

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA
PARA INTEGRAÇÃO DO MONITORAMENTO
ATMOSFÉRICO CONTÍNUO AO CENTRO
SUPERVISÓRIO DA QUALIDADE DO AR



Nathália Nascimento Coelho

**Desenvolvimento de metodologia para integração do
monitoramento atmosférico contínuo ao Centro Supervisório
da Qualidade do Ar.**

Relatório Final da Bolsa de
Gestão em Ciência e
Tecnologia (BGCT) referente ao
período de Maio/2014 a
Maio/2016, apresentado à
Fundação Estadual do Meio
Ambiente, como parte das
exigências da FAPEMIG.

ORIENTADOR: Lucas Guimarães Viana

Belo Horizonte
Maio/2016

Governador do Estado de Minas Gerais

Fernando Damata Pimentel

Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável –

SEMAD

Luiz Sálvio Souza Cruz

Presidente da FEAM

Diogo Soares de Melo Franco

Diretora de Gestão da Qualidade Ambiental – DGQA

Irene Albernaz Arantes

Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões – GESAR

Flávio Daniel Ferreira

Autores

Lucas Guimarães Viana

Nathália Nascimento Coelho

Equipe técnica

Antônio Alves dos Reis

Afonso Henrique Ribeiro

Gabriela Batista Agostinho

Núbia Cristina Pinto

Márcia Cristina Ferreira da Costa

Priscila Kelly Moreira Ireno

Ricardo Torres Nunes

Robson Fernando Justino

Rúbia Cecília Augusta Francisco

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	6
2 – EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	6
3 – A PARTICIPAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE PARA A CONSOLIDAÇÃO DAS INDÚSTRIAS CIMENTEIRAS NO BRASIL.	8
3.1 – Processos produtivos e tecnológicos.	9
4 – CLASSIFICAÇÕES DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	2
5 – LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS E OS PARÂMETROS EXIGIDOS.....	4
5.1 – Deliberação Normativa Copam nº 187, de 19 de setembro de 2013.	7
5.2 - Padrão de Emissão DN COPAM nº 154 / 2010	8
6 – COMBUSTÍVEL E ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO DO CIMENTO.	9
6.1 – Sistemas de controles ambientais, variáveis atmosféricas e legislação aplicável.	11
7 – MONITORAMENTO CONTÍNUO PARA A GESTÃO DE INFORMAÇÃO DOS EFLUENTES ATMOSFÉRICOS.	15
7.1 – Monitoramento Contínuo de Emissões (CEM).....	16
7.1.1 – Sistemas extrativos:.....	16
7.1.2 – Sistemas In Situ:	17
7.3 – Métodos de medição dos parâmetros e analisadores	20
7.3.1 – Oxigênio.....	20
7.3.2 – Particulado.	21
7.3.3 – Dióxido de Enxofre	22
7.3.4 – Óxidos Nitrogênio.....	23
7.3.5 – Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos.....	24
7.4 – Calibração	24
7.5 - Representatividade e validação dos dados.....	25
8 – METODOLOGIA PROPOSTA PARA A TRANSMISSÃO DO MONITORAMENTO CONTÍNUO.	25
8.2 – Sistema MIGRIS	26
8.4 - Coleta, transmissão e armazenamento dos dados das medições.	26
8.5 - Gerenciamento do Banco de Dados.....	27
9 – CONSTATAÇÕES OBTIDAS POR MEIO DAS PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS, DE CAMPO E ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS LEGAIS.....	28
9.1 Padronização das unidades de medida	28
9.2 Correção do teor de oxigênio nos valores de concentração.....	29

9.3 Comparação entre os dados obtidos no monitoramento e os limites máximos de emissão estabelecidos legalmente:	29
9.4 Limitação de funcionamento da Infraestrutura de tecnologia do Órgão Ambiental:.....	30
9.5 Necessidades de instruções complementares a Deliberação Normativa COPAM 154	30
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	32

1 - INTRODUÇÃO

O monitoramento contínuo de emissões é foco da elaboração deste projeto, por apresentar a eficiência quanto à medição de gases em fontes estacionárias e comprovar que as fontes de emissões, objetos de licenciamento, atendem às exigências mínimas estabelecidas para atividades produtivas.

O setor cimenteiro em Minas Gerais, objeto deste estudo, apresenta grande potencial poluidor para o “ar”, pois em seu processo produtivo, utiliza os critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer.

Para tanto analisamos a Deliberação Normativa 154/10, que busca normatizar os procedimentos referentes ao licenciamento ambiental e atender o art 9, que prevê que para atividade de coprocessamento deverá encaminhar os dados de monitoramento contínuo via transmissão online para o órgão ambiental.

O presente trabalho consiste na elaboração de uma metodologia de monitoramento contínuo de emissões atmosféricas para atender a legislação do Estado e abranger todas as unidades de coprocessamento em Minas Gerais, através de uma ferramenta de gestão da informação dos dados, viabilizando um estudo técnico, e responder rapidamente aos questionamentos da população.

2 – EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Atualmente os processos industriais, veículos automotores, queimadas, dentre outras atividades antrópicas aliado às condições meteorológicas da região, contribui para a alteração e degradação do ar na medida em que são emitidos poluentes à atmosfera. Este problema de impacto significativo tem como causa, o aumento dos níveis de emissões, que de acordo com o processo produtivo,

ultrapassa os limites de poluentes fixados na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama nº382/2006, o que contribui para reflexos negativos sobre a saúde, o meio ambiente e a economia.

Na resolução Conama 03/90, que define os padrões de qualidade do ar, o poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem – estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Para tal definição, ASSUNÇÃO (1998), classifica os poluentes atmosféricos em função de sua origem: *primários*, aqueles emitidos na forma de poluentes; *secundários*, formados na atmosfera por reações químicas ou fotoquímicas com participação de dois ou mais poluentes ou com a participação de componentes próprios da atmosfera; *estados físicos* (Material Particulado, gases e vapores) e *classe química*, poluentes orgânicos e inorgânicos, que são subproduto dos processos de combustão ou de transformações de matéria prima.

Segundo a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA (2004), as fontes emissoras, com relação à forma de sua emissão podem ser divididas em dois grandes grupos: *fontes pontuais* possuem um comportamento regular, com suas características de emissão bem determinadas, exemplo, as chaminés de fontes de combustão, chaminé de secadores e outros pontos discretos de descarga de poluição, e *fontes difusas*, possuem uma natureza de comportamento mais dinâmica, estando muito sujeitas às variações operacionais e ambientais.

Estratégias possíveis para o controle da poluição atmosférica visam reduzir, coletar, capturar ou reter os poluentes antes que eles atinjam à atmosfera, pois uma vez lançados pelas chaminés à dinâmica das condições externas como pressão, temperatura, umidade, direção e velocidade dos ventos aliados aos fatores topográficos afetam diretamente a dispersão e o transporte destes poluentes.

3 – A PARTICIPAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE PARA A CONSOLIDAÇÃO DAS INDÚSTRIAS CIMENTEIRAS NO BRASIL.

O cimento é um dos mais importantes materiais a serviço da construção civil, e é o principal produto em quantidade fabricado industrialmente pelo homem. Ambientalmente a indústria cimenteira é a quarta maior consumidora de energia no mundo.

O coprocessamento é a opção mais segura para a destruição definitiva de resíduos industriais e passivos ambientais e é visto como ganho ambiental por reduzir o consumo de combustíveis fósseis. A atividade de coprocessamento está regulamentada na resolução CONAMA 264/1999, e está em vigor deste março de 2000, determinando procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental.

Minas Gerais é o maior produtor de cimento no Brasil. Em 2005, as 10 fábricas de cimento instaladas no Estado foram responsáveis pela produção de 8,8 milhões de toneladas (Exporta Minas, 2012). Em 2012, nos estudos preliminares realizados pelo Sindicato Nacional da Indústria do cimento, referente aos meses de ago/11 a jul/12, foi atingida uma meta superior a 67 milhões de toneladas, apresentando crescimento de 8,4%, onde a região sudeste contribuiu com mais de 50%. Já em 2013, as vendas de cimento cresceram mais 2,4% em relação ao ano anterior, somando 71 milhões de toneladas.

O parque cimenteiro de Minas Gerais utiliza de tecnologia e equipamentos avançados, além de ser um estado com uma maior abrangência territorial e onde se encontra as melhores reservas do país. Atualmente em Minas Gerais, encontra-se em atividade um total de 10 unidades em operação e 1 em processo de implantação. (SIAM, 2015).

Tabela 1 - Empresas cimenteiras em Minas Gerais.

Empresas	Município
Cimento Tupi S.A	Carandaí
CRH	Arcos
Empresa Cimento Liz	Vespasiano
Lafarge Holcim	Pedro Leopoldo
Lafarge Holcim	Barroso
Intercement	Ijací
CRH	Matozinhos
Lafarge Holcim	Montes Claros
Votorantim Cimentos S.A	Itaú de Minas
Intercement	Pedro Leopoldo

3.1 – Processos produtivos e tecnológicos.

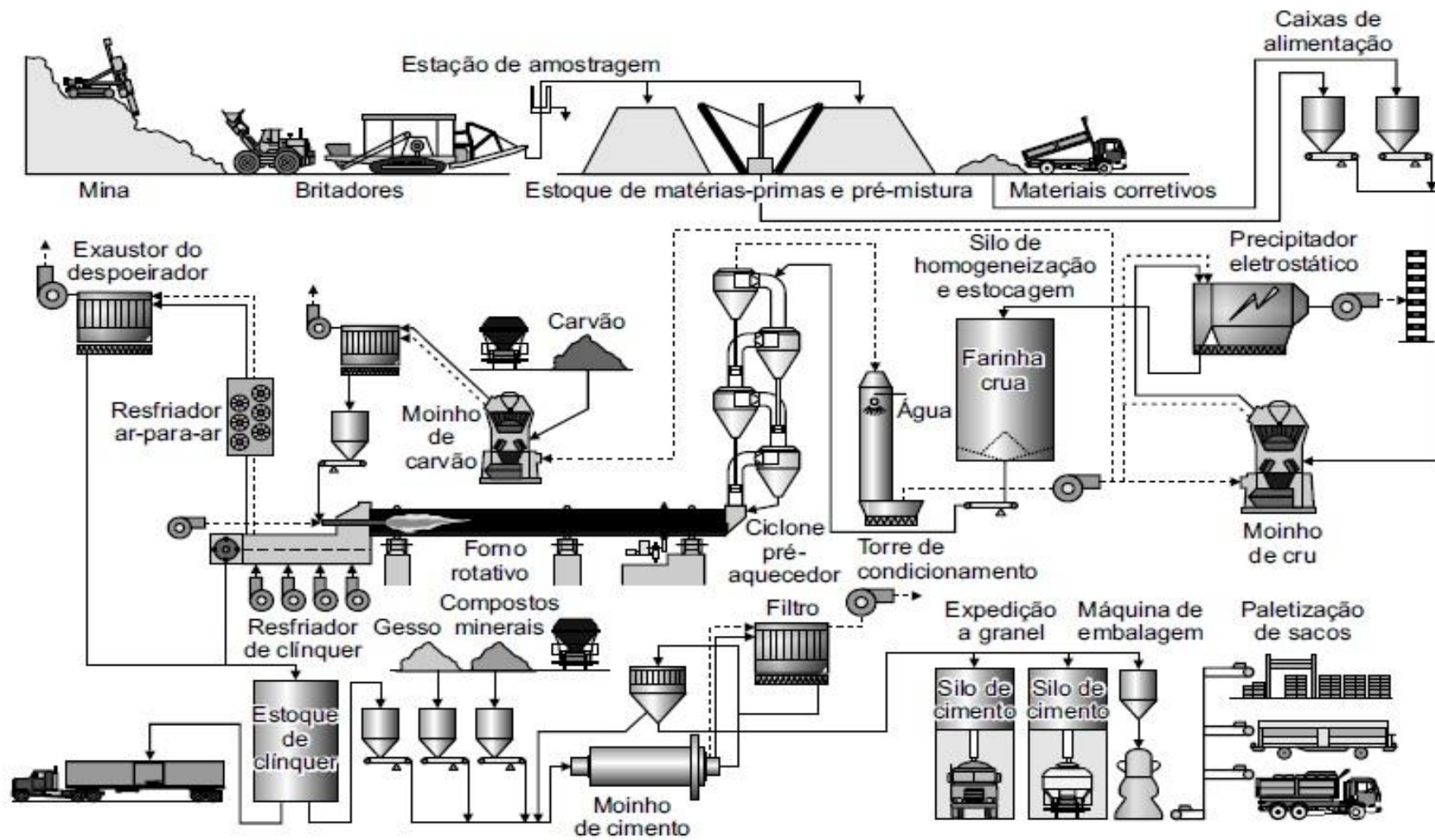
O cimento Portland é usualmente conhecido na construção civil como cimento. Na maior parte das vezes, as fábricas se localizam em áreas próximas as jazidas calcárias, onde é facilitado seu transporte. É importante observar que o calcário são rochas sedimentares que contém minerais com quantidade acima de 30% de carbonato de cálcio e compostos argilominerais, que fornece os silicatos de alumínio e ferro que irão reagir com a cal no interior do forno em elevadas temperaturas, formando o clínquer.

Etapas de fabricação e fontes de emissão de poluentes:

- Extração das matérias-primas (argila e calcário)

- Britagem das matérias-primas
- Pré – homogeneização e dosagem do cru
- Moagem do cru (farinha – mistura de argila e calcário)
- Homogeneização
- Pré-aquecimento
- Calcinação – forno (material particulado e NOx)
- Resfriamento – resfriador (material particulado)
- Moagem e adições – moinho de cimento (material particulado)
- Embalagem e expediente - Ensacadeira (material particulado)

Figura 1 - Processo de Fabricação de Cimento



Fonte: adaptado de Farenzena (1995)

Os parâmetros de combustão do processo de clínquerização, em termos de temperatura, turbulência e tempo de residência no forno rotativo, são equivalentes ao preconizados para a destruição de resíduos perigosos. No coprocessamento os resíduos perigosos se transformam em recursos, pela reutilização dos mesmos como combustíveis ou matérias-primas para a indústria de cimento (Udesc).



Figura 2 – Fotografia da fábrica de cimento MG.



Figura 3 – Interior do Forno de Clínquer.

Fonte: Infratemp.

4 – CLASSIFICAÇÕES DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Podemos classificar os poluentes em três grupos básicos: sólidas, líquidas e gasosas (Almeida, 1999). Entretanto, estas substâncias podem parecer combinadas entre si, como os sólidos e líquidos que formam particulados ou material particulado juntamente com os gasosos que podem fazer parte desta agregação. Já os gases e vapores são lançados diariamente na atmosfera por diversas fontes emissoras em condições normais de temperatura e pressão, sendo alguns poluentes identificados devido a sua alta concentração e seu

nível de toxicidade significativo, trazendo danos à saúde e o meio ambiente. Ainda de acordo com Almeida, temos os seguintes conceitos:

Poluentes Gasosos:

- Monóxido de Carbono (CO):

É um gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica, combustíveis fósseis, biomassa, etc. É emitido nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para realizar a queima completa do combustível. Em geral, é encontrado em maiores concentrações nos grandes centros urbanos, emitido, principalmente, por veículos automotores. Altas concentrações de CO. São encontradas em áreas de intensa circulação de veículos.

- Dióxido de Enxofre (SO₂):

É um gás incolor e tóxico. Sua emissão advém de fontes naturais ou por fontes antropogênicas, sendo esta por queima de combustíveis fósseis proveniente da queima do diesel, carvão e petróleo, óleo combustível industrial e gasolina e que tal emissão pode reagir com outros compostos na atmosfera, formando material particulado de diâmetro reduzido.

- Óxidos de Nitrogênio (NO_x):

São formados durante processos de combustão. Em grandes cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NO, sob a ação de luz solar, se transforma em NO₂ e tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos, como o ozônio. Dependendo das concentrações, o NO₂ causa prejuízos à saúde.

- Hidrocarbonetos (HC):

São gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis. São precursores do ozônio e um dos principais causadores de efeito estufa (metano).

- *Ozônio e Oxidantes fotoquímicos:*

“Oxidantes fotoquímicos” é a denominação que se dá à mistura de poluentes secundários formados pelas reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis. O principal produto desta reação é o ozônio, que na presença da radiação solar, NO_x e VOC's causam danos ao meio ambiente. Esses poluentes formam a chamada “névoa fotoquímica”, ou “smog fotoquímico” - formação de neblina composta por poluição, vapor d' água e compostos químicos.

Poluentes sólidos e líquidos

- *Material Particulado (MP):*

É uma mistura de partículas constituída de poeiras espessas, finas, fuligem, aerossóis, e todo tipo de material que se mantém suspenso na atmosfera e pode ser classificado de acordo com variabilidade de seu tamanho. Suas fontes de emissão são queima de combustíveis tanto veículos automotores movidos a combustível fóssil, aquecedores, lareiras e caldeiras, processos industriais devido a uma combustão incompleta, queima de biomassa e ressuspensão de poeira do solo, dentre outros;

Além destes poluentes a Environment Protection Agency – EPA regula as emissões de compostos orgânicos voláteis (COV's) em seu programa de estabelecimento de padrões. Estes poluentes são os precursores do ozônio sendo emitidos dos motores dos veículos na fase de distribuição de combustíveis, em fábricas químicas e de uma grande variedade de processos industriais onde se utiliza solvente como matéria-prima (EPA, 1999).

5 – LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS E OS PARÂMETROS EXIGIDOS.

A legislação ambiental propõe regulamentar os limites de emissão de poluentes e da degradação da qualidade do ar tornando-o mais restritivos para fontes fixas. Tem por finalidade estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle das fontes pontuais - para a não degradação da qualidade do ar - e

delibera normas e padrões compatíveis com os processos produtivos. No Brasil a agência reguladora é o CONAMA e a resolução vigente é a resolução 382/2006, que estabelece como prioritário o controle da poluição atmosférica pelos padrões de emissão de poluentes, reservando o uso de padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.

Os empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente, listados na Conama 74/2004, são enquadrados em seis classes que conjugam o porte e o potencial poluidor ou degradador do meio ambiente. O setor cimenteiro, objeto deste estudo, apresenta classe 6, grande potencial poluidor para o “ar”, pois em seu processo produtivo, utiliza os critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer. Para efeito de complementação destas diretrizes, a resolução CONAMA N°264/1999, estabelece que, os limites de emissão dos poluentes poderão ser mais restritivos, a critério do órgão ambiental local, em função dos seguintes fatores: capacidade de dispersão atmosférica dos poluentes, considerando as variações climáticas e de relevo locais ou a intensidade de ocupação industrial e os valores de qualidade de ar da região; os limites de emissão para parâmetro SO_x e NO_x deverão ser afixados pelos órgãos ambientais competentes considerando as peculiaridades regionais; deverão ser monitorados de forma contínua os seguintes parâmetros: pressão interna, temperatura dos gases do sistema forno e na entrada do precipitador eletrostático, vazão de alimentação do resíduo, material particulado (através de opacímetro), O₂, CO, NO_x, e /ou THC quando necessário.

No art. 1 da resolução Conama 382/2006, estabelece os limites máximos de emissão fixados por poluentes e por tipologia de fonte. A indústria do Cimento Portland consta no anexo XI desta resolução, estabelecendo os limites de emissão por fonte mesmo nas que houver o coprocessamento. Todas as fontes provenientes do processo de fabricação do cimento podem emitir até 50mg/Nm³, em base seca e com teor de oxigênio definido para cada fonte.

Tabela 2 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de produção de cimento.

Equipamentos	MP*	Óxidos de Nitrogênio (expresso como NO2)
Fornos	50(1)	650(3)
Resfriadores	50	N.A
Moinhos de Cimento	50	N.A
Secadores de Escória e de areia	50(2)	N.A
Ensacadeiras	50	N.A

*Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e com o teor de oxigênio definido para cada fonte.

(1) – Teor de oxigênio-11%; (2) – Teor de oxigênio – 18%; (3) – Teor de oxigênio – 10%; N.A – Não aplicável.

Tabela 3 – Fontes Instaladas ou com licença de instalação requerida antes 2 de Janeiro de 2007 - Resolução Conama 436/2011

Equipamentos	MP*	Óxidos de Nitrogênio (como NO2)
Fornos de clínquer sem coprocessamento	50 ^{(1) (4)}	1000 ^{(3) (4)}
Fornos de clínquer com coprocessamento	50 ^{(1) (4)}	800 ^{(3) (4)}

*Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e com o teor de oxigênio definido para cada fonte.

(1) Teor de Oxigênio – 11%; (2) Teor de Oxigênio – 18%; (3) Teor de Oxigênio – 10%; (4) Para fornos de clínquer via úmida e via semiúmida (vertical) os valores de emissão serão definidos pelo órgão ambiental licenciador.

O Conselho de Política Ambiental – COPAM, criado em 1977, é um órgão normativo, colegiado, consultivo e deliberativo, subordinado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. Tem por finalidade deliberar sobre diretrizes, políticas, normas regulamentares e técnicas, padrões e outras medidas de caráter operacional, para preservação e conservação do meio ambiente e dos recursos ambientais, bem como sobre a

sua aplicação pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, pelas entidades a ela vinculadas e pelos demais órgãos locais.

5.1 – Deliberação Normativa Copam nº 187, de 19 de setembro de 2013.

Estabelece condições e limites máximos de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Considerando que a poluição tem que ser controlada, recuperada e preservada desde a sua emissão vinda da fonte, a redução destes poluentes emitidos na atmosfera irá partir do princípio da prevenção à poluição.

No anexo VIII, estabelece LME para indústria de cimento. Na diretriz institui o tempo de desligamento do eletrofiltro do forno de clínquer; sistema de controle de emissões cuja operação e desempenho não sejam afetados pela presença de monóxido de carbono ou de outras substâncias presentes nos gases de forma a assegurar o atendimento ao LME para Material Particulado; diretrizes para coleta e análise especificadas nos anexos XVIII e a frequência de amostragem no programa de automonitoramento.

Tabela 4 – LME para a indústria de Cimento.

Condições e LME (mg/Nm³, base seca, correção do teor de O₂)

Atendimento	Fonte	MP	Nox
Fontes existentes:	Forno de clínquer autorizado a realizar coprocessamento de resíduos	50 (11% de O ₂)	Fonte Nova: 450 (11% de O ₂) Fonte existente: 730 (11% de O ₂)
MP ⁽¹⁾			
NOX ⁽²⁾	Forno de clínquer não autorizado a realizar coprocessamento de resíduos	50 (11% de O ₂)	Fonte Nova: 650 (10% de O ₂) Fonte Existente: 1000 (10% de O ₂)
Fontes Novas ⁽³⁾:	Resfriador de Clínquer	50	NA
	Moinho de cimento	50	
	Ensacadeira	50	
	Moinho de combustível	50	
	Outras fontes ⁽⁴⁾	50	

(1) Indústrias ou fontes cujo início de instalação tenha ocorrido antes de 2 de Janeiro e 2007, bem como aquelas cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data. Atendimento ao prazo para MP até 26/12/2018, exceto para fornos de clínquer autorizados a realizar coprocessamento de resíduos nos termos DN COPAM nº 154/10.

(2) Prazo de atendimento até 26/12/2016, exceto para fornos de clínquer autorizados a realizar coprocessamento de resíduos nos termos da DN COPAM 154/10.

(3) Indústrias ou fonte cujo início de instalação tenha ocorrido antes de 2 de Janeiro de 2007, excluídas aquelas cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data

5.2 - Padrão de Emissão DN COPAM n° 154 / 2010

A Deliberação Normativa 154/10, dispõe sobre o mecanismo de coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer, buscando normatizar os procedimentos referentes ao licenciamento ambiental de co-processamento de resíduos sólidos, líquidos ou semi-sólidos, de classe I e classe II. Fica estabelecido o monitoramento contínuo de Material Particulado, NOx, SOx, O2 e THC, respeitando os anexo I para limites de emissão atmosférica.

Tabela 5 - Padrões de Emissão

Parâmetro	Concentrações
HCl	1,8K/h ou 99% de remoção de HCl para resíduos que contenham mais de 0,5% de Cloreto
HF	5mg/Nm ³
CO	100 ppm, corrigido a 11% de O2, exceto quando o THC for inferior a 20 ppmv, desde que não seja ultrapassado o limite superior de 500 ppm, corrigido a 11% de O2.
SOx – medido como SO2	280 mg/Nm ³ corrigido a 11% de O2, exceto quando o enxofre for proveniente da matéria-prima. Nesses casos, o limite máximo se baseará no valor de SOx, calculado da seguinte forma: Para um teor de até 0,2% de SO3 na farinha; 400mg/Nm ³ , expresso como SO2; Para um teor entre 0,2% e 0,4% de SO3 na farinha, conforme a fórmula: 400mg/Nm ³ +(%SO3-0,2). 400 mg/Nm ³ , expresso como SO2; Para um teor acima de 0,4% de SO3 na farinha: 1200 mg/Nm ³ , expresso como SO2
NOx – medido como SO2	450 mg/Nm ³ corrigido a 11% de O2 – Para fontes novas; 730 mg/Nm ³ corrigido a 11% de O2 – Para fontes existentes (DE – 2000/76/EC)
Material Particulado	
Total (fontes existentes)	50 mg/Nm ³ corrigido a 11% de O2.
THC	20 ppmv a 7%, medido como propano.
Tolueno, Etibenzeno, Xileno.	100 mg/Nm ³ , para fluxo de massa maior ou igual a 100 g/h (verificar TA Luft)
Benzeno	20 mg/Nm ³ , para fluxo de massa maior ou igual a 100 g/h (verificar TA Luft)

Fonte: COPAM n° 154/10

Nesta mesma resolução, é apresentado no art 9º, os parâmetros MP, NOx, SOx, O2, e THC que deverão ser monitorados continuamente e transmitidas

através do envio “on-line” para o órgão ambiental competente. Porém nos estudos técnicos para embasar esta resolução, identificamos a falta dos parâmetros complementares tais como pressão, temperatura e vazão, pois entendemos que estas variáveis, podem ou não interferir no processo produtivo ou no produto, alterando a qualidade, a produtividade ou deixando o processo inseguro. É necessário medir estes parâmetros, pois irão servir de referência para a medição dos poluentes.

6 – COMBUSTÍVEL E ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO DO CIMENTO.

A indústria de cimento é uma indústria de consumo intensivo de energia. Os combustíveis convencionais ou fósseis atualmente utilizados pela indústria de cimento para fabricação do clínquer são: Coque de petróleo; Carvão Mineral; Carvão vegetal; Óleos combustíveis; e Gás natural.

Figura 4 - Combustíveis para o coprocessamento.



Fonte: ABCP

Parte do combustível principal pode ser substituída por combustíveis alternativos. Tais como: Moinha de carvão vegetal; Pneus inservíveis; Resíduos de madeira; Resíduos industriais, agrícolas e urbanos, possíveis de serem coprocessados. A escolha de um determinado tipo de combustível se faz em função do seu custo, de sua disponibilidade no mercado e fatores

técnicos como temperatura de chama, poder calorífico inferior, composição químicas elementares e constituintes que não afetem a qualidade do clínquer e conseqüentemente do cimento.

O combustível mais utilizado atualmente pelas cimenteiras brasileiras é o coque de petróleo, substituindo combustíveis convencionais tradicionais no setor, como óleo combustível e o carvão mineral. A partir de meados da década de 70, houve um aumento considerável no custo destes combustíveis em consequência da crise do petróleo. Desde então, o setor cimenteiro vem desenvolvendo novas tecnologias, com o propósito de reduzir o consumo de energia e substituir os combustíveis convencionais por outro de menor custo (PAULA, 2009).

Determinados resíduos podem substituir parcialmente as matérias-primas do processo, desde que apresentem características similares às dos componentes normalmente empregados na produção de clínquer, incluindo-se neste caso, resíduos que contenha substâncias com características de mineralizadores e fundentes. Os resíduos são destruídos no forno rotativo de produção de clínquer, no qual a temperatura na entrada é da ordem de 1200°C e a temperatura de chama chega a 2000°C.

O emprego de resíduos como combustíveis alternativos complementares na indústria de cimento é visto como um ganho ambiental e uma forma viável de reduzir o custo de produção do cimento. O seu uso permite a redução do consumo de combustíveis fósseis, conserva os recursos naturais e fornece uma maneira ambiental sadia para o seu tratamento, ajudando a diminuir o passivo ambiental existente. A indústria cimenteira é incentivada a processá-los, pois ao invés de pagar pelo seu suprimento, ela passa a ter uma receita extra pela destinação final destes resíduos.

A atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer para fabricação de cimento é regulamentada através da resolução CONAMA 264, de 26 de Agosto de 1999, e está em vigor desde Março de 2000, onde são

definidos os procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental.

O objetivo principal de desenvolver uma metodologia é conferir um caráter lógico e sequencial, que, via de regra, deve ser sempre considerado em implantação de sistemas de monitoramento de poluentes. Ou seja, a sistematização de uma sequência possibilitará o dimensionamento objetivo e com melhor custo benefício, pois serão implantados monitores adequados somente naquelas fontes onde realmente serão necessários. Outro aspecto refere-se à variedade de processos, com características diferentes, levando a crer que os diversos princípios de medição dos monitores contínuos nem sempre atenderão a todos os processos.

6.1 – Sistemas de controles ambientais, variáveis atmosféricas e legislação aplicável.

Uma unidade de produção de cimento origina um conjunto de efluentes para o ambiente. As emissões atmosféricas resultam de produtos da combustão, da suspensão da matéria prima e produto final, da evaporação de compostos voláteis e semivoláteis durante o aquecimento, calcinação e sinterização, e da formação de novos compostos. Numa cimenteira, principalmente em unidades a funcionar pela via seca, o principal problema de emissões está relacionado normalmente com a presença de elevadas concentrações de partículas de pó de cimento, ou matéria prima, nos gases de saída do sistema. Assim o maior investimento efetuado pela indústria cimenteira no controle de efluentes é aplicado na remoção de partículas (Lopes, 2012).

Tabela 6 - Principais poluentes perceptíveis no processo de produção e suas fontes.

Poluente	Origem
NOX	Reação do N ₂ atmosférico com o Oxigênio, na chama (NO- térmico) e pela oxidação de compostos azotados presentes no combustível (NO – combustível).
SOx	Produzido a partir da oxidação do enxofre presente no combustível;
CO₂	Produção do clínquer a partir da matéria prima (calcinação dos carbonatos) e da oxidação completa do combustível.
Compostos orgânicos Voláteis (COV)	Compostos orgânicos presentes na matéria-prima
CO	Combustão incompleta da matéria –prima e do combustível
Metais	Matéria – prima
Material Particulado	Poeira proveniente das várias unidades de produção de cimento.

A Deliberação Normativa DN COPAM n° 74/2004 obriga o licenciamento ambiental da atividade de fabricação de cimento ao listá-la no código B-01-05-8, por considerar que a indústria cimenteira provém de um processo de emissão de efluente atmosférico intenso devido sua produção e por representar um alto potencial poluidor/degradador. Sendo assim, muitas indústrias investem em sistemas de controles alta performance, capazes de minimizar os impactos ambientais representados em seu entorno e garantem o atendimento aos padrões preconizados pelas legislações ambientais vigentes.

As características dos materiais nas distintas fases permitem que algumas contenções de materiais particulados sejam feitas a úmido, isto é, com aspersão d'água nos pontos de geração. Assim, apresentamos abaixo as fontes de geração que podem ser controladas com aspersão de água sem prejuízo ao processo.

Tabela 7 - Sistema de controle dos equipamentos

Contaminantes	Poluente	Sistema de Controle
Britadores	Finos de calcário	Aspersão fixa de sprays d'água
Pátios e vias internas	Poeiras fugitivas	Aspersão d'água e móvel (caminhões pipa)
Pilhas de matérias-primas	Finos	Aspersão d'água fixa com ou sem adição de tensoativos, por canhões.
Pilhas de combustíveis sólidos	Finos	Aspersão d'água fixa com ou sem adição de tensoativos, por canhões.

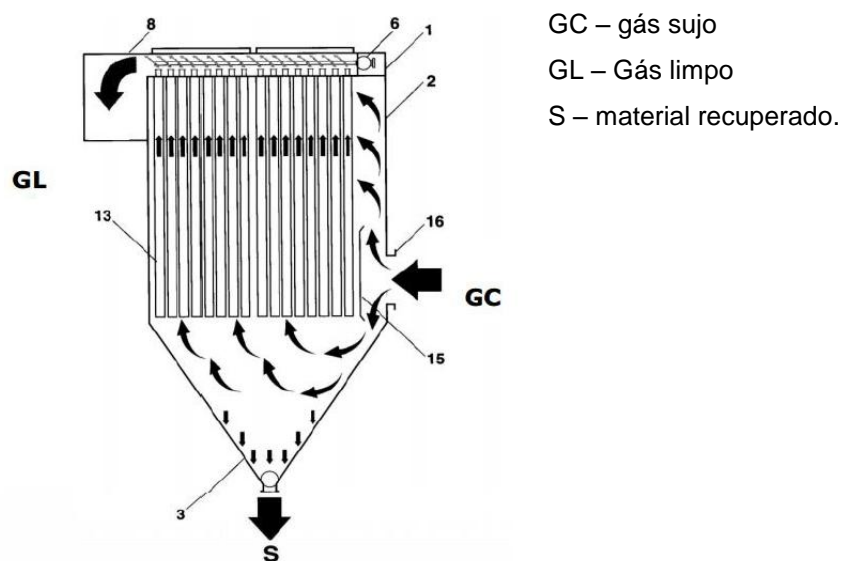
A escolha do tipo de sistema de controle ambiental a ser implantado é de responsabilidade do empreendedor e do consultor/projetista, que deverá instalar equipamentos de controle para obedecer aos padrões de emissão da DN COPAM nº 011/1986, que relaciona na DN COPAM nº 02/1992, os padrões de acordo com o tipo de combustível e/ou produto fabricado, dependendo da fonte avaliada ou aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 382/2006, quando estes últimos forem mais restritivos.

De acordo com o artigo “Controle da poluição atmosférica: Metodologia de controle da poluição atmosférica” elaborado por Henrique de Melo Lisboa e Waldir Nagel Schirmer, podemos classificar os sistemas de controle em dois grupos, coletores a seco, onde sua eficiência é superior a 99% de retenção dos particulados presentes nos gases, e constituem por: câmara de sedimentação gravitacional, ciclones, filtro de tecido – manga e envelope, precipitadores eletrostáticos, e o coletor úmido que são os lavadores.

O filtro de manga/tecido é um sistema de filtragem onde as partículas contidas na mistura de gás são retidas pelo tecido. Os mecanismos envolvidos na coleta de partículas em filtros de tecido são principalmente a impactação inercial, a

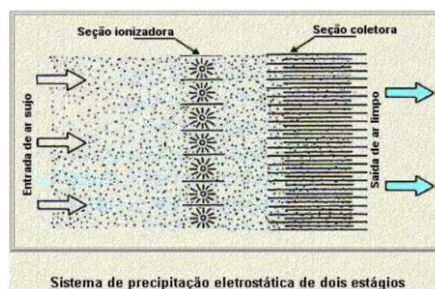
difusão, a atração eletrostática e a força gravitacional e secundariamente, a intercepção. Em uma planta cimenteira, em seu processo produtivo, os filtros de manga são utilizados nos seguintes equipamentos: moinho cru, moinho de combustíveis sólidos, moinho de cimento, forno de clínquer, resfriador de clínquer, silo de clínquer, silo de cimento, ensacadeiras, e carregamento a granel.

Figura 5 - Princípio do Filtro de Manga



O mecanismo de coleta dos precipitadores eletrostáticos é a força elétrica para o processo de despoejamento dos gases do forno de clínquer. O processo deste sistema de controle diminui a temperatura dos gases a uma faixa na qual é obtida maior eficiência do filtro. A seguir as partículas sólidas e/ou líquidas são carregadas eletricamente pelo bombardeamento dos íons gasosos ou elétrons para a polaridade oposta, descarregando sua carga, ficando coletada.

Figura 6 - Princípio do precipitador eletrostático



Os eletrofiltros podem ser utilizados nos equipamentos: moinho de cru ou moinho de farinha, moinho de cimento, forno de clínquer, resfriador de clínquer.

7 – MONITORAMENTO CONTÍNUO PARA A GESTÃO DE INFORMAÇÃO DOS EFLUENTES ATMOSFÉRICOS.

A emissão e contaminação atmosférica são consideradas um dos problemas com impactos significativos para a sociedade que visa o crescimento tecnológico e econômico, porém isto não é um caso recente. Os primeiros indícios de contaminação estão datados em 1272 em Londres, com o aumento de fumaça causado pela combustão do carvão.

Em 1960 para o monitoramento de emissões gasosas, partiu-se da aplicação de analisadores de qualidade do ar, para concentrações significativamente maiores, porém não obtiveram sucesso devido à necessidade de diluir-se à amostra, diminuindo a eficiência em seus resultados. Na década 70, considerou-se a 1ª geração o sistema extrativo com a utilização de analisadores fotométricos infravermelhos e ultravioletas, que tinha como princípio a retirada da amostra do duto ou chaminé que era conduzida automaticamente para um analisador. Porém não era confiável, pois os resultados finais levavam a erros (Abreu & Melo).

A 2ª geração de medidores são os chamados sistemas “in-situ”, padrões de alta performance que utiliza sistemas óticos de monitores de opacidade desenvolvidas na Alemanha, e técnicas luminescentes de medição desenvolvidas nos EUA. São sistemas remotos de monitoramento contínuo, que dispensam qualquer tipo de interferência na fonte, realizando as medições à longa distância diretamente na pluma pelas chaminés (Abreu & Melo).

Em 1990, a EPA (Environmental Protection Agency) estabeleceu normas e métodos de medição para fontes estacionárias de emissão, chamadas de NSPS (New Source Performance Standards), onde limitam as emissões de material particulado e gases poluentes tais como SO₂ e NO_x, exigindo que o empreendimento instale equipamentos de redução dessas emissões.

A EPA estabelece na NSPS métodos para medição de concentração dos poluentes nessas fontes regulamentadas, sendo divididas em método de referência EPA (medições pontuais) e analisadores (medições contínuas), da qual permite conhecer níveis de emissões em todas as condições de operação possíveis na fonte (Quimitron).

7.1 – Monitoramento Contínuo de Emissões (CEM)

O monitoramento contínuo de emissões trouxe novas formas de medição que utiliza métodos espectroscópicos e outras tecnologias para determinar continuamente a emissão de poluentes na chaminé. O sistema de controle das emissões produzidas por focos fixos de maneira contínua são conhecidos por sua sigla em inglês: C.E.M (Continuos Emission Monitoring), ou monitoramento contínuo de emissões (Araujo,2009).

No sistema CEM, normalmente tem uma série de requisitos quanto à medição de gases que devem ser atendidos pela legislação e que costumam incluir: medir a concentração de uma série de gases poluentes (CO₂, SO₂, NO_x, etc.); medir um gás que serve como fator de diluição – normalmente O₂ – e recalcular as concentrações baseadas na correção por esse fator; apresentar os resultados de análise em base seca; ter uma forma de comprovar periodicamente o correto funcionamento do sistema – normalmente através da injeção automática de gases padrões; ter uma disponibilidade alta – o que implica em robustez dos componentes empregados.

Podemos definir dois sistemas de CEMS: In Situ – transversal e de ponta; e Extrativo – convencional e por diluição.

7.1.1 – Sistemas extrativos:

Os sistemas extrativos “extraem” a amostra de dentro da chaminé e conduz a um sistema analítico onde a amostra é condicionada pelos analisadores, que

por sua vez utiliza de injeção de gases de referencia permitindo a verificação de calibração. Os gases a serem medidos dependendo da condição específica relativo ao processo (caldeira, forno, incineradores, etc.) e do combustível utilizado, tem uma composição constituída de CO₂, N₂, O₂ e vapor de água, dos quais nenhum é considerado poluente, mas dependendo da eficiência da queima as concentrações passam a ser CO,SO₂,NO_x, etc. Além desses gases podem existir presença de particulado(fuligem). Os gases são quentes, temperaturas ao redor de 200°C (Globaltek).



Fonte: ISA – Vale do Paraíba, Brigatti, 2012.

Certos cuidados no transporte da amostra para que ela não perca sua representatividade, inclui verificações quanto à extração do particulado. Por apresentar uma característica abrasiva, corrosivo ou “pegajoso”, a filtragem do particulado é a solução, porém pode entupir filtros, resultando na necessidade constante de manutenção. É necessário garantir que a água não condense evitando o aspecto de “lama”, entupindo filtros, válvulas e linhas de amostragem. Alguns gases são ácidos, sendo, portanto, necessário usar materiais que resistam a um eventual ataque ácido. Em qualquer medição extrativa, o vapor de água deve ser eliminado, a amostra de gás deve estar livre de material particulado e amostra deve ser resfriada antes de entrar no analisador a fim de garantir o funcionamento correto do mesmo.

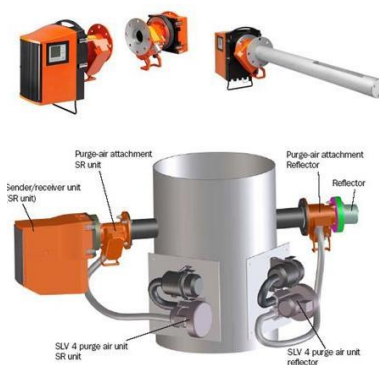
7.1.2 – Sistemas In Situ:

Nos sistemas in situ, os gases são analisados dentro da chaminé. Um CEM é um sistema complexo, caro de se implantar, caro de se manter, mas necessário no monitoramento contínuo de grandes fontes de emissão poluidora. A vantagem deste sistema é que a medição é totalmente representativa, pois o gás não sofre nenhuma ação externa que possa deturpar a sua medição, além de monitorar gases como CO, CO₂, SO₂, NO_x e material particulado em diversas faixas de concentração ainda dependendo da aplicação pode-se também medir HCL, Hg, CL₂, hidrocarbonetos dentre outros. Dentro das técnicas de medição in situ, existem duas implementações diferentes, a medição transversal e a outra é a medição de “ponta” (Globaltek).

Na medição transversal, uma luz é gerada em um transmissor de um lado da chaminé. O feixe de luz atravessa a seção transversal da chaminé até chegar num receptor do outro lado. Durante esse percurso, o gás em questão absorve a luz, fazendo com que a energia que chega ao receptor não seja igual a que saiu do transmissor. Embora pareça uma situação ideal, existem fatores que podem influenciar na medição do gás. Por exemplo: a presença de particulado pode espalhar a luz ou mesmo absorvê-la, afetando a medição. A medição obtida também é de base úmida – é necessário medir a quantidade de vapor de água presente na chaminé para compensar a medição. Isso poderia implicar na necessidade de mais um instrumento de análise. Variações na temperatura e pressão dentro da chaminé também podem afetar a medição.

Sistemas In Situ

→ Analisadores In-Situ



Fonte: ISA – Vale do Paraíba, Brigatti, 2012.

O sistema in situ de “ponta”, diferentemente do que o in situ transversal, que “enxerga” o gás em toda a seção transversal da chaminé (eliminando qualquer efeito de estratificação dos gases no interior da chaminé), o in situ de ponta enxerga apenas uma seção pequena (um ponto) do interior da chaminé (Globaltek).

A fim de regulamentar o monitoramento de emissões em fontes fixas, a resolução CONAMA (2006), determina que o monitoramento de emissões poderá ser realizado por métodos descontínuos ou contínuos, em conformidade com o órgão ambiental. O monitoramento contínuo é válido nas seguintes condições:

- Deve estar sendo monitorado em pelo menos 67% do ano
- A média diária será válida quando houver monitoramento em pelo menos 75% do dia;
- O limite de emissão é atendido quando 90% das médias diárias atendem ao limite, e o restante não esteja acima de 130% do limite da emissão.

Métodos de medição

Sistemas Extrativos	Sistemas In-Situ.	
Gases	Gases	Material particulado
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotometria de absorção: - Espectrofotometria; - Absorção diferencial; - Correlação gás/filtro; - Transformada de Fourier • Luminescência: - Fluorescência; - Quimiluminescência; - Fotometria de chama. • Eletroanalítico: - Polografia; - Potenciometria; - Eletrocatálise. - Paramagnéticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pontual: - Espectroscopia de absorção; - Eletroanalítico - Polarografia; - Eletrocatálise • Linear: - Espectroscopia de absorção - Absorção diferencial; -Correlação gás/filtro 	<ul style="list-style-type: none"> • Pontual: - Backscattering; -Transferência de carga; - Atenuação nuclear. • Linear: -Absorção e dispersão da luz.

7.3 – Métodos de medição dos parâmetros e analisadores

As técnicas aplicadas aos analisadores nos sistemas contínuos possuem alto grau de precisão, com representatividade de amostras fidedignas ao processo de queima. Para tanto os métodos de medição empregado em cada parâmetro são:

7.3.1 – Oxigênio.

Para a determinação do conteúdo de oxigênio de uma corrente de gases emitida por uma chaminé são utilizados basicamente dois métodos: Sonda de óxido de zircônio inserida na chaminé e Célula paramagnética.

A medição por sonda de óxido de zircônio está incluída dentro dos métodos eletrocatalíticos. Neste caso, os analisadores são células de concentração eletrolítica.

Quando o óxido de zircônio - coberto com uma fina camada de platina - aquecido a 850 °C permiti a fina camada de platina catalisar o Processamento, permitindo que o oxigênio “deslize” pela estrutura como íons O₂ até atingir o outro lado. Esse “deslizamento” ocorre porque os íons de zircônio formam um cristal relativamente perfeito no material, enquanto que o oxigênio não, originando partes ocas na estrutura. Os íons de oxigênio migram para o eletrodo no lado da amostra da célula, cedem elétrons ao eletrodo e emergem como moléculas de oxigênio. O Processamento continua até que a concentração em ambos os lados da célula se iguale (Quimitron, 2000).

No caso da medição pela célula paramagnética, é uma técnica que baseia no efeito do oxigênio sobre um campo magnético permanente. Consiste de uma balança de torção composta por uma cúpula de vidro suspensa no campo magnético não-uniforme. Não utiliza sistema de calibração de gás, de modo que a luz se reflete em um pequeno espelho contra um detector, modificando o comportamento das moléculas de oxigênio. Devido a esta alteração aparecem pressões parciais de oxigênio diferentes, o que move a cúpula que é alimentada por um fio de platina que rodeia a cúpula criando um contador

eletromagnético. A quantidade de mudança de posição da cúpula é relativa à concentração de oxigênio presente na corrente de gases (Quimitron, 2000).



Fonte: ZELL Ambiental
Óxidos de Zircônio – Sistema In Situ



Fonte: GE Measurement & Control
Analisador Paramagnético

7.3.2 – Particulado.

Para medição do material particulado os métodos empregados para determinar a emissão na chaminé são: Amostragem isocinética automática ou manual e Opacidade.

Na amostragem de partículas o método é a isocinética, onde a velocidade de aspiração devesse ser de mesma proporção à velocidade da chaminé. Para tanto, o sistema deverá estar constituído de um conjunto de tubos, sondas, bomba de vácuo, termopares entre outros sensores, de modo a diminuir os riscos de erros analíticos da medida do MP. No método de opacidade existem duas técnicas principais: Laser e Luz visível. Comparando as duas podemos verificar que, a radiação laser, por ser monocromática é estável, e sua intensidade não varia com o tempo e nem é afetada pelas condições ambientais.

Amostrador Isocinético



Fonte: Emiatec

7.3.3 – Dióxido de Enxofre

Em geral, a técnica mais utilizada em sistemas extrativos para analisar o dióxido de enxofre é a do Infravermelho não dispersivo (NDIR) são sistemas cujo princípio baseia-se na absorção da luz que ocorre durante um determinado comprimento de onda, na região infravermelha. São chamados espectrofotômetros, pois a luz emitida varia muito pouco quanto ao comprimento da onda, apenas na faixa cujo pico coincide com absorção espectral da molécula. Uma fonte de luz infravermelha é filtrada para um determinado comprimento de onda, em direção a duas moléculas, a de referência e a da amostra. A célula de referência possui o elemento que se deseja analisar. Com isto, a luz que sai da célula da amostra possui menos energia que a de referência, as quais são detectadas, e cuja razão fornece a transmitância, que é proporcional à concentração do elemento na amostra (Abreu; Melo).



Fonte: Analisador contínuo de gases AO2000 ABB



Linha URAS 26 - Fotômetro de processo de NDIR - ABB

Os analisadores por espectrometria de infravermelhos foram desenvolvidos para a detecção e medição de moléculas heteroatômicas, tais como SO₂, CO, NO, HCl, CO₂, assim como de hidrocarbonetos.

7.3.4 – Óxidos Nitrogênio.

Para a medição de óxidos de nitrogênio, os métodos mais utilizados em sistemas extrativos são os de Quimiluminescência e de infravermelhos não-dispersivos. A Quimiluminescência ocorre quando é gerada luz em uma reação química. É o que acontece quando o NO e o ozônio reagem, é gerada uma radiação infravermelha na faixa de 500 a 3.000 nm e quando é determinada a concentração de oxido nítrico esta faixa varia de 600 e 900 nm.

O NO produzido reage então com o ozônio e a Quimiluminescência é medida para fornecer a leitura total de Nox (NO + NO₂).



Fonte: JCTM modelo Serinus 40

As diferenças entre analisadores podem ocorrer, por exemplo, na fonte de ozônio. Assim, existem analisadores que incorporam como opcional um gerador de ozônio por radiação ultravioleta, outros tornam obrigatória a utilização de cilindros de gases, etc. Em sistemas no local, sejam do tipo que forem normalmente são utilizadas técnicas espectroscópicas de medição para a medição dos óxidos de nitrogênio. Sejam elas Espectroscopia de Absorção Diferencial ou Espectroscopia de Correlação de Filtro de Gases (Quimitron).

7.3.5 – Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos

Em geral, a técnica mais utilizada em sistemas extrativos para analisar o dióxido de enxofre e hidrocarbonetos é a de Infravermelhos não-dispersivos.

Em sistemas no local, sejam do tipo que forem normalmente são utilizadas técnicas espectroscópicas de medição para a medição do CO, tanto a Espectroscopia de Absorção Diferencial como a Espectroscopia de Correlação de Filtro de Gases (Quimitron).

7.4 – Calibração

Procedimento para se verificar a eficácia, rotina, manutenção, precisão e qualidade dos dados entregues pelos CEM ao longo do período do monitoramento. O equipamento de monitoramento de MP e os CEM para poluentes gasosos devem ser calibrados, com instrumentos de chamadas de alarme, verificações periódicas de vazamento zero e span utilizados de referência, de acordo com os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes. Na ISO 9096 e ISO 12141, a calibração deve ser feita utilizando um método Padrão de Referência (SRM) em paralelo com CEM para poluentes gasosos.

Rotinas de manutenção devem incluir verificação de pontos de amostragens (pre-filtro), sistema de tratamento de gases, dispositivos de análise e auxiliares,

e substituição de peças usadas (peças substitutas devem estar disponíveis na fábrica) de acordo com as recomendações do fabricante.

Os intervalos de manutenção devem incluir verificações de pontos de amostragem, sistema de tratamento de gases, dispositivos de análises e auxiliares e substituição de peças. A manutenção de equipamentos CEM deve ser realizada de acordo com as recomendações/ especificações do fabricante e os instrumentos devem ser verificados rotineiramente, além de uma equipe treinada para manuseio dos analisadores.

7.5 - Representatividade e validação dos dados

O processo de validação dos dados compara emissões monitoradas no forno e a representatividade e comportamento dos poluentes ao longo de meses e anos, respeitando as legislações, passível de normas adicionais, estabelecidos pelo órgão ambiental licenciador. O processo de garantia de qualidade deve ser implantado para as medições contínuas e descontínuas e avaliar a coerência dos dados. Valores de concentração ou vazão específica ou fatores de emissão fora do intervalo normal.

8 – METODOLOGIA PROPOSTA PARA A TRANSMISSÃO DO MONITORAMENTO CONTÍNUO.

A elaboração deste projeto veio como proposta a atender a Deliberação Normativa 154 de 2010, art 9, que prevê que os empreendimentos com atividade de coprocessamento deverá implantar monitoramento contínuo com encaminhamento online dos parâmetros para o órgão ambiental. Para tanto listamos as empresas cimenteiras para compor a rede de transmissão do monitoramento contínuo de emissões em Minas Gerais. Através de visitas técnicas abordamos o processo da matéria prima, a eficiência dos fornos rotativos, a utilização do co-processamento como combustível para alto forno, a chegada das medições das concentrações de gases e material particulado via

Datalogger e as especificações dos equipamentos quanto a validade e calibração, para não haver interferência em seus resultados.

A partir daí, desenvolvemos uma metodologia de padronização dos dados obtidos em dataloggers de monitoramento contínuo e sistemas de transmissão online, confrontamos os formatos dos dados obtidos com os formatos aceitos pelo software gerenciador de banco de dados e cadastramos as entidades monitoradas no banco de dados do Centro Supervisório da GESAR. Estabelecemos o fluxo de transmissão online e executamos testes “piloto”.

8.1 – Sistema SIA-Atmos

Aplicativo desenvolvido e comercializado pela empresa Ecosoft. É uma ferramenta de gestão ambiental, incluindo a gestão de sistemas da qualidade propriamente ditos, sistemas ou planos de monitoramento ambiental e gestão de resíduos e subprodutos. Para este projeto, o sistema SIA, por possuir um sistema de banco de dados, nos permitiu caracterizar cada fonte emissora com suas especificações técnicas e correlacionar com as legislações vigentes, acompanhando a transmissão dos dados de monitoramento contínuo, de forma eficaz para o supervisor emissões.

8.2 – Sistema MIGRIS

O MIGRIS é um software integrador de sistemas de informação, que trabalha continuamente para alimentar automaticamente o banco de dados do SIA ATMOS, a partir do sistema de coletas de dados de redes automáticas de monitoramento ambiental, CEMS, banco de dados de sistemas diversos, dentre outras.

8.4 - Coleta, transmissão e armazenamento dos dados das medições.

Por critérios de padronização do banco de dados, o *datalogger* deverá ser capaz de estabelecer comunicação entre as estações e centro supervisor da

FEAM de forma automática, direta e plenamente compatível com formato de dados adotado pela FEAM, em formato de arquivo .txt.

```
*#dd/mm/yyyy#hh:mm#;#,#NOMEDOSOFTWARE#  
02/09/2003 07:30;IDAZRW_E03P11;0,00100000004749745;IS;falha de  
calibração;  
02/09/2003 22:30;E01P01;44,2999992370605;;;  
02/09/2003 21:30;E01P01;80;;;  
02/09/2003 21:30;E01P02;20,7000007629395;;;
```

Para permitir a transmissão de dados é necessário seguir uma configuração da nomenclatura como na forma de TAGs ou rótulos de dados, que garante total consistência no intercâmbio de dados, incluindo adequações de unidade de medição externa e interna, flags de validação e fatores de correção ou ajuste.

Para coleta e envio de dados utilizou-se a conexão via FTP que são programadas para, na frequência desejada, executarem suas ações de transacionar dados. Como segurança as informações são criptografadas e o acesso só poderá ser realizado com login e senha de usuário.

8.5 - Gerenciamento do Banco de Dados.

Para que estas ações apontem à padronização das informações, a necessidade de ajustamento da rotina de transmissão dos dados de monitoramento contínuo ao Centro Supervisório, visa atender aos objetivos do Estado, no que se refere a gestão dos efluentes atmosféricos e promover positivamente a difusão das informações ao setor produtivo e a população.

As ações propostas para a rotina de transmissão na gestão dos efluentes atmosféricos será realizada em forma de relatório mensal, onde deverá constar a rotina e manutenção dos analisadores, informar quando houver alterações no processo de produção e outros fatos relevantes que possam interferir na amostragem dos efluentes atmosféricos, bem como a periodicidade de

calibração dos equipamentos de medição, sendo que, neste último, conste em anexo as especificações técnicas dos analisadores.

O objetivo do relatório mensal é fornecer ao leitor uma avaliação justa da situação das informações transmitidas ao órgão ambiental, com dados consistentes, transparentes e de credibilidade. Os dados devem estar disponíveis e ativos no serviço FTP, portanto a verificação do ponto de acesso deverá ser diária para não ocorrer interrupção das informações e os dados devem ser apresentados no formato TXT, claro e padronizado.

9 – CONSTATAÇÕES OBTIDAS POR MEIO DAS PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS, DE CAMPO E ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS LEGAIS.

Com base nas atividades relacionadas ao presente estudo de levantamento bibliográfico, e, sobretudo nas visitas técnicas de campo. Tornou-se pertinente um registro das impressões e constatações obtidas ao longo deste processo, o que oferece um ponto de partida para a continuidade dos trabalhos de gestão do monitoramento automático.

Durante a execução dos planos pilotos, a validação do formato dos arquivos para o envio das informações, a tabulação dos mesmos no Banco de Dados e rotinas de transmissão não apresentaram nenhum problema de ordem operacional.

À medida que novos pontos de monitoramento foram inseridos, observou-se a necessidade de se analisar com mais critérios alguns aspectos gerenciais necessários a gestão e uniformização das informações, são eles:

9.1 Padronização das unidades de medida

A implementação dos sistemas de monitoramento de continuo nas empresas se deu de forma independente em cada uma das plantas, respeitando suas características administrativas e operacionais específicas, portanto resultando em universo heterogêneo parque de equipamentos, de diversos modelos e

fabricantes diferentes, e conseqüentemente saídas com distintas unidades de medidas, como partes por bilhão - PPB, e microgramas por normal metro cubo Mg/Nm^3 , e caso da adoção desta última com padrão, faz-se necessário aferir, se em todos os casos foram adotados os mesmos critérios para o volume normal (DIN 1343: temperatura: 0°C ou ISO 2533: temperatura 15°C).

9.2 Correção do teor de oxigênio nos valores de concentração

Embora o teor de oxigênio seja um dos parâmetros monitorados continuamente, este valor nem sempre é considerado para efeito do cálculo desta correção. Em algumas situações, o emprego de equipamentos mais modernos possibilita que os dados sejam eletronicamente corrigidos. Para os demais casos, podem ser enviados de forma bruta (isento da correção de qualquer teor de oxigênio) ou corrigidos por fórmula. Tal cenário não contribui para uma padronização e dificulta a gestão desta informação. Portanto, mais uma vez, se faz necessário maiores esclarecimentos quanto à metodologia a ser adotada pelo órgão ambiental, visando reduzir as variáveis passíveis de manipulação, aumentando a confiabilidade do dado e ampliando sua aplicabilidade como instrumento de gestão.

9.3 Comparação entre os dados obtidos no monitoramento e os limites máximos de emissão estabelecidos legalmente:

Ainda que não consista diretamente o objetivo do presente projeto, a atividade de aferir as emissões atmosféricas para efeito de atendimento aos requisitos legais (limites máximo de emissões) está atualmente pautada nos monitoramentos periódicos, e a utilização do monitoramento automático para esta finalidade carece de métodos de análise de dados mais refinados, com a aplicação de técnicas estatísticas adequadas.

Ao se estabelecer um método de organização de banco de dados e possibilitar o processo de composição de uma série histórica, cria-se o pré-requisito necessário ao desenvolvimento dos demais métodos e estudos ambientais.

9.4 Limitação de funcionamento da Infraestrutura de tecnologia do Órgão Ambiental:

Ao se estabelecer a obrigatoriedade do uso de tecnologias para transmissão online, é imprescindível uma infraestrutura de tecnologia da informação capaz de receber e administrar uma demanda de armazenamento e processamento de dados.

Esta deve considerar a capacidade produtora do Estado de Minas Gerais, não só pelo setor de cimento, como para outras tipologias ao qual o uso do monitoramento contínuo venha a ser adotado. Dentre todas as dificuldades encontradas, este tópico é o que representa maior vulnerabilidade para a gestão do monitoramento contínuo, o banco de dados que deverá contemplar informações sobre os empreendimentos, dados de qualidade do ar, meteorologia se encontra em uma estrutura que já demonstra sinais de defasagem. Ocorrências de travamentos entre outras falhas no sistema foram recorrentes ao longo do desenvolvimento dos trabalhos.

Estabelecer a rotina de transmissão entre empreendimento e o órgão ambiental, embora do ponto de vista técnico possa parecer simples, muitas dificuldades foram encontradas em equalizar as demandas de segurança de rede entre as partes envolvidas. O Estado possui critérios rigorosos para a conexão com agentes externos, estes por sua vez também precisam assegurar o controle de acesso em suas redes, em alguns casos servidores computacionais foram providenciados para estes dois ambientes, o que surge como uma solução aplicável porém seria desejável a padronização de um servidor de recebimento de dados de responsabilidade do órgão ambiental.

9.5 Necessidades de instruções complementares a Deliberação Normativa COPAM 154

O artigo 9 da citada deliberação normativa, servindo aqui como principal motivador deste estudo, é muito raso ao colocar apenas os parâmetros a serem monitorados de forma contínua e transmitido online para o órgão ambiental. Na prática, o que se observa, é que a ausência de informações de:

como estes dados devem ser organizados, o intervalo de tempo das médias e frequência de transmissão geram pontos de dúvidas que dificultam não só o cumprimento por parte dos empreendimentos como também a gestão por parte do órgão ambiental. Os critérios para validação da serie histórica, percentual de dados omissos aceitáveis entre outros, também constituem diretrizes ausentes e de fundamental importância para efeito de uma futura comparação com os parâmetros legais no campo das emissões atmosféricas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se propor desenvolver uma metodologia para integração do monitoramento atmosférico contínuo ao Centro Supervisório do Estado, buscou-se utilizar os equipamentos empregados neste monitoramento como instrumentos também de gestão ambiental. Ao que se pôde perceber, é que os empreendimentos restringiam o foco de seu uso ao campo do controle e automação e gerenciamento de processo.

Ainda que as observações aqui contidas sejam apenas etapas preliminares ao desenvolvimento dos estudos finalísticos, percebe-se um ganho notório para a gestão deste assunto, quando se inicia junto ao empreendimento a quebra de paradigmas e a inserção de uma nova cultura de monitoramento. O trabalho de esclarecimento dos objetivos do projeto, apresentação dos ganhos possíveis de serem obtidos através deste monitoramento, entre outros assuntos discutidos, acabou por criar um ambiente de comprometimento do setor em fornecer as informações e empregar os esforços necessários ao desenvolvimento deste estudo.

Mesmo diante das limitações de tempo, e de escopo do projeto, consideramos as informações por hora levantadas e registradas no presente trabalho de grande relevância para os futuros desdobramentos, e desenvolvimento de novas pesquisas que venham atender as demandas por novas ferramentas por parte do poder público estadual.

11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Araujo, E. M. (2009). *Elaboração de um plano de monitoramento de emissões atmosféricas em fontes estacionárias de uma indústria de fundição de ferro em Joinville - SC*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Esmanhoto, E. (2010). *Desenvolvimento de sistema de amostragem isocinética com análise quantitativa de material particulado em dutos e chaminés de fontes estacionárias*. Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciencia dos Materiais - PIPE.

Melo, G. C., & Abreu, G. C. *Metodologia para definição de uma rede de monitoramento contínuo de efluentes atmosféricos em uma indústria siderúrgica*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.(2015). *Panorama do coprocessamento Brasil 2015*. Associação Brasileira de Cimento Portland.

Pires, D. O. (2005). *Inventário de emissões atmosférica de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro.

Quimitron. (2000). *Sistema de controle de emissões*.

Resende, F. (2007). *Poluição atmsférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Tissot, R. C., & Missel, R. L. (2009). *Tratamento dos efluentes atmosféricos da UTE Charqueadas*. Tractebel Energia S.A.

Wbcds. (2012). *Diretrizes para o relatório e monitoramento das emissões na indústria de cimento*.

