

# A EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS PREDITIVAS DE MANUTENÇÃO NO CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA CST <sup>(1)</sup>

*Adilson Luiz Diesel* <sup>(2)</sup>  
*Carlos Eduardo Gava* <sup>(3)</sup>  
*João Evangelista de Souza Neto* <sup>(3)</sup>  
*Joselino Antônio Sperandio* <sup>(4)</sup>

## Resumo

Neste trabalho se pretende demonstrar como a rede de monitores contínuos das emissões das chaminés da CST é importante em sua Gestão Ambiental e, como estes sistemas podem ser utilizados para se otimizar os processos produtivos e se obter uma maior eficiência dos equipamentos de controle ambiental focando a atuação da manutenção, com base em aspectos preditivos. A metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho segue os seguintes tópicos: objetivos para implantação dos monitores contínuos; gerenciamento e tratamento dos dados; manutenção dos monitores contínuos; aplicações práticas de manutenção preditiva nos sistemas de controle ambiental; benefícios e resultados obtidos; conclusões. Com o detalhamento destes tópicos demonstra-se o compromisso da CST de desenvolver ações de gestão de manutenção e ambiental que assegurem o cumprimento da legislação ambiental e, buscar a melhoria contínua, a prevenção da poluição e a redução de suas emissões atmosféricas; No trabalho destacam-se os principais benefícios obtidos com a implantação da rede de monitores contínuos e a aplicação de técnicas preditivas de manutenção, tais como: otimização e melhoria dos processos produtivos; melhoria da eficiência nos sistemas de controle ambiental e redução significativa das emissões atmosféricas na empresa.

**Palavras-chave:** manutenção preditiva, monitores contínuos, emissões

---

<sup>(1)</sup> *Contribuição técnica a ser apresentada no XXXVI Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais – Internacional - ABM – Vitória – Maio/2005*

<sup>(2)</sup> *Especialista em Engenharia Ambiental - CST*

<sup>(3)</sup> *Especialista de Manutenção de Equip. de Controle Ambiental - CST*

<sup>(4)</sup> *Engenheiro de Manutenção dos Monitores Contínuos – SINDUS*

## **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos as atividades industriais tem tido uma cobrança muito grande da sociedade, exigindo-se uma eficiência cada vez maior tanto nas questões de segurança do trabalho como em controle ambiental.

Dentro deste contexto, as empresas modernas procuram trilhar o caminho do desenvolvimento e crescimento econômico com responsabilidade social e ambiental, ou seja, buscam o desenvolvimento sustentável como uma meta de sua gestão empresarial.

Para alcançar um eficiente controle ambiental em suas atividades produtivas toda empresa deve implantar sistemas que possam monitorar os impactos ambientais gerados, e é necessário que os sistemas de monitoramento das emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos possam apresentar dados precisos e confiáveis, e contribuir para um adequado gerenciamento das atividades e seus impactos ambientais.

Atualmente, com o desenvolvimento e a evolução tecnológica da informática e automação, os sistemas contínuos de monitoramento ambiental estão mais confiáveis, compactos e de menor custo, possibilitando sua ampla utilização nas indústrias e um adequado gerenciamento dos impactos ambientais da empresa.

Neste trabalho pretendemos demonstrar como a rede de monitores contínuos das emissões atmosféricas é importante na Gestão Ambiental da empresa e, como estes sistemas são utilizados para se obter uma maior eficiência dos equipamentos de controle ambiental focando a atuação da manutenção, com base em aspectos preditivos, contribuindo de forma decisiva na redução das emissões atmosféricas e na melhoria da qualidade do ar na área de influência da empresa.

## **OBJETIVO E METODOLOGIA**

Este trabalho tem por objetivo apresentar as características e premissas seguidas pelos Departamentos de Manutenção Mecânica e de Meio Ambiente da CST, focando os aspectos de manutenção preditiva e como estes influenciam na redução das emissões atmosféricas da empresa, mostrando os resultados e benefícios obtidos nos últimos anos.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta abordagem segue a seguinte seqüência:

- objetivos para implantação dos monitores contínuos;
- manutenção dos monitores contínuos de emissões atmosféricas;
- gerenciamento e tratamento dos dados de monitoramento contínuo;
- aplicações práticas de manutenção preditiva nos equipamentos de controle ambiental;
- benefícios e resultados obtidos nas unidades produtivas e empresa;
- conclusões;

Com o detalhamento dos tópicos descritos acima se procura desenvolver o tema deste trabalho, que objetiva demonstrar o compromisso da empresa no sentido de desenvolver ações de gestão de manutenção e ambiental que assegurem o

cumprimento da legislação e buscar a melhoria contínua, a prevenção da poluição e a redução dos impactos ambientais da produção.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Objetivos para Implantação dos Monitores Contínuos**

Cumprindo com as Diretrizes de sua Política Ambiental de buscar a melhoria contínua e a prevenção da poluição, a empresa desenvolve esforços no sentido de se atualizar tecnologicamente e de buscar permanentemente a melhoria de seu desempenho ambiental.

Dentro desta filosofia, a empresa implantou modernos sistemas contínuos de monitoramento de suas emissões atmosféricas, com o objetivo de aperfeiçoar o controle ambiental de suas atividades e reduzir constantemente a emissão de poluentes, diminuindo os impactos ao meio ambiente e resultando em benefícios para a sociedade.

Outro ponto importante é a filosofia implantada pelo Departamento de Manutenção na qual estabelece a previsibilidade como um de seus pilares. A manutenção preditiva tornou-se, então, cultura da CST.

A primeira fase no desenvolvimento deste trabalho é o de apresentar os objetivos e premissas que nortearam a empresa no sentido de implantar monitores contínuos de material particulado e gases em suas chaminés, e que são apresentados abaixo:

- ✓ obtenção de informações em tempo real dos processos operacionais e sistemas de controle ambiental, possibilitando ações imediatas de controle;
- ✓ atualização tecnológica do monitoramento das emissões atmosféricas e antecipação às demandas da legislação ambiental;
- ✓ avaliação criteriosa e consistente das variações dos processos industriais e eficiência dos sistemas de controle ambiental, possibilitando a implementação de melhorias para redução das emissões atmosféricas;

Como base para os objetivos e premissas apresentados está o compromisso da empresa com o desenvolvimento sustentável e o cumprimento das metas de seu planejamento empresarial que trata as questões ambientais como prioridade e como valor em suas atividades.

A rede de monitores contínuos de chaminés abrange as principais unidades operacionais da empresa, com um total de 30 fontes, onde são monitorados os poluentes primários, que são: Material Particulado (MP), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) e Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>).

A rede de monitores contínuos foi concebida a partir da realização de visitas técnicas em empresas fornecedoras e em função da legislação ambiental vigente e tendências futuras. Os parâmetros monitorados foram definidos conforme os processos operacionais e as características técnicas de cada fonte de emissão da empresa.

### **Manutenção dos Monitores Contínuos de Emissões Atmosféricas**

Para manutenção dos monitores contínuos, item de fundamental importância para a obtenção de dados precisos e confiáveis, definiu-se pela utilização de empresa especializada em sistemas eletrônicos com dedicação exclusiva e em tempo integral.

Os serviços de manutenção nos monitores contínuos de emissões atmosféricas têm sido aprimorados em função da evolução do relacionamento entre as empresas e da adequação da estrutura dedicada à manutenção.

Para execução da manutenção da rede de monitoramento contínuo foi estabelecida uma série de práticas voltadas à prevenção de falhas e ao acompanhamento sistemático das variáveis de controle, com uma exaustiva preocupação em identificar, explicar e eliminar as causas que levam a anormalidade no comportamento dos monitores, sempre com o objetivo de garantir a confiabilidade e disponibilidade dos monitores contínuos.

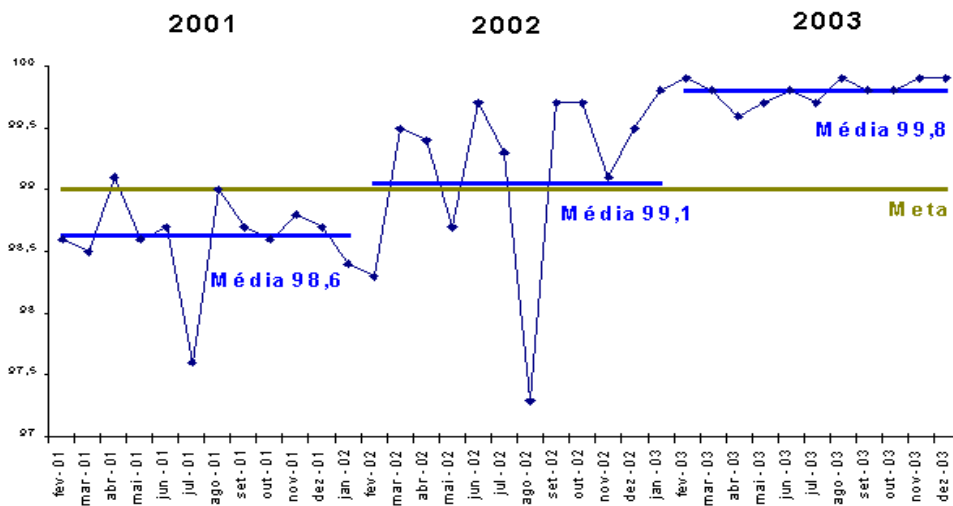
Os principais fatores para boa performance da equipe manutenção está ligada à infraestrutura disponibilizada pela empresa, na qual pode se citar:

- ✓ sistema de monitoramento ambiental “on line” acessível ao fornecedor;
- ✓ peças sobressalentes ou equipamentos reservas;
- ✓ equipe para execução de medições isocinéticas;
- ✓ definição de padrões de desempenho para os monitores contínuos.

Em 2003, com a consolidação da estrutura da equipe de manutenção e o maior domínio sobre os monitores contínuos, o índice de disponibilidade dos equipamentos atingiu o maior valor desde o início do contrato, alcançando 99,8 %.

A satisfação dos clientes, monitorada em pesquisa, e a avaliação do contrato, também apresentaram ótimos resultados.

No Gráfico 1, apresenta-se o gráfico de evolução do índice de disponibilidade dos monitores contínuos.



**Gráfico 1.** Índice de disponibilidade dos monitores contínuos

Cabe ressaltar, além da clara tendência de aumento da disponibilidade média ao longo do tempo, a redução drástica de sua variabilidade em 2003, um sinal de que o processo de manutenção está sob controle. Associado ao aumento da disponibilidade, constatou-se uma acentuada redução do percentual de manutenção corretiva, que no ano de 2002 foi em média de 17,5%, enquanto que em 2003 foi de 8,5%.

As práticas operacionais adotadas pela equipe de manutenção dos monitores, que estão servindo de modelo para outros contratos de prestação de serviços, alcançaram excelentes resultados de disponibilidade e de satisfação das gerências das unidades operacionais.

### Gerenciamento e tratamento dos dados do monitoramento contínuo

Para gerenciamento do monitoramento contínuo das chaminés das unidades operacionais foi implantada uma ampla rede corporativa, com a disponibilização dos dados “on line” para acompanhamento permanente pelas unidades.

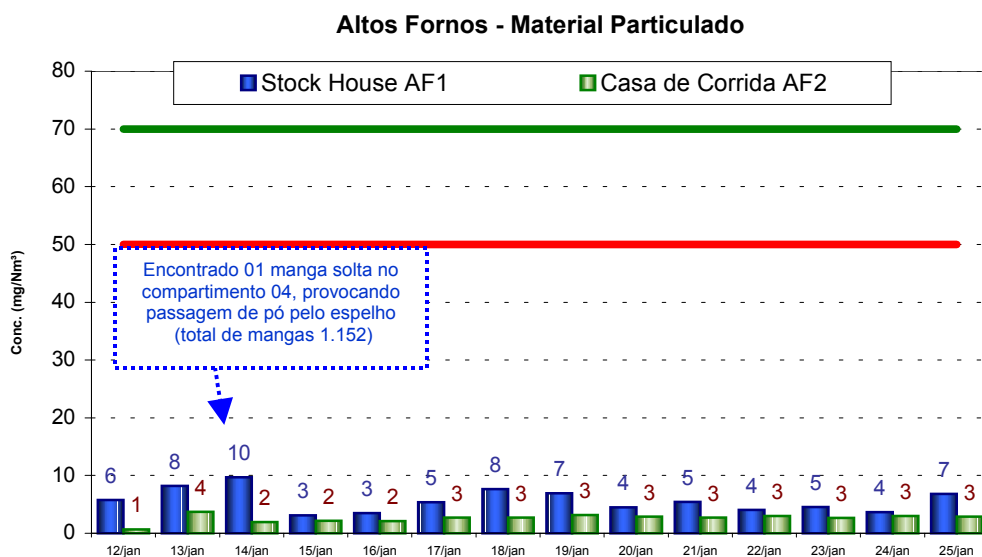
Com a implantação da rede de monitores contínuos de material particulado e gases nas chaminés, o controle das emissões atmosféricas passa a ser realizado continuamente através das salas de controle das áreas de operação, manutenção e meio ambiente.

Este monitoramento viabiliza se conhecer de forma mais precisa e consistente como possíveis modificações no processo, mudanças de matérias primas, manutenções ou sistemática operacional, podem afetar as concentrações dos poluentes nas chaminés e, conseqüentemente o impacto ambiental das atividades produtivas.

Estes sistemas permitem também a atuação imediata da operação ou manutenção em casos de variações das concentrações dos poluentes emitidos pelas chaminés, possibilitando a redução das emissões de material particulado e gases, com ganhos ambientais notáveis e redução significativa de custos, fazendo com que o investimento aplicado tenha um rápido retorno.

Para a seção de manutenção de equipamentos de controle ambiental o acompanhamento, minuto a minuto, das emissões na chaminé favorece a atuação mais eficaz em caso de desvios em câmara de mangas, obtendo redução no tempo de resposta para execução de serviços e redução de recursos aplicados, ou seja, conseguem-se resultados melhores com menor alocação de recursos.

No Gráfico 2 é apresentado o acompanhamento dos resultados de uma fonte monitorada continuamente, onde pode se verificar a atuação da equipe de manutenção mecânica na solução de um problema detectado no sistema de controle ambiental.



**Gráfico 2.** Gráfico de acompanhamento da eficiência do equip. de controle ambiental

## Aplicações práticas de manutenção preditiva nos equipamentos de controle ambiental

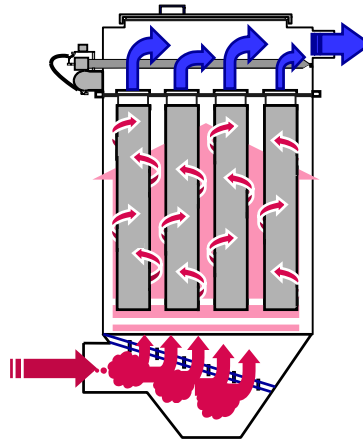
Os monitores contínuos podem ser usados na CST de quatro formas principais: monitoramento ambiental; análise e avaliação de parâmetros operacionais; ferramenta de manutenção preditiva e no desenvolvimento de produtos e fornecedores.

Dentre os tipos de manutenção utilizados pelas empresas, aquelas que desenvolvem e aplicam a manutenção preditiva em seus equipamentos geralmente obtêm ganhos significativos em termos de disponibilidade, performance, confiabilidade e custos. A manutenção preditiva se baseia na coleta e análise de determinados parâmetros para estabelecer diagnóstico a cerca das condições de determinado equipamento ou componente.

A rede de monitoramento contínuo se tornou uma importante ferramenta de manutenção preditiva, pois a emissão de material particulado é um indicador da eficiência dos equipamentos de controle ambiental. Através da análise dos dados de emissão em conjunto com outros indicadores pode-se determinar desde problemas pontuais até o acompanhamento de vida útil de componentes.

Para compreender fisicamente como estas variáveis estão relacionadas, precisamos entender o princípio de funcionamento de um filtro de mangas. A filtração é feita através da passagem do fluxo gasoso contendo material particulado através de um elemento filtrante (mangas), que são responsáveis pela filtração propriamente dita através da retenção das partículas ora contidas no fluxo gasoso.

A Figura 1 mostra um filtro de mangas típico.



**Figura 1.** Visão Esquemática do Funcionamento do Filtro de Mangas

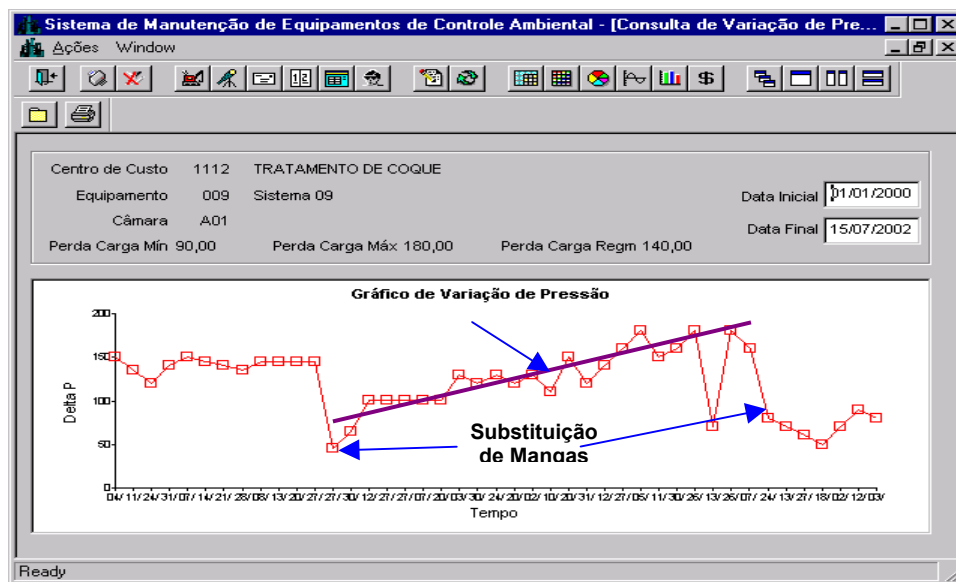
As mangas são fabricadas geralmente em algum tipo de tecido ou feltro que oferecem uma determinada resistência à passagem do fluxo gasoso (perda de carga) e uma determinada eficiência de filtragem, afetando a vazão do gás e a emissão de material para a atmosfera. Tanto a perda de carga quanto a emissão de material particulado são afetadas pelos parâmetros operacionais e de dimensionamento do equipamento, além das características do elemento filtrante.

Ao se avaliar a evolução dos valores de perda de carga e emissão no tempo, devem-se levar em consideração diversos aspectos: variações súbitas e/ou variações graduais.

As variações súbitas geralmente indicam problemas momentâneos, oriundos de falhas mecânicas ou eletroeletrônicas. O acompanhamento diário destes dados é eficiente para o gerenciamento rotineiro destes equipamentos.

Devido ao monitoramento em tempo real é possível antecipar-se às falhas em praticamente qualquer que seja o tempo requerido. O planejamento e a programação da atuação dependerão desta análise, podendo seguir uma programação normal ou ter atuação imediata. A avaliação não leva em conta somente os parâmetros máximos e mínimos, mas também as variações do comportamento normal.

As variações graduais, que ocorrem num tempo mais longo, geralmente indicam o desgaste natural relativo ao uso normal das mangas. Com o tempo, o material vai se acumulando entre as fibras das mangas, reduzindo a permeabilidade ao ar e aumentando a perda de carga. Por outro lado, as fibras do material da manga se deterioram com o tempo pela ação mecânica do sistema de limpeza, pelo ataque abrasivo do material particulado, pelo ataque químico de elementos presentes no fluxo gasoso ou no material particulado, de qualquer modo, esta deterioração aliada à grande quantidade de material alojado no corpo das mangas e à maior perda de carga, contribui para o aumento da passagem de material particulado junto com o fluxo gasoso. O Gráfico 3 mostra o aumento da perda de carga gradual, indicando final de vida útil do conjunto de mangas montado no filtro.



**Gráfico 3.** Variação de perda de carga em câmara de mangas ao longo do tempo

Observa-se no gráfico que o acompanhamento preditivo e inspeção de parâmetros críticos nos conjuntos determinam o momento para executarmos a manutenção e/ou substituição dos elementos filtrantes, prolongando sua vida útil, reduzindo custos de manutenção e dando confiabilidade tanto em termos ambientais como operacionais.

A rotina de inspeção é formalizada através de sistema informatizado, onde se estabelece o que deve ser inspecionado e a frequência de cada inspeção, bem como os padrões relativos às atividades de inspeção.

Falhas esporádicas nos valores das variáveis monitoradas podem ocorrer. Estas falhas podem ser detectadas principalmente através da checagem diária da consistência dos dados medidos com os demais parâmetros operacionais e se necessário, inspeções nos equipamentos. Nestes casos é providenciada intervenção para retornar o equipamento às condições ideais.

## **BENEFÍCIOS E RESULTADOS OBTIDOS**

A partir da implantação da rede de monitores contínuos nas chaminés das unidades operacionais houve uma maior integração entre as áreas de operação, manutenção e meio ambiente na avaliação dos resultados e, conseqüentemente, na busca de um melhor desempenho dos equipamentos de controle ambiental e da otimização dos processos.

Os benefícios obtidos com a implantação destes monitores são apresentados a seguir:

- ✓ otimização da avaliação dos processos operacionais e sistemas de controle ambiental permitindo ações imediatas, quando detectados desvios;
- ✓ priorização das intervenções de manutenção nos sistemas de controle ambiental;
- ✓ análises da influência das variações de processo e matérias primas nas emissões atmosféricas;
- ✓ avaliação semanal do desempenho ambiental da empresa em reunião de diretoria;
- ✓ aprimoramento da avaliação dos impactos ambientais sobre a Qualidade do Ar.

A partir dos benefícios advindos da implantação dos monitores contínuos de emissões atmosféricas destacam-se os principais resultados obtidos:

### **Comprovação da eficiência dos monitores contínuos**

Com a implantação da sistemática de avaliação semanal do desempenho ambiental da empresa, os resultados dos monitores contínuos das chaminés são permanentemente analisados pelas áreas de operação, manutenção e meio ambiente para verificar o atendimento aos limites de emissão da legislação e para avaliação das tendências de emissão e controle de processo.

Esta ferramenta é de vital importância para a Gestão Ambiental da empresa, e tem sido tratada com prioridade pelas unidades produtivas em função da comprovação da eficiência dos monitores contínuos instalados, obtida através de constantes checagens e calibrações executadas pela equipe de manutenção.

Nos últimos anos, com a consolidação do monitoramento contínuo de chaminés, esta eficiência, confiabilidade e precisão dos dados gerados nestes sistemas foram amplamente comprovadas.

### **Eficiência no controle das emissões atmosféricas**

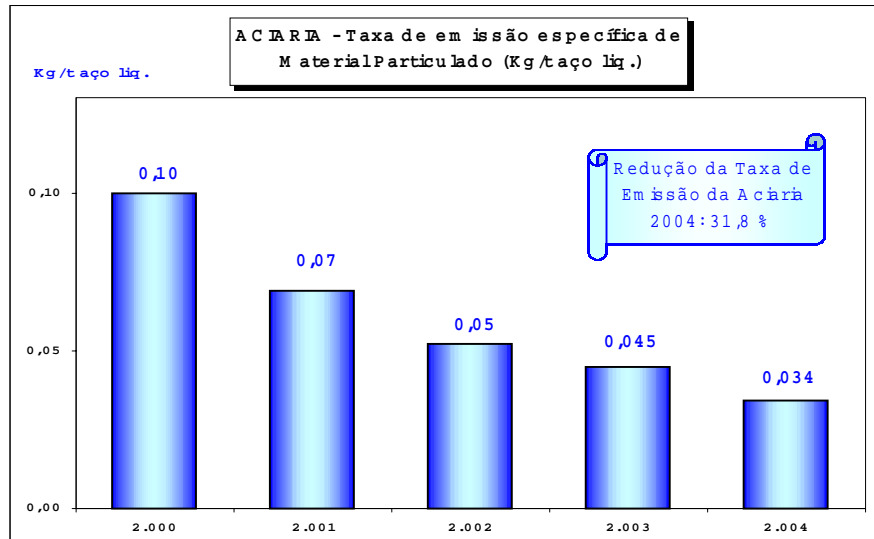
As diretrizes do Sistema de Gestão Ambiental de buscar a melhoria contínua e a prevenção da poluição fazem parte dos valores e cultura da empresa, e uma maior eficiência no controle das emissões atmosféricas é um dos principais objetivos.

Pode se afirmar que a implantação da rede de monitores contínuos de chaminés, a partir de um conhecimento mais efetivo e confiável dos processos operacionais e dos



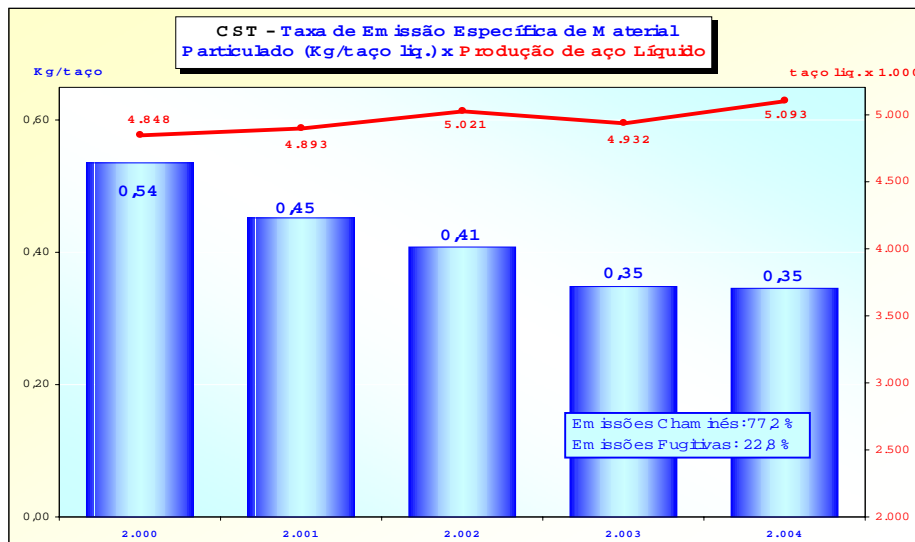
sistemas de controle ambiental, contribuiu de forma decisiva na maior eficiência no controle e na redução das emissões atmosféricas da empresa.

No Gráfico 4 apresenta-se a contínua redução das emissões atmosféricas nos últimos anos na Aciaria em função de melhorias implantadas nos Filtros de Mangas daquela unidade.



**Gráfico 4.** Redução das emissões atmosféricas da Aciaria

A taxa de emissão específica de material particulado da empresa foi reduzida em mais de 50 % no período de 2000 a 2004, conforme o Gráfico 5 abaixo, mesmo com a elevação da produção de aço líquido da CST, sendo que a implantação dos monitores contínuos tem uma parcela decisiva nesta redução.



**Gráfico 5.** Redução das emissões de material particulado da CST de 1999 a 2004

Convém salientar que as reduções das emissões atmosféricas são obtidas em cima de valores que já são considerados muito bons, comparando-se com empresas do mesmo ramo de atividade no Brasil e exterior.

## CONCLUSÕES

Com a implantação dos monitores contínuos nas fontes de emissão atmosféricas da empresa e a aplicação de técnicas de manutenção preditiva é possível destacar as seguintes conclusões:

- ✓ A adequada operação, manutenção e calibração dos monitores contínuos possibilitam a obtenção de resultados precisos e confiáveis das emissões de material particulado e gases em chaminés de unidades operacionais;
- ✓ A integração e participação das equipes de operação, manutenção e meio ambiente nas discussões e avaliações dos resultados do monitoramento contínuo é condição fundamental para o sucesso deste sistema de gerenciamento ambiental;
- ✓ O nível de conhecimento da influência das variáveis de processo sobre os resultados dos poluentes emitidos nas chaminés das unidades operacionais, obtido através do tratamento estatístico dos dados gerados, permite a otimização e melhoria dos processos industriais;
- ✓ A eficiência dos sistemas de controle ambiental instalados na empresa pode ser continuamente aperfeiçoada com a aplicação de manutenções preditivas;
- ✓ Consolidação da estabilidade da produção e dos equipamentos de controle ambiental, assegurando a proteção da segurança e saúde dos empregados próprios e de parceiras e minimizando o impacto ambiental;
- ✓ Com a experiência adquirida e o comprometimento de todos envolvidos na aplicação destes sistemas se alcançou a melhoria da eficiência nos sistemas de controle ambiental, a otimização dos processos produtivos e a redução significativa das emissões atmosféricas da empresa;
- ✓ A empresa cumpre com as Diretrizes de sua Política Ambiental de buscar a “melhoria contínua e a prevenção da poluição” e, alcançar um desenvolvimento sustentável e contribuir com a melhoria da qualidade de vida da sociedade.

## BIBLIOGRAFIA

1. DIESEL, A.L.; SPERANDIO, J.A. Experiência da CST no monitoramento contínuo de chaminés. In: SEMINÁRIO DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NA INDÚSTRIA, 2004, Belo Horizonte. Belo Horizonte: FEAM / FIEMG / Petrobrás, 2004.
2. FLÓRIO, C. BASUALDO, E. BINOTTO, L. Analisadores em linha: como aumentar sua confiabilidade e disponibilidade. **Revista Intech Brasil**, v.52, 2003.
3. GAVA, C.E.; MENDES, J.B.; GAMA, R. O. **Monitoramento contínuo de emissões atmosféricas e sua influência no sistema de gestão ambiental da Companhia Siderúrgica de Tubarão**. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização “Lato Sensu” em Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2002.
4. AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA**. Belo Horizonte; Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002. v.1.
5. JAHNKE, J. A. **Continuous emission monitoring**. 3. ed. New York: Van Norstrand Reinhold, 1996.
6. STROMBERG, M; PUCHTA H. Representative measurement of the smallest dust concentrations in exhaust gas channels, April 1997. In: CONTINUOUS EMISSION MONITORING WORKSHOP, Grevenbroich, Germany. SiCK AG Presentation.

# THE EVOLUTION OF PREDICTIVE MAINTENANCE TECHNIQUES TO CST'S ATMOSPHERIC EMISSION CONTROL <sup>(1)</sup>

*Adilson Luiz Diesel* <sup>(2)</sup>  
*Carlos Eduardo Gava* <sup>(3)</sup>  
*João Evangelista de Souza Neto* <sup>(3)</sup>  
*Joselino Antônio Sperandio* <sup>(4)</sup>

## **Abstracts**

The purposes in this paper is demonstrate that a continuous emission monitoring network of CST's stacks is important in the environmental management system (EMS) and how these systems could be applied to optimizer the production process and obtain a higher efficiency in the environment control equipment with the predictive maintenance bases. The methodology used to development this paper follows these topics: objectives to install the continuous emission monitoring systems; management and data treatment; continuous monitors maintenance; predictive maintenance practices applied in the environment control equipment; results and benefits achieved and conclusions. Whit the detail of these topics is possible to demonstrate the CST's commitment to development maintenance and environmental acts that assure the environmental legislation perform, a continuous environment improvement, the pollution prevention and the reduction of the atmospheric emissions. In this paper detached the main benefits achieved with the continuous emission monitoring network implantation and the predictive maintenance techniques applied, like these: optimizer and improvement the productive process; improvement the efficiency of environmental equipment and a significantly atmospheric emission reduction in the company.

**Key-words:** predictive maintenance; continuous monitors, emission

---

<sup>(1)</sup> *Technical contribution to be presented at XXVI Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais - Internacional - ABM - Vitória - 2005*

<sup>(2)</sup> *Environment Engineering Specialist of CST*

<sup>(3)</sup> *Environmental Equipment Maintenance Specialist of CST*

<sup>(4)</sup> *Continuous Monitors Maintenance Engineer of SINDUS*