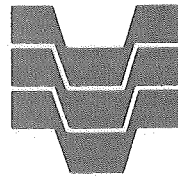


CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

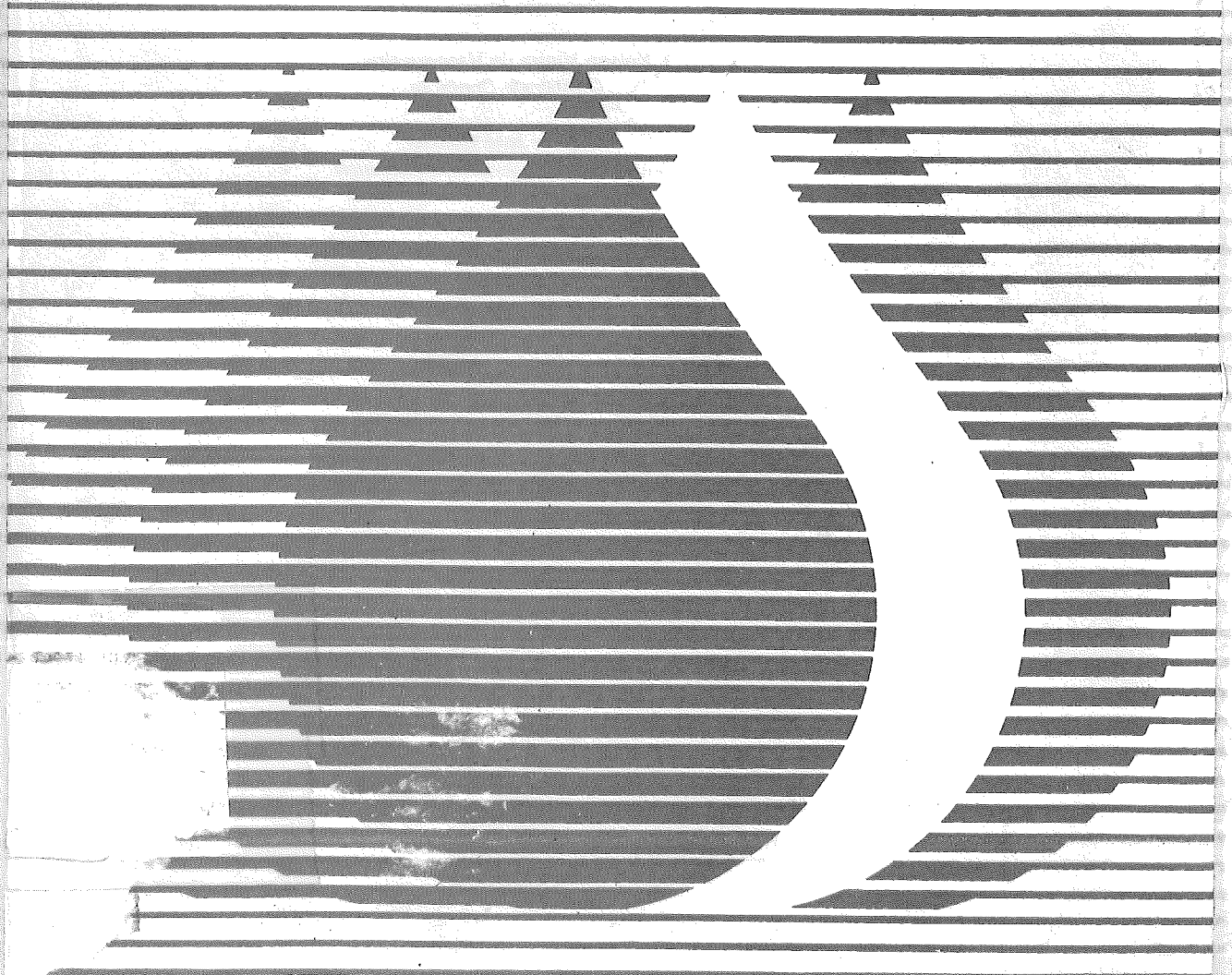
Pavilhão de Exposições

Balneário Camboriú - Santa Catarina - 20 a 25 Nov 1983

15 - O Monitor Automático de Determinação de Dióxido de Enxofre por Coulometria



CETESB



8301
M 18m
12291 ex. 1



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

8301
M18m
012291

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Nivaldo José Chiossi
Diretor de Planejamento Ambiental

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459
PABX - 210-1100 - São Paulo - Brasil



CETESB

COMISSÃO DE CONTROLE DE QUALIDADE DO AR - AMBIENTAL
BIBLIOTECA
Av. Prof. Frederico Tomaz Jr., 545 - CEP. 05459 - Pinheiros
SÃO PAULO - BRASIL

O MONITOR AUTOMÁTICO DE DETERMINAÇÃO DE DIÓXIDO DE ENXOFRE POR COULOMETRIA

Eng^o Alberto Gonçalves Machado
Analista Químico Renato Jorge Salum
Técnico Telemétrico José Aloisio Pereira
Divisão de Telemetria

INTRODUÇÃO

Enxofre forma um número de óxidos (SO , SO_2 , S_2O_3 , SO_3 , S_2O_7) mas somente dióxido de enxofre (SO_2) e trióxido de enxofre (SO_3) tem sua importância como gases em poluição do ar. O peróxido S_2O_7 , tem sido sugerido como existente na atmosfera mais baixa onde uma camada de partículas de sulfeto tem sido observada.

Trióxido de enxofre é geralmente emitido com SO_2 a uma proporção de 1 a 5% da concentração de SO_2 . Algumas indústrias tais como fabricantes de ácido sulfúrico, eletrogalvanoplastia, e fabricantes de fertilizante fosfatados podem emitir quantidades relativamente maiores. Trióxido de enxofre rapidamente se combina com água no ar formando ácido sulfúrico que possui um baixo ponto de orvalho. Um aerosol ou névoa é facilmente formado, e SO_3 e H_2SO_4 é frequentemente associado com esta neblina e a perda de visibilidade no ar. A análise de SO_3 e H_2SO_4 no ar é bastante difícil e os dados devem ser interpretados com cuidado.

Dióxido de enxofre é um gás incolor com odor irritante e acre. A maior parte das pessoas pode sentir sua presença em concentrações de 0,3 ppm (partes por milhão) a 1 ppm.

É altamente solúvel em água (11,3 gm/ml) formando ácido sulfuroso (H_2SO_3) que é corrosivo.

Em ar limpo ele se oxida lentamente a trióxido de enxofre. Ele se oxida mais prontamente pelo oxigênio atmosférico em aerossóis aquosos.

Ions metálicos pesados na solução catalizam a reação que é interrompida quando os aerossóis se tornam ácidos. Em ar úmido e em presença de óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, e material particulado, dióxido de enxofre reage muito mais rapidamente.

Dióxido de enxofre é normalmente produzido pela queima de combustível em fontes estacionárias (óleo ou carvão) e motores de veículos (gasolina) ou por perdas em processos industriais.

OBJETIVOS

Dióxido de enxofre é um dos maiores poluentes atmosféricos nos dias de hoje daí a importância de seu monitoramento em regiões metropolitanas densamente industrializadas.

A Rede Automática de Amostragem de Poluentes Atmosféricos instalada na Grande São Paulo e em operação desde janeiro de 1981 possui em todas as suas estações remotas (27) monitores

automáticos de amostragem contínua de dióxido de enxofre.

O monitor utilizado foi o PW 9755-00 fabricado pela PHILIPS holandesa fornecedora de todo o sistema instalado.

O presente trabalho apresenta em detalhes uma série de considerações a respeito deste monitor que utiliza como processo de determinação de dióxido de enxofre a coulometria, que é o método eletroquímico baseado no princípio de determinação sob voltagem constante.

A nível de detalhamento são comentados o princípio de funcionamento com uma análise teórica e prática, sua instalação e operação, testes efetuados para sua aceitação, considerações sobre os dados produzidos e seu controle de qualidade, manutenções preventivas e de feitos mais comumente apresentados.

O trabalho conclui quais os resultados esperados e as medidas a serem tomadas quando da inclusão deste equipamento em processos de medição automatizada.

REDE AUTOMÁTICA

Conforme mencionado anteriormente, a Rede Automática de Poluentes Atmosféricos instalada na região da Grande São Paulo, possui em todas as suas 27 estações remotas, os monitores de dióxido de enxofre objeto deste trabalho.

A descrição detalhada da Rede Automática, as características técnicas de todos os equipamentos que a compoem, os critérios técnicos definidos para a aceitação do sistema e os recursos materiais e humanos utilizados estão amplamente descritos no trabalho nº 08 do X Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária realizado em 1979 na cidade de Manaus.

A Rede de Amostragem é composta de uma estação central e de 27 estações remotas.

A estação Master da Rede Automática é composta fundamentalmente pelo computador central e seus equipamentos periféricos que foram instalados na sede da CETESB em prédio próprio com todos os serviços auxiliares necessários.

As estações remotas foram instaladas em pontos estratégicos em abrigos de "fiber glass" com ar condicionado e instalação de energia elétrica e linhas telefônicas privadas.

A comunicação entre 25 das estações remotas e a estação Master é efetuada por meio das linhas telefônicas privadas.

As estações de Cubatão Residencial e Cubatão Vila Parisi estão montadas em trailers e os dados nelas gerados são armazenados na própria estação por meio de uma perfuradora de fita.

Em cada uma das estações remotas os monitores automáticos de amostragem estão conectados a um microprocessador.

O microprocessador tem como finalidade principal coletar de minuto a minuto os dados presentes nas saídas dos equipamentos da estação remota e aguardar a chamada da estação Master, enviando assim o conjunto de dados da estação, bem como informações de operação.

O computador central recebendo de minuto a minuto os dados de todas as 25 estações a ele conectadas, armazena estas informações em memória até o final da hora quando então é emitido um relatório horário contendo a média horária, o valor máximo e mínimo de minuto, o desvio padrão dos dados de minuto e a média móvel (3, 8 ou 24 horas dependendo do parâmetro) que será utilizado para a determinação da qualidade do ar.

No final do dia é emitido outro relatório contendo as médias diárias baseada nas médias horárias) por poluente e por estação.

A estação Master dispõe de uma unidade de vídeo que é utilizada para a requisição de blocos de dados, últimos valores de minuto, impressão de relatórios extras e toda uma gama de funções para a operação do sistema.

As informações recebidas dos equipamentos são impressas incluindo os dados de calibração automática efetuada a cada 24 horas para os monitores de gases.

É possível a conexão de até dez parâmetros da rede a registradores analógicos para acompanhamento de minuto a minuto.

O sistema compara no final da hora as médias móveis obtidas com os níveis de alarme previstos na lei 997 decreto 8468 (Atenção, Alerta e Emergência) sendo impressa uma mensagem sempre que for ultrapassado um deles. Os dados das estações trailers são introduzidos no sistema através de uma leitora de fita de papel perfurado recolhida periodicamente.

Em termos de recursos humanos a Rede Automática possui atualmente 9 funcionários com a função de operação e manutenção preventiva e corretiva de todos os equipamentos instalados.

A Tabela 1 apresenta a atual configuração dos monitores que fazem parte da Rede Automática, bem como a relação de todas as estações remotas.

A Tabela 2 apresenta o endereço atual de todas as estações remotas.

TABELA I - REDE AUTOMÁTICA - LOCALIZAÇÃO REAL DAS ESTAÇÕES REMOVIDAS E DISTRIBUIÇÃO DE PARÂMETROS POR ESTAÇÃO

NOME ESTACIONAR	L O C A L	Distância aproximada do centro da cidade de S. Paulo km	POLUENTES A SEREM AMOSTRADOS							PARÂMETROS METEOROLÓGICOS A SEREM MEDIDOS				
			Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Material Particulado (MP)	Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrogênio (NOx)	Ozônio (O ₃)	Hidrocarbonetos (HC)	Direção e Velocidade dos Ventos	Temperatura	Umidade Relativa	Precipitação Pluviométrica	Perfil Vertical de Temperatura	
01	S. Paulo - Centro	---	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
02	S. Paulo - Santana	4	X	X								X		
03	S. Paulo - Mooca	3	X	X	X	X		X				X		
04	S. Paulo - Cambuci	3	X	X										
05	S. Paulo - Ibirapuera	5	X	X							X			X
06	S. Paulo - Il. Sta. do Ó	9	X	X										
07	S. Caetano do Sul	9,5	X	X							X			
08	S. Paulo - Congonhas	8,5	X	X	X	X		X						
09	S. Paulo - Lapa	8	X	X				X						
10	S. Paulo - Cerq. Cesar	4,5	X	X	X	X								
11	S. Paulo - Faria	11,5	X	X										
12	S. Paulo - V. Formosa	7,5	X	X										
13	Guarulhos	16,5	X	X							X			
14	S. André - Centro	15,5	X	X							X			
15	Diadema	16	X	X										
16	S. Paulo - Sto. Amaro	14	X	X							X			
17	Orasco	16,5	X	X							X			
18	S. André - Capuava	18	X	X							X			
19	S. B. C. - V. Paulicéia	15,5	X	X							X			
20	Tuboão da Serra	15	X	X										
21	S. Paulo - S. M. Pta.	19	X	X							X			
22	Mauá	20	X	X										
23	Cubatão - Anchieta	48	X	X										
24	S. B. Campo - Centro	19	X	X										
25	Mogi das Cruzes	45	X	X										
26	Cubatão - Residência	46	X	X	X	X		X			X		X	X
27	Cubatão - V. Paris	53	X	X	X	X		X			X		X	X

TABELA 2 - ENDEREÇO DAS ESTAÇÕES REMOTAS

Nº ESTAÇÃO	NOME	ENDEREÇO
01	Centro	Parque D. Pedro II nº 319 - São Paulo
02	Santana	Avenida Brás Leme nº 3258 - São Paulo
03	Moóca	Rua Bresser nº 2341 - São Paulo
04	Cambuci	Avenida D. Pedro I nº 100 - São Paulo
05	Ibirapuera	Parque do Ibirapuera nº 1985 - São Paulo
06	N.Senhora do Ó	Rua Cap. José Aranha do Amaral nº 80 - São Paulo
07	S.Caetano do Sul	Praça Itália nº 01 - São Caetano do Sul
08	Congonhas	Al. dos Tupiniquins nº 1571 - São Paulo
09	Lapa	Rua Cap. José Inácio Rosário, s/nº - São Paulo
10	Cerqueira Cesar	Av. Dr. Arnaldo nº 725 - São Paulo
11	Penha	Av. Amador Bueno da Veiga nº 2932 - São Paulo
12	Vila Formosa	Rua Canuto Abreu s/nº - São Paulo
13	Guarulhos	Parque CECAP - Guarulhos
14	Sto. André - Centro	Rua Caneleiras nº 101 - Santo André
15	Diadema	Rua Benjamin Constant nº 03 - Diadema
16	Santo Amaro	Rua Padre José Maria nº 355 - São Paulo
17	Osasco	Praça 31 de Março nº 104 - Osasco
18	Sto. André-Capuava	Rua Managua nº 02 - Santo André
19	S.B.C.-V.Paulicéia	Rua Casper Libero nº 340 - São Bernardo do Campo
20	Taboão da Serra	Praça 31 de março nº 99 - Taboão da Serra
21	S.Miguel Paulista	Rua Diego Colado nº 166 - São Paulo
22	Mauá	Rua Vitorino Del' Antonia nº 150 - Mauá
23*	Cubatão-V.Anchieta	Esquina Avenida Martins Fontes, Washington Luiz e Cruzeiro do Sul - Cubatão
24	S.B. Campo - Centro	Rua dos Viannas nº 491 - São Bernardo do Campo
25	Mogi das Cruzes	Rua Eugênio Motta nº 313 - Mogi das Cruzes
26	Cubatão	Rua Salgado Filho nº 121 - Cubatão
27	Cubatão-V.Parisi	Rua nº 03 s/nº - Cubatão

Em fase de instalação

TESTES DE ACEITAÇÃO DO MONITOR DE SO₂

Fazia parte do "Plano Geral de Aceitação da Rede Telemétrica" proposto pela CETESB e aceito pelas contratadas, com base em cláusula contratual, um teste de 5 estímulos conhecidos cujas respostas deveriam ser aferidas em diversos pontos.

Os estímulos foram fornecidos pelo Kit de Calibração modelo PW 9749 fabricado pela PHILIPS holandesa. A descrição detalhada deste equipamento encontra-se no item "Controle de Qualidade". Devido aos valores das taxas dos tubos de permeação utilizados no Kit de Calibração, decidiu-se efetuar o teste em 4 pontos a saber: zero, 10%, 25% e 50% do fundo de escala do equipamento (1,0 ppm).

Foi utilizado para acompanhamento da sequência de operações utilizadas o relatório "Relatório de Acompanhamento - Testes de Simulação: Gases" do Plano de aceitação já referido.

A sequência de operações é comentada a seguir:

- Condição do equipamento:- É necessário que o monitor de SO₂ esteja em operação normal na estação remota; a última calibração automática realizada pelo sistema deve apresentar valores normais; a estação em que o monitor se encontra deve estar em comunicação normal (ON LINE) com a estação Master; o Kit de calibração deve estar com fluxos e temperatura de controle dos tubos de permeação dentro dos padrões; após comunicação entre o grupo da estação Master e o grupo das estações tem início o teste.
- Informações gerais:- Identificação da estação remota, monitor em teste, código do monitor, data e hora de início.
- Determinação da vazão de entrada do monitor:- Utilizando-se um medidor de vazão de boia de sabão e tempo cronometrado mede-se a vazão na entrada de amostra do equipamento.
- Dados da última calibração:- Data e hora da última calibração automática, % obtida na fase zero, % obtida na fase span e fator de correção (maiores detalhes da fase de calibração estão contidos no item "Calibração Automática).
- Dados do equipamento utilizado para geração da atmosfera de teste:- Valores das taxas de permeação dos tubos de SO₂, horários das atmosferas de teste, combinações de fluxos e fontes para cada atmosfera e vazão fornecida.
- Dados obtidos:- Concentração injetada em cada atmosfera, média de 5 minutos consecutivos após estabilização no Registrador Analógico da estação remota, cálculo da concentração do monitor levando-se em conta o valor de zero e o fator de correção da última calibração, média da leitura do microprocessador, média da leitura no Registrador da estação Master, média da leitura da unidade de vídeo na Master e média da leitura do painel sinóptico da Master.
- Correlações obtidas para cada atmosfera:- Estímulo X Registrador Master, Registrador Master X Registrador Remota, Microprocessador X Registrador Remota, Registrador Master X Display Painel Sinóptico, Registrador Master X Unidade de Vídeo Master e Estímulo X Microprocessador.
- Resultado do Teste:- Data e hora do término do teste, assinaturas do técnico da CETESB e da contratada gráficos e tabelas dos dados obtidos na estação remota e Master.

Os critérios de aceitação utilizados para a aceitação de cada monitor levavam em conta não só os valores percentuais de desvio, como também uma análise dos gráficos dos Regis-

traidores quanto a estabilidade e tempo de resposta. O desvio máximo permissível para, por exemplo, o /Estímulo X Registrador Master era de $\pm 10\%$ do valor pontual com uma tolerância de $0,8\%$ do fundo de escala do monitor.

Não cabe a nosso ver no âmbito deste trabalho, uma análise mais pormenorizada dos números envolvidos em todos os testes realizados, porém podemos afirmar que em torno de 50% dos monitores foram aprovados no primeiro teste e nos demais houve necessidade de após manutenção corretiva realizada, repeti-lo.

PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

O sistema de amostragem e medição do monitor de SO_2 consiste de:

Sistema Seletivo:- filtros com materiais químicos ativados.

Sistema de Detecção:- célula eletrolítica, com eletrodos de funções específicas.

Sistema Eletrônico:- amplificar os sinais de saída e fornecer controle de operação.

Fonte de Alimentação:- unidade independente do monitor, que fornece vácuo e energia elétrica ao monitor.

Sistema de Amostragem:- parte do sistema completo, que fornece ar ao monitor nas condições ideais de amostragem.

O ar a ser analisado pelo monitor de SO_2 deve estar isento de poeira e umidade, portanto é necessário que se tenha um aquecedor com filtro, sendo este ligado ao monitor por um tubo de teflon. Este aquecedor é necessário, pois a água absorve o SO_2 e a poeira altera o fluxo necessário para o perfeito funcionamento do equipamento.

Este monitor consiste de duas partes básicas: a parte eletrônica e o sistema de detecção que ficam juntos em um só compartimento.

De frente para o monitor vemos à esquerda no alto a parte eletrônica, os indicadores luminosos das condições de zero, Span e medida e o comando de acionamento da válvula.

As placas de circuito impresso estão na vertical próximas aos controles de escala e referência.

Para a análise do SO_2 é necessário componentes com funções específicas, pois qualquer alteração destes põe em dúvida os dados obtidos, daí a necessidade de manutenções periódicas.

Controle de Escala

O controle de escala seleciona quatro posições que variam o valor de fundo de escala do equipamento conforme abaixo relacionado:

1,2	_____	0 - 0,3 ppm / 0 - 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	_____	0 - 1,0 ppm / 0 - 2670 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	_____	0 - 3,0 ppm / 0 - 8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

A escala 3 é usada para os monitores da Rede Automática que tem faixa de zero a 1 ppm.

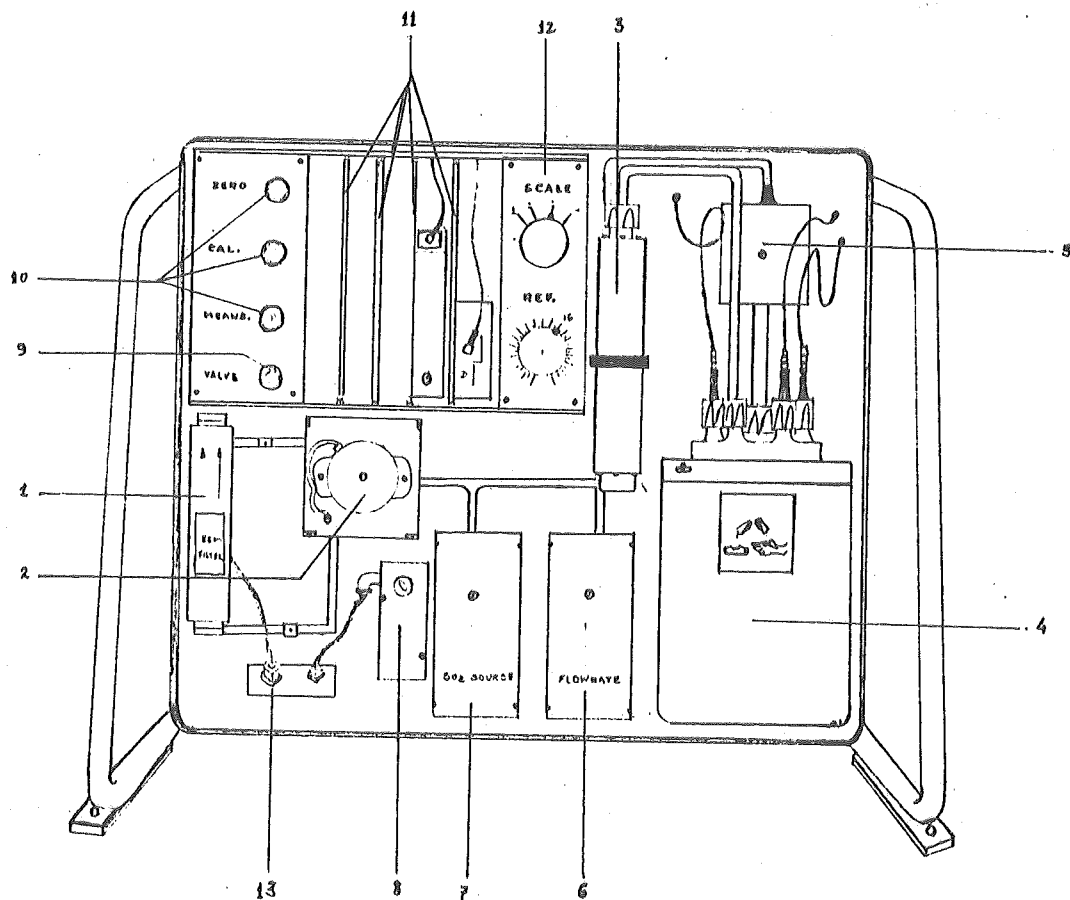


FIGURA 1 - Vista Frontal do Monitor

Legenda:-

- 1 - Filtro zero
- 2 - Válvula seletora
- 3 - Scrubber (Purificador de gases)
- 4 - Detetor
- 5 - Peltier (condensador)
- 6 - Flowrate (orifício medidor)
- 7 - Fonte de SO_2
- 8 - Flushing Orifice (orifício purificador)
- 9 - Botão para acionamento manual da válvula seletora
- 10 - Luz indicadora de zero, span, medida
- 11 - Placas eletrônicas
- 12 - Comando Escala, referência
- 13 - Entrada da amostra

Controle de voltagem de referência

O decréscimo no potencial do eletrodo indicador é compensado por uma voltagem de referência. Este valor de referência é extremamente estável, o qual determina a concentração de bromo no detetor.

Na ausência de SO_2 , o potencial do eletrodo indicador não se altera.

traidores quanto a estabilidade e tempo de resposta. O desvio máximo permissível para, por exemplo, o /Estímulo X Registrador Master era de $\pm 10\%$ do valor pontual com uma tolerância de 0,8% do fundo de escala do monitor.

Não cabe a nosso ver no âmbito deste trabalho, uma análise mais pormenorizada dos números envolvidos em todos os testes realizados, porém podemos afirmar que em torno de 50% dos monitores foram aprovados no primeiro teste e nos demais houve necessidade de após manutenção corretiva realizada, repeti-lo.

PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

O sistema de amostragem e medição do monitor de SO_2 consiste de:

Sistema Seletivo:- filtros com materiais químicos ativados.

Sistema de Detecção:- célula eletrolítica, com eletrodos de funções específicas.

Sistema Eletrônico:- amplificar os sinais de saída e fornecer controle de operação.

Fonte de Alimentação:- unidade independente do monitor, que fornece vácuo e energia elétrica ao monitor.

Sistema de Amostragem:- parte do sistema completo, que fornece ar ao monitor nas condições ideais de amostragem.

O ar a ser analisado pelo monitor de SO_2 deve estar isento de poeira e umidade, portanto é necessário que se tenha um aquecedor com filtro, sendo este ligado ao monitor por um tubo de teflon. Este aquecedor é necessário, pois a água absorve o SO_2 e a poeira altera o fluxo necessário para o perfeito funcionamento do equipamento.

Este monitor consiste de duas partes básicas: a parte eletrônica e o sistema de detecção que ficam juntos em um só compartimento.

De frente para o monitor vemos à esquerda no alto a parte eletrônica, os indicadores luminosos das condições de zero, Span e medida e o comando de acionamento da válvula.

As placas de circuito impresso estão na vertical próximas aos controles de escala e referência.

Para a análise do SO_2 é necessário componentes com funções específicas, pois qualquer alteração destes põe em dúvida os dados obtidos, daí a necessidade de manutenções periódicas.

Controle de Escala

O controle de escala seleciona quatro posições que variam o valor de fundo de escala do equipamento conforme abaixo relacionado:

1,2	_____	0 - 0,3 ppm / 0 - 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	_____	0 - 1,0 ppm / 0 - 2670 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	_____	0 - 3,0 ppm / 0 - 8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

A escala 3 é usada para os monitores da Rede Automática que tem faixa de zero a 1 ppm.

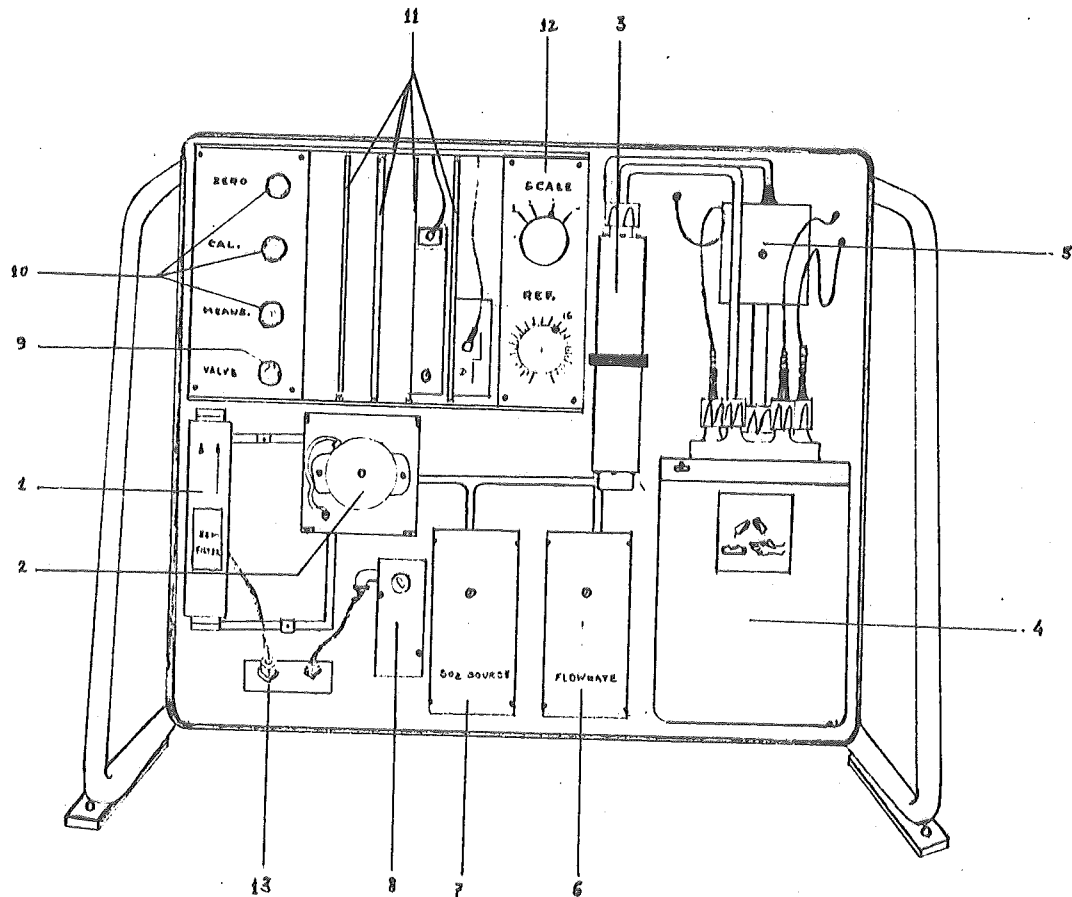


FIGURA 1 - Vista Frontal do Monitor

Legenda:-

- 1 - Filtro zero
- 2 - Válvula seletora
- 3 - Scrubber (Purificador de gases)
- 4 - Detetor
- 5 - Peltier (condensador)
- 6 - Flowrate (orifício medidor)
- 7 - Fonte de SO_2
- 8 - Flushing Orifice (orifício purificador)
- 9 - Botão para acionamento manual da válvula seletora
- 10 - Luz indicadora de zero, span, medida
- 11 - Placas eletrônicas
- 12 - Comando Escala, referência
- 13 - Entrada da amostra

Controle de voltagem de referência

O decréscimo no potencial do eletrodo indicador é compensado por uma voltagem de referência. Este valor de referência é extremamente estável, o qual determina a concentração de bromo no detetor.

Na ausência de SO_2 , o potencial do eletrodo indicador não se altera.

A saída amplificada de voltagem seria zero, e a corrente que seria gerada também seria zero.

Os efeitos da variação da voltagem de referência são dados no quadro seguinte:

VOLTAGEM REFERÊNCIA (mv)	EFEITO PRIMÁRIO	EFEITO SECUNDÁRIO
baixa - 720	baixa concentração de bromo	baixa eficiência do detetor
alta - 780	alta concentração de bromo	resposta lenta corrente de zero alta

Filtro Zero

É montado na vertical abaixo do painel eletrônico, sendo composto de carvão ativado. Sua utilização será determinada pela posição da válvula que seleciona as fases de zero, span, medida.

No caso deste filtro, ele é utilizado na fase de zero, removendo gases interferentes incluindo o SO_2 da amostra.

Válvula seletora

Determina a fase em que o monitor deve operar selecionando zero, span e medida. Seu acionamento é eletrônico podendo ser feito através do botão "valve", ou por controles externos automáticos via microprocessador.

Scrubber (Purificador de Gases)

O scrubber é montado na vertical a direita do painel eletrônico. É composto por cartucho de vidro com um material químico ativo, que tem como função a eliminação de gases interferentes como gás sulfídrico e mercaptanas.

Também reduz ozona e dióxido de nitrogênio para oxigênio e óxido de nitrogênio, respectivamente, uma vez que eles interferem na reação.

Detetor - Célula Eletrolítica

O detetor é montado a direita da parte eletrônica abaixo do Peltier (condensador) e consiste, de uma cuba eletrolítica com cinco conexões.

O interior da cuba, contém uma solução 2 M^{\pm} (0,1M) de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e $0,1 \text{ M}^{\pm}$ (0,005M) de brometo de potássio (KBR).

Assim sendo, o SO_2 proveniente da amostra, introduzido no detetor produzirá uma reação por conseguinte uma corrente elétrica. Esta será convertida no monitor e usada para fornecer um sinal de saída de 0 a 20 mA, correspondente a massa de (SO_2) dióxido de enxofre, introduzida no monitor. Esta cuba é constantemente aquecida por uma resistência, para que se tenha o eletrólito com uma temperatura constante de 37°C .

Peltier (condensador)

O Peltier é montado acima do detetor. Este elemento mantém o nível da cuba através da condensação.

Devido a cuba operar com a temperatura de 37°C , vapores de água poderiam acompanhar o fluxo de ar de aproximadamente 150 ml/min. que passa pelo interior do detetor. Assim sendo, de acordo com a necessidade, o peltier que tem uma temperatura de trabalho em torno de

5°C, entra em funcionamento, condensando os vapores produzidos pelo detetor. Mantendo o volume constante.

Metering Orifice (orifício medidor)

Situado abaixo do Scrubber (purificador de gases), próximo do detetor. Possui em seu interior um filtro de fibra de vidro e carvão ativado para eliminar vapores de ácido que não sejam condensados pelo Peltier.

Fonte SO₂

É montada à esquerda do orifício medidor. Possui em seu interior um pequeno cilindro de aço contendo SO₂ líquido, que através de uma membrana permeia uma taxa constante, que é função da temperatura, expressa em µg/min. É efetuada uma diluição com um fluxo de ar conhecido, produzindo uma concentração constante que é utilizado para a calibração do monitor.

Flushing Orifice (orifício purificador)

É montado a esquerda da fonte de SO₂.

Sua construção é a mesma do orifício medidor exeto pela inexistência do controle térmico.

Sua finalidade é a de reter o SO₂ proveniente da fonte quando o monitor não esta na fase de calibração.

Sistema de Fluxo

O diagrama de fluxo está descrito na figura 2.

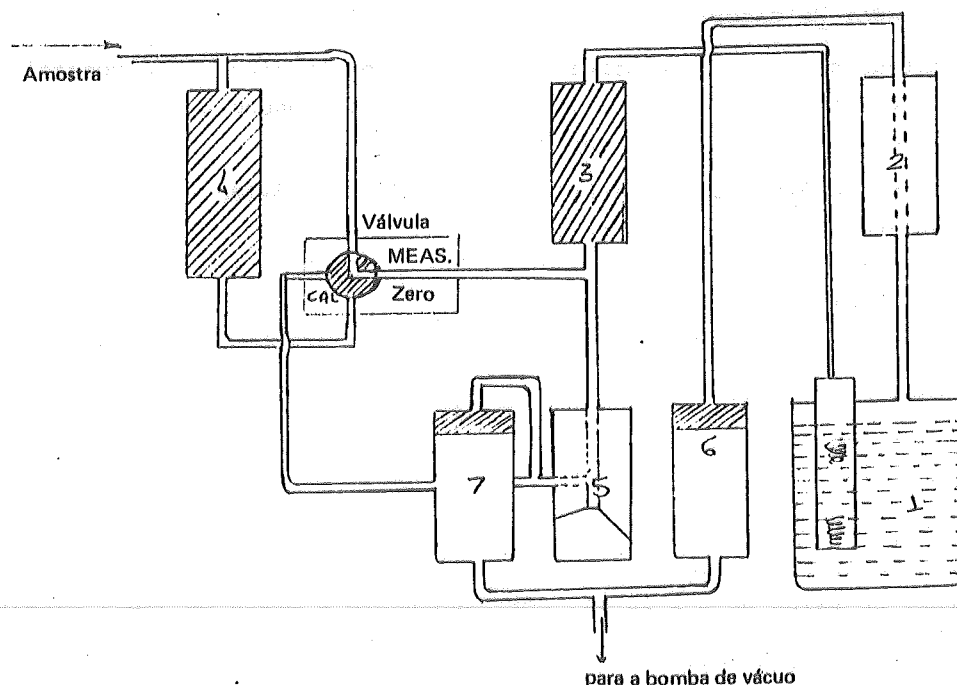


FIGURA 2 - Diagrama de Fluxo do Monitor de SO₂

Legenda:-

- | | |
|-----------------|------------------------------|
| 1 - Detetor | 5 - Fonte de SO ₂ |
| 2 - Peltier | 6 - Orifício medidor |
| 3 - Scrubber | 7 - Orifício purificador |
| 4 - Filtro zero | |

Fluxo de Ar na Fase de medida

O ar é introduzido no monitor de SO_2 pela bomba de vácuo da unidade de alimentação.

A amostra de ar é dirigida através da válvula seletora, que esta energizada na posição de medida, para o Scrubber que remove gases interferentes da amostra, em seguida ao detetor aonde será determinado.

O ar saindo do detetor passará pelo Peltier o qual condensará os vapores de água.

Após o ar passar pelo Peltier, será purificado no bloco do orifício medidor que tem a função de manter um fluxo constante de $150 \text{ ml/min.} \pm 10 \text{ ml.}$

A seguir saindo pela bomba de vácuo.

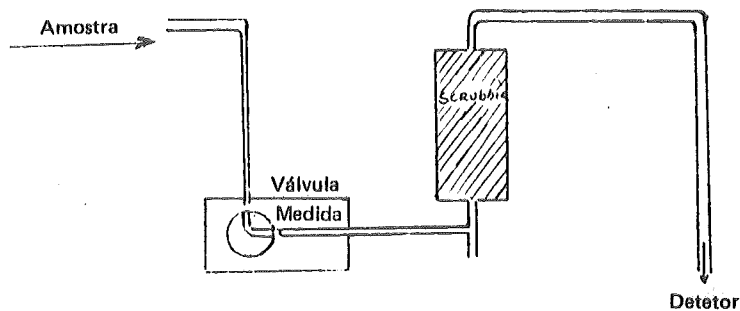


FIGURA 3 - Fase de Medida

Fluxo de ar na fase de calibração

Quando a válvula é posicionada na fase de calibração a amostra de ar é dirigida para o filtro zero, o qual remove todos os gases interferentes inclusive o SO_2 da amostra. A seguir em direção a fonte de SO_2 , onde o ar puro é dosado com uma taxa conhecida de SO_2 dirigindo-se para o Scrubber, onde serão retidos os gases interferentes.

A seguir a amostra passa pelo detetor onde será determinado.

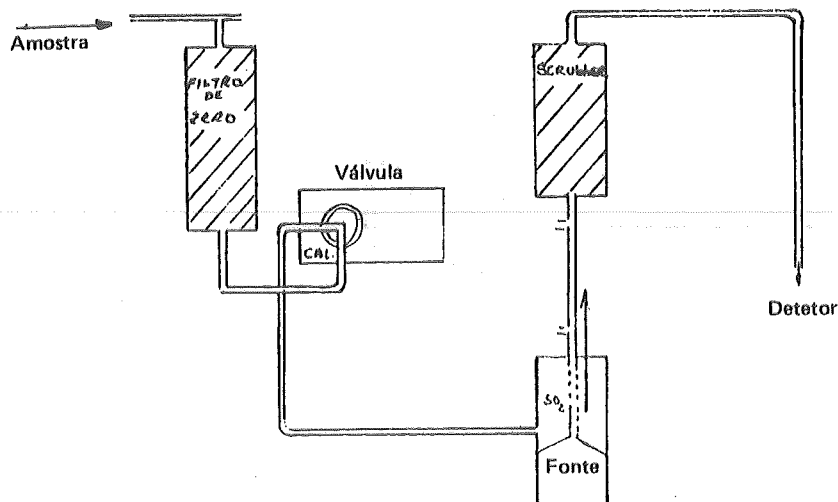


FIGURA 4 - Fase de Calibração

Fluxo de ar na fase de zero

Quando a válvula seletora esta posicionada na posição zero, a amostra de ar passa pelo filtro zero dirigindo-se ao Scrubber para que se tenha um ar puro em direção ao detetor para ser determinado.

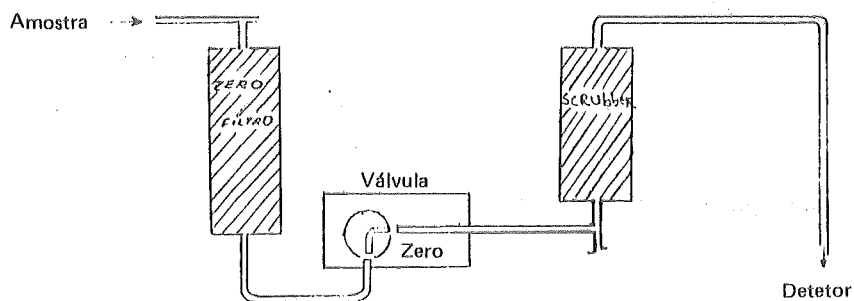


FIGURA 5 - Fase de zero

Sistema de Detecção

O detetor contém os seguintes eletrodos:-

- um par indicador/gerador
- um de referência/auxiliar
- um par NTC + Nível

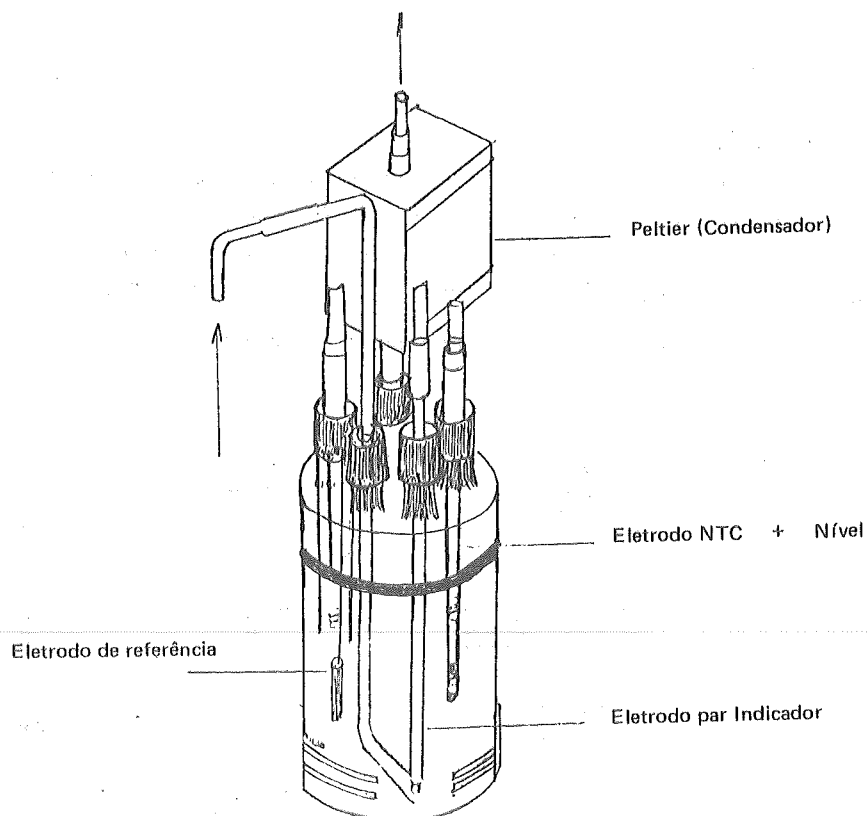


FIGURA 6 - Detetor - Célula Eletrolítica

De uma forma simplificada o potencial da célula seria dado por:

$$E = E_0 + \frac{0.063}{2} \log \frac{(Br_2)}{(Br^-)} \quad \text{onde, (equação I)}$$

(Br_2) = concentração de Bromo livre

(Br^-) = concentração dos íons Brometo

E = potencial de equilíbrio

E_0 = potencial de equilíbrio quando:

$$(Br_2) = (Br^-)$$

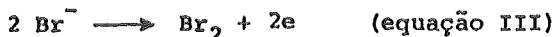
e por onde se vê que o potencial E se altera quando variarem quaisquer uma das concentrações de Bromo ou de Brometo.

O SO_2 borbulhado no detetor reagirá conforme a equação:



De acordo com a equação II a concentração de Bromo (Br_2) diminui, aumentando-se a concentração de Brometo (Br^-) conseqüentemente o potencial E dado na equação I diminuirá.

Para se restabelecer este potencial, o sistema através do par de eletrodos (gerador e auxiliar), reagirá de forma contrária de modo a restabelecer as concentrações originais de Bromo (Br_2) e Brometo (Br^-). Assim pela equação seguinte:



Vê-se que as concentrações de Brometo (Br^-), aumentadas conforme a equação II, serão diminuídas e que as concentrações de Bromo (Br_2) diminuídas de acordo com a equação II serão novamente aumentadas.

A corrente elétrica usada para gerar o Bromo (equação III) é diretamente proporcional a massa de Bromo consumido na reação, portanto a massa de SO_2 introduzida no monitor. A corrente é convertida no monitor e usada para fornecer um sinal padrão de saída de 0 — 20mA, sinal este que indica a massa de SO_2 introduzida no monitor.

De acordo com a Lei de Faraday da eletrólise, correlacionando a quantidade de eletricidade (coloumbs) à massa de SO_2 reagida conforme a equação:

$$Q = \int i dt = \frac{nF}{M} G \quad \text{onde:}$$

F = constante de Faraday (96.500 coulombs)

G = massa de substância reagida

I = corrente usada

M = massa molecular do SO_2 (64)

n = número de elétrons envolvidos por moléculas de SO_2 (equação II)

Padronizada a vazão de ar e determinadas Q e/ou G (um, função do outro) a concentração em ppm ou em $\mu g/m^3$ será fornecida pelo aparelho, sendo estas respostas processadas pelo

Microprocessador e enviadas a Central.

CALIBRAÇÃO AUTOMÁTICA DO EQUIPAMENTO

A calibração do monitor é efetuada a cada 24 horas, tendo início a fase de calibração às 00 horas de cada dia, e terminando às 00:48 horas do mesmo dia.

A calibração é automática, ou seja através do comando pelo Microprocessador que envia um sinal ao monitor na hora determinada, energizando a válvula seletora de zero/span/medida.

Sendo linear a função que correlaciona os estímulos fornecidos e as respostas correspondentes obtidas, é suficiente uma calibração através de dois pontos:

- O primeiro ponto é a fase de zero, onde a válvula seletora é energizada na posição de zero, ficando 12 min. em estabilização e 12 min. correspondente aos valores considerados de zero.
O gás zero é conseguido, através do filtro de carvão ativado visto anteriormente. Tem a função de fazer com que o ar que é introduzido no detetor, seja livre de SO_2 e outros gases interferentes.
- O segundo ponto é a fase de span, do mesmo modo a válvula seletora, será energizada na posição do span, ficando 12 min. em estabilização e mais 12 min., onde serão considerados os estímulos, que correspondem aos valores da quantidade de SO_2 , permeada pelo tubo da fonte de SO_2 .
- O gás span é conseguido, através do tubo de permeação que é parte integrante do monitor. O tubo de permeação, contendo SO_2 líquido que já é fornecido com uma taxa de permeação conhecida, geralmente em torno de $0,075 \mu\text{g}/\text{min}$.
Esta permeação é função da temperatura e pressão. O bloco do tubo de permeação deverá funcionar com temperatura constante nominal de 45°C , a qual foi calibrada a fonte de permeação.
- Uma vez conhecido os valores de zero e span, será calculado um fator de correção no Microprocessador, que corrigirá todos os valores de medida enviados pelo monitor.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com as especificações do fabricante, neste monitor, se faz necessário uma manutenção preventiva periódica a qual envolve a substituição de elementos consumíveis e sua calibração, através de estímulos conhecidos.

Após três meses de operação se faz necessário:

Verificação do Nível do Eletrólito

Se o nível estiver 2 cm abaixo do ponto indicado implica numa possível falha do Peltier.

Substituição do Scrubber (purificador de gases)

Este consumível retém todos os gases interferentes exceto o SO_2 . Sua substituição garante que não haverá interferência de outros gases nas medições.

Verificação do Fluxo no Detetor

Se faz necessário devido a utilização do fator de correção do equipamento que é calculado em função do valor da fonte e deste fluxo. O fluxo nominal do detetor é de 150 ml/min. (± 5 ml).

Verificação do Fluxo Total

A bomba de vácuo deve fornecer 300 ml/min. (± 20 ml/min.) na entrada do monitor sendo controlado pelos orifícios críticos.

Após seis meses de operação:

Devem ser efetuados todos os itens acima, mais a substituição do eletrólito.

Após dois anos de operação:

Renovação dos materiais filtrantes

Filtro zero (carvão ativado) para a fase de zero do monitor.

Se faz necessário a substituição do carvão ativado no bloco do orifício medidor e orifício purificador, devendo ser substituídos os filtros de fibra de vidro destes orifícios.

Teste de vazamento

Se faz necessário pois envolve uma possível alteração do fluxo correto do equipamento. O máximo permitido neste teste é de 20 bolhas por minuto com pressão negativa maior que 600 milibares.

Este teste é realizado, fechando-se a entrada e saída de ar do detetor e a saída que vai para a bomba de vácuo.

Verificação de Temperatura

O orifício medidor deve operar em torno de 45°C para que se tenha sempre uma temperatura acima da ambiente garantindo assim um fluxo constante.

A fonte de SO₂ deve operar em torno de 45°C devido a obtenção da taxa de permeação ter sido aferida com esta temperatura.

O Peltier tem seu ponto de operação em 5°C temperatura necessária para fazer com que os vapores liberados pelo detetor se condensem, retornando em forma líquida mantendo o nível constante.

DEFEITOS MAIS COMUNS

Em 2 anos de operação contínua, do monitor de SO₂, podemos descrever os defeitos que ocorreram com mais frequência, gerando manutenções corretivas. Mesmo com uma manutenção preventiva adequada e periódica, ocorrem defeitos que se não investigados e corrigidos alteram o funcionamento regular do monitor.

Através de uma impressora de alarmes, instalada na central (estação Master) podemos tomar conhecimento de algumas informações sobre o monitor, uma vez que esta impressora, indica quando o monitor se encontra: fora de faixa; fator de correção elevado; valores na fase de zero maior que 10% do fundo de escala; valores de span alterados.

Em ordem crescente de eventos, temos a seguir os defeitos mais comuns apresentados.

Valores nulos - zeragem do equipamento maior que 10% do fundo de escala utilizado pelo monitor, nas calibrações diárias.

Devido a ineficiência dos elementos filtrantes (carvão ativado) pode ocorrer que o ar que está sendo utilizado para zerar o monitor, não esteja livre de SO_2 ou outros interferentes. A solução seria: substituir o carvão ativado contido no interior do filtro de zero.

A ineficiência do eletrodo de referência, também poderá alterar os valores de zero, fazendo com que este se eleve, devendo ser substituído.

Fator de correção elevado (monitor fora da faixa).

Quando o monitor atinge o limite máximo de correção ocasionado por alguma falha do equipamento, este poderá sair fora de faixa. Os motivos que podem levar a ocorrer isto são vários, destacando-se os seguintes:

- Defeito no sistema de fluxo devido a vazamento em alguma parte do monitor.
- Devido a obstrução dos orifícios críticos e/ou do nozzler (boquilha com orifício de vazão controlada, onde é encaixado o eletrodo de medida).

A célula detetora tem temperatura de funcionamento em torno de $37^{\circ}C$. Se a resistência que fornece esta temperatura ao detetor não funcionar, poderá alterar os valores de span, por conseguinte alterando o fator de correção.

Valores na fase de medida em torno de zero, em locais com concentrações reconhecidamente maiores que zero.

Devido ao não funcionamento do aquecedor que fica na sonda de amostragem do monitor, e ao excesso de poeira no filtro do amostrador, o SO_2 (dióxido de enxofre) que é amostrado será absorvido pela umidade contida no interior da tubulação de amostragem, fazendo com que as medidas efetuadas pelo monitor não representem a realidade do parâmetro contido na atmosfera d'aquela região.

Nível do eletrólito abaixo daquele indicado pelo fabricante.

Se o Peltier (condensador com temperatura controlada) não estiver funcionando, o nível do eletrólito poderá diminuir, uma vez que o Peltier não estará condensando os vapores desprendidos pelo detetor.

Temperatura na fonte irregular (fonte sem aquecimento)

Os tubos de permeação contidos na fonte, tem taxa de permeação estipulada pelo fabricante que é calculada com temperatura nominal de $45^{\circ}C$ como visto anteriormente. Se a temperatura de operação do monitor não for por volta deste valor, poderá então alterar a taxa de permeação, alterando os valores de calibração que são usados para calcular o fator de correção do monitor.

QUADRO 1 - RESUMO DOS POSSÍVEIS DEFEITOS QUE PODEM ESTAR OCORRENDO: QUANDO O NÍVEL DE SINAL É BAIXO

C O N D I Ç Ã O			POSSÍVEIS DEFEITOS	O QUE DEVE SER FEITO
ZERO	CALIBRAÇÃO	MEDIDA		
Baixo	Baixo	Baixo	Monitor com seletor de escala em posição errada.	Mudar para escala certa
Baixo	Correto	Baixo	Defeito no sistema de fluxo.	1. Checar Fluxos 2. Fazer Teste de vazamento
Correto	Baixo	Baixo	Defeito no Scrubber (purificador de gases)	Substituir o Scrubber.
Correto	Baixo	Correto	Temperatura na Fonte de SO ₂ baixa.	1. Verificar temperatura 2. Substituir fonte

QUADRO 2 - RESUMO DOS POSSÍVEIS DEFEITOS QUE PODEM ESTAR OCORRENDO: QUANDO O NÍVEL DE SINAL É ALTO

C O N D I Ç Ã O			POSSÍVEIS DEFEITOS	O QUE DEVE SER FEITO
ZERO	CALIBRAÇÃO	MEDIDA		
Correto	Correto	Alto	1. Nível de Poluição (SO ₂) acima do Normal. 2. Defeito no Scrubber	Trocar o Scrubber
Correto	Alto	Correto	Defeito na Fonte SO ₂ .	Trocar a Fonte de SO ₂
Alto	Correto	Correto	1. Ajuste de zero incorreto.	- Checar a vazão de entrada e a vazão do detetor.
			2. Temp. no detetor incorreta.	- Checar a temperatura no detetor = 37°C
			3. Vazamento no monitor.	- Checar vazamento.
			4. Defeito no Eletrodo de referência.	- Verificar eletrodo de referência.
			5. Contaminação no eletrólito	- Substituir eletrólito.

SISTEMA DE AMOSTRAGEM UTILIZADO

O Sistema de Amostragem consiste de uma sonda, que sai da parte superior externa da estação remota, descendo até o interior da mesma.

Consiste de um tubo cilíndrico, com chapéu protetor em sua extremidade superior, tela me-

tânica para proteger a tubulação de amostragem e o filtro de poeira.

Na parte interna da estação remota, a sonda contém orifícios, onde são feitas as tomadas de ar.

Em sua extremidade inferior contém um motor acoplado que tem a finalidade de manter um volume constante de ar no interior do amostrador. Figura 7.

É ligado um tubo de teflon, do orifício da sonda até um amostrador interno, Figura 8, que tem a função de suporte do filtro de poeira (DUST FILTER) e manter aquecido o mesmo.

O aquecimento do amostrador é feito através da unidade de alimentação do monitor que fornece alimentação a uma resistência que mantém o amostrador com temperatura de 10° a 16°C acima da temperatura ambiente.

Esta temperatura de aquecimento, se faz necessária para que o ar a ser amostrado fique livre de umidade, uma vez que a umidade no sistema de amostragem é fator de erro nas medições de SO_2 .

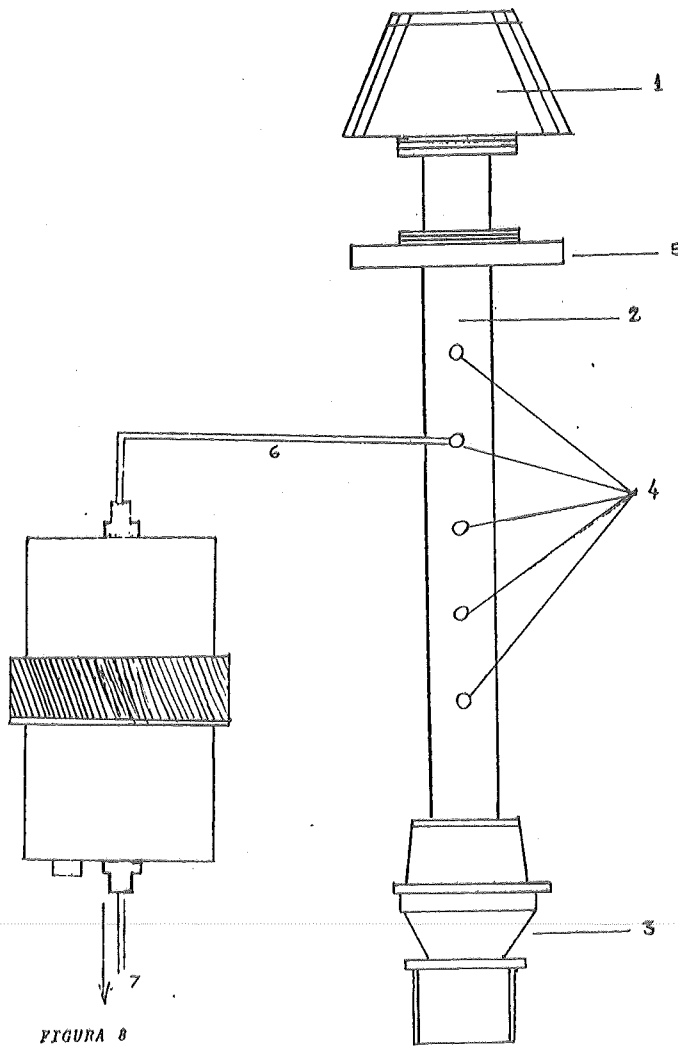


FIGURA 8

FIGURA 7

Legenda:-

- 1 - Protetor dos Amostradores
- 2 - Tubo de Amostragem
- 3 - Motor da Sonda
- 4 - Pontos de Saída de Ar

- 5 - Nível do Teto da Estação Remota
- 6 - Linha de Teflon
- 7 - Saída de Ar para o Monitor

CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade dos monitores da rede é realizado periodicamente.
O controle é realizado com o auxílio de um Kit de calibração que consiste de:

Secador de Ar: contendo drierita, sulfato de cálcio anidro (CaSO_4) para absorver a umidade do ar que será utilizado para calibração.

Filtro: contendo carvão ativado para zerar o ar que será utilizado para as calibrações.

Fonte de permeação: consiste de um tubo de aço, contendo dióxido de enxofre (SO_2) líquido com taxa de permeação conhecida, que é permeado, através de uma membrana de teflon.

Bomba de Vácuo: tem a função de fornecer ar ao Kit de calibração para diluição.

Orifício Crítico: para controlar o fluxo de diluição.

Para que seja efetuado os devidos cálculos para obtenção de referência, devemos selecionar o fluxo de diluição conseguido através da bomba de vácuo e orifício crítico.

Os possíveis fluxos de diluição, são conseguidos através da válvula seletora manual, que são os seguintes:

Fluxo 1 = 320 ml/min.

Fluxo 2 = 640 ml/min.

Fluxo 1+2 = 960 ml/min.

Do mesmo modo podemos selecionar os valores da fonte de permeação, uma vez que temos duas fontes no Kit de calibração com taxa de permeação distintas.

As possíveis posições de permeação são as seguintes:

Fonte 1

Fonte 2

Fonte 1 + 2

Procedimento do Teste de Qualidade

Coloca-se o Kit de calibração em estabilização, até que as fontes atinjam a temperatura ideal de permeação que será indicada por um diodo led.

Uma vez atingida as condições normais de temperatura, seleciona-se a válvula de fluxo 1 e 2, e coloca-se a válvula das fontes na posição zero.

Introduz-se assim no monitor de SO_2 , uma atmosfera livre de SO_2 e gases interferentes, tendo então o ponto zero, onde o monitor deverá ter uma resposta em torno de zero.

Com o fluxo total 1 e 2, mudar a válvula para fonte 1, onde teremos o segundo ponto de calibração.

Podemos conseguir 10 pontos de estímulos injetados.

Fluxo 1 + Fluxo 2 + Fonte zero

Fluxo 1 + Fluxo 2 + Fonte 1

Fluxo 1 + Fluxo 2 + Fonte 2

Fluxo 1 + Fluxo 2 + Fonte 1+2
 Fluxo 2 + Fonte 1
 Fluxo 2 + Fonte 2
 Fluxo 2 + Fonte 1+2
 Fluxo 1 + Fonte 1
 Fluxo 1 + Fonte 2
 Fluxo 1 + Fonte 1+2

Cada estímulo injetado deverá ter um tempo mínimo de 5 min. para estabilização das respostas.

Uma vez que o Kit, é considerado padrão, podemos traçar um perfil do monitor, em termos de qualidade das respostas obtidas.

- cálculos das concentrações injetadas:

$$C = \frac{\text{Fonte} \times 10^6}{F} \times 4.09 \times 10^{-4}$$

F = Fluxo de diluição

4.09×10^{-4} = Fator de conversão de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para ppm à 22°C e 700 mmHg que é as condições de pressão e temperatura da Grande São Paulo.

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS OBTIDOS

Dentre todos os monitores de poluentes atmosféricos que fazem parte da Rede Automática, o que surpreendeu a todas as expectativas no que diz respeito à performance, estabilidade e baixo índice de manutenção corretiva, foi realmente o de determinação de SO_2 .

A Tabela 3 apresenta as porcentagens de dados de julho de 1981 à junho de 1983. Observamos que as médias encontradas estão acima do limite de 90% exigido das contratadas durante a execução dos testes de aceitação da Rede Automática.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os dados mensais e anuais para todas as estações da Rede Automática nos anos de 1981 e 1982, respectivamente.

Diariamente as 15 horas é efetuado um Boletim de Qualidade do Ar de todas as estações da Rede Automática incluindo as 5 estações manuais tipo OPS/OMS em operação e a estação de monóxido de carbono da Praça do Correio.

De acordo com a Lei 997, Artigo 45, Capítulo III do Decreto Estadual 8468 de 08.09.76 são previstos os poluentes sujeitos a legislação de controle e seus respectivos níveis de qualidade do ar, conforme tabela 6, abaixo.

TABELA 6 - NÍVEIS DE QUALIDADE DO AR

Poluente	Unidade	Período	Padrão de Qual.do Ar	Atenção	Alerta	Emergência
SO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	365	800	1600	2100
CO	ppm	8	9	15	30	40
DUST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	240	375	625	875
O ₃	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	160	200	800	1200
Produto	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	-	65000	261000	393000

TABELA 3 - APROVEITAMENTO DO MONITOR (EM PORCENTAGEM)

MÊS	S O 2																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	
JUL/81	93	96	90	99	99	96	99	97	99	98	99	99	99	92	98	99	97	97	99	95	77	99	99	95	99	99	29
AGO/81	99	98	93	96	96	97	98	92	96	95	98	84	94	98	89	98	89	88	98	99	98	74	98	98	99	99	75
SET/81	96	98	87	100	99	99	95	94	96	76	99	90	97	100	100	99	73	97	93	97	96	100	100	99	96	48	
OUT/81	95	99	84	96	98	95	99	98	99	85	91	97	94	99	93	96	75	85	68	98	91	93	100	99	88	69	
NOV/81	93	95	83	98	94	97	97	98	80	98	92	96	99	95	91	96	54	80	96	97	91	90	90	97	89	70	
DEZ/81	99	96	97	97	99	99	95	89	99	99	93	80	97	98	99	99	85	87	97	90	99	97	99	98	87	54	
JAN/82	97	99	92	97	99	96	99	96	99	98	99	79	99	99	100	99	89	92	99	96	93	99	94	99	89	72	
FEV/82	94	93	86	96	96	98	75	97	96	87	92	58	98	89	100	98	93	85	100	98	99	99	99	99	94	82	
MAR/82	92	98	87	98	99	98	96	96	96	99	81	98	96	92	97	100	91	98	99	99	91	99	96	92	92	50	
ABR/82	89	100	100	100	98	99	98	99	99	99	99	99	96	93	99	94	97	99	96	99	92	99	98	98	96	97	
MAI/82	98	86	98	96	97	99	92	100	97	99	97	97	95	91	97	96	100	95	99	99	53	90	91	99	99	79	
JUN/82	99	90	97	99	100	96	98	98	82	96	100	95	99	100	89	96	98	99	96	82	52	96	35	95	90	48	
JUL/82	95	99	93	98	99	100	100	98	55	96	100	98	99	100	90	97	92	87	91	96	89	94	38	97	93	83	
AGO/82	94	98	99	97	95	94	91	99	92	96	99	91	99	99	92	99	98	93	99	99	99	98	89	99	99	97	
SET/82	91	96	87	96	90	98	99	99	88	90	99	98	99	96	94	97	96	99	99	95	95	100	90	92	95	96	
OUT/82	94	95	98	89	96	98	96	99	99	93	99	95	99	87	72	93	99	97	100	99	100	100	99	99	95	94	
NOV/82	97	98	95	96	93	82	97	98	97	96	82	95	99	99	99	99	96	95	95	99	99	99	99	99	79	95	
DEZ/82	99	61	92	97	95	77	97	98	95	94	98	96	99	96	96	99	97	19	99	99	93	98	98	99	89	91	
JAN/83	99	99	98	100	89	61	99	97	100	94	98	90	72	99	87	92	56	96	95	100	88	100	97	100	93	88	
FEV/83	94	100	99	89	95	95	99	100	43	56	99	96	85	55	0	98	89	52	100	58	95	99	94	99	99	99	
MAR/83	93	97	100	98	97	93	100	97	98	96	84	99	99	94	74	100	98	88	100	98	85	90	99	99	88	100	
ABR/83	97	99	95	97	99	95	99	98	98	95	96	96	95	99	89	78	85	98	100	99	95	97	96	91	78	87	
MAI/83	96	96	99	99	99	98	97	97	97	96	94	96	99	89	99	80	97	84	96	97	99	98	97	99	90	95	
JUN/83	91	99	99	99	98	96	100	85	99	98	97	99	100	100	96	96	99	97	100	100	99	92	100	99	95	98	
TOTAL	91	95	94	97	97	94	97	97	92	93	95	93	96	94	89	95	89	88	95	95	90	96	96	98	92	79	

Média Geral de aproveitamento = 93%

TABELA 4 - DIÓXIDO DE ENXOFRE - 1981 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS MENSIS E
CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL

ESTAÇÃO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL /M ³ *
1. Parque D. Pedro	60	126	98	107	131	118	140	133	132	85	92	56	107
2. Santana	47	49	68	70	80	62	81	92	88	68	59	44	67
3. Mooca	65	101	73	80	111	120	128	130	117	86	77	68	96
4. Cambuci	87	173	132	139	160	140	174	166	163	117	133	111	141
5. Ibirapuera	41	65	45	53	74	63	74	64	65	44	35	30	54
6. Nossa Senhora do Ó	21	29	39	37	41	28	38	42	42	32	27	18	33
7. São Caetano do Sul	91	105	100	103	109	107	122	97	103	85	96	76	100
8. Congonhas	71	72	75	99	106	100	136	119	116	92	103	96	99
9. Lapa	84	132	110	122	137	138	159	141	128	109	108	99	122
10. Cerqueira César	70	102	74	85	116	113	104	87	86	69	72	66	87
11. Penha	18	32	32	28	47	49	53	54	50	33	19	29	39
12. Vila Formosa	32	58	47	49	60	50	51	39	46	31	38	21	44
13. Guarulhos	59	50	86	82	75	55	79	87	75	75	65	56	70
14. Santo André - Centro	59	61	61	66	69	85	91	60	79	66	73	67	70
15. Diadema	40	63	31	43	66	66	79	72	61	37	38	34	53
16. Sto. Anário	50	60	45	48	71	68	69	61	63	50	48	41	56
17. Osasco	68	75	78	77	85	63	82	63	70	78	64	48	71
18. Santo André - Capuava	193	169	165	181	214	133	156	101	175	171	228	179	172
19. São Bernardo do Campo - V. Pauliceta	44	59	39	47	58	62	56	52	59	39	46	38	50
20. Taboão da Serra	26	32	28	32	49	55	53	45	36	25	24	20	35
21. São Miguel Paulista	29	39	23	25	32	42	35	40	33	22	27	30	31
22. Mauá	45	34	30	40	38	53	50	37	46	31	44	40	41
23. Santana do Parnaíba	8	7	8	10	12	10	18	10	12	14	3	6	10
24. São Bernardo do Campo - Centro	54	72	51	53	72	72	73	58	56	39	49	44	58
25. Mogi das Cruzes	8	11	11	13	27	33	32	29	27	12	13	13	19
26. Cubatão Residencial	55	83	75	111	98	111	111	106	73	61	67	87	87
27. Juquitiba	5	10	11	14	7	8	56	11	2	6	7	6	12

OBS.: - (*) A média anual calculada como média das médias mensais.
Valores expressos em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

TABELA 5 - DIÓXIDO DE ENXOFRE - 1982 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS MENSAIS E
CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL

ESTAÇÃO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL/82
1. Parque D. Pedro	75	113	119	76	125	95	135	123	102	69	73	69	98
2. Santana	67	65	77	74	79	55	77	81	81	61	65	(*)	68
3. Mooca	71	102	79	77	117	109	135	139	93	87	85	71	97
4. Cambuci	126	157	178	152	157	134	159	164	156	139	146	137	150
5. Ibirapuera	41	54	48	41	61	57	65	70	62	48	47	34	52
6. Nossa Senhora do Ó	29	30	40	36	35	21	34	39	42	28	30	19	32
7. São Caetano do Sul	97	114	117	110	122	74	69	73	116	103	104	90	99
8. Congonhas	98	115	127	115	120	103	124	123	109	88	105	100	111
9. Lapa	114	141	146	129	166	139	181	166	144	126	125	127	142
10. Cerqueira Cesar	73	93	85	76	119	117	111	106	103	87	83	95	96
11. Penha	28	50	31	29	55	55	61	69	42	47	43	36	46
12. Vila Formosa	26	35	31	34	56	51	57	64	43	51	49	40	45
13. Guarulhos	74	58	83	80	65	48	71	71	65	62	55	41	64
14. Santo André - Centro	66	79	72	51	59	56	46	59	71	55	55	48	60
15. Diadema	40	70	47	40	65	73	72	74	57	53	50	47	57
16. Santo André	40	57	47	44	56	61	65	75	56	55	47	52	59
17. Osasco	73	65	97	78	75	62	73	82	89	70	61	57	74
18. Santo André - Capuava	134	131	62	108	71	37	112	95	209	137	181	(*)	123
19. S. Bernardo do Campo - V. Pauliceta	35	59	42	38	53	56	56	45	42	47	(*)	38	46
20. Taboão da Serra	25	31	25	22	38	39	50	41	31	24	25	23	31
21. São Miguel Paulista	22	33	24	22	51	47	44	48	29	33	31	23	34
22. Mauá	27	45	24	21	31	55	42	37	36	45	47	52	39
23. Santana do Parnaíba	15	19	16	9	8	7	11	9	18	(*)	-	-	13
24. S. Bernardo do Campo - Centro	42	64	38	35	48	68	58	63	46	57	56	51	52
25. Mogi das Cruzes	11	21	15	14	32	33	28	34	15	20	21	15	22
26. Cubatão Residencial	69	40	51	66	78	59	65	72	48	53	48	49	60
27. Juquitiba	3	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27. Cubatão - V. Parisi	-	-	-	49	65	80	92	80	65	72	63	35	67

OBS.: - (*) A média anual calculada como média das médias mensais.

(**) Número de valores Insuficientes para cálculo da média.

- Ausência de dados devido a mudança de local.

Valores expressos em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A Tabela 7 apresenta as ultrapassagens do padrão para o poluente SO₂ no período de julho de 1981 a junho de 1983. Podemos observar que não foi atingido o nível de qualidade má em nenhuma ocasião.

TABELA 7 - ULTRAPASSAGENS DO PADRÃO

MÊS	S O 2		MÊS	S O 2	
	I	M		I	M
JUL/81	1	-	JUL/82	1	-
AGO/81	2	-	AGO/82	-	-
SET/81	8	-	SET/82	2	-
OUT/81	1	-	OUT/82	-	-
NOV/81	3	-	NOV/82	3	-
DEZ/81	3	-	DEZ/82	1	-
JAN/82	-	-	JAN/83	-	-
FEV/82	-	-	FEV/83	-	-
MAR/82	-	-	MAR/83	2	-
ABR/82	-	-	ABR/83	-	-
MAI/82	-	-	MAY/83	-	-
JUN/82	-	-	JUN/83	-	-

I = Inadequada M = Má

Todos os dados obtidos estão a disposição dos interessados na Biblioteca da CETESB.

CONCLUSÃO

O monitor de dióxido de enxofre, objeto deste trabalho, demonstrou neste período de 2 anos de operação, ser realmente um dos melhores equipamentos que fazem parte da Rede Automática.

Este fato baseia-se principalmente no seu alto grau de estabilidade em operação, pequenos desvios de resposta em relação aos estímulos fornecidos (<10% valor pontual) e baixo índice de manutenção.

Os altos índices de dados válidos obtidos refletem as considerações aqui apontadas.

A inclusão deste equipamento em sistemas automáticos com controle operacional via micro-processador, com facilidades de calibração periódica, fornecem informações úteis para a ativação de ações corretivas já que qualquer desvio além de certos limites indica defeitos no equipamento. Outro ponto importante é o condicionamento térmico do recinto em que está situado o equipamento.

A execução de manutenções preventivas periódicas proporciona a operação do equipamento por longos períodos sem atenção.

A realização de auditorias para aferição dos dados produzidos é um importante instrumento para o controle de qualidade dos dados produzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GUIMARÃES, F.A. et alii. Rede Automática de Amostragem de Poluentes Atmosféricos - plano preliminar. *CETESB, São Paulo* - 1975, 53 pg. (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 89, R.J., dez, 14-19, 1975).
2. OLIVEIRA, V.V. et alii. Rede Automática de Amostragem de Poluentes Atmosféricos instalada na Região da Grande São Paulo. *CETESB, São Paulo* - 1979, 81 pg. (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 109, Manaus, AM., janeiro, 21-26, 1979).
3. PHILIPS. SO₂ Monitor. Eindhoven, *The Netherlands, N.V. Philips' Gloeilampenfabriken*, 1974. (Instruction Manual 9499 360 05411 - 741115).
4. STER, A.C. Air Pollution - Volume I *Academic Press Inc.* - N.Y.C., New York 3rd ed. 1976 - 715 pg.

Data Aquis.:

Indic.:

Livros: Doação


Preço: Cr\$ 1,00

Data Tomba: 22.11.83

B I B L I O T E C A

DEVOLVER EM	DEVOLVER EM
14-08-90	
22-08-96	
29-03-96	
13-10-98	


CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA
DE SANEAMENTO AMBIENTAL

 FICHA DE EMPRÉSTIMO I

CETESB

8301/MIEm/012291 4490

O monitor automatico de determinacao de ...

DATA RETIRADA	Nº REGISTRO	ASSINATURA DO CONSULENTE
1-8-90	3669-1	

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este documento.



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459
PABX - 210-1100 - São Paulo - Brasil
