diferentes (Wongtschowski, 2002).

Dessa forma, a classificação da indústria química e de seus segmentos é tarefa complexa, por vezes dificultando ou até impossibilitando a compilação de dados referentes a tais segmentos, bem como a realização de comparações e análises estatísticas. Conforme destacado pela Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim, 2012), "em algumas ocasiões, indústrias independentes, como a do refino do petróleo, por exemplo, eram confundidas com a indústria química propriamente dita. Em outras, segmentos tipicamente químicos, como os de resinas termoplásticas e de borracha sintética, não eram incluídos nas análises setoriais".

De acordo com o IBGE, os segmentos que compõem a indústria química no âmbito da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), desde 2007, estão contemplados nas divisões 20 e 21 da CNAE 2.0 (ver Anexo 1 – Divisões 20 e 21 da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)). De forma simplificada, os produtos químicos podem ser agrupados em dois grandes grupos (Abiquim, 2012):

1. *Produtos químicos de uso industrial:*
    - *a. Produtos inorgânicos;*
    - *b. Produtos orgânicos;*
    - *c. Resinas e elastômeros;*
    - *d. Produtos e preparados químicos diversos.*

2. Produtos químicos de uso final:

a. Produtos farmacêuticos;

b. Higiene pessoal, perfumaria e cosméticos;

c. Adubos e fertilizantes;

d. Sabões, detergentes e produtos de limpeza;

e. Defensivos agrícolas;

f. Tintas, esmaltes e vernizes;

g. Outros.

Tamanha é a amplitude da indústria química que a própria Abiquim não segue de forma mais próxima todos os segmentos listados acima, direcionando suas análises especificamente para o segmento de produtos químicos de uso industrial, o qual compreende cerca de 3 mil produtos que, por sua vez, são fabricados por aproximadamente 800 empresas (Abiquim, 2012).

Ainda outras divisões[4] são comuns para classificar a indústria química de acordo com grupos de produtos e suas respectivas características. O American Chemistry Council (ACC), associação representante das empresas pertencentes ou envolvidas com a indústria química nos Estados Unidos, agrupa os produtos químicos da seguinte maneira (ACC, 2012):

Produtos farmacêuticos

- *Substâncias que interagem com o ser humano e demais seres vivos;*
- *Exemplos: Medicamentos, produtos biológicos, produtos para diagnóstico, produtos para a saúde animal e vitaminas.*

Produtos químicos básicos

- *Também chamados de commodities químicas;*
- *Produzidos em larga escala;*
- *Em geral são incorporados em outros processos químicos;*
- *Exemplos: produtos químicos inorgânicos, petroquímicos básicos, intermediários orgânicos, resinas plásticas, borracha sintética, fibras, tintas e pigmentos.*

Especialidades químicas

- *Produzidos em menor escala;*
- *Em geral são tecnologicamente mais avançados;*
- *Vendidos por especificações de desempenho;*
- *Exemplos: adesivos, selantes, catalisadores, tintas, flavorizantes, fragrâncias, aditivos para combustíveis e lubrificantes, produtos de limpeza industrial e produtos de química fina[5].*

4 Além do agrupamento feito pelo ACC, demais conselhos regionais, tais como o European Chemical Industry Council (Cefic) e a Chemical Industry Association (CIA) da Inglaterra, também possuem suas classificações.
5 Produtos de Química Fina são caracterizados por produção em pequena escala e com múltiplas etapas, além de preço elevado, conforme definição de Wongtschowski (2002).

Produtos químicos agrícolas

- *Fertilizantes e defensivos agrícolas.*

Produtos químicos destinados ao consumidor

- *Em geral são produtos de química não complexa;*
- *Grande diferenciação entre as várias marcas;*
- *Exemplos: sabões, detergentes, pastas de dente, cosméticos, desodorantes.*

É válido ressaltar que de acordo com a classificação do ACC, os limites de cada grupo não são rígidos, havendo certa sobreposição em algumas ocasiões. Por exemplo: tintas imobiliárias podem ser consideradas tanto especialidades quanto produtos ao consumidor.

Há também discrepâncias entre diferentes classificações, a Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades (Abifina) considera como produtos de química fina: "os produtos químicos conhecidos como intermediários de síntese e de usos (princípios ativos), bem como as especialidades químicas encontradas nos segmentos industriais farmacêutico humano, defensivos agrícolas e animais, catalisadores, produtos aromáticos e fragrâncias, reagentes analíticos e para testes, produtos de alta tecnologia destinados às diversas aplicações específicas, tais como antichamas, portadores de resistência a reagentes físicos, componentes para fotografia, etc." (Wongtschowski, 2002).

Tendo em vista a complexidade no tratamento da indústria química, as análises realizadas no presente documento tomam como base os parâmetros adotados pela Abiquim, sempre que possível, diante da representatividade que suas associadas têm na indústria química brasileira de produtos para uso industrial (PQI), e pela qualidade dos dados por ela apresentados. Adicionalmente, a nota técnica objetiva apresentar o cenário atual para a PQI no que diz respeito à produção, competitividade e emissões de GEE, bem como estimar cenário de baixo carbono para o setor no horizonte até 2020.

1. Perfil técnico

1.1. Escopo da nota técnica

As análises a serem realizadas pela presente nota técnica visam maximizar a aderência de eventuais conclusões e direcionar esforços para áreas prioritárias e estão delimitadas pelos seguintes critérios:

- *Disponibilidade de dados;*
- *Relevância econômica;*
- *Relevância nas emissões de GEE do subsetor;*
- *Volume da produção nacional.*

Assim, serão discutidos ao longo das próximas seções os processos produtivos associados aos produtos listados abaixo, dentre os quais 11 são abordados no 2º Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010):

- *Ácido adípico;*
- *Ácido fosfórico;*
- *Ácido nítrico;*
- *Acrilonitrila*
- *Amônia;*
- *Carbureto de cálcio;*
- *Coque de petróleo calcinado;*
- *Dicloroetano e cloreto de vinila (MVC);*
- *Eteno;*

- *Metanol;*
- *Negro de fumo;*
- *Óxido de eteno.*

Tais produtos, ainda que não representativos de toda a indústria química nacional, responderam por mais de 95% das emissões de GEE relativas aos processos de síntese do setor no Brasil no ano de 2007[4], ainda de acordo com os dados do 2º Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010).

No que diz respeito ao consumo de energia (térmica e elétrica), o presente trabalho lida com a indústria química brasileira para produtos de uso industrial (PQI) associada à Abiquim, por representar aproximadamente 85% da PQI, incluindo as maiores unidades produtoras.

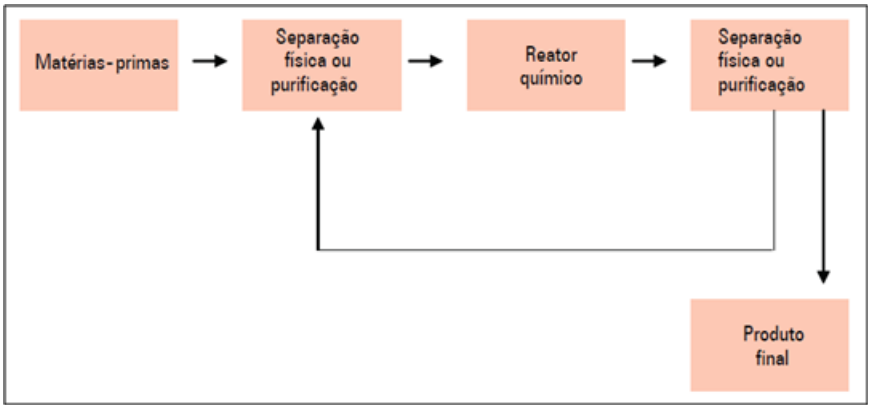
Cabe ressaltar que não serão discutidas questões externas à planta de produção nesta nota técnica, tais como eliminação de resíduos e uso ou reciclagem de produtos.

Por fim, destaca-se que o processo de revisão dos planos setoriais e, por consequência, das notas técnicas setoriais será constante e, assim, demais produtos químicos podem ser contemplados em análises futuras.

1.2. Definição dos produtos e processos produtivos

De forma genérica, os processos produtivos existentes na indústria química podem ser simplificados por meio da seguinte sequência de etapas, retratadas na Figura 27: separação e purificação das matérias-primas, unidade de reação, separação e purificação dos produtos.

Figura 27. Diagrama simplificado de processos produtivos na indústria química



FONTE: CNI, 2010.

4 Cálculo próprio realizado com base no 2º Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010), levando em consideração somente os GEE diretos.

A seguir são apresentados os produtos cujas emissões de GEE oriundas de processos industriais estão contempladas nesta nota técnica. As definições baseiam-se na "Quantificação das emissões de gases dos processos produtivos com potencial de gerar o efeito estufa: setor químico" (Abiquim, 2009) e no 2º Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010).

1.2.1. 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 produção de ácido adípico no Brasil utiliza a tecnologia de produção de dois estágios. O primeiro envolve a hidrogenação do fenol para formar o cicloexanol. O segundo estágio envolve o processo de oxidação do cicloexanol por meio de ácido nítrico. Neste último estágio é que e gerado o principal gás emitido, o óxido nitroso (N_2O).

1.2.2. Ácido Fosfórico

O ácido fosfórico é utilizado principalmente para a produção de fertilizantes fosfatados. As matérias-primas utilizadas para a produção de ácido fosfórico são o ácido sulfúrico e a rocha fosfática, como fonte de fósforo.

A rocha fosfática contém, em menor ou maior concentração, carbono inorgânico na forma de carbonato de cálcio que é parte integrante do mineral. O carbonato contido na rocha reage com o ácido sulfúrico produzindo como subprodutos gesso agrícola e CO_2.

1.2.3. Ácido Nítrico

O ácido nítrico é um composto inorgânico usado principalmente na fabricação de fertilizantes sintéticos. É o composto mais importante utilizado 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 de ácido nítrico envolve as etapas de reação e absorção. A tecnologia usada na reação é a da oxidação catalítica de amônia com o ar. Durante esta reação química é produzido como subproduto, indesejável, o óxido nitroso.

As fábricas instaladas no País cobrem todas as possíveis alternativas de combinação de processos nas etapas de reação e absorção, desde a operação a vácuo, baixa pressão, média pressão até a alta pressão, passando pela combinação das duas últimas pressões.

1.2.4. Acrilonitrila

A acrilonitrila é utilizada na manufatura de fibras acrílicas, sínteses orgânicas, fumigantes, surfactantes e corantes. O processo de produção instalado no Brasil utiliza a tecnologia Sohio de reação catalítica de propeno, amônia e ar como matérias-primas. O processo produz acrilonitrila como produto primário e acetonitrila e ácido cianídrico com produtos secundários.

A amoniação do propeno não rende 100% de acrilonitrila. Assim, uma pequena fração de propeno é convertida diretamente em CO_2 por oxidação direta ou convertida em outros hidrocarbonetos por reações paralelas ocorridas durante o processo de amoniação. Os principais gases emitidos ao longo do processo produtivo são o dióxido de carbono e o metano.

1.2.5. 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, dentre outras aplicações.

A produção de amônia requer uma fonte de hidrogênio e uma fonte de nitrogênio (ar atmosférico). A fonte de hidrogênio pode ser obtida por meio de diferentes matérias-primas, quais sejam: resíduo asfáltico, gás residual de refinaria, gás natural, nafta petroquímica e etanol.

Como subproduto da fabricação de amônia é gerado dióxido de carbono (CO_2), que é enviado para a atmosfera. Entretanto, quando no downstream há uma planta de ureia ou uma planta de metanol, parte do CO_2 é utilizada como matéria-prima na produção de alguns dos produtos citados.

1.2.6. Carbureto de Cálcio

O carbureto de cálcio (CaC_2) é produzido a partir da calcinação do calcário (CaCO3) e da subsequente redução, em um forno de arco elétrico, da cal (CaO) com coque de petróleo ou carvão vegetal (CV). O carbureto de cálcio é utilizado na indústria siderúrgica, mais especificamente na dessulfuração do aço, e na produção de acetileno.

Tanto o processo de calcinação quanto o de redução emitem dióxido de carbono (CO2) conforme as reações abaixo:

Calcinação: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

Redução: $CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO(+1/2\ O_2 \rightarrow CO_2)$

Todavia, para fins da presente nota técnica serão consideradas somente as emissões da etapa de redução, estando a calcinação associada à produção de produtos minerais e não ao setor químico.

1.2.7. Coque de Petróleo Calcinado

O coque de petróleo calcinado é uma fonte quase pura de carbono utilizado especialmente pela indústria de alumínio, mas também para a produção de aço, dióxido de titânio e outros produtos químicos. O processo produtivo consiste na passagem do coque cru, também chamado de coque "verde", por fornos rotativos a temperaturas entre 980 e 1.315 ºC com o objetivo de retirar a umidade e quaisquer voláteis indesejáveis.

1.2.8. Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)

O dicloroetano (1,2 dicloroetano) é um hidrocarboneto clorado, caracterizando-se como um líquido oleoso de cor clara com odor adocicado de clorofórmio, sendo utilizado como intermediário na produção de MVC, solventes, hidrocarbonetos policlorados, etilenoglicol e outros. Já o cloreto de vinila (MVC) é utilizado como intermediário na produção do cloreto de polivinila amplamente utilizado na fabricação de materiais e fios elétricos, material de construção civil, tubos, conexões, e embalagens.

A produção de cloreto de vinila e dicloroetano no Brasil utiliza o processo de cloração direta e oxicloração do eteno, sendo usado o cloreto de hidrogênio gerado no craqueamento do dicloroetano. A planta de produção de cloreto de vinila e dicloroetano pode operar como "processo balanceado" entre os dois produtos.

Os principais gases emitidos com potencial de gerar o efeito estufa são: dióxido de carbono e metano.

1.2.9. Eteno

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

O processo de produção baseia-se no craqueamento de matérias-primas petroquímicas. No Brasil, a matéria-prima mais utilizada é a nafta, todavia existem insumos alternativos sendo utilizados no País, tais como o gás natural, por meio de processo de pirólise e, mais recentemente, o etanol de cana-de-açúcar.

1.2.10. Metanol

O metanol, ou álcool metílico, é usado na produção do formaldeído utilizado na produção de resinas com aplicação na manufatura de móveis e compensados, como anticongelante, solvente e combustível.

No Brasil, a rota tecnológica utilizada é a síntese em baixas e altas pressões utilizando como matérias-primas o gás natural e o dióxido de carbono. A matéria-prima gás natural que é alimentada no reator de síntese utiliza a reformação primária como processo para a geração do hidrogênio e monóxido de carbono.

1.2.11. 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.

1.2.12. Óxido de Eteno

O principal uso de óxido de etileno é na produção de etilenoglicol, comumente conhecido por seu uso como um refrigerante automotivo e anticongelante. No País, o principal uso é na produção de glicóis.

Pode ser produzido por dois processos. Um que inicia com a reação do cloro sobre o eteno na presença de água, seguida da desidrocloração da cloridrina de eteno formada, e outro que utiliza oxidação direta do eteno por meio do ar. A produção nacional é obtida pela segunda tecnologia mencionada, oxidação direta do eteno. Os principais gases emitidos são dióxido de carbono e metano.

2. Perfil econômico

2.1. Participação no PIB, Balança Comercial e Investimentos

A indústria química brasileira apresentou um faturamento líquido de R$ 226,1 bilhões em 2010 (US$ 130 bilhões), de acordo com estimativas da Abiquim (2011). Tal desempenho representa um crescimento, em dólares, de 26,9% frente a 2009, fazendo que o Brasil figure em sétimo lugar no ranking mundial de indústrias químicas (em termos de faturamento líquido), conforme observado na Tabela 22.

Tabela 22. Faturamento líquido da indústria química em 2010 (US$ bilhões)

1	China	903
2	Estados Unidos	720
3	Japão	338
4	Alemanha	229
5	Coreia do Sul	139
6	França	137
7	Brasil	130
8	Índia	125
9	Itália	105
10	Reino Unido	94

Fonte: Abiquim, 2012 (site www.abiquim.org.br; acesso em 3 de abril de 2012).

Além de seu destaque no cenário internacional, a indústria química brasileira apresenta considerável relevância também domesticamente, respondendo por 2,6% do PIB nacional em 2009 e sendo a quarta indústria mais importante do País, responsável por 10,1% do PIB

industrial no mesmo ano. Todavia, é importante ressaltar que tais participações apresentam trajetória descendente desde 2005 (Bastos & Costa, 2010).

Conforme mencionado na Introdução, o subsetor químico caracteriza-se por reunir uma grande variedade de produtos com uma vasta gama de possíveis aplicações. No Brasil, os grupos de produtos mais importantes (em termos de faturamento líquido) estão dispostos na Tabela 23. Uma breve análise da tabela permite observar a predominância dos produtos químicos de uso industrial, os quais corresponderam a quase 50% do faturamento líquido do setor em 2010.

Tabela 23. Faturamento líquido em 2010 (US$ bilhões):

Produtos químicos de uso industrial	63,8
Produtos farmacêuticos	19,9
Higiene pessoal, perfumaria e cosméticos	13,8
Adubos e fertilizantes	11,2
Defensivos agrícolas	7,0
Produtos de limpeza	7,7
Tintas, esmaltes e vernizes	3,9
Outros	2,9
Total	130,2

Fonte: Abiquim, 2010[a]

Todavia, apesar de sua importância, tanto nacional quanto internacionalmente, a indústria química brasileira historicamente não tem conseguido suprir a demanda interna, crescentemente atendida pelas importações, acarretando na configuração de caráter deficitário da balança comercial de produtos químicos do Brasil.

As importações do subsetor químico têm aumentado consideravelmente desde 1990, em ritmo muito superior ao das exportações. No ano de 1990, o déficit desse segmento foi de US$ 1,19 bilhões, já em 2000 a diferença atingiu US$ 6,63 bilhões e chegou a US$ 8,46 bilhões em 2006 (CNI, 2011). Os últimos dados disponíveis, referentes a 2010, mostram um déficit de US$ 20,67 bilhões (Abiquim, 2011).

É válido notar que a demanda por produtos químicos apresenta forte correlação com o PIB e, assim, períodos de crescimento econômico geralmente observam também altas nas importações e, consequentemente, nos déficits comerciais relacionados a tais produtos (Bastos & Costa, 2010).

Esse padrão emerge principalmente a partir de algumas características da indústria química nacional: insuficiência da oferta doméstica; pouca diversidade de produtos, majoritariamente commodities químicas; limitação de investimentos; escassez de matérias-primas; e reorientação global da produção de empresas multinacionais; além das questões macroeconômicas brasileiras (Bastos & Costa, 2010).

Esse cenário também é refletido no peso que a indústria química possui nas pautas de importação e exportação do Brasil. Enquanto as importações de produtos químicos (US$ 33,7 bilhões) representaram cerca de 20% das importações totais do País (US$ 181,6 bilhões), as exportações desses produtos (US$ 13,1 bilhões) foram responsáveis por pouco mais de 6% das exportações totais do País (US$ 201,9 bilhões) (Bastos & Costa, 2010).

É importante destacar que, embora o déficit da balança comercial da indústria química venha crescendo nas últimas décadas, as exportações saltaram de US$ 2,9 bilhões em 1999 para o patamar mencionado anteriormente dos US$ 13,1 bilhões, praticamente quadruplicando o valor em aproximadamente uma década. As exportações brasileiras tiveram como principais destinos, no ano de 2009, a América Latina e Caribe (com 47% do total), a União Europeia (21%), Estados Unidos (13%) e Ásia (13%) (Bastos & Costa, 2010).

Os segmentos de produtos cuja maior parcela da produção foi destinada à exportação foram os de químicos orgânicos (com 25% da produção exportada em 2008), produtos e preparados químicos diversos (23%) e fibras artificiais e sintéticas (18%). Para a indústria química inteira, a produção destinada à exportação ficou em aproximadamente 10% do total no ano de 2008 (Bastos & Costa, 2010).

A partir destes dados e de uma análise mais profunda, Bastos & Costa (2010) apresentam algumas conclusões referentes à caracterização da indústria química brasileira:

1. Concentração de exportações em quatro segmentos principais, essencialmente commodities com poucos produtos de maior valor agregado:

a. *Petroquímicos básicos;*
b. *Resinas termoplásticas;*
c. *Aditivos de uso industrial;*
d. *"Outros" produtos orgânicos, sem especificação clara.*

2. Todos os segmentos apresentam déficit comercial.

3. Apenas três segmentos, em proporções similares, foram responsáveis por cerca de 80% do déficit (em 2010):

a. *Produtos químicos inorgânicos, especialmente intermediários para fertilizantes;*
b. *Produtos químicos orgânicos, resinas e elastômeros (indústria petroquímica);*
c. *Produtos farmoquímicos e farmacêuticos.*

De forma a reduzir o déficit comercial existente, acompanhar o crescimento do País, expandir o segmento da indústria química renovável e aproveitar as oportunidades advindas da exploração do pré-sal, a indústria química necessita de investimentos da ordem de US$ 167 bilhões até 2020 para atingir tais objetivos (além de adicionais US$ 32 bilhões em P&D), conforme estipulado pelo Pacto Nacional da Indústria Química (Abiquim, 2010b).

Todavia, até 2016 os investimentos projetados somam apenas US$ 22 bilhões, queda de 10% com relação ao quinquênio 2010-2015, e estão discriminados na Tabela 24.

Tabela 24. Projetos de investimento 2011-2016 (em US$ bilhões)

Projetos já aprovados e em andamento	7,6
Projetos em estudo	11
Projetos em manutenção, melhorias de processo, segurança, meio ambiente e troca de equipamentos	3,3
Total previsto	21,9

FONTE: ABIQUIM, 2011

Os números sugeridos pela Abiquim transmitem considerável dose de otimismo, uma vez que historicamente o setor tem investido quantias mais modestas do que o cenário planejado.

Utilizando os desembolsos anuais do BNDES para a indústria química (industriais químico, farmoquímico e farmacêutico), apresentados na Tabela 25, como proxy para os investimentos do setor, é possível observar alguns ciclos de investimentos nos triênios 2001 a 2003 e 2005 a 2007, levando em consideração que em 2006 e 2007 esses segmentos industriais investiram R$ 1,21 e R$ 2,48 bilhões, respectivamente (CNI, 2011).

Tabela 25. Empréstimos do BNDES para investimentos dos segmentos industriais químico, farmoquímico e farmacêutico no brasil

Ano	Milhões de R$ (de 2005)
1998	560,8
1999	634,2
2000	630
2001	1002,3
2002	1323,5
2003	1349,4
2004	585,1
2005	1141,8
2006	1.210*
2007	2.480*

*Aproximadamente - Fonte: CNI, 2011

Entretanto, a demanda por produtos químicos deve crescer para algo em torno de US$ 260 bilhões em 2020, de acordo com as projeções da Abiquim (2010b), com um consumo doméstico adicional (produção doméstica + importações – exportações) da ordem de US$ 110 bilhões frente ao cenário atual. Tal perspectiva apresenta um cenário que pode incentivar o salto necessário nos investimentos do setor.

Por outro lado, para que efetivamente ocorra uma elevação nos investimentos na indústria, algumas barreiras atualmente existentes precisam ser endereçadas, tais como o nível de ociosidade nas plantas já em operação, a incerteza no acesso a matérias-primas (com garantias de longo prazo), a insuficiência da logística de transportes (muito dependente do modal ferroviário) e da estrutura para distribuição de gás, além da dificuldade de acesso a crédito, especialmente por parte das micro, pequenas e médias empresas (PMEs).

2.1.1. Produtos Químicos de uso Industrial (PQI)

Uma análise com foco direcionado aos produtos químicos de uso industrial permite observar a predominância do segmento petroquímico, em termos de faturamento, com aproximadamente 65% do faturamento total em 2010 (Abiquim, 2010a), conforme observado na Tabela 26.

Tabela 26. Faturamento líquido por grupos de produtos em 2010 (US$ bilhões):

Produtos e preparados químicos diversos	10,8
Petroquímicos básicos	10,6
Resinas termoplásticas	10,7
Intermediários para resinas e fibras	5,1
Intermediários para fertilizantes	4,5
Gases industriais	3,3
Cloro e álcalis	2,2
Resinas termofixas	1,5
Elastômeros	1,5
Outros orgânicos	9,8
Outros inorgânicos	3,8
Total	63,8

Fonte: Abiquim, 2010a

A produção de tais produtos, ainda que pulverizada em quase mil unidades produtivas, está bastante concentrada na região Sudeste (com cerca de 70% do total), especialmente no estado de São Paulo, com 557 fábricas cadastradas no Guia da Indústria Química Brasileira (Abiquim, 2012), conforme observado Tabela 27.

Tabela 27. Distribuição das fábricas (cadastradas no guia da indústria química brasileira):

Total	973
Principais estados	
São Paulo	557
Rio de Janeiro	71
Bahia	70
Rio Grande do Sul	68
Minas Gerais	55
Paraná	52

Fonte: Abiquim, 2012

Entretanto, a amostra considerada na presente nota técnica provém das empresas associadas à Abiquim, as quais reportam seus dados para fins do Relatório de Atuação Responsável da entidade. O número de empresas na amostra e sua produção informada estão na Tabela 28. Em 2010, as informações foram colhidas de 228 unidades produtivas.

Tabela 28. Evolução da produção na PQI entre 2001 e 2010.

	EMPRESAS RESPONDENTES	PRODUÇÃO GERAL (T/ANO)
2001	105	32.361.719
2005	107	40.231.933
2006	129	43.885.121
2007	122	46.259.473
2008	125	48.192.479
2009	104	48.103.567
2010	109	51.867.249

Fonte: Abiquim, 2012.

2.2. Perfil empresarial para os produtos selecionados

Para os produtos cujos processos produtivos foram descritos anteriormente (seção 1), um reduzido número de empresas é responsável por suas produções, concentradas em alguns polos pelo País, como o petroquímico de Camaçari (BA), a região de Cubatão (SP) e o parque industrial em Triunfo (RS). A Tabela 29 apresenta as empresas responsáveis pela produção de cada um dos produtos, bem como a capacidade instalada atual (dado mais recente) e a prevista para 2017.

Os dados de capacidade instalada e prevista foram retirados majoritariamente dos documentos da Abiquim (Anuário e Guia da Indústria Química Brasileira, respectivamente de 2011 e 2012), exceto quando explicitado. Ainda com relação à capacidade instalada prevista, foram contemplados todos os projetos de expansão de plantas já existentes e construção de novas plantas para os produtos selecionados, inclusive projetos já aprovados e em execução (*) e projetos ainda em fase de estudos (**).

Tabela 29. Empresas produtoras dos produtos discutidos na NT

Produto	Empresa	Capacidade instalada	Capacidade instalada
Ácido Adípico	Rhodia Poliamida	95.000(1)	95.000
Ácido Fosfórico	Copebrás	93.000(2)	93.000
	Vale Fertilizantes**	1.274.904	1.834.904
Ácido Nítrico	Alquibras	9.600	9.600
	Petrobras-FAFEN-BA	36.300	36.300
	Rhodia Poliamida	60.000	60.000
	Usiquímica	7.500	7.500
	Vale Fertilizantes**	548.260	755.660
Acrilonitrila	Unigel	100.000	100.000
Amônia	CSN	5.760	5.760
	Gerdau Açominas	5.400	5.400
	Petrobras-FAFEN-BA	495.000	495.000
	Petrobras-FAFEN-SE	456.250	456.250
	Petrobras - Unidade de Fertilizantes III*	-	780.000
	Petrobrás - Unidade de Fertilizantes IV**	-	430.000
	Petrobras - Unidade de Fertilizantes V**	-	519.000
	Usiminas	4.600	4.600
	Vale Fertilizantes	621.000	621.000
Carbureto de Cálcio	White Martins	72.000(3)	72.000
Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC)	Braskem	543.100	543.100
	Solvay Indupa*	300.000	360.000
Coque de Petróleo Calcinado	Coquepar*/**	-	700.000(4)
	Petrocoque	500.000	500.000
Eteno	Braskem	3.952.000(5)	3.952.000
	Comperj (Petrobras)*	-	1.000.000(6)
Eteno (MP: Etanol)	Dow Brasil / Mitsui**	-	350.000
	Solvay Indupa*	-	60.000

Metanol	Copenor	82.500	82.500
	GPC Química**	220.000(7)	260.000
	Petrobras - Unidade de Fertilizantes IV**	-	721.000
	Vale Fertilizantes	7.000	7.000
Negro de fumo (negro de carbono)	Cabot(8)	140.000	140.000
	Columbian Chemicals	267.000	267.000
	Orion Carbons	100.000	100.000
Óxido de Eteno	Oxiteno	440.000	440.000

(1) INFORMAÇÕES DA PRÓPRIA EMPRESA, PASSADAS DIRETAMENTE PARA A ABIQUIM.

(2) DADOS DE VENDAS DO SITE DA EMPRESA (WWW.COPEBRAS.COM.BR). ACESSO EM 18/06/2012.

(3) DADOS DO SITE DA EMPRESA (HTTP://WWW.WHITEMARTINS.COM.BR). ACESSO EM 18/06/2012.

(4) TAL CAPACIDADE DIZ RESPEITO A DOIS PROJETOS: O PRIMEIRO, JÁ PROVADO, EM ARAUCÁRIA (PR) SERÁ DE 350.000 T/ANO E CONSTA NO ANUÁRIO DA INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA (ABIQUIM, 2011). JÁ O SEGUNDO PROJETO, EM SEROPÉDICA (RJ), TEM ESTIMATIVAS DE CAPACIDADE PRODUTIVA DE 350.000 T/ ANO RETIRADAS DO RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE DA PETROBRAS (EDIÇÃO 2010).

(5) TAL CAPACIDADE DIZ RESPEITO À PRODUÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS, QUAIS SEJAM: ETANOL (200.000 T/ANO), GÁS NATURAL (510.000 T/ANO), NAFTA (3.242.000 T/ANO).

(6) DADOS DO SITE DO PROJETO COMPERJ (WWW.COMPERJ.COM.BR). ACESSO EM 18/06/2012.

(7) DADOS DO SITE DA EMPRESA (WWW.GPCQUIMICA.COM.BR). ACESSO EM 18/06/2012.

(8) INFORMAÇÕES DA PRÓPRIA EMPRESA, FORNECIDAS NA 4ª REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO, PARA A DISCUSSÃO SOBRE AS MINUTAS DE NOTAS TÉCNICAS QUE IRÃO COMPOR O PLANO INDÚSTRIA, REALIZADA EM 15 DE AGOSTO DE 2012.

OBSERVAÇÃO: PARA ÁCIDO FOSFÓRICO ESTÃO CONTEMPLADAS SOMENTE EMPRESAS QUE PRODUZEM O PRODUTO EM P2O5.

A análise da Tabela 29 permite observar que as empresas Braskem, Rhodia Poliamida, Petrobras (por meio de suas diversas unidades, inclusive Comperj) e Vale Fertilizantes atuam na produção de mais do que um dos produtos selecionados, inclusive com as maiores capacidades produtivas. Ainda com relação à Petrobras, nota-se que, apesar de sua já grande relevância para o setor atualmente, a empresa é a principal responsável pelos projetos de novas unidades produtivas.

3. Perfil de emissões da indústria química no Brasil

Esse estudo aborda somente as emissões de gases de efeito estufa provenientes de gastos energéticos e processos industriais.

3.1. Principais fontes de emissão de GEE

A indústria química brasileira para produtos químicos de uso industrial fabrica uma grande variedade de produtos, porém, como mostrado na descrição dos principais processos emissores, apenas três gases de efeito estufa diretos são liberados em quantidades relevantes: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), e óxido nitroso (N_2O). Eles provêm de reações de combustão ou de reações de síntese química.

O CO_2 é emitido como resultado dos processos de fabricação, nos quais ele é um subproduto, ou como resultado de queima de combustíveis para fins de geração de energia térmica (vapor e aquecimento de cargas) ou para geração de energia elétrica. As emissões de CH^4 e de N^2O resultam de processos de fabricação nos quais as reações de síntese química dos produtos de interesse têm estes gases como subprodutos.

Os produtos cujas emissões de processos de fabricação são mais representativas foram apresentados nas seções anteriores e serão o foco das análises no que tange emissões de processo.

No entanto, a maior parte das emissões de GEE na indústria química provém da geração de calor para fins térmicos e para geração de energia elétrica. Cabe relembrar que, para consumo de energia, será observado o segmento de PQI nas análises a seguir.

É também importante destacar que as análises presentes nesse estudo tratam as emissões provenientes da utilização e queima de biomassa como diferenciadas e, assim, não serão somadas às demais emissões de GEE.

Conforme mencionado anteriormente, outros GEE considerados no Protocolo de Kyoto (PFC, HFC, SF6) possuem participação irrelevante nas emissões oriundas dos processos da indústria química de base.

3.1.1. Emissões decorrentes de processos industriais

As emissões de GEE decorrentes de processos industriais para os produtos trabalhados na presente nota técnica estão apresentados na Tabela 30. As figuras por produto e consolidada serão apresentados na seção 3.2.

Tabela 30. Produtos e GEE associados a emissões de processos industriais

Processos industriais	CO_2	CH_4	N_2O
Ácido adípico			X
Ácido fosfórico	X		
Ácido nítrico	X		X
Acrilonitrila	X	X	
Amônia	X		
Carbureto de cálcio	X		
Coque de petróleo calcinado	X		
Dicloroetano e Cloreto de Vinila	X	X	
Eteno	X	X	
Metanol	X	X	
Negro de fumo	X	X	
Óxido de Eteno	X	X	

Fonte: Elaboração própria a partir de Abiquim, 2009 e MCT,2010.

3.1.2. Emissões decorrentes do uso de energia

Os principais combustíveis utilizados pela PQI e a evolução em seu consumo, entre 2001 e 2010, são observados na Tabela 31. A queima desses combustíveis, para gerar calor, tem por finalidades principais a geração de vapor, o aquecimento direto em fornos e a secagem de produtos finais.

Tabela 31. Consumo de combustíveis na PQI (2001-2010)

Combustível	Unidade	2001	2005	2010	Variação (2001-2010)
Gás natural	m^3	1.859.250.676			19,24%
Gases de processo	m^3	2.944.669.257	2.916.073.301	2.931.018.839	-0,46%
Biomassa	t	47.798	127.133	324.170	578,21%
Óleo combustível	t	878.290	535.144	303.467	-65,45%
Outros combustíveis líquidos	t	589.584	488.494	328.056	-44,36%
Carvão mineral	t	185.232	255.144	290.122	56,63%

Fonte: elaboração própria, a partir de ABIQUIM, 2012.

Da observação da Tabela 31, é possível verificar que o consumo de gases combustíveis na indústria química tem sido quase constante, ao redor de 2,1 bilhões de m3 de gás natural ao ano e de 2,9 bilhões de m3 de gases de processo ao ano.

Por outro lado, o consumo de combustíveis líquidos apresenta declínio. O óleo combustível teve seu consumo reduzido de 878 mil toneladas (em 2001) para 328 mil toneladas (em 2010), um decréscimo de 63% no período.

Os consumos absolutos de combustíveis sólidos apresentam situações distintas. A biomassa vem ganhando espaço no mix de combustíveis, tendo crescido seu volume mais de 570% entre 2001 e 2010, com mais de 300 mil toneladas consumidas em 2010. Já o carvão mineral vinha tendo consumo estável, porém o consumo de 2010 pode mostrar tendência de ligeiro aumento, passando a um consumo próximo a 300 mil toneladas anuais. Com isso, o consumo em massa dos dois combustíveis sólidos se equivale, a exemplo do que acontece para os líquidos.

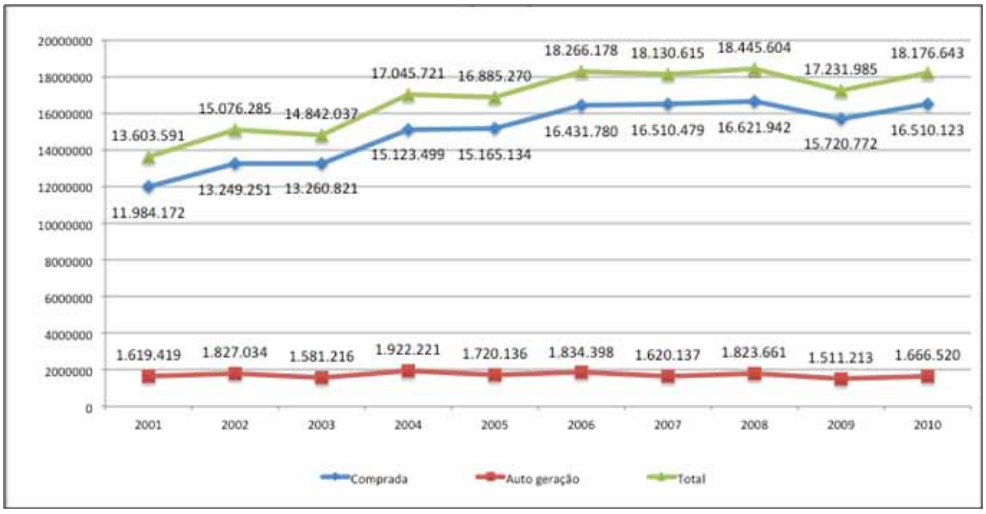
3.1.3. Emissões decorrentes do uso de energia elétrica

As informações disponíveis da PQI para a autogeração e consumo de energia elétrica são provenientes também das associadas à ABIQUIM, reportadas no relatório de atuação responsável da entidade. Neste caso também, os dados do consumo elétrico encontram-se sob a forma agregada, não estando disponíveis informações diretas sobre as emissões ocorridas na autogeração.

Os processos de cogeração não acrescentam emissões àquelas já ocorridas para uso em processos térmicos, uma vez que aproveitam parte do calor de combustão de outros processos, transformando-o em energia elétrica, como forma de aumento de eficiência.

Os dados de consumo de energia elétrica informados pela Abiquim encontram-se na Figura 28.

Figura 28. Consumo de energia elétrica pela indústria química (PQI)



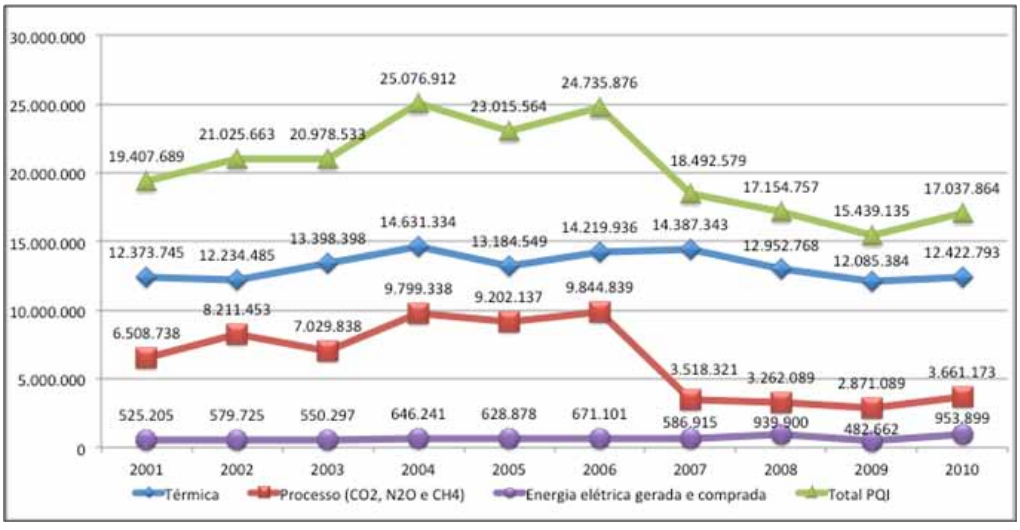
Fonte: ABIQUIM, 2012.

É fundamental ressaltar que as emissões de GEE referentes à autogeração de energia elétrica a partir de gases de processo já estão contabilizadas nas emissões térmicas e, assim, ao longo das próximas seções, com o objetivo de evitar dupla contagem, as emissões apresentadas para a geração de energia elétrica pela PQI são os valores líquidos (descontadas as emissões associadas a gases de processo).

3.2. Quantidade de emissões de GEE

As emissões consolidadas da indústria química brasileira encontram-se na Figura 29 abaixo.

Figura 29. Emissões totais de GEE da PQI (tco2eq)



A conclusão que emerge a partir da análise da Figura 29 é a de que a principal responsável pela emissão de GEE na indústria química é a combustão, visando a geração de energia térmica.

3.2.1. Emissões de processos industriais

As emissões de GEE decorrentes de processos industriais para o ano de 2007 são apresentadas na Tabela 32 abaixo. Já a evolução de tais emissões ao longo dos últimos anos é explicitada na Figura 30.

Tabela 32. Emissões absolutas de GEE decorrentes de processos industriais (2007)

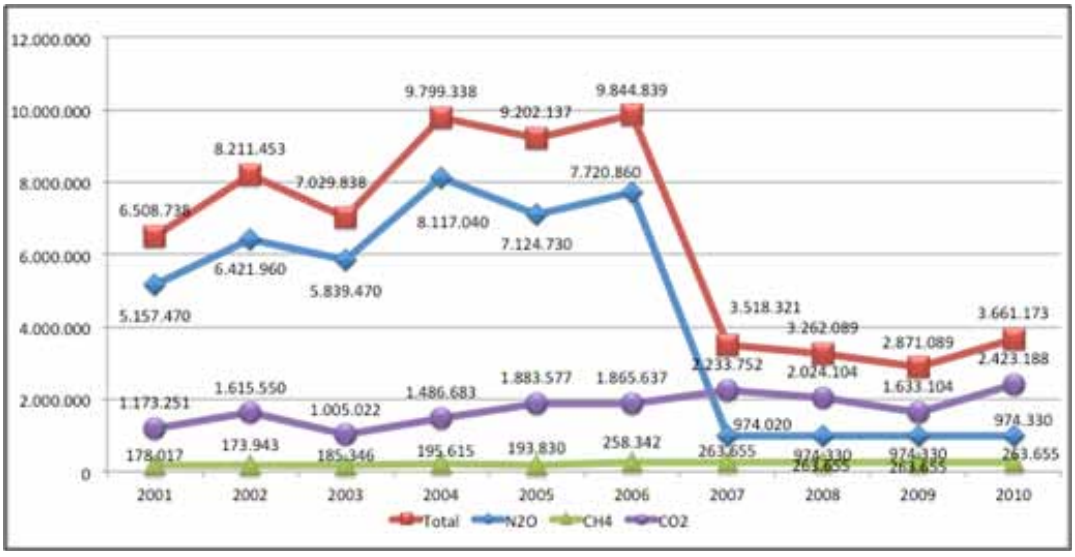
Processo/produto	Produção (t)	Quantidades emitidas (t)			CO2eq (t)
		CO2	CH4	N2O	
Ácido Adípico	88.808	16.880		555	188.930
Ácido Fosfórico	5.801.000	127.622			127.622
Ácido Nítrico	392.500	4.047		2.311	720.457
Acrilonitrila	88.044	20.470	16		20.806
Amônia	1.278.118	919.415			919.415
Caprolactama	46.093			276	85.560
Carbureto de Cálcio	n.d.*	41.185			41.185
Cloreto de Vinila e Dicloroetano	728.705	210.341	16		210.677
Coque de Petróleo Calcinado	351.518	256.608			256.608
Eteno	3.223.595	5.609	11.412		245.261
Metanol	234.595	64.176	540		75.516
Negro de fumo	280.140	453.266	17		453.623
Óxido de Eteno	309.668	161.027	554		172.661
	Totais	2.280.646	12.555	3.142	3.518.321

Dados de produção não são divulgados pela empresa produtora (white martins).

Fonte: elaboração própria, a partir de Abiquim, 2012 e MCT, 2010.

A análise da Tabela 32 permite observar que as produções de amônia e ácido nítrico foram responsáveis por quase 45% das emissões totais de CO2eq oriundas de processos industriais no setor químico em 2007.

Figura 30. Evolução das emissões de GEE nos processos de síntese na PQI em tco2eq (2001-2010)



Fonte: elaboração própria, a partir de dados da ABIQUIM, 2012.

O estudo da Figura 30 evidencia o impacto, em termos de reduções de emissões, que teve a aplicação de um projeto de MDL, realizado pela Rhodia, em sua unidade de ácido adípico em 2007.

3.2.2. Emissões de energia térmica

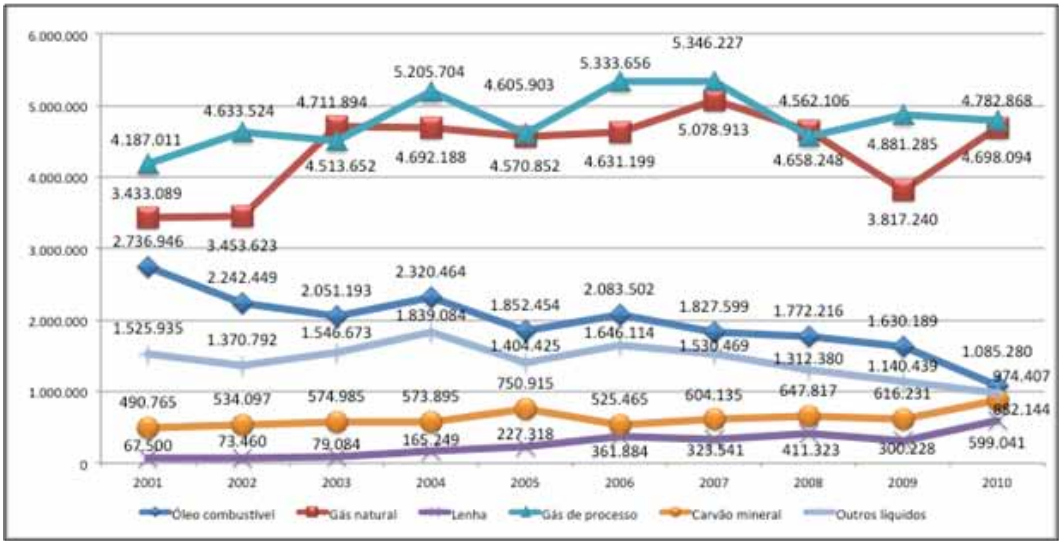
As emissões de CO2 provenientes da geração de energia térmica (combustão) para a PQI estão apresentadas, por tipo de fonte, na Figura 31.

A partir dos dados apresentados na Figura 31, é possível notar a redução gradual no impacto em termos de emissões dos combustíveis líquidos (óleo combustível e outros líquidos), em função da substituição de tais combustíveis por outras fontes. Novamente, fica clara a maior relevância do gás natural e do gás de processo para a matriz energética do setor químico (PQI).

É importante destacar que, apesar de as emissões de GEE terem sofrido pequenas alterações em termos de volume, a produção do setor cresceu nos últimos anos e, assim, a intensidade de emissões apresenta tendência de queda, como será observado na seção

3.3. Indicadores de intensidade carbônica na indústria química.

Figura 31. Evolução das emissões de CO2 por fontes térmicas na PQI (t CO2)



Obs.: os fatores específicos de emissão de cada combustível, provenientes de CETESB (2009), em t co2/t produto são: óleo combustível: 3,09436; gás natural: 2,61934; gás de refinaria (equivalente ao gás de processo de centrais petroquímicas): 2,01703; lenha: 1,44741; carvão mineral: 2,63087; e outros líquidos combustíveis: 2,57000.

Fonte: elaboração própria, a partir de Abiquim, 2012.

Adicionalmente, o uso em larga escala de produtos derivados do petróleo, bem como o carvão mineral, representa uma oportunidade para a indústria nacional, dentro das possibilidades técnicas, tornar sua matriz energética mais limpa e menos dependente de matérias-primas de origem fóssil no futuro.

3.2.3 Emissões de energia elétrica

A partir dos dados de consumo mencionados anteriormente (Figura 28) e do fator de emissão para o grid nacional de 0,0512 t CO2/MWh, considerado pelo MCT[4], é possível estimar que as emissões da PQI no que diz respeito ao consumo de energia da rede, as quais ficaram em um patamar de 845.318 tCO2 no ano de 2010.

Para o cálculo das emissões relacionadas à autogeração, primeiramente é necessário descontar as gerações próprias decorrentes de outros energéticos, no caso, o enxofre, queimado em unidades de produção de ácido sulfúrico e cujo calor, além de gerar vapor para usos diversos,

4 Fatores de Emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos. http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora

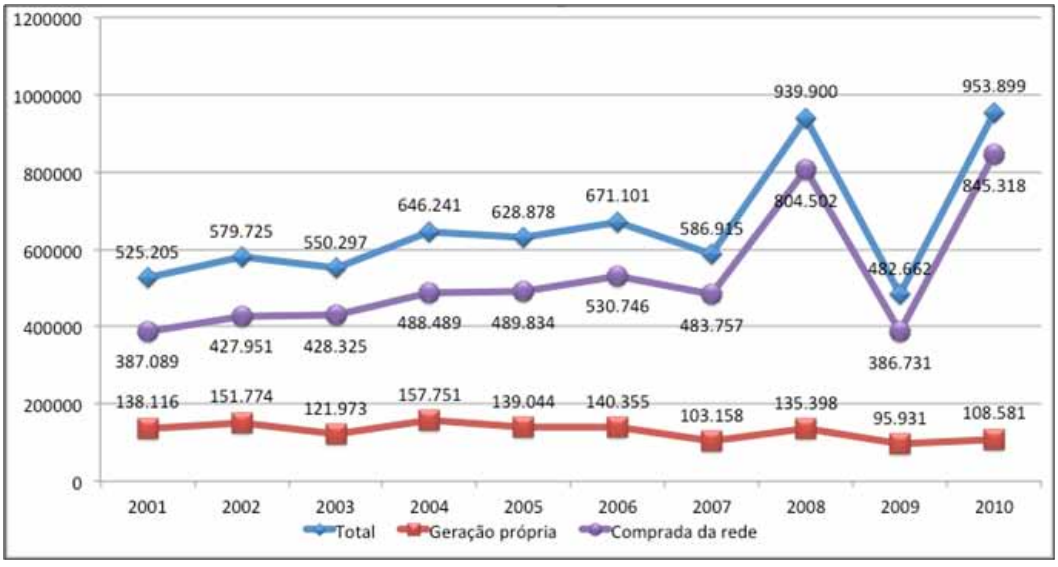
principalmente para concentrar ácido fosfórico, é usado para gerar energia elétrica. Tal procedimento também dever ser realizado para os demais casos em que gases de processo são utilizados também para a geração de energia elétrica.

Conhecendo-se a produção de ácido sulfúrico informada pela Abiquim no período de 2001 a 2010 (Anexo 3 – Emissões de CO2 em função da produção própria de energia elétrica na PQI) e considerando-se um fator de geração de energia elétrica de 0,15 MWh/t de ácido sulfúrico, é possível estipular a diferença entre a energia produzida total e aquela produzida na fabricação de ácido sulfúrico. Tal diferença pode ser considerada como totalmente produzida por fontes que contenham carbono, fóssil ou renovável.

As informações sobre as demais unidades geradoras próprias da PQI para anos anteriores a 2012 não estão disponíveis na Abiquim e os disponíveis na literatura não representam a mesma amostra de empresas (PQI), razão pela qual é considerado, para fins de estimativa, que o mix de combustíveis usados para energia térmica também se aplica no caso da produção própria. Dessa forma, é possível calcular o consumo de cada combustível e sua contribuição para as emissões de CO2.

A Figura 32 apresenta o resultado final para as emissões de CO2 no uso e produção própria de energia elétrica. Apesar de a geração própria de energia elétrica representar, aproximadamente, apenas 10% do total consumido, ela emite 12% do total, em função do perfil da energia gerada, predominantemente fóssil.

Figura 32. Emissão de co2 em função da produção própria e ao consumo de energia elétrica comprada na rede na PQI (tco2).



Para o ano de 2012, a Abiquim já começou a mapear de forma mais próxima junto às suas associadas quais as fontes energéticas utilizadas para a autogeração de energia elétrica, conforme dados preliminares apresentados na Tabela 33. Para estudos posteriores, recomenda-se o cômputo dos volumes de cada insumo energético utilizado para geração de eletricidade pelo setor, possibilitando o cálculo preciso das emissões associadas a tal finalidade.

Tabela 33. Fontes energéticas para autogeração na PQI (2012)

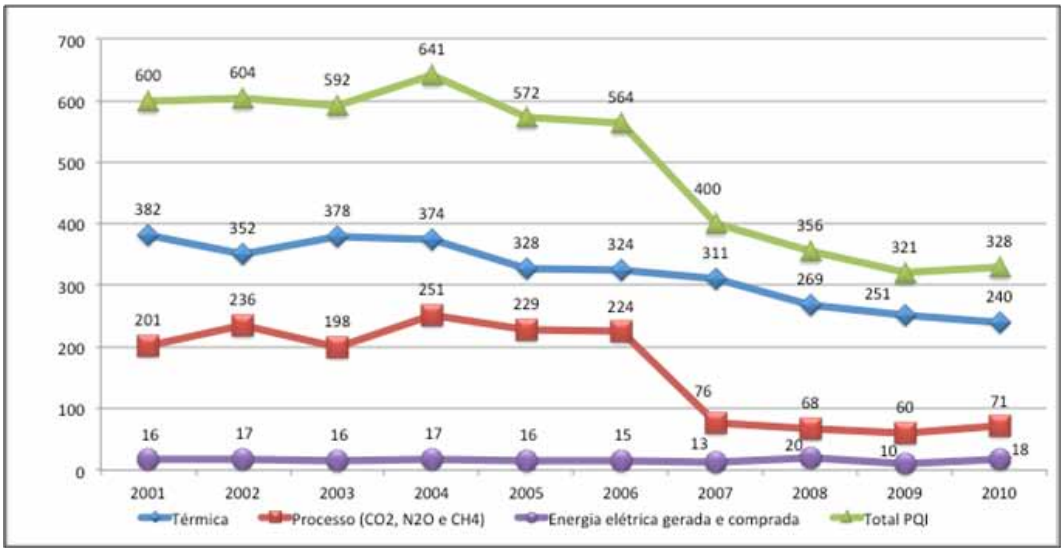
Fontes	Biomassa	Calor de processo	Gás natural	Outros combustíveis líquidos	Carvão
%	1,0	70,0	23,0	3,0	3,0

3.3. Indicadores de intensidade carbônica na indústria química

A mensuração e utilização de indicadores de intensidade de emissões no setor são de extrema importância para identificar as oportunidades de ações de mitigação e, em conjunto, com outras informações, tais como níveis de utilização da capacidade instalada e investimentos em P&D, ajudam a definir as estratégias de crescimento da indústria e de suas empresas.

A indústria química brasileira (PQI) apresenta uma tendência de redução de sua intensidade carbônica, conforme observado na Figura 33.

Figura 33. Emissões de co2eq por produção (kg co2eq/t produto)



Fonte: elaboração própria, a partir de Abiquim, 2012.

No período compreendido entre 2001 e 2010, a intensidade de emissões da indústria química por tonelada de produto caiu 46%, com especial destaque para as emissões de processos (queda de 67,7% no período), e com o único indicador a apresentar ligeira elevação (aumento de 12,5%) sendo o de emissão de CO2, a partir do consumo e autogeração de energia elétrica.

3.3.1. Indicadores de emissões em processos industriais

Os processos industriais na indústria química são caracterizados por reações que liberam e, por vezes, utilizam GEE ao longo de suas etapas produtivas. Para o cômputo das emissões associadas aos processos industriais, de acordo com os Guidelines do IPCC e o inventário brasileiro de emissões antrópicas (MCT, 2010), os fatores de emissão (FEs) são também indicadores de intensidade e estão retratados na Tabela 34, de acordo com as diferentes rotas tecnológicas e matérias-primas utilizadas em seus processos produtivos.

Tabela 34. Fatores de emissão (FES) para os produtos selecionados

Produtos Químicos	Unidade	Fatores de Emissão						
		1	2	3	4	5	6	7
Ácido Adípico	t N2O/t produto	0,27	0,00625					
Ácido Fosfórico	% de CO2 / t rocha consumida	2,20						
Ácido Nítrico	kg N2O /t produto	4,89	8,14	6,01	7,00	5,00	0,52	0,67
Amônia	t de CO2/t produto	2,00	1,30	1,20	1,46	1,29		
Acrilonitrila	t CO2 / t produto kg CH4 / t produto	0,2325 0,18						
Carbureto de Cálcio	t CO2 / t coque consumido t CO2 / t CaC2 consumido	1,70 1,10						
Dicloroetano e Cloreto de Vinila	t CO2 / t produto kg CH4 / t produto	0,29 0,02						
Coque de Petróleo Calcinado	t CO2 / produto	0,73						
Eteno	kg CO2 / t produto kg CH4 / t produto	1,73 3,00	1,10 3,00	1,74 3,54	1,045 6,00			
Metanol	t CO2 / t produto kg CH4 / t produto	0,267 2,30						
Negro de fumo	tCO2 / t produto kg CH4 / t produto	1,99 0,06	1,62					
Óxido de Eteno	t CO2 / t produto kg CH4 / t produto	0,52 1,79						

Fonte: elaboração própria, a partir de MCT, 2010.

Conforme mencionado anteriormente, diferentes fatores de emissão enumerados na tabela correspondem a diferentes tecnologias e matérias-primas empregadas nos processos dos produtos selecionados e serão detalhados a seguir. As estimativas de emissões a partir desses fatores são obtidas por meio de diferentes métodos de acordo com os Guidelines do IPCC (2006):

- *Tier 1: método mais simples para estimativa das emissões, envolve a multiplicação de um fator de emissão default por um dado de atividade, normalmente o quantitativo da produção em si;*
- *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.*

Os FEs para os processos produtivos de Carbureto de Cálcio, Dicloroetano e Cloreto de Vinila, Coque de Petróleo Calcinado e Metanol são os valores padrão do IPCC (2006) e, por consequência, as emissões destes produtos no Brasil são calculadas atualmente pelo método Tier 1. Cabe destacar que o mesmo fator é considerado como o padrão para a produção de Cloreto de Vinila e para a produção integrada Dicloroetano e Cloreto de Vinila.

A produção de ácido adípico no Brasil ocorre em só uma unidade produtiva e os FEs foram medidos de acordo com o método Tier 3. O fator 1 diz respeito ao mensurado até o ano de 2006, já o fator 2 aplica-se a partir de 2007, considerando o abatimento de N2O com a realização de projeto de MDL, o qual consistiu na instalação de uma planta dedicada à conversão, a uma alta temperatura, do óxido nitroso em nitrogênio.

O FE para o ácido fosfórico na realidade é um indicativo da qualidade da rocha fosfórica utilizada na produção de ácido fosfórico primário. Para tal indicador, o 2º Inventário Nacional de Emissões Antrópicas (MCT, 2010) toma como referência o concentrado com as rochas de Catalão, Tapira, e Araxá, um valor médio do conteúdo de carbono inorgânico (carbonato de cálcio) de 0,6%, que representa 2,2% de CO2.

Já para o ácido nítrico as rotas tecnológicas adotadas no Brasil são diversas, com plantas de baixa e média pressão e uma planta à vácuo, cujos FEs aparecem na tabela enumerados conforme lista a seguir:

1. Planta de baixa pressão – Tier 3;

2. Planta de média pressão – Tier 3;

3. Planta de média pressão – Tier 3;

4. Planta de média pressão – Tier 1 (valor default do IPCC);

5. Planta à vácuo – Tier 1(valor default do IPCC);

6. Valor médio para o fator de emissão nas plantas de média pressão que realizaram projeto de MDL (instalação de um novo catalisador sob as telas catalíticas de oxidação com o único propósito de decompor o N2O).

7. FE previsto para nova planta de baixa pressão com início das operações previsto para 2015.

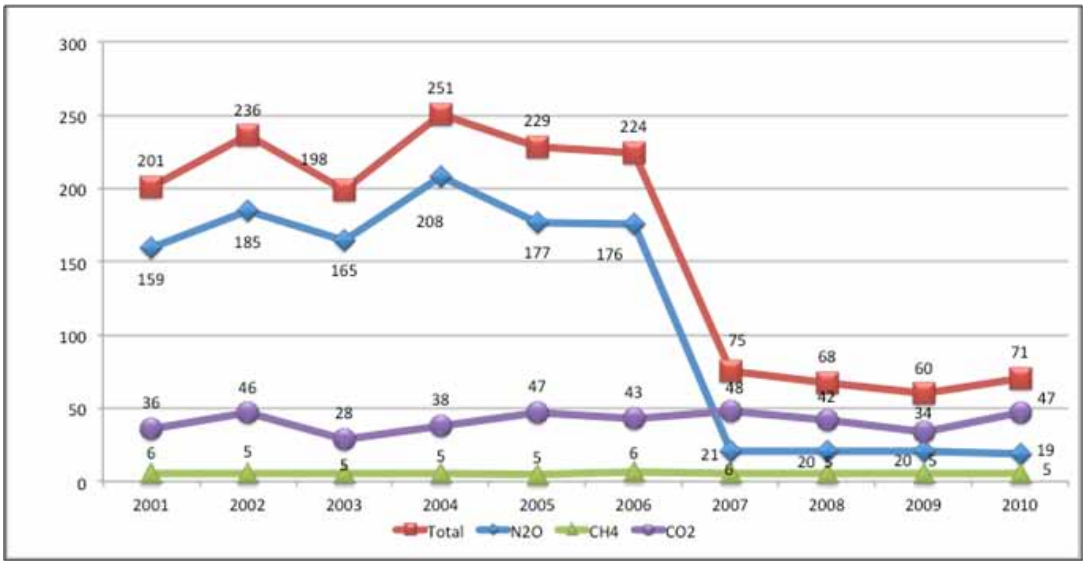
A produção de amônia conta atualmente com três diferentes rotas no País, as quais utilizam diferentes matérias-primas como: resíduo asfáltico (FE 1), gás de refinaria (FE 2), e gás natural (FE 3). Tais fatores foram calculados pelo método Tier 3, enquanto o FE de número quatro na tabela corresponde a média ponderada para a produção de amônia no País. Já o FE 5 é o previsto para nova planta que entrará em operação em 2015.

No que diz respeito ao processo produtivo do eteno, são apresentadas na tabela apenas os FEs para as rotas petroquímicas, uma vez que o eteno com matéria-prima de etanol de cana-de-açúcar é considerado como tendo FE zero, por não possuir carbono fóssil. Os fatores 1 e 2 são valores padrão do IPCC e o valor corrigido para a América do Sul, respectivamente, e eram aplicados até 2006. O FE 3 é o valor aplicado a partir de 2006, pelas medições do consumo de matérias-primas nas plantas. Já o FE 4 é o valor previsto para nova planta que deve entrar em operação em 2016.

Por fim, para as plantas de acrilonitrila, negro de fumo (FE 1 até 2004 e FE 2 a partir do mesmo ano) e óxido de eteno, as emissões de CO2 foram calculadas de acordo com o método Tier 2, enquanto as emissões de CH4 foram calculadas pelo método Tier 1, com valores defaul do IPCC.

É interessante notar que, seja por meio de projetos de MDL ou entrada em operação de plantas mais eficientes, as tendências para os produtos selecionados vêm sendo de redução na intensidade de emissões para os processos industriais aqui discutidos. Tal tendência é refletida na evolução da intensidade média de emissões de GEE da produção brasileira no setor químico, para os produtos selecionados (Figura 34).

Figura 34. Emissões de GEE de processos por produto ($kgco_{2eq}$ /t produto)



Fonte: elaboração própria, a partir de Abiquim, 2012.

3.3.2. Indicadores de emissões relacionadas ao consumo de energia

No que diz respeito ao consumo de energia e, por consequência, às emissões de GEE a partir de combustão, a tendência nos últimos anos (2001 a 2010) é de redução da intensidade para todos os tipos de fontes, exceto para a biomassa, conforme observado na Tabela 35.

Tabela 35. Intensidade de consumo de fontes energéticas (2001-2010)

Combustível	Unidade	2001	2005	2010	Variação (2001-2010)
Gás natural	m^3/t	57,5	55,4	42,7	-25,74%
Gases de processo	m^3/t	91,0	72,5	56,5	-37,91%
Biomassa	kg/t	1,90*	3,16	6,25	228,95%
Óleo combustível	kg/t	27,14	13,30	5,85	-78,45%
Outros combustíveis líquidos	kg/t	18,22	12,14	6,32	-65,31%
Carvão mineral	kg/t	5,72	6,34	5,59	-2,27%

* Dados de 2002.

Fonte: elaboração própria, a partir de Abiquim, 2012.

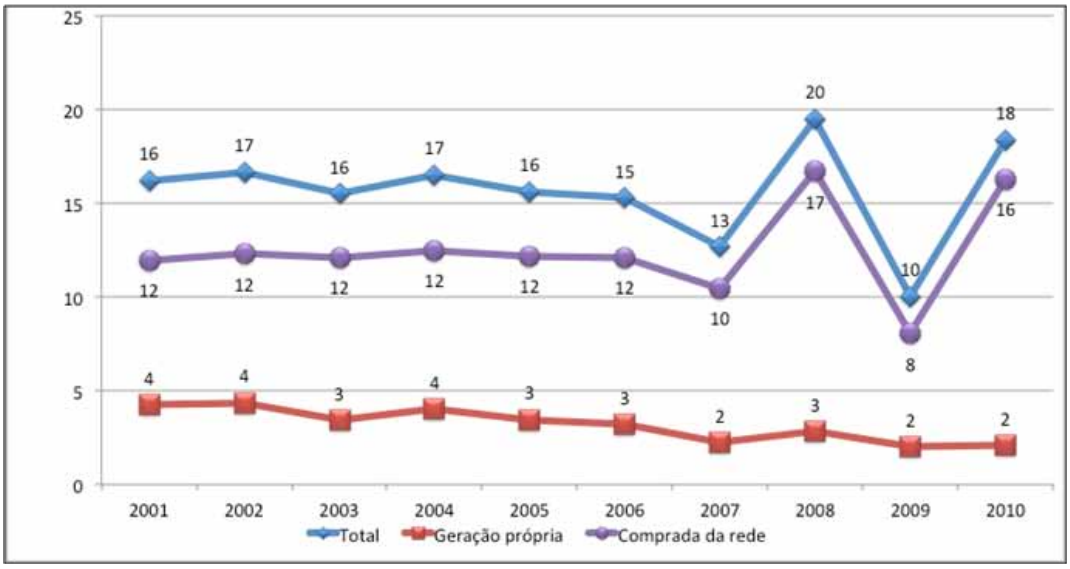
As informações apresentadas na Tabela 35 permitem atestar que a participação relativa da biomassa na matriz energética do setor químico vem aumentando e, em conjunto com a redução da intensidade dos demais combustíveis, explica a redução das emissões relativas de GEE de associadas à energia térmica, conforme já observado na Figura 33.

3.3.3. Indicadores de emissões relacionadas ao consumo de energia elétrica

A análise dos dados da intensidade de emissão de CO2, em função do consumo e da geração própria de energia elétrica (Figura 35), confirma a decrescente participação da energia autogerada no total consumido, e a enorme importância da matriz energética nacional, uma vez que a elevação da produção de termoelétricas em 2008 e 2010 teve impacto significativo nas emissões diante do uso de energia elétrica na PQI nestes anos.

De todo modo, a contribuição do consumo de energia elétrica para as emissões na PQI é muito pequena, com aproximadamente 5,6% do total.

Figura 35. Intensidade de emissão de co2 em função da produção própria e do consumo de energia elétrica comprada da rede na PQI (kg co2/t produto)



Fonte: elaboração própria, a partir de dados da Abiquim, 2012.

4. Medidas de Mitigação

Os processos considerados no presente trabalho possuem tecnologias em estágio maduro de desenvolvimento e, embora algumas unidades produtivas já tenham mais de 20 anos de funcionamento, as plantas responsáveis pela produção de tais produtos têm sido mantidas dentro de padrões de atualização satisfatórios, o que limita as possibilidades de mitigação de emissões de GEE em tais processos.

Desta maneira, as principais medidas de mitigação possíveis para o setor estão relacionadas à geração e uso de energia, térmica e elétrica, bem como na substituição de matérias-primas por fontes renováveis. As medidas de mitigação aqui destacadas são apresentadas na Tabela 36 e Tabela 37 de acordo com sua viabilidade técnica e econômica e eventuais barreiras que dificultem suas adoções.

Os graus de viabilidade apresentados aqui são caracterizados como:

Baixa: as empresas não detêm controle total sobre a disponibilidade dos recursos necessários ou estão sujeitas a alterações de legislação para efetivar suas ações, ou o investimento financeiro é de tal monta que inibe quaisquer ações das empresas.

Média: há possível retorno econômico para as empresas e o investimento financeiro necessário não se caracteriza como proibitivo, todavia existem barreiras legais, logísticas ou de disponibilidade/custo das matérias-primas ou fontes energéticas.

Alta: as medidas de mitigação apresentadas são tecnicamente e economicamente possíveis, ainda assim algumas barreiras podem existir e são necessários incentivos para que estas sejam transpostas.

Tabela 36. Medidas de mitigação na geração e consumo de energia (térmica e elétrica)

Processo	Medida de mitigação	Viabilidade	Barreiras
Diversos	Uso de fontes renováveis de energia (biomassa - etanol, bagaço da cana de açúcar, resíduos de celulosa, floresta plantada, outros) na matriz energética.	Média	Disponibilidade de biomassa, custo de transporte. Exigências ambientais.
	Uso de lixo plástico do resíduo urbano como fonte de carbono para finalidades térmicas e geração própria de energia elétrica.	Baixa	Disponibilidade de lixo em qualidade e quantidade, logística. Necessidade do uso de tecnologias de controle de emissão de dioxinas e furanos.
	Substituição de óleo combustível por gás natural.	Alta	Disponibilidade de gás natural a preços competitivos.
	Utilização de 100% da capacidade instalada de produção operando os equipamentos térmicos e mecânicos na capacidade nominal.	Alta	Competição com os produtos importados.
	Economia de energia nas instalações existentes (melhorias em processos/ retirada de "gargalos", aumento da eficiência em fornos, caldeiras e fornalhas).	Alta	Custos elevados para adaptação das instalações, com tempo de retorno do investimento incompatível.
Geração própria	Investimentos em fontes alternativas de energia (eólica e solar).	Baixa	Custos elevados. Foco no negócio químico.
	Investimentos em cogeração	Alta	Custos elevados para adaptação das instalações, com tempo de retorno do investimento incompatível.

Tabela 37. Medidas de mitigação por meio de substituição de matérias-primas

Processo	Medida de mitigação	Viabilidade	Barreiras
Amônia	Uso de fontes renováveis de matéria-prima (etanol de primeira e segunda gerações) na produção de amônia.	Alta	Disponibilidade e custo de matéria-prima
Eteno	Uso de fontes renováveis de matéria-prima (etanol de primeira e segunda gerações) na produção de polietileno.	Alta	Já em produção, sujeita somente à disponibilidade de matéria-prima.
Propeno	Uso de fontes renováveis de matéria-prima (etanol de primeira e segunda gerações) na produção de polipropileno.	Média	Investimento alto, disponibilidade e custo de matéria-prima.
Metanol	Uso de fontes renováveis de matéria-prima (etanol de primeira e segunda gerações) na produção de metanol.	Alta	Disponibilidade e custo de matéria prima
Éter etil-terc-butílico - ETBE	Uso de fontes renováveis de matéria-prima (etanol de primeira e segunda gerações) na produção de ETBE.	Alta	Já em produção, sujeita somente à disponibilidade de matéria-prima.
Diversos	Introdução de álcool de segunda geração e outros produtos (biorrefinarias).	Alta	Tecnologia, disponibilidade e custo de transporte de matéria-prima.
	Uso de lixo urbano como fonte de carbono para matérias-primas.	Média	Disponibilidade de lixo em qualidade e quantidade e logística.
	Uso de dióxido de carbono como matéria-prima.	Média	Disponibilidade e logística.
	Uso de glicerina derivada de produção de biodiesel de ácidos graxos.	Baixa	Tecnologia, disponibilidade e qualidade da matéria-prima, custo de transporte e logística.

Cabe destacar que o uso de biomassa pelo setor oferece o benefício adicional do sequestro de carbono ao longo do crescimento de tais fontes de biomassa, o que pode ser intensificado, caso o polietileno e o polipropileno sejam reciclados e mantidos sob esta forma. Tal sequestro é atualmente de 2,5 t CO2/ t eteno produzido e 0,7 t CO2/ t ETBE produzido; e pode chegar a ser de 2,0 a 3,0 t CO2/ t propeno produzido, quando a tecnologia para sua produção estiver comercial.

É possível notar que as principais barreiras à utilização de matérias-primas de fontes renováveis, em detrimento daquelas de origem fóssil, tanto na geração de energia quanto para a produção de alguns produtos, em especial na cadeia do eteno, se referem à disponibilidade de biomassa (a preços competitivos) para tal aplicação, uma vez que adequações tecnológicas já foram alcançadas e, em alguns casos, já estão em aplicação.

De forma semelhante, a adoção de gás natural em detrimento de fontes mais intensas em carbono como óleo combustível e carvão mineral depende da oferta do gás em quantidade e com preços competitivos o suficiente para incentivar os investimentos necessários, fatores que atualmente estão sob a alçada de decisão da Petrobras.

Ainda no que diz respeito à utilização de biomassa na matriz energética do setor e, também para o lixo urbano, há também barreiras de caráter regulatório tais como níveis de emissão de material particulado a partir da queima de tais fontes energéticas estabelecidas por secretarias e órgãos ambientais estaduais e municipais, os quais devem ser respeitados. Já no que tange ao uso de tais materiais como matérias-primas, não só o uso é aconselhado, como está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010b).

Por fim, assim como no restante desta nota técnica, as análises focam a PQI, contudo, é interessante ressaltar que uma maior diversificação do perfil da indústria química brasileira como um todo em direção a produtos de maior valor agregado e menor intensidade carbônica seria recomendável tanto em termos ambientais quanto econômicos.

5. Cenários de baixo carbono

De forma a construir os cenários de baixo carbono para a indústria química brasileira, primeiro faz-se necessário estipular o cenário Business as Usual (BAU), para posteriormente estabelecer comparações e destacar possíveis caminhos para o setor que impliquem em menos emissões de GEE.

Assim, as premissas para a construção do cenário BAU serão descritas, e seus resultados apresentados, e posteriormente serão construídos os cenários de baixo carbono.

5.1. Metodologia: cenários Business as Usual

No caso dos produtos mais significativos em termos de emissões de GEE, a produção estimada em 2020 foi obtida diretamente com as empresas por meio da Abiquim, que informaram seus projetos de investimento para ampliação de capacidade produtiva. O resumo encontra-se na Tabela 29 e uma versão completa é apresentada no Anexo 2 – Projeção da capacidade de produção até 2020 dos principais produtos cujos processos emitem GEE.

Com base nas informações de produção, usando os fatores de intensidade de emissão de cada processo, é possível estimar as emissões de GEE decorrentes da fabricação dos produtos. O resultado encontra-se na Tabela 38.

Tabela 38. Emissões de GEE previstas no cenário bau para 2020

Processo/produto	CO2eq (t)
Ácido Adípico	202.103
Ácido Fosfórico	179.869
Ácido Nítrico	800.421
Acrilonitrila	23.628
Amônia	4.842.835
Carbureto de Cálcio	41.040
Cloreto de Vinila e Dicloroetano	261.109
Coque de Petróleo Calcinado	876.000
Eteno	637.361
Metanol	337.529
Negro de fumo	820.965
Óxido de Eteno	172.661
Total	9.195.521

As emissões relacionadas à demanda térmica, por sua vez, possuem seus valores estimados com base em cenários macroeconômicos, diante do maior número de empresas e processos envolvidos, o que impossibilita uma estimativa baseada em informações de investimentos, que inexistem para a grande maioria dos casos. Por último, no caso das emissões para fins de geração e consumo de energia elétrica, também serão considerados os mesmos cenários macroeconômicos para as estimativas.

Com isso, é possível construir dois grandes cenários, subdivididos de acordo com a evolução da importação de produtos. Os cenários considerados são:

> *1) Crescimento do PIB de 4,0% a.a. entre 2012 e 2020, com duas possibilidades: 1a) eliminação gradual do déficit atual na balança comercial de produtos da PQI, que ocorreria totalmente em 2020; e 1b) manutenção do déficit em proporção igual ao atual.*
>
> *2) Crescimento do PIB de 2,5% a.a. entre 2012 e 2020, com as mesmas duas possibilidades: 2a) eliminação gradual do déficit atual na balança comercial de produtos da PQI; e 2b) manutenção do déficit em proporção igual ao atual.*

Em ambos os casos, é considerada uma elasticidade da produção química frente ao PIB de 1,25. Os resultados dos cenários estão na Tabela 39 e na Tabela 40.

As emissões de GEE de origem térmica para os quatro cenários foram determinadas utilizando-se a intensidade de emissão no ano de 2010, a qual foi de 0,240 t CO2/t produto.

No que diz respeito à autogeração de energia elétrica da PQI, esta está ligada aos processos que envolvem produção de ácido sulfúrico e ao crescimento da indústria. No caso do primeiro,

está diretamente atrelada ao aumento da capacidade de produção de ácido fosfórico; no segundo, segue os cenários desenvolvidos para a energia térmica.

Assim, as emissões decorrentes da energia elétrica dependem dos cenários de produção e do mix nacional em 2020. No caso, os cálculos realizados obedecem aos mesmos parâmetros dos cenários propostos para a energia térmica. No entanto, como o fator de emissão para a rede nacional em 2020 não está disponível, foi utilizado o valor disponível para 2010, de 0,0512 t CO2/MWh, considerado pelo MCT.

A Tabela 41 apresenta os resultados consolidados para as projeções de emissão da indústria química nacional (PQI) para o ano de 2020, inclusive as emissões provenientes da autogeração e do consumo de energia elétrica. Adicionalmente, é possível observar a relação dos níveis de emissão previstos em comparação a uma possível meta de redução de 5% do valor-base em 2020, caso tal meta seguisse os mesmos parâmetros estabelecidos no Decreto 7390 (Brasil, 2010a), adotando inclusive 2005 como baseline para o setor.

É de extrema importância ressaltar que o termo "meta" utilizado aqui é um mero exercício para construção de cenários e não há atualmente uma meta definida e estipulada exclusivamente para a indústria química.

5.2. Resultados: cenários Business as Usual

Tabela 39. Volumes de produção da PQI para os cenários propostos (t)

Volumes de produtos	2010 (base)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Produção constante (cenário 1)	51.867.249	54.076.794	56.380.465	58.782.273	61.286.398	63.897.198	66.619.219	69.457.198	72.416.074	75.500.999	78.717.342
Substituição da importação	0	0	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459
Importação	28.378.245	34.348.135	30.531.676	26.715.216	22.898.757	19.082.297	15.265.838	11.449.378	7.632.919	3.816.459	(0)
Total produção (cenário 1a)	51.867.249	54.076.794	60.196.925	62.598.732	65.102.857	67.713.658	70.435.679	73.273.657	76.232.534	79.317.459	82.533.801
Produção total (cenário 1b)	51.867.249	54.076.794	56.380.465	58.782.273	61.286.398	63.897.198	66.619.219	69.457.198	72.416.074	75.500.999	78.717.342
Produção constante (cenário 2)	51.867.249	53.296.840	54.765.834	56.275.318	57.826.406	59.420.246	61.058.017	62.740.928	64.470.225	66.247.186	68.073.124
Substituição da importação	0	0	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459	3.816.459
Importação	28.378.245	34.348.135	30.531.676	26.715.216	22.898.757	19.082.297	15.265.838	11.449.378	7.632.919	3.816.459	(0)
Total produção (cenário 2a)	51.867.249	53.296.840	58.582.294	60.091.777	61.642.865	63.236.706	64.874.476	66.557.388	68.286.685	70.063.645	71.889.583
Produção geral (cenário 2b)	51.867.249	53.296.840	54.765.834	56.275.318	57.826.406	59.420.246	61.058.017	62.740.928	64.470.225	66.247.186	68.073.124

Tabela 40. Volumes de emissão de co2 decorrentes de fontes térmicas para a PQI nos cenários propostos (t co2)

Emissões	2010 (base)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO2 de origem térmica (1a)	12.422.793	12.952.004	14.417.844	14.993.104	15.592.871	16.218.187	16.870.142	17.549.870	18.258.554	18.997.428	19.767.779
CO2 de origem térmica (1b)	12.422.793	12.952.004	13.503.759	14.079.019	14.678.785	15.304.102	15.956.056	16.635.784	17.344.469	18.083.343	18.853.694
CO2 de origem térmica (2a)	12.422.793	12.765.196	14.031.122	14.392.660	14.764.163	15.145.906	15.538.171	15.941.247	16.355.433	16.781.035	17.218.368
CO2 de origem térmica (2b)	12.422.793	12.765.196	13.117.037	13.478.575	13.850.078	14.231.821	14.624.085	15.027.162	15.441.348	15.866.950	16.304.283

Tabela 41. Resultados dos cenários das emissões da PQI (tco2eq).

Cenários	2005	2010	2015	2020	
Projeção governo (5% a.a. base 2005)	22.760.140	30.500.764	38.927.563	49.682.531	
Meta Decreto 7390 (-5% do valor base)	47.198.405	47.198.405	47.198.405	47.198.405	
Emissões de processos	8.946.713	3.260.903	6.221.625	9.195.521	
Emissões térmicas					
Cenário 1a	13.184.549	12.422.793	16.218.187	19.767.779	
Cenário 1b	13.184.549	12.422.793	15.304.102	18.853.694	
Cenário 2a	13.184.549	12.422.793	15.145.906	17.218.368	
Cenário 2b	13.184.549	12.422.793	14.231.821	16.304.283	
Emissões de energia elétrica					
Cenário 1a	628.878	953.899	1.245.333	1.517.893	
Cenário 1b	628.878	953.899	1.175.144	1.447.704	
Cenário 2a	628.878	953.899	1.162.997	1.322.133	
Cenário 2b	628.878	953.899	1.092.808	1.251.944	
Totais				Emissões projetadas / meta alcançada	
Total cenário 1a	22.760.140	16.637.595	23.685.144	30.481.193	64,58%
Total cenário 1b	22.760.140	16.637.595	22.700.870	29.496.919	62,50%
Total cenário 2a	22.760.140	16.637.595	22.530.527	27.736.022	58,76%
Total cenário 2b	22.760.140	16.637.595	21.546.253	26.751.748	56,68%

5.3. Metodologia: cenários de baixo carbono

As medidas de mitigação mencionadas na seção 4, embora de impacto positivo para a redução de emissões do setor, carecem de estudos mais profundos acerca de suas viabilidades técnicas e econômicas e, principalmente, de mensuração mais acurada acerca de sua real contribuição na mitigação de emissões de GEE.

Desta forma, a construção de cenários de baixo carbono para a presente nota técnica tomou por base a tendência de redução na intensidade de emissões oriundas de combustão registrada no passado recente e estimou que tal tendência poderia continuar em dois cenários:

- *Cenário conservador: redução de 1,0% a.a.*
- *Cenário otimista: redução de 2,5% a.a.*

O foco na redução de intensidade das emissões de origem térmica baseia-se no fato de que para os processos industriais mapeados já foram realizados projetos de MDL ao longo dos últimos anos, os quais reduziram consideravelmente as emissões de GEE associadas a processos, deixando pouco espaço para grandes reduções adicionais. Para melhor observar o impacto destes projetos de MDL, uma análise da Figura 30 evidencia a queda nos níveis de emissões de processos de cerca 9,5 MtCO2eq (em 2005) para 3,2 MtCO2eq (em 2010).

Adicionalmente, as emissões de origem térmica representam a maior parcela das emissões do setor, conforme observado na seção "3. Perfil de emissões da indústria química no Brasil" e, assim, apresentam as maiores possibilidades para ações de mitigação, como mapeado na seção "4. Medidas de mitigação".

Dessa forma, o cenário conservador leva em consideração: a gradual substituição da utilização de carvão mineral por biomassa (até zerar a utilização de carvão no ano de 2020), o aumento da utilização da capacidade instalada em unidades já existentes, e a implementação de melhorias em termos de eficiência em fornos e caldeiras (ganhos de 1,50% até o ano de 2020).

Já o cenário otimista leva em consideração, além das ações apresentadas para o cenário conservador: a substituição gradual de óleo combustível e gás natural por biomassa (até zerar a utilização do primeiro e reduzir em 20% o uso do segundo no ano de 2020), bem como ganhos de eficiência em fornos e caldeiras da ordem de 3,0% até o ano de 2020.

Para melhor visualizar a relevância, em termos de emissões, da substituição dos combustíveis fósseis por biomassa (por exemplo, etanol e cavacos de madeira), o Anexo 4 – Emissões projetadas de CO2 a partir da combustão para geração de energia térmica – apresenta a evolução estimada das emissões por tipo de fonte para os cenários BAU.

Embora o presente trabalho tenha optado por referir-se às estimativas de emissões como cenários de baixo carbono, tais cenários podem ser compreendidos como alternativas de mix políticas públicas a serem desenvolvidas para a redução das emissões no setor, uma vez que, na ausência de incentivos, o setor privado muito provavelmente não conseguirá arcar com os custos necessários para implementar as ações acima listadas. Nesse sentido, um exemplo de política seria assegurar a disponibilidade de biomassa, a preços competitivos, para ser utilizada como matéria-prima e combustível pelo setor.

5.4. Resultados: cenários de baixo carbono

Os resultados consolidados para as emissões em cada um dos cenários BAU (1a, 1b, 2a e 2b) em cada uma das estimativas de redução da intensidade nas emissões de origem térmica (1% a.a. e 2,5% a.a.) são apresentados na Tabela 42 e nas figuras abaixo (Figura 36, Figura 37, Figura 38 e Figura 39).

Tabela 42. Cenários de baixo carbono

Emissões totais (tCO2eq)	2005	2010	2015	2020	Redução em 2020
Total cenário 1a	22.760.140	16.637.595	23.685.144	30.481.193	-
Baixo Carbono 1a (1%)	22.760.140	16.637.595	22.890.293	28.591.039	1.890.154
Baixo Carbono 1a (2,5%)	22.760.140	16.637.595	21.756.733	26.059.727	4.421.466
Total cenário 1b	22.760.140	16.637.595	22.700.870	29.496.919	-
Baixo Carbono 1b (1%)	22.760.140	16.637.595	21.950.818	27.694.168	1.802.750
Baixo Carbono 1b (2,5%)	22.760.140	16.637.595	20.881.147	25.279.906	4.217.012
Total cenário 2a	22.760.140	16.637.595	22.530.527	27.736.022	-
Baixo Carbono 2a (1%)	22.760.140	16.637.595	21.788.228	26.089.638	1.646.384
Baixo Carbono 2a (2,5%)	22.760.140	16.637.595	20.729.615	23.884.784	3.851.238
Total cenário 2b	22.760.140	16.637.595	21.546.253	26.751.748	-
Baixo Carbono 2b (1%)	22.760.140	16.637.595	20.848.753	25.192.767	1.558.981
Baixo Carbono 2b (2,5%)	22.760.140	16.637.595	19.854.029	23.104.963	3.646.785

Nota-se que mesmo em um cenário de bom desempenho econômico e reversão do déficit da balança comercial do setor (1a), as emissões de GEE podem ser quase 15% menores no ano de 2020. Contudo, é prudente destacar que as discussões apresentadas nesta seção representam estimativas teóricas para as emissões do setor e seus respectivos potenciais de ganhos de eficiência.

Cenários ainda mais ambiciosos, embora possíveis tecnicamente, seriam altamente custosos e seriam obtidos, basicamente, por meio da construção de novas plantas e substituição das plantas já existentes. Tal caminho não apresentaria viabilidade econômica para o setor e dificilmente estaria enquadrado dentro de um horizonte temporal até 2020.

Figura 36. Emissões de co2eq cenário 1a

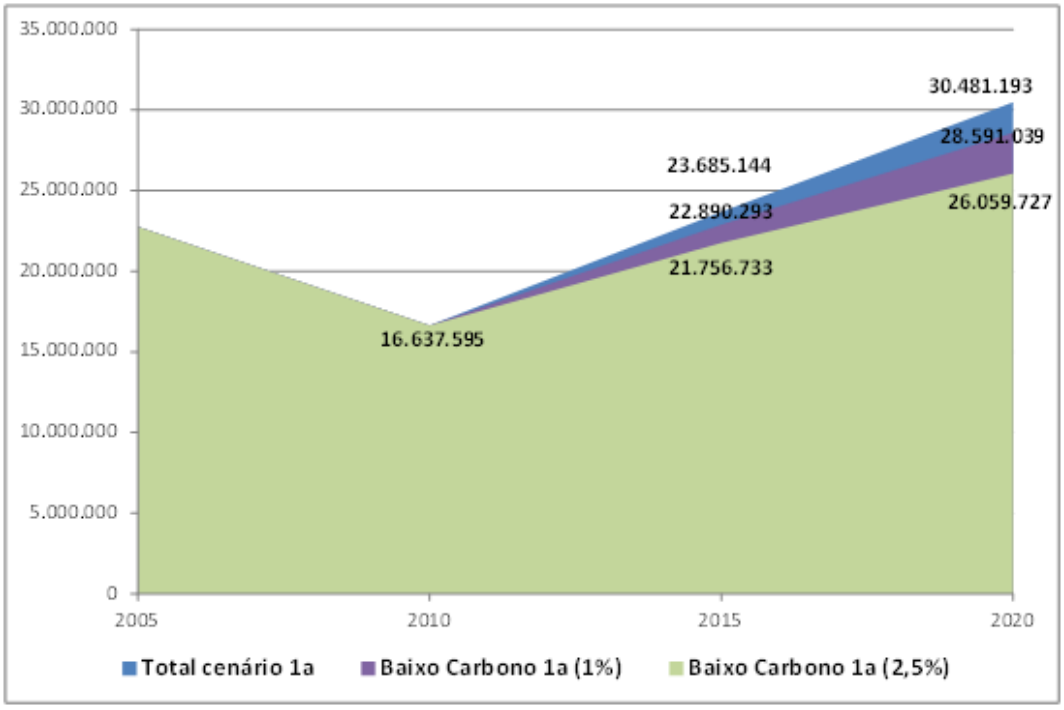


Figura 37. Emissões de co2eq cenário 1b

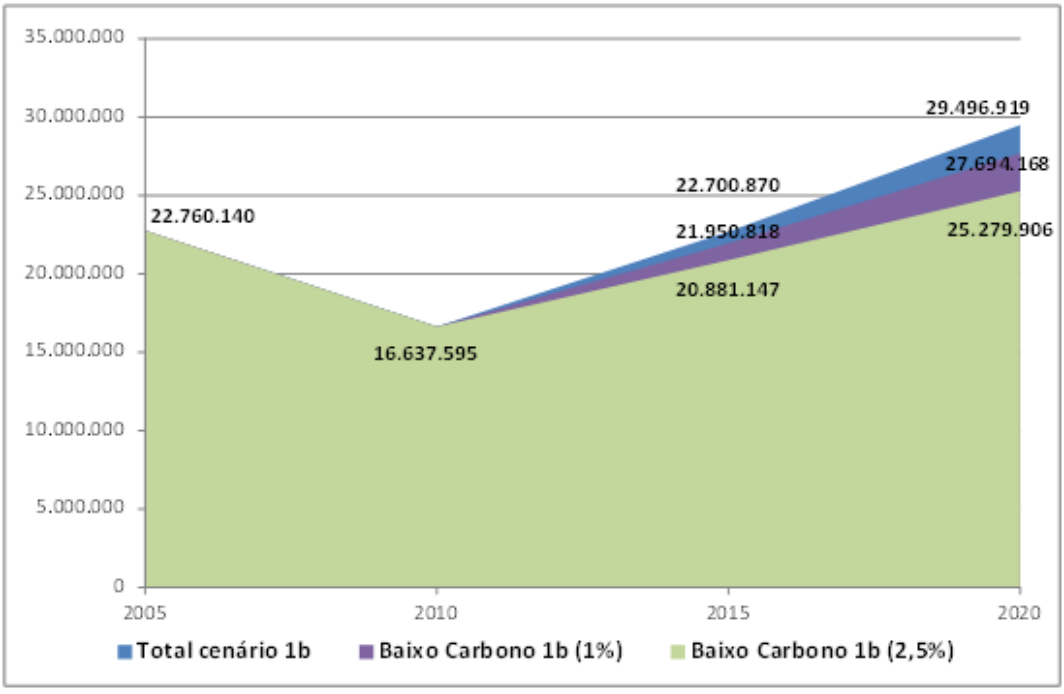


Figura 38. Emissões de co2eq cenário 2a

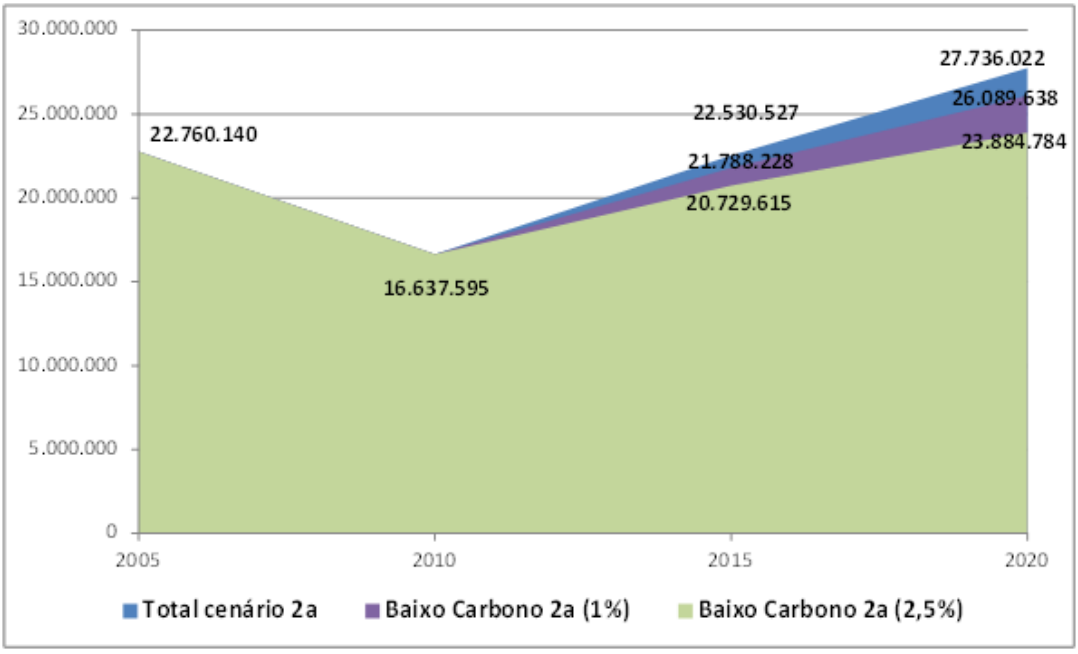
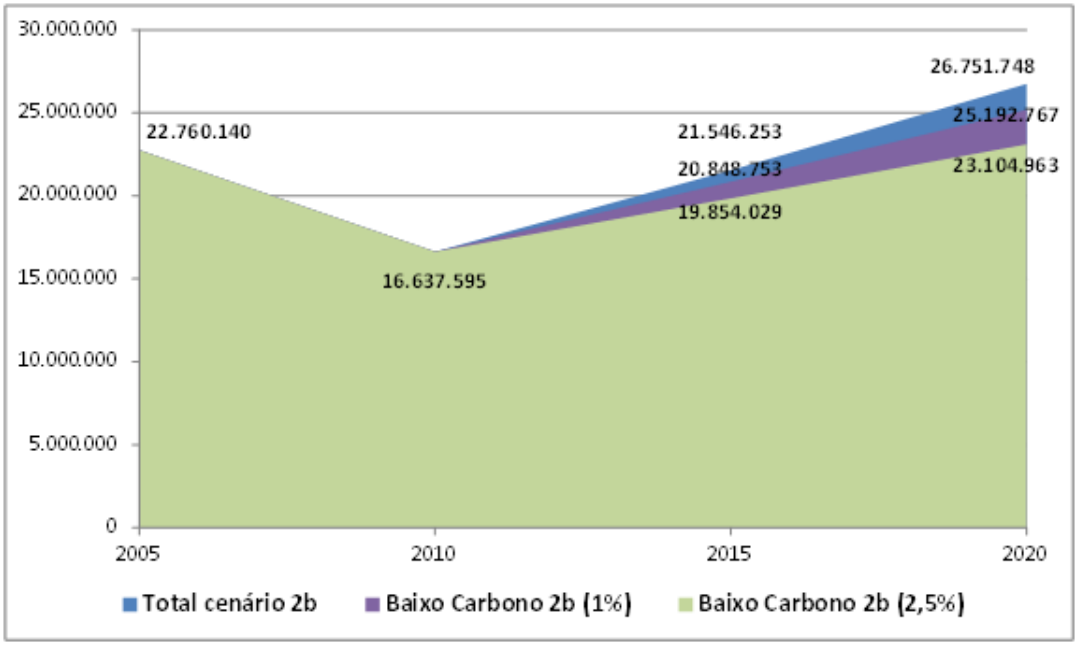


Figura 39. Emissões de co2eq cenário 2b



6. Recomendações

A experiência recente demonstra que a indústria química nacional vem consistentemente diminuindo suas emissões de GEE, todavia ainda existem oportunidades para reduções adicionais na intensidade de tais emissões nos próximos anos. É possível dizer que tais reduções estarão associadas a:

- *Continuidade de esforços de economia de energia nas instalações existentes (melhorias em processos/retirada de "gargalos", aquisição de equipamentos mais eficientes, etc.);*
- *Construção de novas unidades operacionais com tecnologias mais eficientes que consumam menos energia e com capacidades de produção maiores;*
- *Aumento no uso de fontes renováveis de energia (biomassa) na sua matriz energética e continuidade na tendência de substituição de combustíveis líquidos por gasosos;*
- *Aumento no uso de matérias-primas de base renovável para produção de substâncias químicas; e*
- *Aumento dos investimentos direcionados à pesquisa, desenvolvimento e inovação, especialmente nas áreas de biorrefinarias e alcoolquímica.*

Além dessas ações de caráter mais macro, é possível elencar algumas políticas que facilitariam os movimentos do setor em direção a um cenário ainda mais otimista no que diz respeito à sua intensidade carbônica.

Um exemplo é a criação de incentivos para a integração de unidades que emitem dióxido de carbono e unidades que podem utilizar tal GEE como insumo em seus processos produtivos, como é o caso da produção integrada de amônia e ureia.

A criação de selos e certificações aprovados pelo governo brasileiro que atestem a eficiência carbônica, a baixa intensidade carbônica, ou o alto teor de carbono renovável é uma medida que não somente traz a tona as vantagens de certos produtos como oferece os benefícios de garantir o acesso de produtos nacionais a mercados externos com restrições a importação a partir de critérios ambientais.

Outras possibilidades de políticas são o incentivo à cogeração de energia elétrica a partir de calor de processo, bem como a concessão de benefícios fiscais para produtos com menor intensidade carbônica. Também surge como medida de caráter positivo o tratamento diferenciado ao etanol utilizado como matéria-prima em processos produtivos, com relação ao etanol utilizado como combustível.

Na utilização de biomassa sólida na matriz energética do setor e, também para o lixo urbano, há exigências regulatórias para a emissão de material particulado estabelecidas por órgãos ambientais, os quais devem ser observados. Portanto, para viabilizar o uso extensivo de biomassas sólidas, é recomendável o estabelecimento de incentivos fiscais e tributários na aquisição de equipamentos de controle ambiental.

Uma abordagem semelhante às mencionadas nos parágrafos anteriores, todavia com o foco direcionado à demanda, é a concessão de incentivos para o consumo de produtos químicos e/ou produtos derivados menos intensos em GEE ou que reduzem emissões a partir de sua utilização por parte de grandes consumidores e também em compras governamentais, quando aplicável.

No que tange à adoção de medidas de caráter político/econômico que busquem incentivar a adoção de tecnologias mais eficientes, é possível mencionar que uma política de depreciação acelerada de máquinas, equipamentos e tecnologias menos eficientes ou mais emissoras tende a agilizar a troca de tais tecnologias por outras mais modernas e eficientes (Abiquim, 2012 - entrevista).

Ainda na seara político/econômica, uma iniciativa de caráter estratégico seria o adiamento dos prazos de recolhimento de impostos, assim, eliminando a necessidade das empresas de recorrerem a empréstimos bancárias para reconstituir capital de giro e, consequentemente, liberando espaço para a tomada de empréstimos destinados a investimentos.

No que diz respeito aos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, destaca-se a necessidade de construção de plantas piloto, que permitam o desenvolvimento de tecnologias nacionais a partir de escalas de pesquisa de laboratório, particularmente na área da "química verde", inclusive por meio de parcerias público-privadas (Bastos & Costa, 2010).

Destaca-se também a importância da capacitação de profissionais em nível técnico e de graduação / pós-graduação para trabalhar na indústria química como um todo, mas com especial destaque para as áreas da alcoolquímica e biorrefinarias. Neste contexto, verifica-se que atualmente é insuficiente o número de profissionais formados em química e engenharia química para trabalhar na indústria, nas universidades e demais setores nos quais a química está presente.

Outro fator que merece ser ressaltado é a necessidade da condução de estudos aprofundados para a mensuração apropriada dos custos e impactos em termos de redução de emissões das possíveis medidas de mitigação para o setor. Uma estrutura robusta de MRV (mensuração, reporte e verificação) e a construção e acompanhamento de indicadores para o setor é um caminho para melhor avaliar a evolução do setor, bem como oferecer incentivos para que ganhos adicionais de eficiência sejam alcançados.

Por fim, abordagens transversais com foco no ciclo de vida dos produtos, bem como uma harmonização das políticas que recaiam sobre cada uma das etapas ao longo de tais ciclos também se mostram fundamentais para melhor avaliar os impactos globais do setor e as oportunidades e ganhos de sinergia que emergem da interação entre diferentes setores da indústria e da economia como um todo.

7. Bibliografia

Associação Brasileira da Indústria Química [Abiquim]. www.abiquim.org.br. Acesso em 3 de Abril de 2012.

Associação Brasileira da Indústria Química [Abiquim]. Anuário da Indústria Química Brasileira: Edição 2011. São Paulo, 2011.

Associação Brasileira da Indústria Química [Abiquim]. Desempenho da indústria química brasileira em 2010. São Paulo, 10 dez. 2010 (2010a).

Associação Brasileira da Indústria Química [Abiquim]. Guia da Indústria Química Brasileira. São Paulo, 2012.

Associação Brasileira da Indústria Química [Abiquim]. Pacto Nacional da Indústria Química. São Paulo, jun. 2010 (2010b).

Associação Brasileira da Indústria Química [Abiquim]. Quantificação das emissões de gases dos processos produtivos com potencial de gerar o efeito estufa: Setor químico. São Paulo, 2009.

Associação Brasileira da Indústria Química [Abiquim] e Confederação Nacional da Indústria [CNI]. O Caminho da Sustentabilidade da Indústria Química. São Paulo, 2012.

American Chemistry Council [ACC]. http://www.americanchemistry.com/Jobs/EconomicStatistics/Industry-Profile/Business-of-Chemistry-Segments. Acesso em Maio de 2012.

BASTOS, V. D.; COSTA, L. M. Déficit comercial, exportações e perspectivas da indústria química brasileira. BNDES Setorial, n. 33, p. 163-206, Rio de Janeiro, set. 2010.

Balanço Energético Nacional 2010 [BEN 2010]. Ministério de Minas Energia – Empresa de Planejamento Energético. Brasília: MME/EPE, 2011. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/

BRASIL. Presidência da República (PR). Decreto no 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os Arts. 6o, 11 e 12 da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), e dá outras providências. Brasília, 9 dez. 2010a.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, n. 147, p. 3, 03 de agosto de 2010. 2010b.

Centro de Gestão em Estudos Estratégicos [CGEE]. Química Verde no Brasil 2010-2030, Brasília, 2010, disponível na versão pdf em http://www.cgee.org.br, acesso em Junho 2012.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB]. Inventário De Emissões Das Fontes Estacionárias Do Estado De São Paulo – Manual de Preenchimento. Novembro, 2009. São Paulo.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB]. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Indústria Química no Estado de São Paulo, 1990 a 2008. 2011. São Paulo.

Confederação Nacional da Indústria [CNI]. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria - Relatório Setorial: Setor Químico. 2010. Brasil: Brasília.

European Comission [EC]. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilisers. August 2007.

European Comission [EC]. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Solids and Others. August 2007.

International Energy Agency [IEA]. Tracking industrial energy efficiency and CO2 emissions. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2007.

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

Ministério da Ciência e Tecnologia [MCT]. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa - Relatórios de referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Indústria Química. Brasília, 2010.

PETROBRAS. Relatório de Sustentabilidade 2010. Rio de Janeiro, 2011.

WONGTSCHOWSKI, P. Indústria Química: Risco e Oportunidades. 2a ed. São Paulo, Edgar Blucher, 2002.

8. Anexos

Anexo 1 – Divisões 20 e 21 da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)

20 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	
20.1 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS INORGÂNICOS	
20.11-8	Fabricação de cloro e álcalis
20.12-6	Fabricação de intermediários para fertilizantes
20.13-4	Fabricação de adubos e fertilizantes
20.14-2	Fabricação de gases industriais
20.19-3	Fabricação de produtos químicos inorgânicos não especificados anteriormente
20.2 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS	
20.21-5	Fabricação de produtos petroquímicos básicos
20.22-3	Fabricação de intermediários para plastificantes, resinas e fibras
20.29-1	Fabricação de produtos químicos orgânicos não especificados anteriormente
20.3 FABRICAÇÃO DE RESINAS E ELASTÔMEROS	
20.31-2	Fabricação de resinas termoplásticas
20.32-1	Fabricação de resinas termofixas
20.33-9	Fabricação de elastômeros
20.4 FABRICAÇÃO DE FIBRAS ARTIFICIAIS E SINTÉTICAS	
20.40-1	Fabricação de fibras artificiais e sintéticas
20.5 FABRICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E DESINFESTANTES DOMISSANITÁRIOS	
20.51-7	Fabricação de defensivos agrícolas
20.52-5	Fabricação de desinfestantes domissanitários
20.6 FABRICAÇÃO DE SABÕES, DETERGENTES, PRODUTOS DE LIMPEZA, COSMÉTICOS, PRODUTOS DE PERFUMARIA E DE HIGIENE PESSOAL	
20.61-4	Fabricação de sabões e detergentes sintéticos
20.62-2	Fabricação de produtos de limpeza e polimento
20.63-1	Fabricação de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal
20.7 FABRICAÇÃO DE TINTAS, VERNIZES, ESMALTES, LACAS E PRODUTOS AFINS	
20.71-1	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes e lacas
20.72-0	Fabricação de tintas de impressão
20.73-8	Fabricação de impermeabilizantes, solventes e produtos afins
20.9 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS E PREPARADOS QUÍMICOS DIVERSOS	
20.91-6	Fabricação de adesivos e selantes
20.92-4	Fabricação de explosivos
20.93-2	Fabricação de aditivos de uso industrial
20.94-1	Fabricação de catalisadores
20.99-1	Fabricação de produtos químicos não especificados anteriormente
21 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS E FARMACÊUTICOS	
21.1 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS	
21.10-6	Fabricação de produtos farmoquímicos
21.2 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS	
21.21-1	Fabricação de medicamentos para uso humano
21.22-0	Fabricação de medicamentos para uso veterinário
21.23-8	Fabricação de preparações farmacêuticas

Fonte: [Abiquim, 2012] (site www.abiquim.org,br; acesso em 3 de abril de 201

Anexo 2 – Projeção da capacidade de produção até 2020 dos principais produtos cujos processos emitem GEE

Capacidade Instalada atual (t)		Total (t) (Investimentos previstos)	
Produtos (empresas)	Atual (2010-2011)	2012	2013
Ácido Adípico	87.000	87.000	87.000
Rhodia Poliamida(1)	87.000		
Ácido Fosfórico (em P2O5)	1.367.904	1.367.904	1.367.904
Copebrás (2)	93.000		
Vale Fertilizantes	1.274.904		
Vale Fertilizantes	-		
Ácido Nítrico	661.660	661.660	661.660
Alquibras	9.600		
Petrobras-FAFEN-BA	36.300		
Rhodia Poliamida	60.000		
Usiquímica	7.500		
Vale Fertilizantes	548.260		
Vale Fertilizantes (8)	-		
Acrilonitrila		100.000	100.000
Unigel	100.000		
Amônia	1.588.010	1.588.010	1.588.010
CSN	5.760		
Gerdau Açominas	5.400		
Petrobras-FAFEN-BA	495.000		
Petrobras-FAFEN-SE	456.250		
Petrobras - Unidade de Fertilizantes III (7)	-		
Petrobrás - Unidade de Fertilizantes IV	-		
Petrobras - Unidade de Fertilizantes V	-		
Usiminas	4.600		
Vale Fertilizantes	621.000		

					Status do Investimento
	2014	2015	2016	2017 (proxy 2020)	
	87.000	87.000	87.000	87.000	
	1.927.904	1.927.904	1.927.904	1.927.904	
	560.000				B
	661.660	944.660	944.660	944.660	
		283.000			B
	100.000	100.000	100.000	100.000	
	2.368.010	2.887.010	2.887.010	3.317.010	
	780.000				A
				430.000	
		519.000			B

Capacidade Instalada atual (t)	Total (t) (Investimentos previstos)		
Carbureto de Cálcio	72.000	72.000	72.000
White Martins(3)	72.000		
Cloreto de Vinila (MVC)	843.100	843.100	903.100
Braskem	543.100		
Solvay Indupa	300.000		360.000
Coque de Petróleo Calcinado	500.000	500.000	500.000
Coquepar (Auraucária - PR)	-		
Coquepar (Seropédica - RJ) (4)	-		
Petrocoque	500.000		
Eteno	3.952.000	3.952.000	4.312.000
Braskem(5)	3.952.000		
Comperj (Petrobras) (6)	-		
Dow Brasil / Mitsui	-		
Solvay Indupa	-		60.000
Metanol	309.500	309.500	309.500
Copenor	82.500		
GPC Química (7)	220.000		
Petrobras - Unidade de Fertilizantes IV	-		
Vale Fertilizantes	7.000		
Negro de fumo (negro de carbono)	482.000	482.000	482.000
Cabot (8)	140.000		
Columbian Chemicals	267.000		
Orion Carbons	100.000		
Óxido de Eteno	440.000	440.000	440.000
Oxiteno	440.000		

(1) Informações da própria empresa, passadas diretamente para a abiquim.

(2) Dados de vendas do site da empresa (www.copebras.com.br). Acesso em 18/06/2012.

(3) Dados do site da empresa (http://www.whitemartins.com.br). Acesso em 18/06/2012.

(4) Estimativas de capacidade produtiva de 350.000 t/ano retiradas do relatório de sustentabilidade da petrobras (edição 2010).

(5) Tal capacidade diz respeito à produção a partir de diferentes matérias-primas, quais sejam: etanol (200.000 t/ano), gás natural (510.000 t/ano), nafta (3.242.000 t/ano).

(6) Dados do site do projeto comperj (www.comperj.com.br). Acesso em 18/06/2012.

(7) Dados do site da empresa (www.gpcquimica.com.br). Acesso em 18/06/2012..

(8) Informações da própria empresa, fornecidas na 4ª reunião do grupo de trabalho para a discussão sobre as minutas de notas técnicas que irão compor o plano indústria realizada em 15 de agosto de 2012.

Observação: para ácido fosfórico estão contempladas somente empresas que produzem o produto em p2o5.

				Status do Investimento	
	72.000	72.000	72.000	72.000	
	903.100	903.100	903.100	903.100	
					A
	850.000	850.000	850.000	1.200.000	
	350.000				A
				350.000	B
	4.662.000	4.662.000	5.962.000	5.962.000	
			1.000.000		B
	350.000				B
					A
	309.500	309.500	309.500	1.070.500	
				260.000	B
				721.000	B
	482.000	482.000	482.000	482.000	
	440.000	440.000	440.000	440.000	
					A

1.2 Anexo 3 – Emissões de CO2 em função da produção própria de energia elétrica na PQI

Geração própria	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Produção de sulfúrico (t)	5.500.000	5.491.896	5.957.027	6.237.968	5.781.110	6.114.363	6.927.926	6.755.246	6.070.876	6.544.290
Produção elétrica sulfúrico (Mwh)	611.852	610.950	662.694	693.948	643.124	680.197	770.702	751.492	675.359	728.024
Produção elétrica carbono (Mwh)	1.007.567	1.216.083	918.522	1.228.274	1.077.012	1.154.201	849.434	1.072.169	835.854	938.496
Calor necessário Gcal (efic.70%)	1.237.868	1.494.045	1.128.470	1.509.022	1.323.186	1.418.018	1.043.590	1.317.236	1.026.906	1.153.009
CO2 geração própria										
CO2 Gás natural (t)	53.882	64.425	60.990	73.752	69.873	68.891	54.848	71.089	47.924	63.610
CO2 Gás de processo	74.194	97.588	65.963	92.381	79.494	89.578	65.185	78.605	69.190	73.114
CO2 Óleo combustível (t)	48.499	47.229	29.976	41.179	31.972	34.992	22.283	30.535	23.107	16.590
CO2 Combustíveis líquidos (t)	27.040	28.871	22.603	32.636	24.239	27.646	18.661	22.612	16.165	14.895
CO2 Carvão (t)	8.696	11.249	8.403	10.184	12.960	8.825	7.366	11.162	8.735	13.485
CO2 Lenha (t)	1.196	1.547	1.156	2.933	3.923	6.078	3.945	7.087	4.256	9.157
Total absoluto s/biomassa (t)	138.116	151.774	121.973	157.751	139.044	140.355	103.158	135.398	95.931	108.581
Total absoluto c/biomassa (t)	213.506	250.909	189.092	253.065	222.461	236.011	172.288	221.090	169.377	190.852
Total intens. s/bm (kg CO2/t PQI)	4,268	4,362	3,444	4,035	3,456	3,198	2,230	2,810	1,994	2,093
Total intens. c/bm (kg CO2/t PQI)	6,597	7,211	5,339	6,473	5,529	5,378	3,724	4,588	3,521	3,680

Fonte: elaboração própria, a partir de Abiquim, 2012.

1.3 Anexo 4 – Emissões projetadas de CO2 a partir da combustão para geração de energia térmica

CENÁRIO 1A:

Fonte	2010 (base)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Óleo Combustível	1.085.280	1.131.513	1.259.572	1.309.828	1.362.224	1.416.853	1.473.809	1.533.192	1.595.104	1.659.653	1.726.953
Gás natural	4.698.094	4.898.233	5.452.589	5.670.143	5.896.965	6.133.449	6.380.008	6.637.069	6.905.082	7.184.512	7.475.846
Gás de processo	4.782.868	4.986.618	5.550.978	5.772.457	6.003.372	6.244.123	6.495.131	6.756.831	7.029.680	7.314.152	7.610.742
Carvão mineral	882.144	919.723	1.023.813	1.064.662	1.107.252	1.151.655	1.197.951	1.246.218	1.296.542	1.349.010	1.403.712
Outros líquidos	974.407	1.015.917	1.130.893	1.176.015	1.223.059	1.272.106	1.323.244	1.376.560	1.432.147	1.490.102	1.550.526
Total	12.422.793	12.952.004	14.417.844	14.993.104	15.592.871	16.218.187	16.870.142	17.549.870	18.258.554	18.997.428	19.767.779

CENÁRIO 1B:

Fonte	2010 (base)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Óleo Combustível	1.085.280	1.131.513	1.179.715	1.229.971	1.282.368	1.336.997	1.393.953	1.453.335	1.515.247	1.579.797	1.647.096
Gás natural	4.698.094	4.898.233	5.106.897	5.324.451	5.551.273	5.787.757	6.034.315	6.291.377	6.559.390	6.838.820	7.130.154
Gás de processo	4.782.868	4.986.618	5.199.048	5.420.527	5.651.442	5.892.193	6.143.201	6.404.901	6.677.750	6.962.222	7.258.813
Carvão mineral	882.144	919.723	958.904	999.753	1.042.342	1.086.746	1.133.041	1.181.309	1.231.633	1.284.100	1.338.803
Outros líquidos	974.407	1.015.917	1.059.195	1.104.316	1.151.360	1.200.408	1.251.546	1.304.862	1.360.449	1.418.404	1.478.828
Total	12.422.793	12.952.004	13.503.759	14.079.019	14.678.785	15.304.102	15.956.056	16.635.784	17.344.469	18.083.343	18.853.694

CENÁRIO 2A:

Fonte	2010 (base)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Óleo Combustível	1.085.280	1.115.193	1.225.787	1.257.372	1.289.827	1.323.177	1.357.446	1.392.659	1.428.843	1.466.025	1.504.231
Gás natural	4.698.094	4.827.585	5.306.337	5.443.065	5.583.561	5.727.930	5.876.278	6.028.715	6.185.353	6.346.309	6.511.701
Gás de processo	4.782.868	4.914.696	5.402.087	5.541.281	5.684.313	5.831.287	5.982.312	6.137.499	6.296.964	6.460.824	6.629.200
Carvão mineral	882.144	906.458	996.352	1.022.024	1.048.405	1.075.513	1.103.367	1.131.990	1.161.401	1.191.623	1.222.678
Outros líquidos	974.407	1.001.264	1.100.560	1.128.918	1.158.057	1.188.000	1.218.768	1.250.384	1.282.872	1.316.255	1.350.558
Total	12.422.793	12.765.196	14.031.122	14.392.660	14.764.163	15.145.906	15.538.171	15.941.247	16.355.433	16.781.035	17.218.368

CENÁRIO 2B:

Fonte	2010 (base)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Óleo Combustível	1.085.280	1.115.193	1.145.931	1.177.515	1.209.970	1.243.320	1.277.589	1.312.803	1.348.987	1.386.168	1.424.375
Gás natural	4.698.094	4.827.585	4.960.646	5.097.373	5.237.869	5.382.238	5.530.586	5.683.023	5.839.661	6.000.617	6.166.009
Gás de processo	4.782.868	4.914.696	5.050.157	5.189.352	5.332.383	5.479.357	5.630.382	5.785.569	5.945.034	6.108.894	6.277.271
Carvão mineral	882.144	906.458	931.442	957.115	983.496	1.010.603	1.038.458	1.067.081	1.096.492	1.126.714	1.157.769
Outros líquidos	974.407	1.001.264	1.028.861	1.057.219	1.086.359	1.116.302	1.147.070	1.178.686	1.211.173	1.244.556	1.278.860
Total	12.422.793	12.765.196	13.117.037	13.478.575	13.850.078	14.231.821	14.624.085	15.027.162	15.441.348	15.866.950	16.304.283

Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior