



Panfleto 73

Equipamentos de Monitoramento Atmosférico para Cloro

7 Edição
Junho de 2003

Tradução e adaptação da Clorosur, com autorização do *The Chlorine Institute, Inc.* Disponível no site: www.clorosur.org e www.abiclor.com.br Documento original: *Atmospheric Monitoring Equipment for Chlorine - Edition 7, June 2003.*

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

ÍNDICE		PÁG
1	INTRODUÇÃO	3
1.1	PROPÓSITO	3
1.2	ATUAÇÃO RESPONSÁVEL	3
1.3	APRESENTAÇÃO	3
1.4	ALERTA A TRABALHADORES E COMUNIDADE	4
1.5	METODOLOGIA	4
1.6	DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE	5
1.7	APROVAÇÃO	5
1.8	REVISÕES	5
1.9	REPRODUÇÃO	5
2	DEFINIÇÕES	5
3	PROJETO DE SISTEMA	8
3.1	OBJETIVO	8
3.2	DISTRIBUIÇÃO DE SENSORES	8
3.3	INTERFACE COM OPERADOR	8
3.4	OUTRAS CONSIDERAÇÕES	9
4	SELEÇÃO DE MONITORES DE CLORO	9
4.1	REQUISITOS / CAPACIDADES	9
4.2	TIPOS DE MONITORES	10
4.3	TECNOLOGIA DOS SENSORES	11
4.4	PRECISÃO E EXATIDÃO	12
4.5	MEIO AMBIENTE DE OPERAÇÃO	13
4.6	CONFIABILIDADE	14
5	INSTALAÇÃO	15
5.1	TIPOS DE SINAL	15
5.2	FIÇÃO E ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA	16
5.3	CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS	16
5.4	POSICIONAMENTO DOS SENSORES	17
6	MANUTENÇÃO	17
7	CALIBRAÇÃO	19
8	PROCEDIMENTO RECOMENDADO DE AVALIAÇÃO	19
8.1	CONSIDERAÇÕES	19
8.2	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO	20
9	REFERÊNCIAS E FONTES DE DOCUMENTAÇÃO ADICIONAIS	20
10	ANEXOS	21
10.1	PESQUISA DE EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO DE 2002	21
10.2	PESQUISA DE FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO DE CLORO 2002 – 2003.	22

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROPÓSITO

A sétima edição do Panfleto Equipamentos de Monitoramento Atmosférico para Cloro reflete pequenas alterações a esta publicação desde a sexta edição. Este panfleto fornece informações sobre as experiências de associados do *Chlorine Institute* no projeto, instalação, manutenção e benefícios dos equipamentos de monitoramento ambiental para cloro. A informação é essencialmente inalterada desde a sexta edição.

As principais mudanças são informações sobre os equipamentos de monitoramento de cloro. Esta informação é apresentada nos Anexos revisados 10.1 e 10.2.

Monitores pessoais estão fora do escopo deste panfleto.

1.2 ATUAÇÃO RESPONSÁVEL

O *Chlorine Institute* é uma associação parceira em Atuação Responsável® do *American Chemical Council - ACC* (Conselho Americano de Química). Nesta condição, o *Chlorine Institute* se compromete a: fomentar a adoção pelos seus associados dos Códigos de Práticas de Gestão, facilitar sua implementação; e estimular os associados a se unirem diretamente à iniciativa de Atuação Responsável®.

Os associados do *Chlorine Institute* que não são associados do ACC são estimulados a seguir os elementos de programas similares de atuação responsável através de outras associações tais como o Programa de Distribuição Responsável da *National Association of Chemical Distributors – NACD* (Associação Nacional de Distribuidores de Produtos Químicos) ou o Programa de Atuação Responsável® do *Canadian Chemical Manufacturers Association* (Associação Canadense de Fabricantes de Produtos Químicos)

1.3 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Até a presente data, não há nos Estados Unidos regulamentações federais que determinam a instalação de monitores ambientais de cloro. Entretanto, legislações estaduais ou locais podem requerer o uso de monitores para situações específicas. Vários associados do *Chlorine Institute* de fora dos Estados Unidos indicaram na pesquisa que já foram exigidos a instalar sistemas de monitoramento. Dentro dos Estados Unidos, a escolha de instalar sistemas de monitoramento é uma decisão individual da empresa.

A *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental) recomendou em seu relatório ao Congresso ("*Review of Emergency Systems*" – Revisão dos Sistemas de Emergência) (9.1), que a indústria seja incentivada a conduzir pesquisas para desenvolver e refinar sistemas de detecção e monitoramento de substâncias químicas de custo adequado, eficientes e confiáveis que não requeiram calibração frequente. Durante o *Special Emphasis Program* (Programa de Ênfase Especial) de 1986, a *Occupational Safety and Health Administration* (Administração de Saúde e Segurança Ocupacional - OSHA) perguntou aos fabricantes de cloro sobre seu antecipado uso de cloro para segurança ocupacional.

Além disso, as fábricas produzindo, usando ou de outra forma manuseando cloro podem ser afetadas por um ou ambos os regulamentos – *Process Safety Management Rule for Highly Hazardous Chemicals* (9.2) (Regra de Gerenciamento de Segurança de Processo para Substâncias Químicas Altamente Perigosas - PSM) da OSHA ou o *Accidental Release Prevention Requirement Programs* e *Risk Management Programs* – RMP (9.3) (Programas de Exigência de Prevenção de Liberação Acidental e Programas de Gerenciamento de Risco) da EPA.

Dependendo de fatores intrínsecos a cada local, o uso de monitores ambientais de cloro pode ajudar a instalação a atender os requisitos de uma ou ambas as legislações. O uso de monitores ambientais de cloro pode também ajudar uma instalação a estabelecer medidas de segurança industrial.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

1.4 ALERTA DE TRABALHADORES OU COMUNIDADE

Os monitores de cloro tem provado serem dispositivos eficientes de detecção de vazamentos. Muitos associados do *Chlorine Institute* instalaram sistemas perimetrais, sistemas pontuais ou uma combinação dos dois para fornecer avisos precoces de vazamentos para funcionários da planta e a comunidade ao redor. Apesar de que os monitores perimetrais e pontuais não tem a finalidade de substituir os monitores pessoais de exposição, eles podem ter um papel significativo em um programa geral de segurança da planta. Avisos precoces de vazamentos podem permitir ao pessoal da planta adotar medidas de segurança apropriadas e mitigar a emanação de substância química. Dados de monitores pontuais de cloro também podem ser usados em programas de higiene industrial para identificar as partes da planta onde pode ser necessário monitoramento pessoal de exposição ou controles de engenharia adicionais.

A detecção precoce de liberações de substâncias químicas também é uma parte importante de qualquer programa de alerta a comunidade e resposta a emergências (*CAER – Community Awareness and Emergency Response*). A detecção precoce de liberações de substâncias químicas permite pronto aviso da comunidade e discussão oportuna da resposta apropriada à emergência. A troca de informações entre a indústria e a comunidade é uma exigência do *Emergency Planning and Community Right to Know Act, Title III do Superfund Amendments and Reauthorization Act (EPCRA)* (Lei de Planejamento para Emergência e Direito de Saber da Comunidade, Título III da Lei de Emendas e Reautorização do *Superfund*). Monitores de cloro perimetrais ou pontuais pode ser parte importante nos programas da planta para segurança dos funcionários e da comunidade.

1.5 METODOLOGIA

O Grupo Tarefa de Monitoramento de Cloro, que elaborou a quinta edição deste panfleto fez uma pesquisa entre os associados do *Chlorine Institute*. A pesquisa de 1990 procurou resumir as experiências com sistemas específicos de monitoramento perimetral e/ou pontual. Não era sua intenção examinar ou avaliar os monitores pessoais. A pesquisa também solicitou dados que pudessem melhorar os sistemas de monitoramento existentes.

Em meados de 2002, funcionários do *Chlorine Institute* realizaram uma pesquisa entre as associadas para determinar que tipo de monitores de cloro tinha sido instalados desde meados de 1996. Os resultados desta pesquisa estão mostrados no Anexo 10.1.

Entre meados de 2002 e início de 2003, o pessoal do *Chlorine Institute* conduziu uma pesquisa entre os fabricantes conhecidos de equipamentos de monitoramento de cloro. A busca de fabricantes foi extensa, mas não exaustiva. Cada fabricante foi solicitado a fornecer dados característicos de sistema em um formato padronizado como tinha sido feito nas edições anteriores. Entretanto, alguns fabricantes se recusaram a fornecer informações alegando que havia risco de ficarem desatualizadas. Informações atualizadas poderiam ser prontamente fornecidas por contato com o fabricante em seu endereço na internet. Além disso, vários fornecedores se recusaram a responder a pesquisa. Dessa forma, o Anexo 10.2 foi modificado para incluir apenas os endereços dos fornecedores. Leitores deste panfleto são lembrados que muito provavelmente há outros fabricantes de tais equipamentos de monitoramento.

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

1.6 DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

As informações contidas neste panfleto são provenientes de fontes tidas como confiáveis. O *Chlorine Institute* e seus associados, individual ou coletivamente, não dão nenhuma garantia e assumem nenhuma responsabilidade em relação com qualquer parte desta informação. Além disso, não se deve presumir que todo procedimento aceitável esteja incluído, ou que circunstâncias especiais não exijam procedimentos modificados ou adicionais. O usuário deve estar ciente que mudanças na tecnologia ou em regulamentações podem exigir mudanças nas recomendações aqui contidas. Medidas apropriadas devem ser tomadas para assegurar que a informação esteja atualizada quando usada. Estas sugestões não devem ser confundidas com exigências federais, estaduais, provinciais, municipais ou securitárias, ou com códigos nacionais de segurança.

1.7 APROVAÇÃO

O Comitê de Operações Industriais e Segurança do *Chlorine Institute* aprovou este panfleto em 15 de abril de 2003.

1.8 REVISÕES

Sugestões para revisões devem ser enviadas para a Secretaria do *Chlorine Institute*.

1.9 REPRODUÇÃO

O conteúdo deste panfleto não deve ser copiado para publicação, em parte ou no todo, sem prévia permissão do *Chlorine Institute*.

2 DEFINIÇÕES

Os seguintes são definições dos termos como usados neste panfleto.

<u>Palavra</u>	<u>Definição</u>
4 – 20 mA	Saída de 4 a 20 miliampères de um monitor de cloro
Amperométrico	Sensor tipo eletrolítico que usa contra-eletrodos (<i>counter electrodes</i>) e eletrodos sensores (<i>sensor electrodes</i>) para detectar cloro gasoso.
Ar Ambiente	Gás atmosférico que o monitor de cloro analisa.
Auto-verificação	Opção que permite o monitor verificar sua operação.
CAER	Programa de Alerta da Comunidade e Resposta a Emergências.
Calibração	Procedimento pelo qual o monitor é ajustado para uma concentração conhecida para fornecer resultados significativos.
Calibração Qualitativa	Um teste realizado para assegurar que o monitor responde ao cloro gasoso.
Calibração Quantitativa	Um procedimento para relacionar a resposta do monitor à concentração de cloro gasoso.
Cloro	Cloro como Cl ₂ , e suas espécies oxiácidas, HOCl, ClO ₂ etc.
Colorimétrico	Método de análise que usa um colorímetro como o detector.
Coloumetria	Metodologia que utiliza um potencial inicialmente estabelecido aplicado através de eletrodos em contacto com um eletrólito de suporte para detectar cloro gás.

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Confiabilidade	A quantidade relativa de tempo que um monitor opera sem necessitar de manutenção ou calibração.
Corrente	Um fluxo de elétrons
Deteção de Vazamentos	A identificação de uma emanação de cloro.
Difusão	Movimento de gás através de uma membrana, eletrólito, filtro ou outro meio de suporte.
EHC	Comitê de Saúde e Meio Ambiente do <i>Chlorine Institute</i> .
Eletrólito	Geralmente uma solução saturada de KBr, KCl, CaBr ₂ ou KI na qual são colocados os eletrodos.
Eletroquímico	Metodologia que emprega um eletrólito e eletrodos para a deteção de cloro.
Emissões Fugitivas	Liberação de um gás de uma fonte inespecífica tal como um flange.
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.
EPCRA	Lei de Planejamento para Emergência e Direito de Saber da Comunidade, Título III da Lei de Emendas e Reautorização do <i>Superfund</i> dos Estados Unidos.
Espectrométrico	Metodologia que utiliza um espectrômetro como detector.
Estado Sólido	Um tipo de semicondutor óxido-metal usado para deteção de cloro.
Fonte Pontual	Termo usado para descrever uma potencial fonte de vazamento que está sendo monitorada.
Fotoelétrico	Método de análise usando um detector fotoelétrico
Interferência Negativa	Uma resposta não desejada de um monitor de cloro que faz com que o resultado seja menor que o valor real.
Interferência Positiva	Uma resposta não desejada de um monitor de cloro que faz com que o resultado seja maior que o valor real.
Interligado	Uma maneira de ligar os fios do transmissor ou monitor similar a uma ligação em série.
Lei de Ohm	$Voltagem = Corrente \times Resistência$
Manutenção Preventiva	Manutenção realizada rotineiramente para aumentar o desempenho de um sistema de monitoramento.
Microprocessador	Um computador que avalia saídas de monitores de cloro e realiza tarefas adicionais com a saída como, por exemplo, um cálculo de volume.
Modelagem de Dispersão	Técnica empregada para determinar os locais desejados para os sensores de cloro.
Monitor apenas alarme	Detecta a presença de cloro e ativa um alarme se a concentração exceder um limite pré-estabelecido.
Monitor de cloro perimetral	Monitor de deteção de cloro com sensores localizados ao redor de uma parte ou toda a planta operacional.
Monitor de Fonte de Cloro	Monitor de cloro usado para identificar emanações de cloro de uma fonte em particular tal como uma válvula, chaminé etc.
Monitor de Gás de Chaminé	Um monitor usado para detectar teores de cloro em uma chaminé.

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Monitor de Inspeção	Um instrumento portátil usado para verificar concentrações de cloro em locais específicos.
Monitor de Ponto Fixo	Monitor de cloro usado para identificar emanações de cloro em uma localização pré-determinada.
Monitor Pessoal	Monitor pessoal tipo crachá ou tipo bomba portado por uma pessoa para detectar cloro.
NCASI	Conselho Nacional da Indústria do Papel para Melhoria do Ar e Cursos d'Água.
OSHA	Administração de Saúde e Higiene Ocupacional dos Estados Unidos.
Oxidação	Perda de elétrons
Oxidante	Em relação a monitores de cloro: ozônio, dióxido de cloro, flúor, bromo, iodo, óxido de nitrogênio, dióxido de nitrogênio.
PAS	Grupo de Apoio de Propriedades, Análises e Especificações do <i>Chlorine Institute</i> .
Pesquisa de Equipamentos de Monitoramento de Cloro	Pesquisa da primavera 1989 distribuída para os correspondentes oficiais do <i>Chlorine Institute</i> .
Ponto de Amostragem	Ponto de monitoramento do sensor de cloro.
POSC	Comitê de Operações Industriais e Segurança do <i>Chlorine Institute</i> .
Potenciométrico	Metodologia no qual se desenvolve um potencial de eletrodo entre eletrodos sensíveis a íons.
PPM	Partes por milhão
Exatidão	Correção absoluta da resposta do analisador
Precisão	Repetibilidade da resposta do monitor do cloro à mesma concentração de cloro gás.
Rapidez de Resposta	O tempo no qual o sensor é primeiro exposto a cloro até que atinge 90% de seu aumento em resposta.
Rede de Monitoramento	Um sistema de sensores ligados a um computador que pode incluir entradas de dispositivo de monitoramento atmosférico, saídas de cálculo automático de concentração etc.
Redução	Ganho de elétrons
Redutor	Um reagente químico capaz de reduzir cloro, isto é, sulfeto de hidrogênio, cloreto de hidrogênio e dióxido de enxofre.
Resistência	A propriedade de material que opõe o fluxo da corrente elétrica.
Semicondutor	Um composto patenteado de óxido-metal usado em sensores de cloro de estado sólido.
Sensor	Sonda ou dispositivo que detecta cloro.
Sensor Cheio de Fluido	Sensor tipo eletroquímico que usa um eletrólito líquido.
Sensor Cheio de Gel	Sensor tipo eletroquímico que usa um eletrólito em gel.
Sistema Distribuído de Controle	Sistema computadorizado que usa saídas de monitores para realizar outra função tal como ativar alarmes, realizar cálculos de concentração etc.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Transmissor	Dispositivo que envia um sinal de saída a outro dispositivo onde pode ser monitorado.
Umidade relativa	A razão da quantidade real de vapor d'água presente no ar para a máxima quantidade possível à mesma temperatura.
VAC	Volts de corrente alternada
Voltamétrica	Metodologia que emprega um potencial fixo aplicado através de dois eletrodos dentro de um eletrólito para a detecção de cloro.
Zona de Respiração	A altura acima de um piso onde o pessoal da área obterá seu ar para respirar.

3 PROJETO DE SISTEMA

3.1 OBJETIVO

Os sistemas de monitoramento de cloro ambiente, como usados pelos associados do *Chlorine Institute*, são projetados para a detecção de vazamentos de emissões fugitivas e de fontes pontuais. Detectores de cloro ambiente podem identificar liberações para ajudar a proteger o pessoal operacional e a comunidade de exposição a cloro. Detectores de área fixa não são feitos para monitorar a exposição pessoal do funcionário e nem para quantificar vazamentos na ausência de outros dados.

3.2 DISTRIBUIÇÃO DE SENSORES

Detectores de cloro ambiente podem ser utilizados tanto para monitoramento perimetral quanto para monitorar fontes pontuais. Muitas aplicações envolvem uma combinação de monitores perimetrais e monitores pontuais. Monitores pontuais podem ser localizados usando vários métodos detalhados na seção 5.4. Os sensores são normalmente distribuídos em torno de fontes com o maior potencial para emissões tais como áreas de carga / descarga, compressores, ou lavadores. Monitores perimetrais podem indicar locais mais prováveis de emissão quando combinados com informações meteorológicas de velocidade e direção de vento. Detectores ambientais de cloro não são normalmente utilizados para monitoramento dentro de chaminés, apesar de que alguns sensores possam ser adequados para este tipo de aplicação.

3.3 INTERFACE COM OPERADOR

Um sistema de monitoramento de cloro serve como dispositivo de alerta precoce para facilitar decisões em relação a vazamentos. Não é sua finalidade, nem é capaz de fornecer concentrações exatas de concentrações de cloro durante um incidente. Apesar de que vazamentos de cloro frequentemente podem ser detectados pelo odor, trabalhadores da planta podem nem sempre estar presentes na área de um vazamento, e o limiar de odor de cloro para pessoas pode variar muito. Um sistema de monitoramento contínuo pode assistir o pessoal operacional ajudando-os a identificar um incidente mais cedo.

Virtualmente todos os sistemas de monitoramento de cloro ambiental disparam alarmes em painéis de controle, indicadores ou sistemas de controle distribuído. As concentrações detectadas são geralmente exibidas para cada sensor. A indicação de concentração de gás pode ser simples quanto um indicador com sequenciador multiportas ou pode envolver um indicador separado para cada ponto. Há microprocessadores disponíveis que fazem interface com os controladores dos sensores para transmitir sinais de vídeo para monitores coloridos. Saídas dos controladores também podem ser transmitidas a impressoras ou registradores de carta. Sistemas completos de medição contínua controlados por microprocessadores são disponíveis que podem registrar, alarmar, registrar a data e armazenar dados de cada sistema. Indicação e requerimentos de estocagem devem ser estudados para selecionar um sistema que atenda as necessidades atuais e futuras expansões.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Várias plantas alimentam dados de monitoramento para um computador com capacidade para processar modelos de dispersão. Baseado nas concentrações de cloro e dados meteorológicos conhecidos, o modelo pode estimar o tamanho da emissão e prever o impacto a montante do vento. É extremamente importante para usuários compreenderem as limitações e premissas do modelo. Alguns sistemas de modelagem de dispersão podem ser projetados para fornecer capacidades de *backup* para sistema de detecção. Um exemplo de saída de um sistema de modelagem de dispersão é apresentado na Figura 1.

Respostas definidas claramente dos operadores à identificação de problemas são uma parte importante de um sistema eficaz de monitoramento de cloro. Responsabilidades do programa de monitoramento são frequentemente divididas entre operação, gerência e pessoal de segurança industrial. O nível apropriado de informação deve estar disponível para cada grupo para permitir ação informada e coordenada. Um plano de ação e treinamento é uma consideração importante.

3.4 OUTRAS CONSIDERAÇÕES

Outras considerações relevantes de projeto tais como acessibilidade, facilidade de manutenção e calibração, condições ambientais, especificidade a cloro, custo e potencial de expansão são discutidos em outra parte deste panfleto.

4 SELEÇÃO DE MONITORES DE CLORO

4.1 REQUISITOS E CAPACIDADE

O setor de cloro necessita de um monitor de cloro de baixa necessidade de manutenção que fornece uma indicação reproduzível e confiável da presença de cloro no ar ambiente. O monitor de cloro ideal teria as seguintes características:

- a) Altamente específico para cloro
- b) Detecta cloro em pequenas concentrações e indica a magnitude de grandes emissões.
- c) Resposta e tempo de recuperação rápido.
- d) Leituras precisas e estáveis
- e) Opera em condições ambientais variáveis
- f) Capacidade de auto-verificação com exigências mínimas de manutenção.
- g) Facilmente calibrado
- h) Custo razoável

No presente momento o monitor ideal de cloro do *Chlorine Institute* não existe para uso em ambientes de fábricas. Um monitor contínuo de campo deve operar em uma grande variedade de condições ambientais. Devido ao grande número de diferentes aplicações e requisitos, os fabricantes devem fazer concessões no desenvolvimento de monitores de cloro. O setor de cloro deve avaliar os efeitos destas concessões em aplicações específicas. A quantidade de instalações mal sucedidas serve como advertência para aqueles que preferem prosseguir sem planejamento adequado. Considerar os seguintes exemplos:

- a) O monitor não específico: quando demonstrado no escritório, o monitor respondeu ao cloro. Entretanto, quando instalado no campo, o monitor também respondeu a interferências e os operadores logo perderam confiança no sistema e desprezaram os alarmes.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

- b) O monitor de elevada manutenção: neste caso houve um compromisso com um monitor de cloro e o sistema foi instalado. Devido ao fato da calibração e manutenção serem caras e demoradas, o sistema foi negligenciado e se tornou não confiável.
- c) O monitor que dispensa manutenção: o sistema não deveria requerer manutenção. Entretanto, este sistema nunca foi testado. O sistema não indicava vazamentos, não recebia manutenção e não dava alarmes falsos. Infelizmente esse sistema também não detectou cloro.

É animador notar a quantidade de instalações bem sucedidas de monitoramento de cloro ambiente dentro do setor como indicado pelos resultados da pesquisa de monitores de cloro. Um sistema bem sucedido e confiável detecta e estima a concentração de uma emissão de cloro. O sistema também assiste na estimativa da duração da emissão. Combinados com informação dos instrumentos meteorológicos, esses dados permitem uma rápida identificação da fonte de emissão de cloro.

Instalações de monitoramento de cloro são bem sucedidas onde o pessoal responsável definiu adequadamente suas necessidades e completou sua avaliação. Para definir completamente as necessidades do sistema, ao fazer sua seleção eles devem considerar a precisão exigida, as interferências potenciais, o meio ambiente, a confiabilidade requerida e os meios de calibração. Contribuições dos técnicos de manutenção devem ser incluídas nas fases de testes quando possível. Um nível adequado de testes e manutenção assegura a operação continuada bem sucedida do sistema.

4.2 TIPOS DE MONITORES

Quatro tipos de monitores são comumente usados para detectar cloro no ar ambiente: o monitor pessoal, o monitor de inspeção, o monitor de ponto fixo e o monitor de chaminés. Estes são discutidos brevemente a seguir.

4.2.1 Monitor Pessoal

O monitor pessoal se destina a monitorar a exposição de um indivíduo a cloro durante o curso do dia. É frequentemente usado com uma tira no ombro ou no cinto ou mesmo carregado no bolso da camisa. Este tipo de monitor está além do escopo deste panfleto.

4.2.2 Monitor de Inspeção (*survey monitor*)

O monitor de inspeção pesquisa é projetado para ser um instrumento portátil para verificar a presença de cloro em locais específicos. O monitor de inspeção pode ser usado em uma base semipermanente com um monitor de ponto único durante uma tarefa específica. Este tipo de instrumento não é adequado para um sistema de ponto fixo e não é considerado neste panfleto.

4.2.3 Monitor de Ponto Fixo

O monitor de ponto fixo é a primeira escolha para monitoramento perimetral. É projetado para ser localizado permanentemente onde se deseja monitoramento / alarme de cloro ambiental. Monitores de ponto fixo são disponíveis em configurações de ponto único ou multiponto e nos tipos de apenas alarme e indicação de concentração.

O monitor de apenas alarme é usado para detectar a presença de cloro e ativar um alarme se a concentração exceder um limitado pré-estabelecido. Essas unidades não fornecem indicação da concentração de cloro presente, apenas que excedeu o limite estabelecido. Este tipo de dispositivo é muito comum nas instalações de ponto único e nas instalações de usuários com pequena quantidade de equipamentos de manuseio de cloro. Monitores de apenas alarme tem valor limitado em aplicações de monitoramento perimetral com vários pontos uma vez que não indicam a concentração de cloro presente.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

O monitor de tipo ponto fixo é o mais comumente empregado para monitoramento de cloro em fontes ou perímetros. O monitor transmite uma saída proporcional à concentração de cloro presente.

4.2.4 Monitor de chaminés

O monitor de chaminés é usado em aplicações envolvendo chaminés. Devido a grande variedade de condições nas chaminés, estes tipos de monitores são usados em aplicações muito específicas. Muitas vezes um monitor de ar ambiente pode ser usado neste serviço, mas é necessário fazer antes uma avaliação detalhada.

4.3 TECNOLOGIA DE SENSORES

A tecnologia de sensores de cloro tem avançado em vários aspectos. A metodologia usada nos sensores pode ser de estado sólido (*solid state*), colorimétrica e eletroquímica.

4.3.1 Sensores de Estado Sólido (*solid state*)

A tecnologia de estado sólido usa um elemento do tipo de estado sólido, contínuo, difusivo. Um semicondutor de metal-óxido patenteado é localizado no circuito do sensor e atua como resistor. Quando cloro difunde no sensor, é absorvido no semicondutor aumentando sua resistência elétrica. A variação na resistência é proporcional à concentração de cloro. Quando o cloro desaparece, o sensor retorna à sua resistência original.

Esta tecnologia em especial tem sido afetada por problemas causados por gases interferentes, lentidão para descontaminação depois da exposição e necessidade de recalibração após uma dose significativa de cloro. Como o sensor de estado sólido depende nas características elétricas do semicondutor de metal-óxido, a exposição a altas concentrações de cloro causará corrosão ou alterará permanentemente o semicondutor exigindo, portanto recalibração para o novo estado do semicondutor de metal-óxido.

O sensor de estado sólido é uma promessa de ser um monitor muito eficiente se os problemas puderem ser resolvidos. Os baixos requisitos de manutenção e o longo tempo de vida do sensor são as vantagens do sensor. No momento, seu uso para detectar cloro tem sido muito limitado. Empresas que responderam à pesquisa do *Chlorine Institute* atualmente [NT – junho de 2003] não estão empregando sensores de estado sólido.

4.3.2 Sensor colorimétrico

A tecnologia colorimétrica usa um reagente patenteado que é exposto ao cloro. Como resultado da exposição, se desenvolve uma mancha ou mudança de cor que é proporcional à concentração. A mudança de cor pode ser determinada visualmente, fotoeletricamente ou espectrometricamente. Esta tecnologia tem utilidade limitada em monitoramento ambiental de fontes ou de perímetro por causa da complexidade do *hardware*. A tecnologia poderia ser aplicada usando um instrumento central que recolheria amostras de muitos locais diferentes na instalação. Isso não forneceria informação em tempo real ou indicação contínua em cada ponto.

4.3.3 Sensor Eletroquímico

Monitores eletroquímicos para cloro são os mais usados e aceitos entre as tecnologias disponíveis. A tecnologia usa várias formas de sensores eletroquímicos preenchidos com fluidos ou gel. Sensores eletroquímicos de gás são diferenciados de acordo com qual parâmetro da lei de Ohm é a variável dependente. Sensores eletroquímicos podem ser descritos como amperométricos ou potenciométricos.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

O sensor amperométrico emprega eletrólito em forma de solução ou de gel e contra eletrodos (*counter electrodes*) e eletrodos sensores (*sensor electrodes*) para detectar cloro gasoso. O eletrólito contém substâncias capazes de serem oxidadas pelo cloro (CaBr_2 , KCl, KBr ou KI). Um potencial fixo (voltimétrico) ou um potencial inicialmente fixado (coulométrico) é através dos eletrodos em contato com o eletrólito.

Quando cloro está presente, ele é reduzido no catodo e uma corrente é gerada. A quantidade de corrente é relacionada à concentração da substância oxidada formada, e também à concentração de cloro gasoso. Esta técnica é denominada amperométrica, no que a corrente necessária para reduzir as substâncias oxidadas pelo anólito constitui o sinal analítico.

Nos sensores potenciométricos, um potencial de eletrodo é desenvolvido entre eletrodos seletivos de íons. O potencial é uma função linear da concentração dos íons ou substâncias formadas pela oxidação do eletrólito e é relacionado à concentração dos gases oxidantes na amostra.

A tecnologia para os métodos acima é patenteada. Devido à falta de informações específicas de projeto, é impossível atribuir características de desempenho (tempos de resposta, linearidade, reação a gases interferentes etc) a diferentes categorias de projeto eletroquímico. Recomendam-se testes de campo e avaliação do sensor propriamente dito usando o procedimento apresentado na Seção 8.

4.4 PRECISÃO E EXATIDÃO

Na avaliação dos monitores perimetrais de cloro, é importante recordar que o objetivo é encontrar um monitor adequado para monitoramento atmosférico. As especificações de precisão para os vários monitores de cloro estão na faixa de +/- 2% a 3% da escala plena. A exatidão é uma função do método de análise usado e da validade da técnica de calibração usada. É possível esperar que uma precisão de +/-1ppm em uma faixa de 0 – 10 ppm de cloro (+/-10%) seja aceitável no campo. Limites mais baixos de exposição pessoal para cloro requerem sensores mais precisos. Eles também requerem métodos de calibração mais exatos.

Precisão também é uma função da faixa de detecção do sensor. A maioria dos fabricantes oferece sensores com faixas 0-5 ou 0-10 ppm de cloro, o que seria satisfatório para monitoramento perimetral. Alguns dos sensores têm uma faixa máxima de 0-3ppm. Esta faixa pode limitar a coleta de dados úteis se os monitores forem usados para suplementar sistemas computadorizados de modelagem de dispersão de gases. Por outro lado, uma faixa baixa pode ser desejável para monitoramento de área se as concentrações de alarme devam ser de 0,5 a 1,0 ppm.

Em um estudo conduzido pelo *The National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement (NCASI)* (9.4) - (Conselho Nacional da Indústria do Papel para Melhoria do Ar e Cursos d'Água), foi observado que, com poucas exceções, não havia diferenças significativas no desempenho dos monitores de cloro testados. Eles concluíram que "o desempenho da deriva do zero e do intervalo (*span*) de todos os instrumentos testados era similar, e que nenhum dos instrumentos mostrou deriva de zero ou de intervalo que poderia ser considerada excessiva frente do uso antecipado destes instrumentos (9.4; pg. 75)".

O estudo NCASI também não encontrou diferenças importantes na estabilidade dos monitores no período de estudo. Isto implica que as diferenças entre os sensores usados para determinação exata de cloro tornam-se evidentes em questão de interferências químicas, rapidez de resposta e efeito memória.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

4.4.1 Interferências Químicas

Cada planta é única em sua localização e potenciais interferências trazidas pelo ar. Para ter serventia o monitor deve ser altamente específico para cloro. Todos os monitores de cloro são sujeitos a interferências de outros gases. Como a maior parte dos monitores responde a oxidantes ou redutores, gases fortemente oxidantes tais como ozônio, dióxido de nitrogênio, flúor, bromo, iodo, óxido de nitrogênio e outros, podem ser uma interferência positiva (causando erros para mais), enquanto que gases redutores tais como sulfeto de hidrogênio, cloreto de hidrogênio e dióxido de enxofre podem ser uma interferência negativa (causando erros para menos). Por exemplo, dióxido de cloro tem um potencial de oxidação suficiente para causar reações em alguns monitores até 10 vezes maiores que cloro na mesma concentração. Além disso, interferentes podem reagir no sensor propriamente dito. Em sensores empregando eletrólitos redutores, a escolha do íon redutor pode evitar alguma interferência.

Os fabricantes comumente fornecem uma tabela de interferências químicas conhecidas e níveis. Entretanto, testes específicos para o local em questão são altamente recomendados. Substâncias não normalmente listadas, mas conhecidas como causadoras de problemas incluem vapores de tintas, escapamento de automóveis e solventes.

4.4.2 Rapidez de Resposta e Efeito Memória

Uma característica importante do monitor de cloro é a habilidade de rapidamente indicar a presença de cloro. De fato, em muitas aplicações, a rapidez de resposta é mais importante que a exatidão absoluta. Por exemplo, pode ser mais importante que o operador saiba que há uma quantidade significativa de cloro presente na área 20 segundos após sua liberação do que saber que exatamente 4,7 a 5,3 ppm de cloro está presente após uma demora de 3 minutos. Muitos dos monitores disponíveis diferem na rapidez de resposta e isso deve ser um critério para seleção de uma unidade. O estudo NCASI descobriu diferenças em tempos de resposta como função da frequência de exposição do sensor a cloro. Diversas unidades mostraram um tempo de resposta muito maior depois de terem sido expostas a apenas ar limpo por um período de 24 horas.

Outro fator envolvido na rapidez de resposta é a velocidade da amostra passando pelo sensor. O sensor tipo difusivo requer movimento de ar para fornecer uma amostra representativa. Se o sensor estiver localizado em ar parado ou em um local fechado pode haver uma redução local de cloro, devido à reação do sensor. O problema pode ser minimizado através do uso de uma bomba de amostragem.

A bomba de amostragem assegura que a amostra representativa continua fluindo pelo sensor. Bombas de amostragem também permitem que o sensor se limpe rapidamente ou retorne a condição normal depois da exposição a cloro.

4.5 MEIO AMBIENTE DE OPERAÇÃO

Os respondentes à pesquisa de equipamentos de monitoramento para cloro cobriram uma larga faixa de localizações geográficas [NT: *nos Estados Unidos*] e, portanto uma grande faixa de extremos de temperaturas ambientes. Temperaturas variam de -40°C nos pontos setentrionais a temperaturas próximas de 38°C no sul. Ao mesmo tempo, condições de umidade e corrosão também variam entre as plantas. Um monitor adequado para instalação na Luisiana pode não ser adequado no Canadá.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

4.5.1 Temperatura

Mudanças de temperatura afetam até certo ponto a taxa de difusão e a reatividade do cloro em todos os monitores. É comum que monitores com sensores do tipo difusivo sofram derivas de intervalo (*span drifts*) induzidas pela temperatura de 10 a 20% com uma amostra de cloro de 1 ppm.

Reconhecendo a necessidade de operar a baixa temperatura, fabricantes modificaram seus sensores para aumentar a faixa operacional de temperatura. Isso é conseguido usando eletrólitos de diferentes concentrações, agentes anticongelantes ou aquecedores. O uso de agentes anticongelantes ou eletrólitos de diferentes concentrações podem afetar as características do sensor.

4.5.2 Umidade

O efeito da umidade variou entre os diversos monitores. A umidade relativa parece ter algum efeito em todos os sensores eletroquímicos. A maioria dos sensores é adequada para uma faixa de umidade relativa de 20% a 90%. Sensores usando um eletrólito líquido sofreram evaporação acelerada do eletrólito em condições de baixa umidade. O resultado é que sensores terão que ser reabastecidos mais frequentemente. Um fabricante sugere uma verificação semanal do eletrólito quando a umidade relativa cai abaixo de 45%. Condições de umidade elevada também podem afetar o eletrólito líquido. Um fabricante informou que o eletrólito pode pingar do sensor em condições de umidade elevada.

Umidade também pode afetar os sensores preenchidos com gel. Apesar de que a química ainda não seja completamente compreendida, a resposta de alguns sensores diminui dramaticamente com umidade reduzida. Alguns perdem completamente a resposta quando a umidade relativa cai abaixo de 20%. É importante considerar essa perda de resposta quando se usa sensores eletroquímicos e quando da calibração dos instrumentos. Sensores pretendidos para instalações mais úmidas devem usar uma técnica de calibração usando gás úmido ao invés de gás seco.

4.5.3 Efeitos Elétricos

Sensores e equipamentos eletrônicos associados podem ser afetados por interferência elétrica. Se o equipamento de monitoramento for operado sob condições de fortes interferências por frequências de rádio ou expostos a campos elétricos intensos (por exemplo, em salas de células de cloro), é necessário que se investigue apropriadamente e se consulte o fornecedor.

4.6 CONFIABILIDADE

Frequentemente a melhor maneira de se avaliar a confiabilidade de um sistema é de ganhar experiência operacional com a unidade. Vários dos sistemas de monitoramento já foram instalados em plantas de associados do *Chlorine Institute*. A experiência destas plantas foi resumida na pesquisa de associados apresentada no Anexo 10.1.

Algumas das características desses monitores foram projetadas para aumentar sua confiabilidade. Modificações são feitas para melhorar o desempenho do instrumento, mas às vezes com aumento de complexidade. Algumas dessas características são discutidas a seguir.

4.6.1 Auto-verificação

Confiabilidade é um fator importante na seleção de um monitor perimetral. O monitor não é algo que será exposto a cloro todo o dia. Mas deve funcionar quando for preciso. Quando uma sonda eletroquímica se desgasta ou falha ela não responde mais. A falha pode não surgir até que o sensor seja calibrado ou testado. Alguns fabricantes reconheceram a necessidade de uma auto-verificação para testar a operação e isso se torna um importante argumento de vendas.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Há diferenças entre as formas como sensores são testados ou fazem auto-verificação. Alguns fabricantes usam um “zero vivo” (“*live zero*”), onde o sinal do sensor deve estar sempre acima de um patamar (*baseline*). Se a leitura cai abaixo desse patamar a sonda necessita de eletrólito ou algum tipo de manutenção. Outro fabricante manualmente sujeita o sensor a um choque de 2 volts através de um botão de teste para simular uma reação com cloro. Isto é usado para testar o sensor e o sistema eletrônico. Outro fabricante foi ao ponto de incluir um gerador de gás na cabeça do sensor que automaticamente liga a cada 12 ou 24 horas. Vários fabricantes oferecem um teste eletrônico. Isso verifica a linha do sensor e a eletrônica do sistema. Isso não indica se o sensor responde ou não. Isso tem valor limitado a não ser que o sistema eletrônico seja bem complicado. Outros sistemas oferecem o que chamam de auto-diagnóstico. O termo pode se enganoso por que ele não identifica todos os tipos de falhas. A maior parte dos sensores baseados em sinal de 4 – 20 mA de dois cabos não têm capacidade de auto-verificação. O teste deve ser feito manualmente por um técnico.

4.6.2 Aprimoramento de Projeto de Sensores

Assim como muitos aspectos do monitor de cloro ambiente, o projeto do sensor é um meio-termo entre vários elementos. Membranas são acrescentadas aos sensores eletroquímicos para reduzir a taxa de evaporação do eletrólito e para aumentar a seletividade a cloro do sensor. A sonda preenchida com gel foi desenvolvida para eliminar a troca de eletrólito. A tendência de se afastar da troca de eletrólito deve significar uma melhora na confiabilidade, porque isso é uma preocupação a menos para o pessoal de manutenção. Bombas de amostragem foram acrescentadas para assegurar passagem de amostras em ar parado, e para reduzir os efeitos de condições ambientais na resposta da sonda. Bombas de amostragem constituem um item a mais de manutenção, mas elas têm sido usadas em numerosos equipamentos analíticos. Elas se tornam um problema em tempo frio, pois a bomba necessita mais de aquecedor do que o sensor.

5 INSTALAÇÃO

5.1 TIPOS DE SINAL

Monitores / sensores de cloro são disponíveis usando vários tipos de transmissão de sinal. Os mais comuns são *loops* analógicos de corrente de 4 – 20 mA, dados digitais, sinais analógicos de baixa voltagem (*low level*) específicos a sensores individuais de cada fabricante e transmissões de rádio VHF / UHF. Sensores e sistemas eletrônicos separados são usados para manter sistemas eletrônicos delicados fora do campo. Algumas características importantes de cada tipo são descritas a seguir.

5.1.1 *Loops* de Corrente de 4 – 20 mA

Esse sistema usa um sinal analógico de 4 – 20 mA de dois cabos (padrão do setor). Isso pode permitir máxima intercambialidade entre os sistemas de diferentes fabricantes. A calibração de sensores pode ser feita por um técnico no campo ou na oficina. Sistemas podem ser interfaceados a multiplexadores e sistemas de SDCD. Mudança nas condições ambientais podem afetar leituras. As capacidades tanto de auto-verificação quanto de auto-diagnóstico são limitadas. O sistema requer planejamento cuidadoso quando os cabos são compridos.

5.1.2 Dados Digitais

Dados digitais permitem que muitos parâmetros de sistema (alarmes, *set-points* etc.) sejam transferidos. São possíveis auto-verificações das condições do sistema e de integridade dos dados. Sistemas podem ser encadeados para minimizar as instalações de cabos. Os protocolos de dados geralmente são específicos de cada fabricante, limitando a intercambialidade. Este tipo de transmissão de dados frequentemente requer cabos especiais e geralmente necessita de tensão de 120 V CA no campo. Se os sistemas não forem redundantes, o sistema completo pode ser perdido com a falha de um único componente.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

5.1.3 Transmissão de Rádio

A transmissão de sinais de rádio tende a ser econômica para grandes instalações e longas distâncias. Grandes quantidades de dados digitais podem ser transmitidas em curto tempo. Transmissores de rádio são muito confiáveis se os rádios ou modems forem de boa qualidade. Eletricidade é necessária em cada ponto de transmissão.

5.2 FIAÇÃO E FONTES DE ENERGIA

O tipo de sistema escolhido determina os tipos de fiação necessários. Sinais digitais ou de baixa voltagem (*low level voltage*) frequentemente necessitam de cabos especiais e sua suportação. A maior parte dos sistemas é afetada por picos ou sobrecargas de energia assim como por quedas diretas ou indiretas de relâmpagos. Precauções como filtros de corrente de alimentação e supressão de ruído devem ser usadas em todas as fontes de corrente. Os sistemas montados no campo, em áreas abertas, devem ser protegidos por para-raios e aterramentos aprovados por códigos de sistemas elétricos.

Sistemas com eletrônica separada frequentemente requerem tensão de 120 V CA se localizados em uma sala de controle. Fontes de reserva alimentadas por baterias podem ser usadas. Sistemas ou sensores de dois cabos montados no campo são alimentados através de linhas de sinal por tensão de 24 – 50 V CC. Outros sistemas que requerem alimentação no campo necessitam 24 V CC ou 120 V CC/AC que podem ser difíceis de serem alimentados por grandes distâncias. Uma solução seria fornecer 120 V AC no local, convertendo para CC conforme necessário.

Aprimoramentos recentes de tecnologia permitem o uso de sensores autônomos (*stand-alone*) que utilizam energia solar com baterias de reserva. Tais sensores eliminam a necessidade de uma fonte de energia elétrica.

5.3 CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS

As instalações de cloro-álcalis são ambientes corrosivos por natureza. O ambiente corrosivo é difícil para equipamentos eletrônicos. Em instalações fixas, o equipamento central pode ser colocado em um ambiente controlado. Entretanto, sensores e transmissores devem estar nos pontos de amostragem e, portanto são sujeitos a condições corrosivas e extremos de temperatura e umidade. A maior parte dos sensores com eletrônica integrada é fornecida com blindagem projetada para proteger contra essas exposições.

Equipamento exposto de detecção de cloro deve ser construído com materiais resistentes à corrosão. São recomendados plásticos como PVC, CPVC etc. Evitar o uso de alumínio, especialmente para pequenos detalhes como conectores de condutores e cabos que são frequentemente negligenciados pelos fabricantes. Atenção especial deve ser dada a conexões de sinal de sensor / energia. Conexões metálicas que são usadas pela maioria dos fabricantes de sensores devem ser feitos à prova de água e pintados para evitar a corrosão. Um bom método para proteger as conexões de sinal do sensor é usar um composto dielétrico a base de silício, como por exemplo, o DC-4 da Dow Corning para encher as conexões de cabos. Os sensores podem ser protegidos da água, sujeira e quebra fabricando abrigos de plástico ou resina reforçada com fibra de vidro. A determinação dos materiais de construção apropriados no estágio de seleção de monitores de cloro pode grandemente reduzir as necessidades futuras de manutenção.

Outra preocupação é a classificação elétrica. Analisar a classificação elétrica da localização do monitor. Há sensores disponíveis em montagens à prova de explosão ou intrinsecamente seguros para usos em áreas eletricamente perigosas.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

5.4 POSICIONAMENTO DOS SENSORES

A direção predominante do vento é frequentemente considerada quando da determinação das localizações dos sensores. Outro método que pode ser usado para localizar os sensores perimetrais é a modelagem de dispersão. Essa técnica também pode ser empregada para avaliar a eficácia das posições e alturas escolhidas para detecção de emissões de cloro de várias fontes.

As entradas para os modelos de dispersão mais comuns são condições atmosféricas, velocidade e direção do vento, localização dos edifícios e taxas de emissão em fontes específicas. A possibilidade que uma dada emissão passe despercebida nas localizações selecionadas de sensores pode ser avaliada por modelagem de dispersão. Os resultados de modelos de dispersão podem sugerir a colocação de sensores adicionais ou reposicionamento de sensores existentes para detectar uma dada emissão. É necessário estudar a área de processo e o ambiente adjacente para determinar a localização ótima dos sensores. Os seguintes fatores devem ser considerados para seleção dos locais para sensores: 1) distância da fonte; 2) densidade do gás; 3) detalhes de planta e elevações; 4) ventilação; 5) velocidade do vento e direção; 6) instalações vizinhas e populações.

As seguintes diretrizes devem ser levadas em conta quando da determinação da localização dos sensores:

- a) Posicionar o sensor na zona de respiração.
- b) Localizar o sensor onde as correntes predominantes de ar contém a máxima concentração de gás.
- c) Posicionar os sensores próximos das fontes potenciais de vazamento de gás.
- d) Sensores têm limitações de temperatura ambiente. Instalar o sensor em um local que pode manter a temperatura na faixa especificada.
- e) Evitar vibração quando da localização do sensor.
- f) Assegurar que os sensores estão acessíveis para calibração e manutenção.
- g) Proteger os sensores de imersão ou contato direto com água.
- h) Proteger sensores contra poeira em ambientes poeirentos.
- i) Assegurar que todos os códigos aplicáveis são seguidos quando da instalação de sensores e cabos.

6 MANUTENÇÃO

Os requisitos de manutenção de monitores para cloro ambiente variam consideravelmente. Uma conclusão lógica seria que sistemas mais complexos exigem mais manutenção. Entretanto, isso não é necessariamente o caso com monitores de cloro. NCASI conduziu um estudo de diferentes tipos de monitores de cloro e concluiu, “os instrumentos de aspiração de amostras não requereram necessariamente mais manutenção que os instrumentos baseados sobre sensores de difusão (9.4, pg. 76)”. O tipo de manutenção requerido por um monitor depende do princípio de operação. Por exemplo, instrumentos de aspiração de amostras exigem manutenção de bombas, sensores exigem limpeza das superfícies e instrumentos por via úmida requerem reabastecimento dos reagentes.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

O nível de treinamento que os técnicos recebem sobre a operação de monitores de cloro afetará diretamente a qualidade da manutenção que um sistema recebe. Em muitos casos, o fabricante do monitor é capaz de fornecer treinamento prático e técnico para os técnicos de manutenção. É muito útil incluir técnicos durante as fases de testes dos monitores para obter suas sugestões. Alguns fabricantes fornecem serviços terceirizados de manutenção. Um respondente da pesquisa emprega uma empresa terceirizada para realizar calibrações trimestrais sobre seus analisadores.

Manutenção preventiva deve ser realizada para assegurar a confiabilidade e operação adequada dos monitores de cloro. As diretrizes do fabricante para manutenção preventiva devem ser seguidas. O fabricante frequentemente pode recomendar o inventário de peças reserva que precisam ser estocadas.

7 CALIBRAÇÃO

A calibração de monitores de cloro é um fator muito importante no desempenho geral do sistema. O objetivo de se calibrar um monitor é que se tenha resultados significativos sobre os níveis de cloro em dado local. Em teoria, a calibração é simples: cloro é medido pelo monitor e por um teste padronizado correspondente. Na prática, contudo, a calibração correta e exata de um monitor é raramente simples. O maior problema na calibração é a geração do padrão de cloro.

Muitos problemas são relacionados à dependência da resposta do monitor a umidade. Também, a temperatura pode afetar a resposta do sensor. Por essas razões, tanto os métodos quantitativos quanto qualitativos são muito usados para calibração dos monitores de cloro ambiental, apesar de que o teste qualitativo seja mais frequente.

Calibrações qualitativas são realizadas para assegurar que o monitor responde ao cloro gasoso. Calibrações qualitativas verificam o fato que o monitor responde a cloro gasoso, mas não valida a exatidão das respostas. A calibração qualitativa pode ser feita expondo o monitor a cloro gasoso gerado quando uma solução de hipoclorito é cuidadosamente misturada com ácido. Ampolas de cloro também são disponíveis para uso como teste qualitativo. Monitores equipados com circuitos de auto-calibração muito usados. Um modo de calibração é iniciado a partir do módulo de controle e o monitor é calibrado eletronicamente. Esta característica não está disponível em todos os monitores. Até que mais experiência possa ser adquirida com auto-calibração, esta deve ser considerada como um teste qualitativo.

Calibrações quantitativas são realizadas para determinar a concentração de cloro no ar. Estes métodos determinam a exatidão, ou correção absoluta, da resposta do monitor ao cloro. Os métodos de calibração quantitativos incluem o uso de cilindros de gás padrão preparado, a técnica da ampola de cloro e saco, monitores auto-calibrantes, geradores eletrolíticos de cloro portáteis e dispositivos de permeação de cloro. Estes métodos estão listados em ordem de preferência de uso como relatado nos resultados da recente pesquisa sobre equipamentos de monitoramento ambiental de cloro. Segue uma discussão de cada método de calibração e suas limitações.

O cilindro de gás padrão é o método mais usado. Um cilindro especialmente revestido é preparado para conter cloro na faixa de concentração de 0 – 10 ppm com nitrogênio como balanço. A porção sensível do monitor é exposta ao cloro e o intervalo (*span*) do monitor é ajustado para igualar a concentração de gás no cilindro. A calibração é frequentemente realizada em um laboratório ou oficina de manutenção devido às dificuldades de movimentação dos cilindros no campo. Este método também presume que as condições ambientais e interferências não têm efeito sobre a resposta do monitor, o que pode ser ou não ser o caso. Alguns respondentes purgam o cloro gás padrão através de água ácida antes da exposição ao sensor como tentativa de corrigir os efeitos de umidade.

PANFLETO 73

EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Outra técnica de calibração usa uma ampola que contém cloro e um saco de amostragem. O conteúdo da ampola é esvaziado no saco e a mistura resultante de gás é igual a uma concentração conhecida. A técnica pode ser usada no campo e tem a vantagem de permitir que o gás a que o sensor é normalmente exposto seja usado na preparação do gás padrão. Apesar de que esse método foi reportado por alguns respondentes da pesquisa como sendo desajeitado e lento, outros acreditam que é mais exato que o método de cilindro de gás.

Um produto que foi recentemente introduzido no mercado é o gerador eletrolítico portátil de cloro. Este dispositivo opera como uma célula miniatura de cloro para gerar cloro gasoso. Como se tornou disponível recentemente, as informações sobre seu uso bem sucedido são limitadas. Um respondente tem tido um alto grau de sucesso e experiência com este método.

Dispositivos de permeação de cloro são também usados para calibrar monitores de cloro. Cloro líquido, selado em um tubo de permeação, é aquecido a uma temperatura constante. Ele permeia as paredes do tubo a uma taxa constante. Uma concentração conhecida de cloro é preparada passando uma vazão predeterminada de gás pelo tubo. Esta técnica é mais frequentemente realizada em um laboratório ou oficina de manutenção apesar de que dispositivos de permeação portáteis estão disponíveis. O tempo necessário para equilibrar o tubo de permeação e a necessidade de manter um fluxo e temperatura constantes são as limitações deste método.

De acordo com os respondentes da pesquisa, a frequência da calibração varia desde verificações qualitativas diárias e testes quantitativos semanais até mesmo nenhuma calibração. A maioria dos usuários de monitores de cloro calibra mensalmente. Eles usam tanto as técnicas qualitativas quanto as qualitativas mencionadas acima para calibrar seus monitores.

Há muito espaço para melhoria na área de calibração de monitores de cloro. Há grande demanda de respondentes da pesquisa para o desenvolvimento de técnicas melhoradas de calibração. Alguns monitores requerem dois técnicos para realizar a calibração, um no sensor remoto e outro próximo do sistema eletrônico. Problemas devido a condições ambientais surgem quando os monitores são calibrados em condições de laboratório e em seguida instalados no campo. É difícil simular condições de campo em um padrão de cloro. Dificuldades são encontradas ao se tentar preparar um padrão de cloro no campo.

8 PROCEDIMENTO RECOMENDADO DE AVALIAÇÃO

A efetiva seleção de um monitor de cloro ambiental para uma instalação será baseada sobre vários critérios. Um dos mais importantes será a experiência prévia bem sucedida em instalações semelhantes. O contato com outros usuários de sistemas promissores para saber o que foi feito para tornar o sistema bem sucedido é altamente benéfico. Faça um teste piloto em um ponto único ou em um pequeno número de pontos em sua instalação antes de se comprometer a um sistema completo. Com a tecnologia mudando rapidamente, pode haver um sistema melhor amanhã.

8.1 CONSIDERAÇÕES

As seguintes considerações afetarão significativamente a escolha de um fabricante de sensor:

- a) Os sensores serão autônomos, reportarão a um painel central de controle ou diretamente a um sistema computadorizado? O sistema será dedicado a cloro ou sensores serão fornecidos para outros gases?
- b) A instalação é localizada em área rural, industrial ou residencial?
- c) Quais são os extremos esperados de temperatura e umidade ambientes?

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

- d) Que recursos de manutenção são disponíveis na instalação que podem ser dedicados para a manutenção deste sistema?
- e) O fornecedor potencial tem representantes locais com estoques e instalações para reparos?

8.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Os seguintes critérios devem ser considerados quando da avaliação e seleção de um potencial sistema de monitoramento de cloro:

- a) O monitor deve ter um nível de confiabilidade demonstrado baseado em instalações anteriores.
- b) O monitor deve ser altamente específico para cloro, com um mínimo de interferentes.
- c) O monitor deve ter tempos rápidos de resposta e limpeza.
- d) O monitor deve operar com as faixas antecipadas de temperatura e umidade.
- e) O monitor ideal deve requerer manutenção mínima.
- f) O monitor deve ser fácil de calibrar e manter.
- g) O sistema de monitoramento deve ser fácil de instalar.
- h) A facilidade de interface a um sistema de computador talvez tenha que ser considerada.

Crítérios adicionais podem ser desenvolvidos para atender os requisitos de cada aplicação específica. A cada critério pode ser atribuída uma prioridade e cada sistema potencial avaliado contra esses critérios. Desta forma, um sistema de monitoramento adequado pode ser selecionado.

9 REFERÊNCIAS E FONTES ADICIONAIS DE DOCUMENTOS

- 9.1 *The United States Environmental Protection Agency, "Review of Emergency Systems; Report to Congress, Section 305(b) Title III Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986," Washington, DC, Junho, 1988.*
- 9.2 *Code of Federal Regulations. Title 29, Section 1910.119. Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals.*
- 9.3 *Code of Federal Regulations. Title 40, Part 68. Accidental Release Prevention Requirement; Risk Management Program Under the Clean Air Act.*
- 9.4 *NCASI Technical Bulletin 485, "Laboratory and Field Examination of Several Area, Survey and Personal Workplace Atmosphere Chlorine Monitors". The National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvements, Inc., New York, NY, Março, 1986.*
- 9.5 *Atmospheric Monitoring Equipment for Chlorine, ed. 7; Pamphlet 73; The Chlorine Institute, Inc.: Arlington, VA, 1997. (Equipamento de Monitoramento Atmosférico para o Cloro).*

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

10 ANEXOS

10.1 PESQUISA DE EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO PARA CLORO DE 2002

Em meados de 2002 o *Chlorine Institute* conduziu uma pesquisa entre seus associados para determinar que monitores de cloro foram instalados desde 2002 e que estão atualmente em uso. O propósito desta pesquisa foi de identificar fornecedores adicionais de monitores de cloro para serem incluídos no Anexo 10.2.

Instalações de Produção de Cloro

Vinte e nove plantas relataram que houve 39 instalações novas desde 1/7/1996. Em algumas plantas houve mais de uma instalação.

<u>Fabricante</u>	<u>Instalações desde 1/7/1996</u>
Scott Bacharach (inclui Enterra e EIT(Exidyne))	11
Draeger (todos os modelos)	8
Gastronics (inclui Gas Detection Systems)	5
Analytical Technology	4
Mil-ram	2
PPM Industries	2
BW Research	1
Compur (inclui Statox)	1
Detcon	1
General Monitors	1
MDA	1
MSA	1
Safenet System	1

Instalações de Envasamento de Cloro

Dezenove plantas relataram que houve instalações novas desde 1/7/1996.

<u>Fabricante</u>	<u>Instalações desde 1/7/1996</u>
Scott Bacharach (inclui Enterra e EIT(Exidyne))	8
Analytical Technology	4
Sensidyne	3
Draeger	1
Gas Tech	1
Mil-ram	1
RC Sytems	1

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Plantas de Utilização de Cloro

Quarenta e cinco plantas relataram que houve 72 instalações novas desde 1/7/1996. Algumas plantas tiveram mais de uma instalação.

<u>Fabricante</u>	<u>Instalações desde 1/7/1996</u>
Scott Bacharach (inclui Enterra e EIT(Exidyne))	30
Sensidyne	14
Draeger	5
Analytical Technology	4
Mil-ram	3
MSA	3
Rosemount	3
Gastronics (inclui Gas Detection Systems)	2
Wallace & Tiernan	2
Analytical Technologies	1
BW Research	1
Detco	1
MDI	1
Nova	1
Compur (inclui Statox)	1

10.2 PESQUISA DE FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO DE CLORO DE 2002-2003

O *Chlorine Institute* entrou em contato com fabricantes conhecidos de equipamentos de monitoramento para cloro entre agosto de 2002 e janeiro de 2003. A intenção original era de compilar as informações recebidas em um formato padronizado como foi feito na edição anterior deste panfleto. Entretanto vários fornecedores não responderam ou não forneceram a informação pedida. Como a informação pode ser prontamente fornecida através de contato direto com o fornecedor, principalmente através da internet, decidiu-se apenas fornecer nesta edição os dados de endereço do fornecedor.

Pede-se a qualquer fornecedor que não esteja listado abaixo ou que foi listado incorretamente e deseja corrigir essa informação, que entre em contato com a Secretária do *Chlorine Institute* com o nome completo e endereço, incluindo telefone, fax e endereço na internet. O CI incluirá tais acréscimos ou correções como adendo a ser incluído com o panfleto.

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Analytical Technology

Analytical Technology, Inc. (ATI)
6 Iron Bridge Drive
Collegeville, PA19426
Tel.: 1.610.917.0991
Fax: 1.610.917.0992
Internet: www.analyticaltechnology.com

BW Research

Davis Inotek Instruments
4701 Mount Hope Drive
Baltimore, MD 21215
Tel.: 1.410-358-3900
Fax: 1.410-258-0252
Internet: www.davisontheweb.com

Compur Monitors

Compur Monitors
Weissenseestrade 101
D-81539 Munchen
Germany
Tel.:49(0)89.62038.268
Fax: 49(0)89.62038.184
Internet: www.compur.com

Detco

Nenhuma informação encontrada

Detcon

Detcon Inc.
P.O. Box 8067
The Woodlands, TX 77387
Tel.: 1.281.367.4100
Fax: 1.281.292.2860
Internet: www.detcon.com

Draeger

Draeger Safety, Inc.
P. O. Box 120
Pittsburgh, PA15230
Tel.: 1.412.787.8383
Fax: 1.412.787.8383
Internet: www.draeger.com

Exidyne

Ver Scott Bacharach

Gas Detection Systems

Ver Gastronics

Gas Tech

Gas Tech, Inc.
8407 Central Avenue
Newark, CA 94560
Tel.: 1.510.745.8700
Fax: 1.510.794.6201
Internet: www.gastech.com

Gastronics

Gastronics, Inc.
23660 Miles Road, Suite 110
Bedford Heights, OH 44128
Tel.: 1.216.662.4899
Fax: 1.216.662.4999
Internet: www.gastronics.com

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

General Monitors

General Monitors
26776 Simpatica Circle
Lake Forest, CA 92630
Tel.: 1.919.581.4464
Fax: não fornecido
Internet: www.generalmonitors.com

MDA

Nenhuma informação encontrada.

MDI

Nenhuma informação encontrada

Mil-Ram

Mil-Ram Technology, Inc.
5423 Central Avenue, suites1
Newark, CA 94560
Tel.: 1.510.818.0200
Fax: 1.510.818.0300
Internet: www.mil-ram.com

MSA

Mine Safety Appliances Company
P.O. Box 426
Pittsburgh, PA 15230
Tel.: 1.412.967.3000
Fax: 1.412.967.3451
Internet: www.msanet.com

Nova

Nova Analytical Systems, Inc.
1925 Pine Avenue
Niagara Falls, NY 14301
Tel.: 1.716.285.3771
Fax: 1.716.282.2937
Internet: www.nova-gas.com

PPM Industries

PPM Technology
Unit 34
Cibyn Ind. Est
Caernarfon
LL55 2BD
United Kingdom
Tel.: 44.1248.671717
Fax: 44.1248.671582
Internet: www.ppm-technology.com

RC Systems

RC Systems Co. Inc.
2513 Hwy.646
Santa Fe, TX 77510
Tel.: 1.409.925.7808
Fax: 1-409.925.1078
Internet: www.rcsystemsco.com

Rosemount

Rosemount Analytical
Process Analytic Division
1200 North Main Street
Orrville, OH44667
Tel.: 1.800.433.6076
Fax: 1.330.684.4434
Internet: www.emersonprocess.com/proanalytic

Safenet System

Nenhuma informação encontrada.

PANFLETO 73
EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO PARA CLORO

Scott Bacharach (all models including Enterra and EIT, Exidyne Instrumentation Technologies))

Scott Technologies, Inc.

251 Welsh Pool Road

Exton, PA 19341

Tel.: 1.610.363.5450

Fax: 1.610.363.0167

Internet: www.scottinstruments.com

Sensidyne

Sensidyne

16333 Bay Vista Drive

Clearwater, FL 33760

Tel.: 1.727.530.3602

Fax: 1.727.539.0550

Internet: www.sensidyne.com

Statox

Ver Compur Monitors

Wallace & Tiernan

USFilter / Wallace & Tiernan Products

1901 West Garden Road

Vineland, NJ 08360

Tel.: 1.856.507.9000

Fax: 1.856.507.4125

Internet: www.usfw.com
