



***Guia de Boas Práticas –
Prevenção de eventos de H₂S
na atividade de construção
de poços marítimos***

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

1 OBJETIVO

O objetivo desse guia de boas práticas é compartilhar as melhores práticas que devem ser adotadas no planejamento e na execução das atividades associadas à construção de poços marítimos para evitar e/ou mitigar a ocorrência de eventos de H₂S, aumentando a segurança de processos e preservando a vida.

2 REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Este guia de boas práticas é resultado de um trabalho conjunto entre Petrobras e demais empresas contratadas, levando em consideração as normas Petrobras N-2253 (Segurança de Poço em Operações de Teste de Formação e Teste de Produção), N-2752 (Segurança de Poço para Projeto de Perfuração de Poços Marítimos), N-2753 (Recursos Críticos em Segurança de Poço: Equipamentos e Capacitação de Pessoal) e N-2768 (Segurança em Operações de Perfuração de Poços), procedimento Petrobras PE-2POC-00566 (Prevenção e tratamento à formação de H₂S durante operações de retirada de resíduo em unidades marítimas), procedimento Petrobras PE-2POC-00501 (Diretrizes para Operação e Envio de Técnico e Equipamento de Segurança Contra H₂S e CO₂), procedimento das empresas contratadas, normas regulamentadoras NR-06 (Equipamento de Proteção Individual), NR-15 (Atividades e Operações Insalubres) e NR-37 (Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo), Instrução Normativa nº 01, de 11 de abril de 1994, sobre proteção respiratória, Norma API RP 49 (Recommended Practice for Drilling and Well Servicing Operations Involving Hydrogen Sulfide) e discussões técnicas realizadas durante a atuação do grupo “Plano de Ação H₂S”.

3 DEFINIÇÕES

H₂S (Sulfeto de Hidrogênio): gás incolor, com cheiro característico de ovo podre em baixas concentrações, extremamente tóxico e mais pesado que o ar;

Área controlada: área onde não pode haver presença de pessoas não autorizadas, nem fontes de ignição estranhas às operações;

Aparelho de adução de ar: equipamento constituído de peça facial interligada por meio de mangueira ao sistema de fornecimento de ar, que pode ser obtido por simples depressão respiratória, forçada por meio de ventoinha ou similar e ar comprimido por compressor ou cilindros de ar comprimido;

Conjunto autônomo de ar respirável: aparelho que permite ao usuário respirar independentemente da atmosfera ambiente e de qualquer aparato fixo;

Operação crítica: operação que apresenta direta ou indiretamente grande risco operacional (como a perda do poço), de poluição ambiental, contaminação de reservatórios, ocorrência de um *blowout* ou alto risco à integridade física das pessoas;

ppm: partes por milhão (neste guia, sempre é referenciado em volume);

Respirador ou máscara de fuga: aparelho que protege o usuário contra a inalação de atmosferas perigosas em situações de emergência, com risco à vida ou à saúde, durante o escape;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

Sistema cascata de ar: sistema constituído de baterias de cilindros que podem ser de 2, 4 ou 6 cilindros que são mantidos cheios de ar respirável com a finalidade de suprir a equipe de controle de emergência de ar respirável através de linhas de distribuição e *manifolds* com redutores de pressão quando a atmosfera estiver contaminada por H₂S.

4 PROPRIEDADES DO H₂S

O H₂S (gás sulfídrico ou sulfeto de hidrogênio) é extremamente tóxico e, por ser mais pesado que o ar, se acumula preferencialmente nas regiões mais baixas. Trata-se de um gás venenoso e, dependendo da concentração, é capaz de paralisar o sistema respiratório e matar em questão de minutos. O limite de tolerância de exposição ao H₂S é de 8 partes por milhão (ppm) para uma jornada de 8 horas diárias, conforme a NR-15.

O H₂S age da seguinte forma sobre o organismo: quando se respira, o H₂S, através dos pulmões, entra na corrente sanguínea. Para se proteger, o organismo oxida (“queima”) o H₂S o mais rápido possível, formando um composto não prejudicial. Quando a concentração aumenta, o organismo não consegue oxidá-lo totalmente e o excesso de H₂S age no centro nervoso do cérebro que comanda a respiração, resultando na paralisação total do sistema respiratório. Como consequência, os pulmões param de funcionar e a pessoa se asfixia.

O H₂S queima com uma chama de coloração azulada, produzindo dióxido de enxofre (SO₂), que também é venenoso, com concentração letal de 1000 ppm. Entretanto, sua presença na atmosfera é mais facilmente perceptível do que no caso do H₂S, uma vez que o SO₂ não prejudica o olfato, mas provoca sufocamento, obrigando o abandono imediato do local de trabalho.

A Tabela 1 resume as características físicas e os efeitos do H₂S nos seres humanos.

Tabela 1. Características físicas e efeitos do H₂S nos seres humanos.

IDENTIFICAÇÃO		
Nome Químico: Ácido sulfídrico ou Sulfeto de Hidrogênio	Fórmula Química: H ₂ S	
ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS		
Estado Físico/Aparência/Odor: Gás incolor, levemente mais pesado que o ar, possuindo odor semelhante ao de ovo podre em concentrações acima de 0,13 ppm; para concentrações acima de 50 ppm, perde-se o olfato.		
Materiais Incompatíveis: Reage perigosamente com ácidos fortes e substâncias oxidantes poderosas. Na presença de umidade, reage com vários metais, formando sulfetos metálicos, provocando corrosão. A camada de sulfato de ferro criada na superfície interna do tanque pode inflamar-se por autoignição, ao entrar em contato com o ar (forma mistura explosiva com o ar).		
Densidade do Vapor (Ar=1): 1,189	Ponto de ebulição (°C): -60,4	Família ou função química: Sulfeto inorgânico

POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI

Data: 24/11/2020

RISCOS DE INCÊNDIO E EXPLOSÃO

Limites de Inflamabilidade/ Explosividade:
Inferior: 4,3% do vapor por volume de ar
Superior: 46% do vapor por volume de ar

Riscos Adicionais sob condição de fogo:
Produz vapor de dióxido de enxofre (SO₂) nocivo à saúde e extremamente irritante e letal na concentração de 1.000 ppm.
As águas resultantes do controle de fogo e as águas de diluição podem causar poluição.

PROPRIEDADES TOXICOLÓGICAS/FISIOLÓGICAS

Classificação: altamente tóxico e corrosivo	Limite de Odor: 0,13 ppm a 50 ppm	Limite de Tolerância (Brasil): 8 ppm
---	-----------------------------------	--------------------------------------

TEMPO DE EXPOSIÇÃO X EFEITOS FÍSICOS

Concentração no ar (ppm)	Tempo de exposição						
	0 min a 2 min	2 min a 15 min	15 min a 30 min	30 min a 1 h	1 h a 4 h	4 h a 8 h	8 h a 48 h
0 a 8 ppm	Odor característico e desagradável; concentração máxima que, acredita-se, que se continuar exposto ao gás não trará problemas						
8 a 50 ppm	Perda do sentido de olfato			Pequena irritação nos olhos e na garganta			
50 a 100 ppm	Perda do sentido do olfato		Pequena conjuntivite e irritação das vias respiratórias				
100 a 150 ppm	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias, tosse, perda do sentido do olfato		Dificuldade de respiração, dor nos olhos, tontura		Irritação na garganta	Fotofobia, catarro, dor nos olhos, conjuntivite, dificuldade de respiração	Hemorragia e morte
150 a 200 ppm	Perda do sentido do olfato		Irritação nos olhos e na garganta		Grande dificuldade de respiração, vista embaçada, fotofobia		Hemorragia e morte
200 a 350 ppm	Irritação nos olhos e perda do sentido do olfato		Irritação nos olhos		Lacrimejamento dolorido e letargia	Fotofobia, catarro, dor nos olhos, conjuntivite, dificuldade de respiração	Hemorragia e morte
350 a 450 ppm	Irritação nos olhos e perda do sentido do olfato		Dificuldade de respiração, tosse e irritação nos olhos		Palpitação do coração		Dor forte, tontura, tremor e morte
A partir de 600 ppm	Perda de consciência e morte						

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

5 PRINCIPAIS AMBIENTES E CONDIÇÕES DE GERAÇÃO DE H₂S

Devido a processos geológicos baseados em mecanismos físico-químicos e/ou microbiológicos, campos de óleo e gás natural podem conter, naturalmente, teores variados de sulfeto de hidrogênio. Desta forma, durante a etapa de construção de poços, de produção de hidrocarbonetos e de refino, pode haver liberação de H₂S para a atmosfera. Falando especificamente da atividade de construção de poços, para evitar a liberação de H₂S para a atmosfera, a principal barreira é o fluido de perfuração (ou fluido de completação) com propriedades e aditivos adequados. Um fluido que tenha em sua composição produtos químicos capazes de controlar a alcalinidade do meio e prevenir a proliferação de microrganismos conseguirá, com sucesso, atuar como barreira de contenção à liberação de H₂S para a atmosfera.

Também pode haver a ocorrência de H₂S nos fluidos de perfuração e completação, devido à decomposição de materiais orgânicos utilizados como aditivos. Essa decomposição pode ocorrer tanto em temperaturas elevadas ou ser promovida por bactérias redutoras de sulfato (BRS). As BRS são um grupo de microrganismos anaeróbicos que pode ser encontrado em ambientes marinhos. Essas bactérias podem crescer em ambientes com pH entre 4,0 e 9,5, temperaturas entre 25 e 60 °C e resistem a pressões de até 7350 psi (Alabbas et al, 2013). Um subgrupo específico de BRS pode produzir H₂S durante o seu processo biológico, devendo estar presente três componentes: uma fonte de sulfato (SO₄²⁻), uma fonte de carbono (matéria orgânica) e água (Montes, 2015). Desta forma, portanto, os fluidos aquosos e água do mar são mais propensos à geração de H₂S. As BRS, em seu processo metabólico, convertem o sulfato (SO₄²⁻) disponível no meio em H₂S. Parâmetros como pH, teor de matéria orgânica, salinidade, temperatura e ausência de oxigênio são fundamentais no desenvolvimento do processo de geração de H₂S. Apesar das famílias de BRS serem flageladas ou formadoras de biofilmes, a maioria é anaeróbica restrita e cresce na forma de biofilmes complexos, ficando aderida às superfícies. Algumas BRS são capazes de desenvolver mecanismos de proteção a alguns biocidas utilizados e de crescer em condições bastante adversas, como, por exemplo, ambientes com elevada salinidade.

Os bactericidas mais utilizados no controle e no combate às BRS são a triazina e o glutaraldeído. Esses produtos são classificados como *fast killers*, ou seja, matam rapidamente todas as formas vivas, entretanto possuem ação ao longo do tempo reduzida, pois são decompostos rapidamente. A eficiência dos bactericidas é dependente de fatores como a resistência dos microrganismos, a adição frequente e a disponibilidade de nutrientes no ambiente, isto é, a limitação de nutrientes e taxas de crescimento reduzidas resulta na formação de biofilmes com bactérias. Alguns bactericidas, geralmente, apenas inibem o crescimento microbiano e induzem respostas aumentando a resistência das bactérias (Almeida et al., 2006). Desta forma, caso haja um biofilme espesso na parede de tubulações e/ou tanques de armazenamento de fluidos, as BRS podem voltar a gerar H₂S caso o tratamento não seja feito periodicamente. Portanto, no caso de armazenamento por longo tempo de fluidos em tanques, deve-se prever a repetição do tratamento para evitar a decomposição do fluido.

Caso ocorra a decomposição do fluido, com geração constatada de H₂S, as seguintes ações devem ser tomadas:

- Alcalinização do sistema com cal hidratada ou soda cáustica;
- Descarte do fluido, caso seja aprovado em teste de iridescência estática;
- Limpeza do tanque com jato de água pressurizada nas paredes (remoção mecânica) para retirada do biofilme;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- Higienização de todo o sistema de circulação com uso de hipoclorito de sódio e bactericida.

6 REQUISITOS MÍNIMOS PARA SEGURANÇA NA INTERVENÇÃO EM POÇOS COM H₂S

Na ocorrência de H₂S ou em poços com possibilidade de ocorrência de H₂S deve ser realizada Análise Preliminar de Riscos (APR) para identificar outros locais possíveis de acumulação de H₂S na unidade/locação, para posicionamento de outros sensores fixos. A recomendação é que a sonda disponha de um sistema de detecção fixo de H₂S na atmosfera, com sensores distribuídos, ao menos, nos locais estabelecidos no instrumento contratual. A seguir, tem-se uma lista com os locais desejáveis onde os sensores deverão estar presentes:

- Convés de perfuração;
- Cabine do sondador;
- Mesa rotativa;
- *Flowline*;
- *Moon pool*;
- Peneiras de lama;
- Tanques de lama do sistema ativo e reserva;
- Sala de bombas de lama;
- Entradas de ar para os compressores de ar de serviço;
- Entradas de ar para os compartimentos habitados;
- Área da planta de processamento primário (durante teste de formação);
- *Manifold* e cabeça de teste (durante teste de formação);
- Área dos vasos separadores (durante teste de formação);
- Outros locais possíveis de acumulação de gases conforme Análise Preliminar de Riscos (APR).
- Pontos de reunião
- Secador de Cascalho
- *Trip Tank*

NOTA: Os sensores fixos devem ser posicionados o mais próximo possível dos pontos mais vulneráveis a vazamentos, nos locais identificados conforme acima.

Além do monitoramento pelo sistema fixo, a unidade deve contar com detectores portáteis para monitorar outras áreas, quando for necessário.

O sistema de detecção fixo deve possuir 2 níveis de alarme, tipo sonoro e visual, distintos, em função da concentração de H₂S na atmosfera, a saber:

- a) nível 1: menor ou igual a 8 ppm de H₂S na atmosfera;
- b) nível 2: maior que 8 ppm e menor ou igual a 50 ppm de H₂S na atmosfera.

O sistema de detecção fixo deve ser testado e calibrado na fase anterior à zona potencialmente portadora e durante a perfuração da zona potencialmente portadora, segundo recomendação do fabricante.

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H2S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

6.1 Requisitos Mínimos para Equipamentos de Proteção Individual

Os sistemas de proteção respiratória utilizados devem ser, obrigatoriamente, de pressão positiva. Deve haver máscaras de fuga contra gases em quantidade suficiente para a lotação máxima da unidade/locação. O pessoal envolvido na detecção e no monitoramento de H₂S deve utilizar sistema de proteção e deve haver detectores pessoal para todos os empregados que trabalham na área onde há fluxo/circulação de fluido de perfuração. Antes do início das operações, devem ser feitos testes de estanqueidade e adaptabilidade das máscaras com o pessoal envolvido. Os equipamentos de proteção individual devem ser armazenados na unidade/locação e dispostos estrategicamente em relação às áreas operacionais.

6.2 Requisitos Mínimos para Procedimentos Operacionais em caso de Ocorrência de H₂S na Atmosfera

a. Condição I (Poço onde não existia a previsão de H₂S)

Esta condição será atingida havendo quaisquer indícios de anormalidade, a saber:

- a) escurecimento súbito das ferramentas de perfuração;
- b) presença de H₂S (detectada por sensores fixos ou monitorada com aparelhos portáteis);
- c) presença de odores de H₂S (ovo podre);
- d) outros fatores (por exemplo, redução de pH e/ou alcalinidade do fluido) que possam levantar suspeita da presença do gás no ambiente, nos equipamentos, amostra, etc.

O procedimento a ser seguido nesta condição refere-se à elaboração de gestão de mudança, incluindo análise de risco.

b. Condição II (Poço em que havia a previsão de H₂S ou há ocorrência de H₂S no fluido)

Esta condição deve ser estabelecida mediante as circunstâncias:

- a) quando a perfuração atingir a profundidade de 300 m acima da formação ou da zona prevista para ocorrência do H₂S, ou;
- b) quando houver quaisquer indícios de anormalidade, a saber:
 - Escurecimento súbito das ferramentas de perfuração;
 - Diminuição da alcalinidade do fluido;
 - Presença de H₂S em qualquer concentração até a concentração máxima de 8 ppm na atmosfera (detectada por sensores fixos ou monitorada com aparelhos portáteis);
 - Presença de odores de H₂S (ovo podre);
 - Outros fatores que possam levantar suspeita da presença do gás no ambiente, nos equipamentos, amostra.

Os procedimentos a serem seguidos neste cenário são:

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H2S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- a) dar acesso, instrução para sua correta utilização e limitações e ciência da localização a todo pessoal na unidade/locação das máscaras de fuga;
- b) as birutas devem estar em seus locais e todos devem passar a observar constantemente a direção do vento;
- c) o conjunto autônomo de ar e o sistema de ar de cascata devem estar preparados e prontos para utilização;
- d) todos devem estar familiarizados quanto aos pontos de reunião;
- e) o auxiliar de enfermagem de bordo deve estar com todo o material disponível e pronto para utilização ou mobilizar o auxiliar de enfermagem designado para emergências;
- f) todos os serviços de manutenção devem estar sob rigoroso controle;
- g) todos devem estar familiarizados com os alarmes.

c. Condição III (Poço com a presença na atmosfera de teores maiores que 8 ppm e menor ou igual a 49 ppm de H₂S)

Para este cenário, os procedimentos a serem seguidos são:

- a) a situação deve ser avisada por “intercon” para toda a unidade/locação;
- b) pessoal da equipe de controle:
 - identificar ponto de vazamento e/ou ponto de ocorrência do H₂S;
 - sanar o vazamento ou estancar fonte da ocorrência do H₂S;
 - todo o pessoal da equipe de controle deve trabalhar em dupla;
 - deve utilizar o conjunto autônomo de ar de trabalho ligado ao sistema de cascata;
 - os conjuntos autônomos e os cilindros de reserva, caso necessário, devem estar prontos para utilização;
 - o compressor portátil deve estar pronto para ser acionado;
 - a área de recarga dos cilindros deve ter monitorização permanente com detector de H₂S;
 - monitorar a direção do vento para indicar o melhor ponto de reunião a ser utilizado;
 - todos os trabalhos a quente devem ser paralisados em toda a unidade/locação;
 - fica proibida a prática de fumo em toda a unidade locação.
- c) pessoal não necessário ao controle da emergência:
 - colocar imediatamente a máscara de fuga;
 - munir-se de colete salva-vidas (plataformas);
 - dirigir-se imediatamente ao ponto de reunião;
 - desligar o circuito de alimentação das unidades de ar condicionado;
 - nos pontos de reunião, deve-se proceder à chamada para checar a presença de todos;
 - auxiliar de enfermagem deve ficar a postos para prestar primeiros socorros (equipamentos ressuscitadores, bem como macas, devem estar prontos para o uso);
 - aeronaves e barcos nas proximidades devem ser alertados;
 - a base de terra deve ser avisada;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- rádio operador deve estar equipado com VHF portátil no ponto de reunião;
- evacuação de todo o pessoal não essencial às operações da plataforma, caso o vazamento não seja controlado, ou o ponto de ocorrência não seja identificado. A evacuação deve ser ordenada pelo encarregado da sonda/plataforma e deve ser através das embarcações de sobrevivência ou outros meios disponíveis;
- avisar aeronaves e embarcações nas proximidades.

NOTA 1: Assim que soar o alarme sonoro, o local de detecção do vazamento e o ponto de reunião, serão anunciados pelo sistema de Intercon.

NOTA 2: A máscara de fuga deve ser utilizada pelo pessoal, que deve se dirigir, da área externa, ao ponto de reunião.

NOTA 3: O pessoal, que por ocasião do alarme se encontrar dentro das acomodações, deve dirigir-se ponto de reunião anunciado. Caso a máscara de fuga não esteja disponível dentro das acomodações, deve prosseguir diretamente para o ponto de reunião anunciado e coletar a máscara de fuga.

NOTA 4: Durante a permanência no ponto de reunião anunciado, a utilização da máscara de fuga ou qualquer outro conjunto de proteção respiratória contra gases tóxicos não é necessária.

NOTA 5: Caso haja necessidade de se dirigir aos postos de abandono, a máscara de fuga ou qualquer outro conjunto de proteção respiratória contra gases tóxicos deve ser utilizada.

d. Condição IV (Poço com a Presença na Atmosfera de teores maiores ou igual a 50 ppm de H₂S)

Nesta condição, os procedimentos indicados são:

a) pessoal da equipe de controle:

- fechar o poço;
- sanar o vazamento ou estancar fonte da ocorrência do H₂S.

NOTA: Caso todos os recursos de bordo tenham sido utilizados e a situação fuja ao controle, o encarregado da sonda/plataforma deve autorizar o abandono da equipe de controle, pelos meios disponíveis.

6.3 Plano de contingência

Um plano de contingência deve ser elaborado com o objetivo de garantir que um eventual vazamento de H₂S durante operação de perfuração/completação ou teste seja controlado tanto quanto possível. O Plano de Contingência deve ser elaborado por profissionais com conhecimento das características e dos perigos do H₂S e com a participação de pessoas com conhecimento da instalação onde serão desenvolvidas as atividades.

O Plano de Contingência deve ser divulgado para toda a força de trabalho da unidade, a fim de que cada empregado tenha conhecimento dos perigos do H₂S e esteja familiarizado com as ações necessárias caso o plano seja acionado.

O Plano de Contingência deve conter, no mínimo:

- Treinamento sobre as características do H₂S;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H2S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- Procedimentos de segurança em caso de alarme de gás;
- Procedimentos de acordo com a atividade a ser desenvolvida (coleta de amostras, teste do poço, perfuração de zona de interesse, descida de revestimento, *wireline* etc.);
- Concentração esperada e características do fluido de perfuração e aditivos necessários (quantidade mínima a bordo da unidade);
- Características da unidade, localização de pontos de reunião (principal e alternativo), ventos predominantes, sinalização, localização dos indicadores de vento (birutas);
- Reuniões de segurança com as equipes envolvidas na operação (estabelecer quando as reuniões devem ser realizadas);
- Realização de simulados (antes da entrada na zona de interesse, pelo menos um simulado de H₂S no mês, e, após entrar na zona de interesse, é recomendado que todo simulado envolva ações de prevenção ao H₂S);
- Sistemas de detecção e alarmes;
- Primeiros socorros;
- Atribuições em caso de Alarme de H₂S (indicação das responsabilidades de cada função na equipe da unidade e da equipe de controle da emergência);
- Acionamento de embarcações e helicópteros;
- Equipamentos para controle da emergência (tipo, quantidade e localização);
- Telefones de contato em caso de emergência.

7 AÇÕES DE PRIMEIROS SOCORROS

Se a vítima está consciente e não tosse:

- Mantenha a vítima sob observação por, pelo menos, dois dias, em caso de risco de edema pulmonar ou de infecção bacteriana;
- Retire a vítima da área contaminada com H₂S;
- Remova a vítima para um ambiente tranquilo, arejado e ventilado;
- Deite a vítima com o corpo elevado;
- Abra o macacão/camisa e cintos caso esteja usando;
- Cubra com um cobertor;
- Mantenha a vítima tranquila.

Caso a vítima esteja tossindo muito, além das recomendações indicadas anteriormente, encaminhá-la ao Serviço de Saúde Ocupacional/enfermaria. Se a vítima estiver inconsciente, mas estiver respirando, siga as recomendações anteriores, chame o socorro especializado e monitore a vítima até chegada do socorro. Caso a vítima não esteja respirando:

- Chame o socorro especializado;
- Retire a vítima o mais rápido possível da área contaminada com H₂S;
- Coloque a vítima sobre uma manta;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- Abra o macacão/camisa e cintos, caso esteja usando;
- Iniciar a massagem “cardiorrespiratória”, com ênfase nas compressões (100 a 120 por minuto);
- Continuar com a manobra até que a vítima volte a respirar ou até a chegada do socorro especializado;
- Mantenha a vítima sob observação por, pelo menos, dois dias, em caso de risco de edema pulmonar ou de infecção bacteriana.

8 SENSORES FIXOS PARA DETECÇÃO DE H₂S

Os métodos mais utilizados para a detecção de H₂S na atmosfera incluem analisadores com analisadores de filme de ouro, conversão de SO₂, detecção de gás por tubos colorimétricos, detectores eletroquímicos, detectores de gás por fita de acetato de chumbo e detectores por nanotecnologia (NTMOS – *Nanotechnology Metal Oxide Semiconductor*). A Tabela 2 mostra a comparação entre as diferentes técnicas.

8.1 Manutenção

Os detectores fixos devem sofrer manutenções preventivas e corretivas, como, por exemplo, teste funcional, ajustes de zero e de sensibilidade e calibração.

a) Teste Funcional

O teste de resposta é a verificação qualitativa do detector para verificar a sua funcionalidade. Este teste deve confirmar se o caminho de acesso do gás ao sensor está desobstruído, bem como o perfeito estado de funcionamento do sensor e dos alarmes. Para realizar esse teste funcional é necessário um cilindro com mistura padrão do gás de medição, com concentração superior aos alarmes do detector.

b) Ajuste

Conjunto de operações efetuadas num sistema de medição, de modo que ele forneça indicações prescritas correspondentes a determinados valores de uma grandeza a ser medida.

NOTA 1. Diversos tipos de ajuste de um sistema de medição incluem o ajuste de zero, o ajuste de desvio (às vezes chamado ajuste de “offset”) e o ajuste de amplitude (às vezes chamada ajuste de ganho).

NOTA 2. O ajuste do sistema de medição não deve ser confundido com calibração, a qual é um pré-requisito para o ajuste.

NOTA 3. Após um ajuste de um sistema de medição, tal sistema geralmente deve ser recalibrado.

Tabela 2. Comparação entre diferentes técnicas de detecção de H₂S.

Tecnologia de detecção	Filme de ouro		Conversão SO ₂	Tubos colorimétricos	Eletroquímico	Fita de acetato de chumbo	NTMOS
	Portátil	fixo					
Range de detecção	3 ppb a 10 ppm	0,003 a 50 ppm	0,5 ppb a 2 ppm	0,2 a 600 ppm ¹	0 a 100 ppm	0,001 a 10 ppm	0 a 100 ppm
Resolução	20 ppb ²	0,001 ppm ²	0,5 ppb	0,1 ppm, 1 ppm ou 2 ppm ¹	0,1 ppm	-	0,1 ppm
Acurácia	±1 a 5 ppb, ±3 a 50 ppb, ±0,03 a 0,5 ppm, ±0,3 a 5 ppm	±0,005 ppm a 0,05 ppm, ±0,05 a 0,5 ppm, ±0,5 a 5 ppm, ±2 a 25 ppm	-	10 a 20% ¹	-	-	±2 ppm (1-10 ppm) ±10% (10-100 ppm)
Precisão	10% a 5 ppb ou menor, 5% a 50 ppb ou maior	8% do range do sensor	-	±10% a ±15% ¹	-	-	±2 ppm (1-10 ppm) ±10% (10-100 ppm)
Tempo de resposta	12 a 53 s	12 a 53 s	60 s para 95%	15 s a 10 min ¹	<12 s	7 s	<5 s
Capacidade de data logging	sim - 20.000 testes	sim - 50.000 testes	sim	não	sim - 10 eventos	sim - 1500 eventos	sim
Display	ppm, ppb	ppm	mg/m ³ , µg/m ³ , ppm, ppb	ppm	Ppm	ppm	ppm
ambiente de operação	0 a 40°C	-40 a 55°C	5 a 40°C	-20 a 50°C	-20 a 60°C	0 a 40°C	-40 a 65°C
Calibração e manutenção	Anual	anual ou trimestral (a depender do uso)	requer manutenção constante e reposição de consumíveis	requer constante reposição de consumíveis	calibração frequente	requer manutenção constante e reposição de consumíveis	calibração frequente

POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI

Data: 24/11/2020

Interferências	amônia, cloro, mercaptanas, NO ₂	amônia, cloro, mercaptanas, NO ₂	vários HCs, vapor de água, NO _x	SO ₂ , NO ₂ , O ₂ , amônia, isobutileno, ácidos e bases, HCl, mercaptanas, temperatura, umidade	calor, umidade, ambientes com pouco O ₂ , NO ₂ , PH ₃ , SO ₂ , mercaptanas, HCs leves	SO ₂ , O ₂ , umidade alta e baixa, temperatura, luz do sol	CO, H ₂ , NO ₂ , methanol, CH ₄
Outras limitações	regeneração é necessária quando o sensor fica saturado	regeneração é necessária quando o sensor fica saturado	nenhum padrão utilizável para baixas especificações	resultados subjetivos e semiquantitativos tubos possuem prazo de validade	propenso a oscilações	fita possui prazo de validade e deve ser armazenada com cuidado	custo elevado
Dimensões ³	28 x 16 x 17 cm	67 x 64 x 23 cm	62 x 44 x 18 cm	17 x 4,5 x 8,5 cm	8,5 x 5,5 x 2 cm	34 x 18 x 24 cm	10,6 x 5,0 x 4,5 cm
Pesos ³	2,5 kg	24 kg	18,1 kg	250 g	100 g	4,1 kg	800 g
Classificação	++	++	±	-	+	±	+++

1- depende do tubo; 2- depende do range de detecção; 3- depende do fabricante

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H2S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

Ajuste de zero - Ajuste de um sistema de medição de modo que o mesmo forneça uma indicação igual a zero correspondente a um valor igual a zero da grandeza a ser medida.

O ajuste deve ser realizado quando o detector for reprovado no teste funcional ou quando expirar o prazo para a próxima calibração do detector.

O processo de ajuste tem como objetivo atualizar o ponto de referência dos sensores. Isto permite que o detector atualize o fator de resposta com base em uma mistura de gases com concentrações previamente conhecidas e dentro do prazo de validade, garantindo a correta medida da concentração de gases no interior do espaço confinado. Caso o sensor não aceite o ajuste, deve ser considerado como fora de uso. O intervalo de ajuste pode ser recomendado pelo fabricante.

c) Calibração

Operação que estabelece, sob condições especificadas, em uma primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; em uma segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação

NOTA 1. Uma calibração pode ser expressa por meio de uma declaração, uma função de calibração, um diagrama de calibração, uma curva de calibração ou uma tabela de calibração. Em alguns casos, pode consistir em uma correção aditiva ou multiplicativa da indicação com uma incerteza de medição associada.

NOTA 2. Convém não confundir a calibração com o ajuste de um sistema de medição, frequentemente denominado de maneira imprópria de “autocalibração”, nem com a verificação da calibração.

A calibração dos detectores é realizada para determinar o erro e incerteza associada a medição do detector. Essa calibração pode ser rastreada ou realizado por um laboratório acreditado pela CGREC (INMETRO) que participe da Rede Brasileira de Calibração (RBC).

O intervalo de calibração é definido pela empresa proprietária do equipamento a partir da análise da atividade, riscos envolvidos, histórico das condições de trabalho e recomendações do fabricante presentes no manual de instruções.

Calibração rastreada: Calibração realizada utilizando um método de calibração validado e materiais de referências certificados.

Calibração acreditada: Mesmo processo que a calibração rastreada, mas analisado e acreditado pela CGREC (INMETRO) de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

8.2 Possíveis Falhas

- degradação com o passar do tempo e frequência de exposição a gases;
- degradação causada por exposição a contaminantes como fosfatos, fósforo e chumbo;
- degradação química gradual dos sensores e desvio em componentes eletrônicos ao longo do tempo;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- utilização em condições ambientais extremas, a exemplo de temperaturas e umidades muito baixas ou altas, e alto nível de material particulado em suspensão no meio ambiente a ser monitorado;
- exposição a altas concentrações do gás ou vapor de interesse;
- exposição de sensores catalíticos a silicões voláteis, gases de hidreto, hidrocarbonetos halogenados e gases de sulfeto;
- exposição de sensores eletroquímicos de gases tóxicos a vapores de solventes e gases altamente corrosivos;
- choques físicos que podem afetar os componentes eletrônicos e/ou circuitos do detector;
- substituição de um ou mais sensores quando o detector for reprovado no teste de resposta ou no auto-zero.

8.3 Sensibilidade Cruzada

Cada sensor é projetado especificamente para o gás que pretende detectar, mas pode-se obter reatividade cruzada com essa tecnologia de sensor. As sensibilidades cruzadas, também conhecidas como gases interferentes, são gases que podem fazer com que o eletrodo do sensor reaja mesmo que o gás alvo não esteja presente. A Tabela 3 apresenta um exemplo de uma tabela com Sensibilidade Cruzada – Sensor Eletroquímico para H₂S.

Tabela 3. Exemplo de sensibilidade cruzada para sensor eletroquímico de H₂S.

Cross-Sensitivity Data, Mini-H₂S Sensor		
Gas	Concentration	Response
CO	50 ppm	1.5 ppm
C ₂ H ₅ OH	5,000 ppm	±1.5 ppm
SO ₂	20 ppm	<4 ppm
NO	50 ppm	6 ppm
NO ₂	10 ppm	-2.5 ppm
H ₂	400 ppm	4 ppm

9 PONTOS DE ATENÇÃO PARA MITIGAR A GERAÇÃO DE H₂S

Pontos de atenção com relação aos fluidos da formação

- Para campos em desenvolvimento da produção, conhecer a composição dos fluidos da formação, adequando a formulação do fluido para evitar a liberação de H₂S para a atmosfera (alcalinidade, presença de bactericida e sequestrante);
- Em campos maduros, conhecer o histórico dos fluidos envolvidos em operações anteriores, principalmente se foi utilizado água do mar.

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

Pontos de atenção para a utilização de fluidos aquosos em desconexão operacional

- Ter conhecimento prévio do tempo em que a sonda ficará desconectada do poço para adequar as propriedades do fluido para minimizar o potencial de degradação microbológica;
- Para cenários com completação a poço revestido, não é necessário utilizar produtos controladores de filtrado.

Pontos de atenção durante operações com fluidos aquosos

- Inclusão da data da última movimentação de fluido e de dados do *trip tank* e *waste tank* (ou correlato) no relatório diário de fluidos entregue ao técnico de fluidos;
- Realização de flush/substituição do fluido contido no *trip tank* no mínimo a cada turno, sob orientação do técnico de fluidos;
- Após a fabricação e/ou utilização de fluidos aquosos, realizar *flush* no sistema de circulação e linhas do sistema de circulação de fluidos, utilizando água industrial e/ou salmoura, seguindo orientação do técnico de fluidos;
- Manutenção das escotilhas dos tanques (fora do sistema ativo) fechadas quando a agitação for ligada e quando o fluido for posto em circulação;
- Identificação de trechos de linha críticos para geração de H₂S (trechos onde as movimentações podem ser menos frequentes durante a operação do sistema de circulação);
- Monitoramento de propriedades, ao menos, 3 vezes ao dia com foco no pH e salinidade do fluido, realizando a reposição de bactericida e controlador de pH, se necessário;
- Após qualquer uso de água do mar, não deixar volume morto em tanques ou nas linhas de transferência de fluido. Realizar *flush* do sistema de circulação utilizado com água industrial para garantir que o volume residual de água do mar foi removido.

Pontos de atenção para operação com resíduos associados a fluidos de perfuração

- Realização de tratamentos preventivos conforme orientado pelo padrão PE-2POC-00566;
- Manutenção de estoque de produtos químicos adequados ao controle de pH e bactericida sinalizado pelo padrão PE-2POC-00566;
- Manter os tanques bem fechados e, ao chegar em terra, monitorar se há escape de algum gás e medir sua concentração, usando equipamento portátil e EPI adequado.

10 AMEAÇAS E BARREIRAS PARA EVITAR EVENTOS DE H₂S

10.1 Ameaça 1: Geração de H₂S no fluido (base aquosa) dentro do poço

- Controle de pH do fluido aquoso e utilização de bactericida, conforme definido no programa de fluidos;
- Revisão do padrão de fabricação e manutenção de fluidos aquosos (PE-2POC-00498) a cada 12 meses para incorporação das melhores práticas;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- Ações de prevenção à prisão de coluna, seguindo as recomendações do programa do poço e do programa de fluidos.

10.2 Ameaça 2: Geração de H₂S nas instalações das unidades marítimas

- Monitoramento das propriedades dos fluidos contidos nos tanques;
- Tratamento químico corretivo para manutenção das propriedades, conforme Programa de Fluidos;
- Limpeza com água industrial ou salmoura saturada de tanques e linhas após término das operações com fluidos aquosos;
- *Checklist* de identificação de desvios aplicado pelos técnicos de fluidos.

10.3 Ameaça 3: Geração de H₂S nos tanques das embarcações fluideiras

- Monitoramento diário da presença de gases nos tanques de fluido com o uso de sensores multigás;
- Tratamento preventivo do fluido acondicionado nos tanques;
- Limpeza dos tanques com água industrial ao final da transferência de fluidos contaminados (eliminação de volume morto).

10.4 Ameaça 4: Geração de H₂S nos cutting boxes nas sondas e embarcações de cargas

- Atendimento ao procedimento PE-2POC-00566, contemplando orientações para descarte de cascalhos;
- Monitoramento diário de gases nos *cutting boxes* aguardando desembarque na sonda e durante o transporte com o uso de sensor multigás;
- Monitoramento do pH da mistura acondicionada nos *cutting boxes*;
- Realização de tratamento preventivo à geração de H₂S enquanto os *cutting boxes* estiverem na sonda;
- Atendimento ao guia de orientações de segurança para o descarte de cascalhos em *cutting boxes*.

10.5 Migração de H₂S da formação para a superfície

- Prospecto do poço sinalizando a presença ou a ausência de H₂S nos fluidos contidos nas formações a serem atravessadas pelo poço;
- Presença de equipamentos de segurança adequados para trabalho na presença de H₂S;
- Treinamento da tripulação pela equipe contratada para trabalho na presença de H₂S;
- Utilização de fluido com o peso adequado, conforme PE-2POC-00511;
- Orientações de segurança contidas no padrão PE-1PBR-00037;
- Orientações de segurança contidas no padrão PE-2DPT-00033;
- Ações de prevenção ao pistoneio do poço.

10.6 Geração de H₂S nos tanques e em linhas rígidas e flexíveis das embarcações de estimulação

- Limpeza de tanques e linhas rígidas e/ou flexíveis após término das operações e simulados com água industrial ou salmoura saturada;
- Monitoramento das propriedades do fluido aquoso sem circulação nos tanques e aguardando descarte;

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H₂S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

- Uso de agentes bactericidas;
- Monitoramento periódico da presença de gases nas áreas dos tanques com a utilização de sensores multigás.

10.7 Geração de H₂S nos silos de coleta/armazenamento de cascalhos na sonda e em embarcação cascalheira

- Atendimento ao procedimento PE-2POC-00566, contemplando orientações para descarte de cascalhos;
- Monitoramento diário de gases nos silos de cascalhos na sonda e nos tanques da embarcação cascalheira com o uso de sensor multigás.

10.8 Geração de H₂S em operações de canhoneio

- Realização de *bullheading* após o canhoneio (quando possível), seguindo as recomendações do projeto da intervenção;
- Monitoramento de teor de H₂S no piso de perfuração, com sensores portáteis, no início da retirada dos canhões na mesa rotativa;
- Ventilação forçada na plataforma para dissipar eventuais gases que retornem no interior dos canhões;
- Mobilização de equipamentos de detecção e proteção a H₂S.

11 EQUIPE DESENVOLVEDORA

Versão inicial – 24.11.2020

Aldo Vasconcelos Barros (POCOS/SPO/SP/FLUI)

Luiz Kleber Custódio Chapinel (POCOS/SPO/SP/FLUI)

Marcos Vinicius Patricio dos Santos (POCOS/SPO/SP/FLUI)

Micael Silva Prado (POCOS/SM/SMS-SM)

Rodolfo Balthazar Vadinal (POCOS/SPO/ISSP/IP-III)

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Alabbas, F.M.; Williamson, C.; Bholá, S.M.; Spear, J.R.; Olson, D.L. Influence of sulfate reducing bacterial biofilm on corrosion behavior of low-alloy, high-strength steel (API-5L X80). *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 78, p. 34-42, 2013.

[2] Almeida, P.F.; Almeida, R.C.C.; Carvalho, E.B.; Souza, E.R.; Carvalho, A.S.; Silva, C.H.T.P.; Taft, C.A. Overview of sulfate-reducing bacteria and strategies to control biosulfide generation in oil Waters. *Modern Biotechnology in Medicinal Chemistry and Industry*, 2006.

	GUIA DE BOAS PRÁTICAS – PREVENÇÃO A EVENTOS DE H2S NA ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS MARÍTIMOS	Classificação 
POCOS/SM/SMS-SM e POCOS/SPO/SP/FLUI		Data: 24/11/2020

[3] Montes, D.C. Determinação de ânions sulfatos e nitratos em amostras aquosas de campos de petróleo como método de monitoramento de bactérias redutoras de sulfato, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

Revisão	Data	Descrição	Elaborado por:	Aprovador por:
0	24/11/2020	Emissão inicial	Equipe multidisciplinar	Fabrício Manhães