

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

1. INTRODUÇÃO

Este documento estabelece alternativas de melhor tecnologia prática disponível (MTPD) como instrumento auxiliar para realização de diagnóstico das fontes de emissões atmosféricas do estado de São Paulo com base no Decreto Estadual nº 59.113/2013. O guia é uma referência técnica que visa dar suporte a implementação do Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias (PREFE) aprovado pela Resolução de Diretoria nº 289/14/P, de 08/10/2014.

O guia tem como função orientar quanto às principais MTPD que podem ser utilizadas pelos setores, não sendo a única referência técnica para tomada de decisão, que deve ser precedida por um estudo de viabilidade técnica de sua implantação.

O presente guia abrange as seguintes instalações:

- Produção de Polímeros;
- Produção de Especialidades Químicas Inorgânicas;
- Fabricação de Produtos de Química Orgânica Fina, e
- Petroquímica

O presente guia não abrange os equipamentos listados abaixo, para os quais deverão ser utilizadas as orientações do Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível – Fontes de Combustão:

- Caldeiras;
- Aquecedores de fluido térmico;
- Secadores sem contato direto da chama com o produto, e
- Fornos sem contato direto da chama com o produto.

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para este guia, melhor tecnologia prática disponível (MTPD) é o mais efetivo e avançado estágio tecnológico no desenvolvimento da atividade e seus métodos de operação, para atendimento ao limite de emissão estabelecido para prevenir ou, se não for praticável a prevenção, reduzir as emissões e o impacto ao meio ambiente.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

Utilizaram-se como referência para a pesquisa, os dados da Comunidade Européia (CE) e da Agência Ambiental Americana (EPA).

Este guia considera como MTPD não só equipamentos de controle de emissões, mas também melhorias no processo produtivo que:

- Utilizem técnicas de processo que produzam menos emissões atmosféricas de poluentes e
- Diminuam o consumo de combustíveis (eficiência energética).

Com o objetivo de facilitar a aplicação deste guia, ele será dividido por unidade produtiva, contemplando os poluentes material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COV).

3. DESCRIÇÃO RESUMIDA DO PROCESSO PRODUTIVO

3.1 Produção de Polímeros

As empresas de polímeros produzem uma vasta gama de produtos essenciais, que variam desde produtos de base (*commodities*) até material de elevado valor agregado, tanto por processos contínuos como descontínuos. São vendidos a empresas de transformação, servindo a uma vasta gama de produtos.

A produção de polímeros inclui poliolefinas, poliestireno, policloreto de vinila, poliésteres insaturados, borrachas de estireno-butadieno polimerizadas em emulsão, borrachas à base de butadieno polimerizadas em solução, poliamidas, fibras de politereftalato de etileno e fibras de viscosa.

A química da produção de polímeros consiste em três tipos de reações básicas: polimerização, policondensação e poliadição, sendo que o número de operações/processos envolvidos é relativamente reduzido. Estas incluem:

- a preparação,
- a reação propriamente dita, e
- a separação dos produtos.

Em muitos casos, também ocorrem a refrigeração, aquecimento, aplicação de vácuo ou de pressão.

As principais emissões atmosféricas do setor dos polímeros consistem nas emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs), bem como, em alguns casos, quantidades relativamente elevadas de solventes usados e de resíduos não recicláveis, além do consumo energético.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

Em face da diversidade do setor e da vasta gama de polímeros produzidos, este guia não proporciona uma panorâmica completa das emissões desse setor, focando nas emissões de MP, SO_x, NO_x e COV, sendo que este último, para efeito do atendimento ao Decreto Estadual 59.113/13, será expresso como hidrocarbonetos totais não metanos (HCTNM).

3.2 Produção de Especialidades Químicas Inorgânicas

Embora os processos de produção de especialidades químicas inorgânicas sejam extremamente diversos e, por vezes, muito complexos, são, em geral, constituídos por uma combinação de atividades (ou fases de processo) e equipamentos simples. Essas atividades incluem:

- dissolução das matérias-primas,
- mistura,
- reação (nomeadamente de síntese) ou um processo de calcinação,
- lavagem,
- secagem,
- moagem/trituração (por via húmida ou seca),
- crivagem,
- condensação,
- destilação,
- evaporação,
- filtração,
- hidrólise,
- extração,
- compactação,
- granulação, e
- briquetagem.

As atividades, listadas acima, podem agrupar-se em cinco fases genéricas que constituem:

- abastecimento de matérias-primas,
- manipulação e preparação;
- reação/síntese/calcinação;
- separação e purificação dos produtos;
- armazenagem e manipulação dos produtos.

Os principais problemas ambientais do setor, no que se refere às emissões atmosféricas, compreendem as emissões de partículas para a atmosfera, principalmente poeiras e metais pesados.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

As famílias de especialidades químicas inorgânicas contempladas no presente documento são os pigmentos inorgânicos, silicones, negro de fumo, sílica e soda cáustica, em função da lista de empresas que fazem parte do PREFE.

3.2.1 Pigmentos

Esta guia refere-se a pigmentos inorgânicos produzidos na indústria por processos químicos. Embora tenham sido desenvolvidos muitos processos para a produção de uma vasta gama de pigmentos inorgânicos, esta pode resumir-se a duas etapas principais:

- síntese dos pigmentos, e
- processamento.

A síntese dos pigmentos é efetuada por um processo de precipitação em meio úmido ou um processo de calcinação a seco, cada um dos quais possui um impacto ambiental diferente. O processo em meio úmido necessita de uma quantidade elevada de água e produz um elevado volume de efluentes líquidos, enquanto que a calcinação a seco necessita de menos água, mas de mais energia e produz um maior volume de emissões gasosas.

O processamento dos pigmentos inclui operações de lavagem, secagem, calcinação, mistura/moagem, filtração/crivação e secagem. O processamento dos pigmentos produz emissões para a atmosfera e o meio aquoso. É especialmente preocupante a emissão para a atmosfera de partículas que contêm metais pesados.

3.2.2 Silicones

Os silicones constituem uma variedade especial de polímeros. Diferem dos restantes dos polímeros pelo fato da sua estrutura não conter carbono, consistindo numa cadeia em que alternam átomos de silício e de oxigênio.

Existem no mercado milhares de produtos à base de silicone com uma grande variedade de produtos. Os silicones são aplicados em isoladores eléctricos, lubrificantes, elastômeros, revestimentos, aditivos de vernizes, tintas e produtos cosméticos.

Esta guia abrange os produtos mais importantes, nomeadamente o polidimetilsiloxano (PDMS). A produção de PDMS inclui as seguintes fases: síntese de cloreto de metila, moagem do silício elementar, síntese direta (síntese de Müller-Rochow), destilação e hidrólise/condensação. As principais matérias-primas são silício elementar, HCl e metanol, sendo que as principais emissões atmosféricas são material particulado, cloretos e NO_x.

3.2.3 Negro de Fumo

O Negro de Fumo é constituído por carbono elementar, obtido por meio de combustão controlada de óleos aromáticos, em fornos especiais, sob altas temperaturas.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

As matérias-primas preferíveis para a produção industrial de negro de fumo são misturas de hidrocarbonetos gasosos ou líquidos. Por permitirem maiores rendimentos, os hidrocarbonetos aromáticos são mais utilizados do que os hidrocarbonetos alifáticos.

O teor de enxofre da matéria-prima utilizada na produção de negro de fumo é um parâmetro fundamental para a avaliação do impacto ambiental das instalações de negro de fumo.

O processo mais importante na atualidade é o da produção em fornalha, pelo qual se obtém mais de 95 % da produção mundial de negro de fumo. Nesse tipo de processo, as partículas de Negro de Fumo são formadas no fluxo de alta velocidade da fornalha, por camadas sobrepostas de Carbono, que colidindo entre si formam os agregados ou estruturas.

A combinação do tamanho da partícula e do formato do agregado ou estrutura dessas partículas, conferem ao Negro de Fumo as características peculiares de cada tipo.

Cerca de 65 % do consumo mundial de negro de fumo destina-se à produção de pneus e produtos relacionados a indústria automobilística. Cerca de 30 % destina-se a outros produtos de borracha, sendo o restante utilizado em plásticos, tintas de impressão, tintas, papel e outras aplicações.

As emissões esperadas em um processo de produção de negro de fumo são monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x), enxofre reduzido total (ERT), óxidos de nitrogênio (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COV), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) e metais pesados. Na Tabela 01, a seguir, constam de maneira resumida os pontos do processo de produção de negro de fumo com potencial de emissão para cada um dos poluentes citados.

Tabela 01 – Potencial emissão de poluentes atmosféricos em um processo de produção de negro de fumo.

Poluente	Origem
CO e CO ₂	Produto de combustão incompleta no reator
	Produto de combustão incompleta nos secadores, caldeiras, flare, etc.
MP	Emissões fugitivas do armazenamento, transporte, expedição
	Vazamento do sistema de filtros após o reator
	Vazamento do sistema de filtros do despoeiramento
	Emissão de fontes de combustão como caldeira, flare, etc.
SO _x	Oxidação no reator do enxofre presente na matéria-prima
	Oxidação do enxofre presente no tail-gas

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

Cont. Tabela 1

Poluente	Origem
ERT	Decomposição e oxidação parcial dos compostos de enxofre presentes na matéria-prima.
NO _x	Oxidação no reator do nitrogênio presente na matéria-prima
	NO _x térmico gerado no reator
	NO _x presente no combustível utilizado nos secadores, caldeiras, flare, etc.
	NO _x térmico gerado nos secadores, caldeiras, flare, etc.
	Oxidação pós-tratamento do negro de fumo com NO ₂ ou HNO ₃
COV	Decomposição incompleta da matéria-prima no reator
PAH	Decomposição incompleta da matéria-prima
Metais pesados	Traços presentes como impureza na matéria-prima

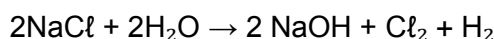
3.2.4 Sílica amorfa sintética

A sílica amorfa sintética é produzida por via térmica (sílica pirogênica, obtida por hidrólise a alta temperatura de clorossilanos) ou úmida (sílica precipitada e sílica-gel, obtidas por precipitação com ácidos de uma solução de silicato de sódio) e é utilizada numa vasta gama de aplicações, como resinas sintéticas, plásticos, borrachas, produtos cosméticos, medicamentos e produtos nutricionais, agentes de enchimento e antiaglomerantes.

3.2.5 Produção de Soda Cáustica

O hidróxido de sódio (NaOH), também conhecido como soda cáustica, é um hidróxido cáustico usado na indústria, principalmente como base química, na fabricação de papel, tecidos, detergentes, alimentos e biodiesel. Apresenta ocasionalmente uso doméstico, para a desobstrução de encanamentos e sumidouros, pois dissolve gorduras.

É produzido nas indústrias cloro-álcali por meio da eletrólise aquosa do cloreto de sódio com eletrodos inertes ao mesmo tempo em que é produzido gás cloro no eletrodo positivo e gás hidrogênio no eletrodo negativo.



As principais emissões da produção de carbonato de sódio são material particulado proveniente do calcinador de minério, resfriador e secador, moagem, granulação e operação de transporte. Emissões de produtos de combustão como NO_x e SO_x podem ocorrer nos processos de combustão, como fornos de calcinação e secadores.

Material particulado é emitido a partir da produção de carbonato de sódio, em quantidades limitadas, decorrentes das seguintes etapas:

- manuseio de matérias-primas minerais (coque, calcário)

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- queima de calcário nos fornos, mas em quantidades limitadas, uma vez que todo o gás processado no forno, ou parcialmente, é usado na produção de bicarbonato de sódio
- manuseio do carbonato de sódio
- densificação de carbonato de sódio leve (hidratação e desidratação) para produzir carbonato de sódio denso
- manuseio dos produtos acabados

Em algumas plantas pode ser adicionado H₂S como inibidor de corrosão e este ser emitido a atmosfera pelas torres de lavagem.

3.3 Fabricação de Produtos de Química Orgânica Fina

Os fabricantes de produtos de química orgânica fina produzem um leque variado de substâncias químicas, normalmente de grande valor agregado, incluindo, por exemplo: produtos fitofarmacêuticos e biocidas, produtos farmacêuticos (obtidos por processos químicos e biológicos), intermediários orgânicos, especialidades tensoativas/surfactantes, aromatizantes, fragrâncias, feromonas, plastificantes, vitaminas, branqueadores ópticos e produtos retardadores de chama em pequenas quantidades, sobretudo por processos descontínuos (“*batch*”), em instalações não dedicadas (“*multipurpose plants*”).

O processo produtivo é extremamente diversificado. Contudo, o número de operações/processos utilizados é relativamente reduzido, incluindo, nomeadamente:

- carga e descarga de reagentes e solventes,
- inertizações,
- reações químicas,
- cristalizações,
- separações de fases,
- filtrações,
- destilações e
- lavagem de produtos.

Em muitos casos, também, é necessário refrigeração, aquecimento, a aplicação de vácuo ou de pressão.

As emissões atmosféricas mais significativas nesse setor são as emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs), devido a quantidades relativamente elevadas de solventes usados e uma grande percentagem de resíduos não recicláveis.

Devido à diversidade do setor, à grande variedade dos produtos químicos fabricados e à vasta gama de substâncias que podem ser emitidas, este guia não proporciona uma panorâmica completa das emissões deste setor, focando nas emissões de MP, SO_x, NO_x e COV, sendo que este último, para efeito do atendimento ao Decreto Estadual 59.113/13, será expresso como hidrocarbonetos totais não metanos (HCTNM).

3.4 Petroquímica

Petroquímica pode ser descrita, em termos muito simplistas, como uma transformação de produtos de refinaria em vários compostos químicos de base, por meio de uma combinação complexa de operações físicas e químicas, usualmente em fábricas de funcionamento ininterrupto.

Os produtos petroquímicos são habitualmente utilizados em grandes quantidades como matérias-primas na síntese de produtos químicos de alto valor agregado (por exemplo, solventes, plásticos, fármacos).

Apesar de os processos de produção de petroquímicos serem extremamente diversificados e complexos, são tipicamente constituídos por uma combinação de atividades e equipamento simples que se baseiam em princípios científicos e de engenharia semelhantes. Na sua maior parte, os processos petroquímicos podem ser descritos em termos de cinco etapas:

- fornecimento/preparação das matérias-primas,
- síntese,
- separação/refino do produto,
- manuseio/armazenamento do produto, e
- redução de emissões.

Os processos petroquímicos localizam-se usualmente em instalações de produção de grandes dimensões e altamente integradas, o que confere vantagens do ponto de vista da flexibilidade do processo, otimização energética, reutilização de produtos secundários e economias de escala.

Os níveis de consumo e emissão são extremamente específicos de cada processo, sendo difíceis de definir e quantificar na ausência de um estudo detalhado.

As características e composição precisas das emissões dependem de vários fatores, tais como: idade da fábrica; composição da matéria-prima; gama de produto; natureza dos intermediários; utilização de materiais auxiliares; condições de processo; grau de prevenção de emissões no próprio processo; técnica de tratamento a jusante e cenário de operações (ou seja, rotineiras, não-rotineiras, de emergência).

Os principais poluentes do ar provenientes dos processos petroquímicos são os Compostos Orgânicos Voláteis (COV), mas as emissões de gases de combustão, gases ácidos e partículas podem ser também significativas.

Os COV são tipicamente provenientes da ventilação do processo, do armazenamento/trasferência de líquidos e gases, de fontes com vazamentos e de ventilação intermitente. A eficiência e custo da prevenção e controle de COV dependerão da espécie de COV, da sua concentração, vazão, origem e nível de emissão a atingir.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

Os COV de exaustão do processo são, sempre que possível, reutilizados no processo, mas tal utilização depende de vários fatores, tais como composição dos COV, quaisquer restrições à sua reutilização e valor dos COV. Em termos gerais, a condensação, absorção e adsorção permitem a captura e recuperação de COV, enquanto as técnicas de oxidação implicam destruição dos COV.

Este guia não proporciona uma panorâmica completa das emissões deste setor, focando nas emissões de MP, SO_x, NO_x e COV, sendo que este último, para efeito do atendimento ao Decreto Estadual 59.113/13, será expresso como hidrocarbonetos totais não metanos (HCTNM).

3.4.1 Olefinas

As olefinas leves abrangem o maior grupo de compostos químicos de base dentro do setor petroquímico e são utilizadas para uma grande variedade de derivados.

A via de *cracking* a vapor é responsável por mais de 98% da produção de etileno e 75% da produção de propileno. A alimentação apropriada para a produção de olefinas vai desde gases leves (por exemplo, etano e GPLP a produtos líquidos de refinaria (nafta, gasóleo). As alimentações mais pesadas dão geralmente origem a maior proporção de subprodutos (propileno, butadieno, benzeno) e requerem fábricas maiores e mais complexas.

O processo de *cracking* a vapor é um processo fortemente endotérmico (15 a 50 GJ/t de etileno), e as reações de *cracking* ocorrem em fornos de pirólise a temperaturas superiores a 800°C. Ao invés, a recuperação e purificação subsequente dos produtos olefínicos envolvem separação criogênica a temperaturas inferiores a 150°C e pressões de 35 bar.

Os fornos de pirólise queimam gases com baixo teor de enxofre (contendo muitas vezes hidrogênio), pelo que as emissões de combustão (CO₂, CO, NO_x) são responsáveis pela maior parte das emissões de ar do processo. As emissões de dióxido de enxofre e de partículas decorrem da utilização, como combustível, de produtos de menor valor provenientes de *cracking* (por exemplo, em caldeiras auxiliares ou outros aquecedores de processo) e da combustão de coque depositado nas serpentinas do forno. As emissões de COV podem ser provenientes de processos de combustão, perdas por fugas e perdas locais em ventiladores para a atmosfera.

3.4.2 Aromáticos

O termo “aromáticos” abrange benzeno, tolueno, misturas de xilenos, ortoxileno, paraxileno, metaxileno (habitualmente designados por BTX). O benzeno é utilizado na produção de estireno, cumeno e ciclohexano. A maior parte do tolueno é utilizada na produção de benzeno, fenol e diisocianato de tolueno.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

O paraxileno é transformado em tereftalato de polietileno (PET), enquanto as misturas de xilenos são utilizadas predominantemente como solventes e o ortoxileno na produção de anidrido ftálico.

Os aromáticos BTX são produzidos a partir de três alimentações principais: produtos de reformação de refinaria, gasolina de pirólise de *cracking* a vapor e benzol proveniente do processamento de alcatrão de hulha. A alimentação é uma mistura de aromáticos que têm de ser separados e purificados para o mercado de produtos químicos.

No entanto, a produção de aromáticos a partir de alimentação de petroquímicos utiliza alguns ou a totalidade de uma série de processos unitários intimamente relacionados e integrados, que permitem:

- A separação dos produtos aromáticos dos não-aromáticos e a separação dos produtos puros, utilizando sofisticados processos de separação físicos (por exemplo, destilação azeotrópica, destilação extrativa, extração líquido-líquido, cristalização por congelamento, adsorção, complexação com BF_3/HF). Os métodos mais frequentemente utilizados são extração por solventes, seguida de destilação.
- Conversão química a produtos de maior valor utilizando técnicas, tais como:
 - tolueno a benzeno por hidrodealquilação (THD ou HDA);
 - tolueno a benzeno e xileno por dismutação de tolueno (TDP);
 - xileno e/ou m-xileno a p-xileno por isomerização

As unidades de produção de aromáticos podem estar localizadas quer em refinarias quer em complexos petroquímicos.

As emissões provenientes de fábricas de aromáticos são majoritariamente devidas à utilização de consumíveis (por exemplo, calor, energia, vapor, água de resfriamento) necessários aos processos de separação. Os projetos de processo não incluem, normalmente, exaustão para a atmosfera, pelo que as baixas emissões do processo principal são devidas à eliminação de impurezas, correntes residuais inerentes produzidas durante o processamento e emissões provenientes do equipamento.

3.4.3 Óxido de Etileno/ Etilenoglicol

O óxido de etileno (OE) é um intermediário químico fundamental na fabricação de vários produtos importantes. A principal utilização é na produção de etilenoglicóis (EG), mas também na produção de etoxilatos, éteres glicólicos e etanolaminas.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

O óxido de etileno é produzido a partir de etileno e oxigênio (ou ar) numa reação em fase gasosa sobre um catalisador de prata. O catalisador não é selectivo a 100 %, pelo que parte da alimentação de etileno é convertida a CO₂ e água. O calor de reação liberado nos reatores de OE é recuperado na produção de vapor, que é utilizado para fins de aquecimento na fábrica.

No processo com oxigênio, parte do gás de reciclagem proveniente do absorvente de OE é passado através de uma coluna na qual o dióxido de carbono é removido por absorção.

Os etilenoglicóis são produzidos por reação de OE com água a uma temperatura elevada (tipicamente 150-250°C). O principal produto é o monoetilenoglicol (MEG), mas o dietilenoglicol (DEG) e o trietilenoglicol (TEG) são produtos secundários valiosos. O MEG é utilizado sobretudo na produção de fibras de poliéster e de tereftalato de polietileno (PET).

As principais correntes de efluentes do processo de OE/EG são:

- A exaustão de CO₂ permite a purga do CO₂ (e vestígios de etileno e metano) formado no reactor de OE. Este é recuperado para venda ou oxidado térmica ou cataliticamente.
- A exaustão de inertes permite a purga dos inertes presentes na alimentação de etileno e de oxigênio. Os gases de exaustão contêm principalmente hidrocarbonetos, pelo que são, tipicamente, utilizados como gás de combustão.

3.5.5 Formaldeído

O formaldeído tem vasta aplicação na fabricação de vários produtos (por exemplo, resinas, tintas), quer como polímeros a 100% de formaldeído quer como produto de reação em conjunto com outros produtos químicos.

O formaldeído é produzido a partir de metanol, quer por oxidação catalítica em condições de deficiência de ar (“processo de prata”) quer em condições de excesso de ar (“processo de óxido”).

Tanto para o processo de prata como para o processo de óxido, o gás de exaustão da coluna de absorção de formaldeído constitui a única corrente contínua de gás residual. Os principais poluentes são formaldeído, metanol, CO e éter dimetílico. Podem ocorrer outras emissões a partir do armazenamento e de vazamento.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

3.4.5 Acrilonitrila

O acrilonitrila é um monômero intermediário utilizado mundialmente em várias aplicações. A maior parte da acrilonitrila é utilizada na produção de fibra acrílica, sendo o setor acrilonitrilo-butadieno-estireno o segundo utilizador mais importante.

O processo BP/SOHIO é responsável por 95% da capacidade mundial de acrilonitrila. O processo consiste numa amoxidação exotérmica do propileno, numa fase de vapor, utilizando excesso de amoníaco, na presença de um catalisador de leito fluidizado por ar.

O consumo de matérias-primas e energia pelo processo de acrilonitrila é influenciado por fatores, tais como escolha do catalisador, taxa de produção e configuração do sistema de recuperação da fábrica. As principais matérias-primas são propileno e amoníaco, mas o catalisador de compensação constitui também um consumível significativo.

Os efluentes gasosos da reação contêm produtos não-condensáveis (por exemplo, nitrogênio, oxigênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, propileno, propano), bem como água vaporizada e vestígios de contaminantes orgânicos. No tratamento desta corrente pode ser utilizada oxidação térmica ou catalítica.

3.5.6 Dicloreto de Etileno (DCE) e Monômero de Cloreto de Vinila (MCV)

O DCE (1,2-dicloroetileno) é utilizado principalmente na produção de MCV (monômero de cloreto de vinila), sendo este, por sua vez, utilizado quase exclusivamente na fabricação de PVC (policloreto de vinila). O processo DCE/MCV é muitas vezes integrado nos locais de produção de cloro devido às questões relacionadas com o transporte de cloro e pelo fato de a cadeia DCE/MCV/PVC ser a única principal consumidora de cloro.

No processo baseado em etileno, o DCE é sintetizado pela cloração do etileno (por cloração direta a temperatura elevada ou baixa) ou por cloração do etileno com HCl e oxigênio (oxicloração). O produto DCE em bruto é lavado, seco e purificado, com encaminhamento dos gases de exaustão para oxidação catalítica ou térmica. O DCE puro e seco é sujeito a *cracking* térmico em fornos de *cracking*, para a produção de MCV e HCl, sendo o MCV purificado por destilação (remoção de HCl e de DCE não convertido).

A unidade de MCV é denominada “unidade com balanços equilibrados” quando todo o HCl produzido no *cracking* de DCE é reutilizado na seção de oxicloração e não há exportação ou importação de DCE ou HCl. As unidades com balanços equilibrados atingem um elevado nível de utilização dos produtos secundários por utilização tanto da cloração direta como da oxicloração na produção de DCE. Existem oportunidades de recuperação de energia e reutilização devido à combinação de reações fortemente exotérmicas (cloração direta e oxicloração) com utilizadores de energia (*cracking* de DCE e separação de DCE e MCV). As principais matérias-primas são etileno, cloro, oxigênio (ar) e, conforme a configuração do processo, energia.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

4. MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL (MTPD)

Para melhorar o desempenho ambiental global das instalações de indústrias químicas e petroquímicas, constitui MTPD necessária, mas não suficiente, a implementação e a adesão a um sistema de gestão ambiental (SGA), visando à melhoria contínua das instalações e de processo.

Todas as fontes de emissão de poluentes atmosféricos obrigatoriamente devem atender aos seguintes requisitos:

- O lançamento de efluentes gasosos na atmosfera deve ser realizado através de chaminés, cujo projeto deve levar em consideração as edificações do entorno da fonte poluidora e os padrões de qualidade do ar estabelecidos, e
- Deve haver medidor de consumo de combustível de forma individualizada para cada fonte de combustão.

A seguir, serão enfocadas as MTPD por fonte e/ou atividade. A exigibilidade de implantação de uma ou outra tecnologia ocorrerá em função da necessidade de enquadramento das emissões das fontes aos limites de emissão estabelecidos em legislação ou em licenças ambientais, devendo ser atendidos sempre os valores mais restritos.

Medidas adicionais de controle de emissões serão abordadas e, se necessárias, solicitadas após o diagnóstico final previsto pelo PREFE 2014.

Após o levantamento previsto no PREFE aprovado pela Resolução de Diretoria nº 289/14/P, serão definidas as exigências técnicas, como MTPD ou medidas adicionais, a serem atendidas para cada empreendimento elencado no PREFE. Cabe ressaltar que o prazo de atendimento à exigência poderá ou não coincidir com a renovação da Licença de Operação (LO).

4.1 Armazenamento, Manuseio e Transporte de matéria-prima e produtos.

As indústrias químicas e petroquímicas, de forma geral, devem evitar ou reduzir as emissões difusas de partículas e evaporativas de COVs provenientes do armazenamento, do manuseio e do transporte de materiais utilizando uma das técnicas a seguir indicadas ou várias em combinação:

- Utilização de armazenamento dentro de edifícios ou silos, em vez de armazenamento ao ar livre, sendo que, quando a quantidade não o permitir, o armazenamento deverá ser em áreas cobertas e com as laterais fechadas para proteção contra o vento, com sistema de exaustão e controle das emissões;
- A transferência por meio de correias transportadoras deverá ser enclausurada e provida de sistemas de exaustão e retenção de material particulado nos pontos de transferências ou outra tecnologia de eficiência igual ou superior;

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- Os materiais finos deverão ser mantidos em silos fechados, com sistemas de retenção de partículas (por exemplo, filtros de mangas) ou sacos selados;
- Rigorosos padrões de manutenção dos equipamentos;
- Exaustão de poeiras e utilização de um sistema de despoeiramento com filtros de mangas, para reduzir as fontes de emissão significativas de partículas;
- Aplicação de veículos de limpeza com baixas emissões para proceder à limpeza de rotina dos acessos pavimentados, preferencialmente, a utilização de equipamento móvel e estacionário de limpeza a vácuo;
- Utilização de dispositivos totalmente fechados para retirar o material dos silos;

Para a descarga de trens e caminhões, devido à formação de emissões de partículas, utilização de equipamento de descarga dedicado, com *design* essencialmente fechado.

Se as matérias-primas e o combustível forem fornecidos por mar e as emissões de partículas puderem ser significativas, algumas técnicas incluem:

- Utilização de navios autodescarregadores ou outros sistemas de descarga contínua fechada. Caso contrário, a poeira gerada pelos sistemas de descarga com garras deve ser minimizada por meio de um conjunto de medidas, nomeadamente garantindo o teor de umidade adequado do material entregue, minimizando a altura de queda de material e utilizando pulverização de água e sistemas de atomização de água à saída da tremonha de descarga de material.

A fim de reduzir as emissões para a atmosfera de COV, provenientes da armazenagem de produtos orgânicos voláteis e de hidrocarbonetos líquidos voláteis, constitui MTPD:

- Tanques de teto flutuante munidos de selagem de alta eficiência;
- Tanques com teto fixo com selo flutuante;
- Tanques com teto fixo ligado a sistemas de recuperação de vapores.

Para inspeções internas, os reservatórios deverão ser esvaziados, limpos e desgaseificados. Constitui MTPD a utilização de um sistema de drenagem fechada ou selada e a remoção do material coletado com o uso de sistema a vácuo.

Para o controle e minimização das emissões fugitivas, constitui MTPD:

- Os separadores água-óleo (SAO) e os tanques de recebimentos de águas oleosas da estação de tratamento de despejo industrial (ETDI) deverão ser fechados e com sistema de exaustão com controle de emissões de COVs.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- Operar e manter o sistema de tratamento de efluentes líquidos e tanques de águas pluviais contaminadas de forma a não gerar odor, devendo ser implantado programas de controle e manutenção periódicos dos tanques e lagoas, e
- Implantar, operar e manter registro do programa Leak Detection And Repair (LDAR). O programa de detecção e reparação de emissões fugitivas, conhecido como LDAR (*Leak Detection And Repair*) consiste em ações estruturadas para reduzir as emissões fugitivas de COV de válvulas, bombas, flanges, juntas de vedação e outros por meio de medições e subsequente reparação ou substituição dos componentes que as produzem.

4.2 Sistema de Tocha (Flare)

As indústrias químicas e petroquímicas, de forma geral, devem evitar as emissões para a atmosfera provenientes da queima em flare. Constitui MTPD utilizar essa técnica apenas por motivos de segurança ou em condições operacionais que não sejam de rotina (por exemplo, partida e parada).

Para que o flare seja considerado como MTPD, em situações de emergência, deverão ser atendidos os seguintes requisitos:

- Realizar uma avaliação da capacidade instalada do flare, incluindo um balanço de massa, visando avaliar se esta é compatível com a capacidade produtiva da planta, devendo ser prevista a adequação dos mesmos.
- Implantar uma gestão do flare, incluindo medidas organizacionais e de controle para reduzir os eventos de queima ;
- Implantar sistema de monitoramento de vazão e concentração dos gases, temperatura e tempo de operação do flare;
- Utilizar dispositivos com concepção adequada de queima, considerando a localização, a altura, a pressão, a utilização de vapor, ar ou gás auxiliar, o tipo de flare, etc.; tendo por objetivo proporcionar um funcionamento confiável e sem fumo e garantir a combustão eficiente dos gases em excesso provenientes de operações não rotineiras

4.3 Produção de Polímeros

As técnicas a considerar como melhor tecnologia prática disponível (MTPD) serão agrupadas em uma seção genérica e em seções específicas de determinados polímeros.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

São MTPD genéricas:

- reduzir as emissões fugitivas, recorrendo ao projeto/*design* avançado dos equipamentos, incluindo:
 - utilização de válvulas de controle , com selos duplos ou outros equipamentos com idêntica eficiência. As válvulas de controle são especialmente recomendadas em processos que envolvam substâncias altamente tóxicas
 - bombas magnéticas ou herméticas, ou bombas com selos duplos e barreira líquida
 - compressores magnéticos ou herméticos, ou compressores com selos duplos e barreira líquida
 - agitadores magnéticos ou herméticos, ou agitadores com selos duplos e barreira líquida
 - minimização do número de flanges (conectores)
 - juntas eficazes
 - sistemas de amostragem fechados
 - drenagem dos efluentes contaminados em sistemas fechados
 - recolha das correntes de purga/escape (*vents*).

- reduzir as emissões de poeiras/partículas por meio de uma combinação das seguintes técnicas:
 - transporte em fase densa, mais eficiente na prevenção das emissões de poeiras/partículas que o transporte em fase diluída;
 - redução das velocidades nos sistemas de transporte em fase diluída para valores tão baixos quanto possível;
 - redução da formação de poeiras/partículas nas linhas de transporte mediante o tratamento das superfícies e o alinhamento adequado das tubagens;
 - utilização de ciclones e/ou filtros nos sistemas de exaustão de ar das unidades de despoeiramento. A utilização de sistemas de filtros de mangas é mais eficaz, especialmente para poeiras/partículas de dimensões reduzidas;
 - utilização de dispositivos de lavagem de gases por via úmida (*wet scrubbers*).

- minimizar as paradas e partidas da fábrica, de forma a evitar picos de emissões e reduzir os consumos globais (por exemplo, de energia e de monómeros por tonelada de produto);

- salvaguardar o conteúdo dos reatores em caso de paradas de emergência (por exemplo, mediante o recurso a sistemas de confinamento);

- reciclar os materiais ou utilizá-los como combustível, desde que devidamente acordado e licenciado com a CETESB;

- tratar as correntes de purga (*vents*) de silos e dos reatores por recurso a uma ou mais das seguintes técnicas:
 - reciclagem;
 - oxidação térmica;

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- oxidação catalítica;
 - adsorção;
 - queima em *flare* (apenas para situações emergenciais).
- usar dispositivos de queima em *flare* para o tratamento das emissões descontínuas do sistema associado ao reator. A queima em *flare* das emissões descontínuas dos reatores só é MTPD se essas emissões não puderem ser recicladas no processo ou utilizadas como combustível e desde que atendam aos critérios do item 4.2 deste guia;
 - utilizar, sempre que possível, a eletricidade e o vapor provenientes de instalações de co-geração;
 - recuperar o calor de reação por meio da geração de vapor de baixa pressão, em processos ou instalações que possam utilizá-lo internamente ou "exportá-lo".

4.3.1 Produção de Polietileno (PE)

São MTPD para a produção de polietileno (PE):

- recuperar os monômeros a partir dos compressores alternativos, nos processos de produção de LDPE (polietileno de baixa densidade), com a finalidade de:
 - reciclá-los por reintrodução novamente no processo e/ou
 - enviá-los para um dispositivo de oxidação térmica.
- recolher os gases de exaustão das extrusoras. Na produção de LDPE, os gases de exaustão da seção de extrusão (vedação posterior da extrusora) são ricos em COV. A exaustão das emissões da seção de extrusão permite reduzir a emissão de monômeros;
- reduzir as emissões das seções de acabamento e de armazenagem, por tratamento das correntes de purga/exaustão;
- operar os reatores com a maior concentração possível de polímero. O aumento da concentração do polímero no reator permite otimizar a eficiência energética global do processo de produção;
- utilizar sistemas de refrigeração em circuito fechado.

4.3.2 Produção de LDPE (polietileno de baixa densidade)

São consideradas como MTPD:

- operação do reservatório separador de baixa pressão (LPS) à pressão mínima e/ou seleção do solvente;
- extrusão por desvolatilização;
- tratamento da corrente de purga/exaustão proveniente dos silos.

4.3.3 Processos de Suspensão

São consideradas como MTPD:

- aplicação de sistemas de purga com nitrogênio em circuito fechado;
- otimização do processo de *stripping*;
- reciclagem dos monômeros a partir do processo de *stripping*;
- condensação do solvente;
- seleção do solvente.

4.3.4 Processos em Fase Gasosa

São consideradas como MTPD:

- aplicação de sistemas de purga com nitrogênio em circuito fechado e
- seleção do solvente e do co-monômero.

4.3.5 Processos de Produção de LLDPE (polietileno linear de baixa densidade) em solução

São consideradas como MTPD:

- condensação do solvente;
- seleção do solvente;
- extrusão por desvolatilização;
- tratamento da corrente de purga/exaustão proveniente dos silos.

4.3.6 Produção de Poliestireno

São consideradas como MTPD:

- reduzir e controlar as emissões da armazenagem, por uma ou mais das seguintes técnicas:
 - minimização da variação de nível
 - recurso a linhas de equilíbrio de gases
 - utilização de tanques com tetos de cobertura flutuante (apenas para tanques de grande dimensão)
 - instalação de condensadores
 - recuperação das correntes de purga (*vents*), para tratamento.
- recuperar todas as correntes de purga e os gases de exaustão dos reatores (*vents*);
- recolher e tratar os gases de exaustão provenientes da peletização. Em geral, os gases libertados na seção de peletização são tratados juntamente com as correntes de purga

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

(*vents*) dos reatores e as restantes correntes de purga. Esse método só é aplicável aos processos de produção de GPPS (*General purpose polystyrene* - poliestireno para usos gerais) e HIPS (*High impact polystyrene* - poliestireno de elevado impacto);

- reduzir as emissões das etapas de preparação nos processos de produção de EPS por uma ou mais das seguintes técnicas (ou por técnicas equivalentes):
 - recurso a linhas de equilíbrio de vapor;
 - condensadores;
 - recuperação das correntes de purga (*vents*) para tratamento posterior.
- reduzir as emissões do sistema de dissolução nos processos de produção de HIPS por uma ou mais das seguintes técnicas:
 - ciclones para a separação do ar utilizado nos sistemas de transporte;
 - sistemas de bombeamento para concentrações elevadas;
 - sistemas de dissolução em contínuo;
 - linhas de equilíbrio de vapor;
 - recuperação das correntes de purga (*vents*) para tratamento posterior;
 - condensadores.

4.3.7 Produção de Policloreto de Vinila – PVC

São consideradas como MTPD:

- utilizar instalações de armazenagem adequadas para o VCM (monômero de cloreto de vinila) usado como matéria-prima, concebidas e mantidas de forma a evitar emissões fugitivas, por uma ou mais das seguintes técnicas:
 - armazenar o VCM em tanques refrigerados, à pressão atmosférica;
 - armazenar o VCM em tanques pressurizados, à temperatura ambiente;
 - prevenir as emissões de VCM, equipando os tanques com condensadores de refluxo refrigerados;
 - prevenir as emissões de VCM, equipando os tanques com uma ligação ao sistema de recuperação de VCM ou a equipamentos adequados de tratamento das correntes de purga.
- prevenir as emissões associadas aos sistemas de ligação durante a descarga de VCM por:
 - recurso a linhas de equilíbrio de vapor;
 - exaustão e tratamento do VCM contido nos sistemas de ligação antes da respectiva desconexão.
- reduzir as emissões residuais de VCM provenientes dos reatores por meio de uma combinação adequada das seguintes técnicas:
 - redução da frequência de abertura dos reatores;

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- despressurização dos reatores com encaminhamento da purga para um sistema de recuperação de VCM;
 - drenagem do conteúdo líquido para recipientes fechados;
 - lavagem e limpeza dos reatores com água;
 - drenagem da água de lavagem/limpeza para o sistema de *stripping*;
 - injeção de vapor e/ou de um gás inerte no reator, com o objetivo de remover quantidades residuais de VCM, transferindo os gases para um sistema de recuperação de VCM.
- utilizar *stripping* para a suspensão ou o látex, de forma a obter um produto com baixo teor de VCM;
 - prevenir as emissões de poeiras/partículas dos processos de secagem com ciclones para PVC em suspensão, filtros de mangas para PVC em micro-suspensão e filtros de mangas múltiplas para PVC em emulsão;
 - tratar as emissões de VCM do sistema de recuperação por recurso a uma ou mais das seguintes técnicas:
 - absorção
 - adsorção
 - oxidação catalítica
 - incineração.
 - prevenir e controlar as emissões fugitivas de VCM provenientes das juntas e vedações dos equipamentos
 - prevenir as emissões acidentais de VCM com origem nos reatores de polimerização, por recurso a uma ou mais das seguintes técnicas:
 - instrumentação específica de controle para a alimentação dos reatores e as condições operacionais;
 - recurso a sistemas de inibição química para parar a reação;
 - capacidade de refrigeração de emergência para os reatores;
 - sistemas de geração de eletricidade de emergência para as operações de agitação (apenas no caso da utilização de catalisadores insolúveis em água);
 - possibilidade de purga controlada do sistema de recuperação de VCM, em caso de emergência.

4.3.8 Produção de Poliésteres Insaturados

São consideradas como MTPD:

- tratar os efluentes gasosos por uma ou mais das seguintes técnicas:

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- tratamento térmico
 - uso de carvão ativado
 - lavadores de gases (*scrubbers*) com uso de glicol
 - caixas de sublimação.
- utilizar um tratamento térmico para as águas residuais provenientes, majoritariamente, da reação (na maioria dos casos, juntamente com os efluentes gasosos).

4.3.9 Produção de ESBR (borrachas de estireno-butadieno polimerizadas em emulsão)

São consideradas como MTPD:

- projetar e manter os tanques de armazenagem da instalação, de forma a evitar vazamento; além disso, recorrer a uma ou mais das seguintes técnicas de armazenagem:
 - minimização da variação de nível (apenas para instalações integradas);
 - utilização de linhas de equilíbrio de gases (apenas para tanques situados na proximidade);
 - utilização de tetos com cobertura flutuante (apenas para tanques de grande dimensão);
 - recurso a condensadores para as correntes de purga (*vents*);
 - *stripping* do estireno realizado de forma eficiente;
 - recuperação das correntes de purga (*vents*) para tratamento no exterior (geralmente incineração).
- controlar e minimizar as emissões difusas (fugitivas) por meio das seguintes técnicas ou de técnicas equivalentes:
 - monitoramento das flanges, bombas, empanques, etc;
 - manutenção preventiva;
 - amostragem em circuito fechado;
 - remodelação/melhoramento das instalações: empanques mecânicos em série, válvulas à prova de fugas, utilização de juntas mais eficientes.
- recolher as correntes de purga (*vents*) dos equipamentos, para tratamento (geralmente por incineração).

4.3.10 Produção de borrachas à base de butadieno polimerizadas em solução

São consideradas como MTPD:

- remover os solventes presentes no produto por recurso a uma ou a ambas das seguintes técnicas, ou uma técnica equivalente:

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- extrusão por desvolatilização
- *stripping* com vapor.

4.3.11 Produção de Poliamidas

É considerada como MTPD o tratamento por via úmida (*wet scrubbing*) dos gases de exaustão dos processos de produção de poliamida.

4.3.12 Produção de fibras de politereftalato de etileno – PET

São consideradas como MTPD:

- efetuar o pré-tratamento das águas residuais, recorrendo a uma ou mais das seguintes técnicas:
 - *stripping*
 - reciclagem
 - técnicas equivalentes
- tratar as correntes de efluentes gasosos da produção de PET por oxidação catalítica ou por técnicas equivalentes.

4.2.13 Produção de fibras de viscose

São consideradas como MTPD:

- operar os dispositivos de fiação em espaços confinados;
- condensar os efluentes gasosos das zonas de fiação, com vista à recuperação de CS₂ e sua reutilização no processo;
- recuperar o CS₂ dos efluentes gasosos por adsorção em carvão ativado. Existem diversas tecnologias para a recuperação do CS₂ por adsorção, em função da concentração de H₂S nos efluentes gasosos;
- aplicar processos de dessulfuração dos efluentes gasosos baseados na oxidação catalítica com produção de H₂SO₄;
- utilização de incineradores de leito fluidizado para a queima de resíduos não-perigosos e recuperação do calor para a produção de vapor ou energia.

4.4 Produção de Especialidades Químicas Inorgânicas

As técnicas a considerar como melhor tecnologia prática disponível (MTPD) serão agrupadas em uma seção genérica e em seções específicas de determinadas setores da química inorgânica. São MTPD genéricas:

- No Síntese/reação/calцинаção:
 - utilização de matérias-primas de elevada pureza;
 - melhoramento da eficiência dos reatores;
 - melhoramento dos sistemas catalisadores.
 - adição sequencial das substâncias que participam na reação;
 - minimização das operações de limpeza por meio da otimização das sequências de adição de matérias-primas.

- No manuseio e armazenagem dos produtos
 - reduzir as emissões fugitivas, recorrendo ao projeto/*design* avançado dos equipamentos;
 - sistemas de amostragem fechados;
 - drenagem dos efluentes contaminados em sistemas fechados;
 - captação das correntes de purga/escape (*vents*).
 - reduzir as emissões de poeiras/partículas por meio de uma combinação das seguintes técnicas:
 - transporte em fase densa, mais eficiente na prevenção das emissões de poeiras/partículas que o transporte em fase diluída;
 - redução das velocidades nos sistemas de transporte em fase diluída para valores tão baixos quanto possível;
 - redução da formação de poeiras/partículas nas linhas de transporte mediante o tratamento das superfícies e o alinhamento adequado das tubagens;
 - utilização de ciclones e/ou filtros nos sistemas de exaustão de ar das unidades de despoeiramento. A utilização de sistemas de filtros de mangas é mais eficaz, especialmente para poeiras/partículas de dimensões reduzidas;
 - utilização de dispositivos de lavagem de gases por via úmida (*wet scrubbers*).

Nota: a utilização de filtros de mangas nem sempre é possível, especialmente se for necessário eliminar outros poluentes além das poeiras ou quando os efluentes gasosos estejam úmidos. As partículas em suspensão recuperadas ou removidas são recicladas para reintegração no processo de produção, sempre que possível. O meio de lavagem (*scrubbing*) deve também ser reciclado sempre que possível.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- minimizar as paradas e partidas da fábrica, de forma a evitar picos de emissões e reduzir os consumos globais;
- salvaguardar o conteúdo dos reatores em caso de paradas de emergência;
- reciclar os materiais ou utilizá-los como combustível, desde que devidamente acordado e licenciado com a CETESB;
- tratar as correntes de purga (*vents*) de silos e dos reatores por recurso a uma ou mais das seguintes técnicas:
 - reciclagem;
 - oxidação térmica;
 - oxidação catalítica;
 - adsorção;
 - queima em *flare* (apenas para situações emergências).

4.4.1 Pigmentos inorgânicos

Constitui MTPD:

- capturar as poeiras nas áreas de trabalho, enviando-as para eliminação;
- as poeiras removidas devem ser recicladas para reutilização no processo de produção;
- efetuar uma manutenção regular das áreas de trabalho

Nota: minimizar a emissão de poeiras totais das atividade efetuadas na instalação, de forma a alcançar níveis de emissão de 1–10 mg/Nm³, por recurso a dispositivos tais como filtros de mangas, lavadores (*scrubbers*) por via úmida e precipitadores eletrostáticos. O limite inferior pode ser alcançado por meio de uma combinação do recurso a filtros de mangas com outras técnicas de eliminação. A utilização de filtros de mangas nem sempre é possível, por exemplo, se for necessário eliminar outros poluentes ou se os efluentes gasosos se apresentarem úmidos.

4.4.2 Silicones

Constitui MTPD:

- minimizar as emissões difusas de poeiras provenientes da armazenagem e da manipulação do silício elementar;
- reduzir as emissões canalizadas de poeiras provenientes da moagem, armazenagem e manipulação do silício elementar e alcançar níveis de emissão de 5-20 mg/Nm³, nomeadamente por recurso a filtros de mangas, e reciclagem das poeiras capturadas por reintrodução no processo de produção.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

4.4.3 Negro de Fumo

Constitui MTPD:

- Utilizar matérias-primas com baixo teor de enxofre (entre 0,5 % e 1,5 %, em média anual);
- A transferência por meio de correias transportadoras deverá ser enclausurada e provida de sistemas de exaustão e retenção de material particulado nos pontos de transferências ou outra tecnologia de eficiência igual ou superior;
- Confinamento adequado em transportadores e tremonhas, etc.;
- Os materiais finos deverão ser mantidos em silos fechados, com sistemas de retenção de partículas (por exemplo, filtros de mangas) ou sacos selados;
- Atenção redobrada aos procedimentos para evitar o manuseio desnecessário dos materiais e descargas longas de materiais em locais desabrigados;
- Rigorosos padrões de manutenção dos equipamentos;
- Exaustão de poeiras e utilização de um sistema de despoeiramento com filtros de mangas para reduzir as fontes de emissão significativas de partículas;
- Aplicação de veículos de limpeza com baixas emissões para proceder à limpeza de rotina dos acessos pavimentados, preferencialmente, a utilização de equipamento móvel e estacionário de limpeza a vácuo;
- Utilização de dispositivos totalmente fechados para retirar o material dos silos;
- Remoção das partículas nos pontos de transferência entre equipamentos transportadores.

Para a descarga de trens e caminhões, devido à formação de emissões de partículas, utilização de equipamento de descarga dedicado, com *design* essencialmente fechado.

Considera-se como MTPD para NO_x:

- Operar com temperatura de combustão em todas as áreas de reação abaixo de 1300°C
- Diminuir o tempo de residência nas zonas de alta temperatura
- Operar com baixo excesso de ar
- Utilizar combustível com baixo teor de nitrogênio
- Utilizar queimadores tipo LowNox
- Reduzir o pré-aquecimento do ar
- Instalar sistemas de controle como Redução Catalítica não Seletiva (SNCR) ou Redução Catalítica Seletiva (SCR).

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

Na indústria de negro de fumo, um dos poluentes mais significativos é material particulado, portanto, é imprescindível a remoção de particulado dos seguintes pontos:

- efluente gasoso do reator
- gás de purga dos secadores de produtos
- sistema de ventilação do transporte pneumático de negro de fumo
- abertura dos sistemas de coleta de poeira
- gases de combustão

Considera-se MTPD para MP:

- filtros de tecido
- precipitador eletrostático

4.4.4 Produção de Soda

Considera-se MTPD para MP:

- filtro de tecido
- lavadores de gases
- otimização do manuseio de matéria-prima e produtos:
 - Encapsulamento da estocagem
 - A transferência por meio de correias transportadoras deverá ser enclausurada e provida de sistemas de exaustão e retenção de material particulado nos pontos de transferências ou outra tecnologia de eficiência igual ou superior
 - Equipar os vents com filtro de tecido
- Seleção de calcário de qualidade apropriada

Para as emissões de MP, NO_x e SO_x provenientes de produtos de combustão deverá ser consultado o Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível – Fontes de Combustão.

4.5 Fabricação de Produtos de Química Orgânica Fina

Considera-se MTPD:

- a contenção e confinamento de fontes de emissões e o fechamento de quaisquer aberturas, de modo a minimizar emissões não controladas;
- As etapas de secagem devem ser efetuadas utilizando circuitos fechados, incluindo condensadores para a recuperação de solventes;
- a recirculação de vapores de processo, nos casos em que as exigências de pureza o permitirem;

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- tomada de medidas para garantia da estanqueidade do equipamento de processo, sobretudo vasos/recipientes/tanques;
- a aplicação de inertização instantânea, em vez de inertização em contínuo;
- a minimização do volume de gás de exaustão nos processos de destilação, por otimização do tipo e configuração dos condensadores utilizados;
- a adição pelo fundo de líquidos em recipientes, ou por meio de uma conduta de mergulho, salvo se a química da reação e/ou considerações de segurança o tornarem impraticável. Nesses casos, a adição do líquido pela parte superior do recipiente, com a conduta orientada para as paredes do mesmo, reduz os salpicos e, portanto, a carga orgânica no gás deslocado;
- Se num recipiente forem simultaneamente adicionados sólidos e um líquido orgânico, é MTPD a utilização dos sólidos como cobertura, nos casos em que a diferença de densidades facilita a redução da carga orgânica no gás deslocado, salvo se a química da reação e/ou considerações de segurança o tornar impraticável;
- a minimização de picos de carga e de vazão e dos picos de concentração nas emissões associadas por meio, por exemplo, da otimização da matriz de produção e da aplicação de filtros de estabilização;
- a reutilização de solventes, tanto quanto o permitam as exigências de pureza.

4.6 Petroquímica

As técnicas a considerar como melhor tecnologia prática disponível (MTPD) serão agrupadas em uma seção genérica e em seções específicas de determinados grupos de produtos petroquímicos. Além dos pontos citados nos itens 4.1 e 4.2 deste guia, considera-se como MTPD genérica:

- tanques de armazenamento interligados e contentores móveis com condutas de equilíbrio;
- minimizar a temperatura de armazenamento;
- instrumentação e procedimentos de prevenção de sobreenchimento;
- recuperação do COV de escapes (por condensação, absorção ou adsorção) antes da reciclagem ou destruição por combustão numa unidade de recuperação de energia, incinerador ou flare;
- monitoramento contínuo do nível de líquido e de alterações no nível de líquido;

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- tubulação de enchimento de tanque que se prolongem a níveis inferiores à superfície do líquido;
- carga pela base de modo a evitar respingos;
- dispositivos sensores nos braços de carga para detecção de movimentos indevidas;
- conexões de mangueiras autovedantes/engate de corte seco.

As emissões provenientes de combustão devem atender aos critérios de MTPD constantes da Guia para Fontes de Combustão.

4.6.1 Olefinas

Constitui, de maneira geral, a MTPD:

- A manutenção para garantir funcionamento adequado dos fornos de pirólise;
- Os fornos devem possuir:
 - sistemas de controle avançados para uma eficiente combustão;
 - possuir queimadores tipo LowNO_x ou Unidades Catalíticas Seletivas para controle de NO_x
- remover periodicamente o coque acumulado nos fornos de *cracking*, utilizando uma mistura de ar/vapor;

4.6.2 Aromáticos

Constitui MTPD uma seleção adequada ou combinação de, entre outras, as seguintes técnicas:

- otimizar a integração energética na fábrica de aromáticos e nas unidades circundantes;
- para fornos, instalar queimadores tipo LowNO_x ou, no caso de fornos maiores, redução catalítica seletiva (SCR);
- encaminhar os gases de exaustão do processo e as descargas das válvulas de segurança para sistemas de recuperação de gás;
- utilizar sistemas de amostragem de circuito fechado, de modo a minimizar a exposição do operador e a minimizar as emissões durante as etapas de purga anteriores à amostragem;
- utilizar sistemas de aquecimento controlado para fechar a alimentação de calor e encerrar a fábrica de um modo rápido e seguro, de modo a minimizar a exaustão durante ocorrências anômalias graves na fábrica;

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

- utilizar sistemas de tubulação fechados para a drenagem e exaustão do equipamento que contém hidrocarbonetos antes da sua manutenção, em particular para conteúdos de benzeno >1 % p/p ou de aromáticos >25 % p/p;
- em sistemas nos quais as correntes de processo apresentam conteúdos de benzeno >1 % p/p ou de aromáticos totais >25 % p/p, utilizar bombas blindadas, vedantes simples com purga de gás, vedantes mecânicos duplos ou bombas magnéticas;
- utilizar compressores com vedantes mecânicos duplos, líquidos de vedação compatíveis com o processo, vedantes gasosos ou modelos sem vedante;
- os gases de exaustão da hidrogenação devem ser sujeitos a combustão num forno com capacidade de recuperação de calor;
- com vista à exaustão de gases provenientes de cargas e descargas de produtos aromáticos devem utilizar-se sistemas de exaustão fechados, de carga pela base, e os vapores libertados devem ser encaminhados para uma unidade de recuperação de vapor, queimador ou sistema de flare.

4.6.3 Óxido de etileno/ Etilenoglicol

As técnicas de prevenção da perda de OE por falha de integridade estanque, que provoca exposição ocupacional ao OE, são também MTPD por proporcionam proteção ambiental.

A MTPD para exaustão de inertes é a sua transferência para um sistema de gás combustível com vista à recuperação de energia ou a combustão. Se a reação de OE for efetuada com ar em vez de oxigênio puro, a MTPD é a transferência do excesso de inertes para um segundo reator de oxidação, de modo a converter a maior parte do etileno residual em OE.

A MTD para gases de exaustão contendo OE é:

- lavagem com água até <5 mg OE/Nm³ (média horária) e libertação para a atmosfera, no caso de gases de exaustão de baixo teor em metano e etileno;
- lavagem com água e reciclagem para o processo (para correntes de exaustão com conteúdo considerável em metano e etileno);
- técnicas de minimização (por exemplo, equilíbrio de pressão e retorno de vapor no armazenamento/carga).

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

4.6.4 Formaldeído

Considera-se como MTPD:

- para os gases de exaustão do absorvente e para os sistemas de armazenamento e carga/descarga, é a recuperação (por exemplo, condensação, lavagem com água) e/ou tratamento numa unidade de combustão específica ou central de modo a atingir níveis de emissão de formaldeído $< 5 \text{ mg/Nm}^3$ (média diária)
- para os efluentes gasosos do absorvente do processo de prata é a recuperação de energia num motor ou num oxidante térmico, de modo a atingir emissões de:
 - monóxido de carbono 50 mg/Nm^3 como média diária (0,1 kg/t de formaldeído a 100 %);
 - óxidos de nitrogênio (como NO_2) 150 mg/Nm^3 como média diária (0,3 kg/t de formaldeído a 100 %);
- para os efluentes gasosos da reação do processo de óxido é a oxidação catalítica, de modo a atingir emissões de: monóxido de carbono $< 20 \text{ mg/Nm}^3$ como média diária (0,05 kg/t de formaldeído a 100 %) e óxidos de nitrogênio (como NO_2) $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ como média diária;
- para os tanques de armazenamento de metanol é a redução das correntes de exaustão por meio de técnicas, tais como contra-exaustão durante a carga/descarga;
- para os gases de exaustão do armazenamento de metanol e formaldeído incluem:
 - oxidação térmica/catalítica;
 - adsorção em carvão ativado;
 - absorção em água;
 - reciclagem para o processo;
 - conexão à face de sucção do insuflador de ar de processo.

4.6.5 Acrilonitrila

A MTPD para o gás de exaustão do absorvente consiste na redução do volume por meio do desenvolvimento de catalisadores mais eficientes e na otimização das condições de reação/funcionamento. Nesse caso, a MTPD é a destruição dos compostos orgânicos (até uma concentração de acrilonitrila $< 0,5 \text{ mg/Nm}^3$ – média horária) numa instalação para oxidação térmica ou catalítica específica, incinerador ou caldeira, desde que devidamente aprovado pela CETESB. Em qualquer dos casos, a MTPD inclui recuperação de calor, normalmente com produção de vapor.

A MTPD para as várias correntes de exaustão consiste no tratamento no sistema de tratamento do gás de exaustão do absorvente ou no flare, desde que obedecidos os critérios do item 4.2 deste guia. As outras correntes de exaustão podem ser lavadas (até uma

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

concentração de acrilonitrila $< 5 \text{ mg/Nm}^3$ – média horária), de modo a permitir a reciclagem dos componentes recuperados.

4.6.6 DCE/MCV

A MTPD para os principais gases de exaustão do processo é:

- recuperar etileno, DCE, MCV e outros compostos orgânicos clorados por reciclagem direta; resfriamento/condensação; absorção em solventes ou adsorção em sólidos;
- utilizar oxidação térmica ou catalítica, de modo a atingir concentrações de gases de exaustão de (médias diárias): DCE + MCV $< 1 \text{ mg/Nm}^3$, dioxina $< 0,1 \text{ ng ETDFi/Nm}^3$, HCl $< 10 \text{ mg/Nm}^3$;
- recuperação de energia e de HCl da combustão dos compostos orgânicos clorados;
- utilização de monitoramento contínuo e em linha das emissões pela chaminé de O_2 e de CO e amostragem periódica de C_2H_4 , MCV, DCE, Cl_2 , HCl e dioxinas.

A MTPD para gases de fugas consiste na utilização de técnicas que permitam alcançar emissões de hidrocarbonetos clorados voláteis $< 5 \text{ kg/h}$, DCE na atmosfera de trabalho $< 2 \text{ ppm}$ e MCV na atmosfera de trabalho $< 1 \text{ ppm}$.

5. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

De acordo com o Regulamento da Lei Estadual 997/76 aprovado pelo Decreto Estadual 8.468/76, as fontes de poluição, para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, adotarão sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível para cada caso.

A adoção da tecnologia preconizada neste artigo, será feita pela análise e aprovação da CETESB de plano de controle apresentado por meio do responsável pela fonte de poluição, que especificará as medidas a serem adotadas e a redução almejada para a emissão.

As fontes de emissão provenientes de indústrias químicas e petroquímicas estão sujeitas ao atendimento aos limites de emissão estabelecidos no seu específico licenciamento, em função da sua localização, devendo também ser observadas as exigências contidas no Decreto Estadual 59.113/13.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

6. MONITORAMENTO

O monitoramento das fontes de emissão constitui ferramenta essencial para comprovar o atendimento às metas decorrentes da aplicação do PREFE., portanto, as fontes deverão ser monitoradas. As amostragens pelo método direto (amostragem em chaminé) deverão atender ao Termo de Referência para Monitoramento de Fontes de Emissões Atmosféricas – PME, aprovado em Resolução de Diretoria CETESB no N° 010/2010/P, de 12 de janeiro de 2010, publicado no Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), Edição n° 120(10), do dia 15/01/2010, Páginas números: 40 a 46.

Essa amostragem pode ser por via direta (amostragem em chaminé), monitoramento contínuo ou balanço de massa quando as outras duas formas se mostrarem tecnicamente inviáveis.

Para a amostragem em chaminé é imprescindível que as emissões estejam captadas em sua totalidade e que as condições de fluxo, localização dos pontos de coleta e diâmetro interno da chaminé estejam de acordo com as normas CETESB para amostragem em chaminé (Normas L9.221, L9.222, L9.223 e L9.224).

A aplicabilidade de monitoramento contínuo nas fontes citadas está vinculada a tecnologia disponível dos monitores contínuos, em especial os de material particulado, a qualidade do ar da região e a emissão remanescente da fonte, podendo ser exigida a sua instalação, atendendo aos critérios do Anexo Único da Decisão de Diretoria da CETESB n° 326/2014/I de 05 de novembro de 2014, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo, Caderno Executivo I, edição n° 124(211) do dia 07/11/15, página 53.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

ANEXO I

DESCRIÇÃO SUCINTA DAS TÉCNICAS PARA O CONTROLE DAS EMISSÕES PARA A ATMOSFERA

Técnica ou ECP	Poluente	Descrição Sucinta
Absorção Via úmida	COV	Os compostos gasosos são dissolvidos num líquido adequado (água ou solução alcalina). Pode efetuar-se a remoção simultânea de compostos sólidos e gasosos. O líquido resultante tem de ser tratado por um processo de tratamento de águas residuárias e a matéria insolúvel é recolhida por sedimentação ou filtração (por exemplo: cabine de pintura com cortina d'água)
Absorção Via seca	COV	Os compostos gasosos são absorvidos em um material poroso como cartuchos de papel
Adsorção com carvão ativado	COVs	Adsorção com carvão ativado é um método de filtragem que utiliza um leito de carvão ativado para remover os contaminantes e impurezas, utilizando adsorção química. O carvão ativado funciona por meio de um processo chamado de adsorção, em que as moléculas poluentes no líquido a ser tratado ficam na superfície dos poros do substrato de carbono.
Filtro de tecido	MP	Os filtros de mangas são feitos de tecido poroso ou feltro através do qual os gases são forçados a passar para que as partículas sejam removidas. A utilização de um filtro de mangas requer a seleção de um material de filtração adequado às características dos gases residuais e à temperatura máxima de operação.
Lavador de gases	MP e SO _x	Os compostos gasosos são dissolvidos num líquido adequado (água ou solução alcalina). Pode efetuar-se a remoção simultânea de compostos sólidos e gasosos. A jusante do lavador, os gases libertados são saturados com água e é necessária uma separação das gotículas antes de descarregar os gases libertados. O líquido resultante tem de ser tratado por um processo de tratamento de águas residuais e a matéria insolúvel é recolhida por sedimentação ou filtração
Lavador de gases tipo venturi	MP e SO _x	O Lavador tipo Venturi é concebido para utilizar a energia a partir do fluxo de entrada de gás para atomizar o líquido a ser usado para absorver e abater os poluentes Um lavador venturi consiste em três seções: uma seção convergente, uma seção de garganta, e uma seção divergente. O fluxo de gás de entrada entra na seção convergente e, como a área diminui, a velocidade do gás aumenta (em conformidade com a equação de Bernoulli). A solução de lavagem é introduzida, quer na garganta, ou na entrada da seção convergente. O gás é forçado a mover-se a velocidades extremamente elevadas na seção pequena da garganta. A corrente de entrada, em seguida, sai através da seção divergente, onde é forçado a abrandar.

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

Técnica ou ECP	Poluente	Descrição Sucinta
Precipitador Eletrostático (ESP)	MP	Os precipitadores eletrostáticos funcionam de modo que as partículas são carregadas e separadas por influência de um campo elétrico. Podem funcionar numa gama variada de condições
Queimadores tipo LowNOx	NO _x	A tecnologia dos queimadores baseia-se no princípio de redução das temperaturas máximas da chama, retardando, mas completando a combustão, e aumentando a transferência de calor (maior capacidade de emissão de chama). Pode ser associada a uma alteração do desenho da câmara de combustão do forno. Queimadores tipo Ultra-LowNOx (ULNB) incorporam a combustão por etapas (ar/combustível) e a recirculação dos gases de combustão.
recirculação de gases residuais	NO _x	Uma parte do gás residual é recirculada para o processo, gerando uma redução do consumo de energia.
Recirculação dos gases de combustão	NO _x	Reinjeção dos gases do forno na chama, para reduzir o teor de oxigênio e, conseqüentemente, a temperatura da chama.
Redução catalítica seletiva (SCR)	NO _x	Redução do NO _x para nitrogênio em um leito catalítico por meio de reação com amoníaco (regra geral, solução aquosa, a uma temperatura ótima de operação entre 300 °C e 450 °C). Podem ser aplicadas uma ou duas camadas de leito catalítico a fim de se obter uma redução maior de NO _x
Redução seletiva não catalítica (SNCR)	NO _x	Redução de NOx para nitrogênio, por meio de um reação com amônia ou ureia a alta temperatura. Para otimizar a reação, a temperatura deve ser mantida entre 950 a 1050 °C (solução de ureia) ou 850 a 950°C (hidróxido de amônia), dentro de um tempo de residência adequado para efetivar a reação.
Separadores ciclônicos	MP	As partículas são extraídas por meio de um processo de centrifugação dos gases. Esse fenômeno ocorre com a indução de um escoamento rotativo no interior do ciclone. Isto ocorre devido à velocidade com a qual os gases entram tangencialmente na câmara do ciclone, de formato cônico. Sendo muito mais densas que os gases, as partículas tem maior tendência em permanecer na trajetória tangente ao escoamento rotativo e assim colidir com as paredes da câmara. Com as colisões, as partículas perdem velocidade e tendem a se desacoplar do escoamento caindo em direção ao fundo da câmara, de onde são extraídas. A eficiência de remoção de particulado é tão maior quanto maior for o diâmetro médio das partículas e maior for a densidade das mesmas. Partículas finas tendem a sofrer força de arraste aerodinâmico grande, comparada às forças gravitacionais, permitindo que os gases continuem transportando-as. Em conseqüência desses limites físicos, os ciclones não permitem coletar partículas muito finas. Em sistemas de limpeza de gases, são sempre empregados em conjunto com precipitadores eletrostáticos ou filtros de mangas

PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

CAPÍTULO 5

INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA

Técnica ou ECP	Poluente	Descrição Sucinta
Tratamento Catalítico	COVs	O tratamento catalítico é caracterizado pela destruição de COV sem a presença de chama, a temperaturas entre 200 e 500°C, com a presença de um catalizador.
Tratamento Térmico	COVs	No Tratamento térmico os componentes orgânicos e inorgânicos presentes no ar de exaustão são oxidados e/ou destruídos com a presença de chama, a uma temperatura superior a 700°C. Podem utilizar o poder calorífico do gás a ser tratado e/ou com o uso de combustível gasoso como GLP ou gás natural.