	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-046</b>						
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>			FOLHA 1 de 6					
	PROGRAMA:								
	ÁREA:								
TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE SEQUESTRANTE DE H<sub>2</sub>S PARA APLICAÇÃO SUBMARINA EM UNIDADES DE PRODUÇÃO COM BAIXO TEOR DE CÁLCIO</b>			NP-1						
			LMS/OMD/PMP						
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>									
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>								
0	Emissão Inicial								
A	Revisão do teor de cálcio no item 1.2 para 10.000 mg/L								
B	Correção do item 1.								
C	Revisão da capacidade de sequestro no item 1.1.4 e inclusão de análise de pH no item 1.2.								
D	Inclusão do item 1.4 de orientações para apresentação dos resultados e renumeração do item de critério de aprovação para 1.5								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	31/07/2019	09/09/2019	13/09/2019	25/11/2019	06/04/2020				
PROJETO	LMS/OMD/PMP	LMS/OMD/PMP	LMS/OMD/PMP	LMS/OMD/PMP	LMS/OMD/PMP				
EXECUÇÃO	B97J	EK6A	EK6A	B97J	B97J				
VERIFICAÇÃO	EK6A	B97J	B97J	EK6A	EK6A				
APROVAÇÃO	CLJ1	CLJ1	CLJ1	CJCL	CJCL				
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									

## 1. Introdução

Este documento define os requisitos de qualificação sequestrantes de H<sub>2</sub>S para aplicação em fluxo multifásico em poços de produção de petróleo através de injeção submarina (via umbilical *downhole*) em cenários com baixo teor de cálcio na água produzida.

Os sequestrantes de H<sub>2</sub>S devem ser avaliados em desempenho em laboratório quanto à capacidade de sequestro de H<sub>2</sub>S, quanto à compatibilidade com a água produzida e quanto ao protocolo de injeção submarina. Além das informações relacionadas a esses ensaios, o relatório deve conter, no mínimo:

- Identificação do responsável técnico pela realização dos ensaios;
- Dados da instituição responsável pela execução dos ensaios;
- Data de emissão do relatório;
- Identificação do produto sequestrante de H<sub>2</sub>S avaliado.

Caso haja necessidade de entrega de amostra do produto para realização de testes pela Petrobras, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- Fornecer 1L (divididos em dois frascos de 500mL) de amostra em recipiente compatível com o fluido, íntegro, sem vazamentos, estufamento ou qualquer tipo de degradação.
- O rótulo do produto químico deve ser confeccionado em material que resista às condições normais de uso, transporte e armazenagem dentro do prazo de validade do produto;
- Todas as informações de segurança constantes no rótulo de produto químico comercializado no mercado nacional devem estar redigidas no idioma nacional;
  - A rotulagem de produto químico deve seguir a norma ABNT NBR 14725 parte 3
  - Incluir no rótulo do recipiente o número o número sequencial do cenário de pré-qualificação publicado no Edital a que a amostra se relaciona;
- Providenciar a assinatura do protocolo de recebimento de amostras pelo responsável da Petrobras, coletando assinatura e a data da entrega;
- Entregar cópia da Ficha de Informações de Segurança do Produto Químico – FISPQ.

Após o recebimento pela Petrobras, as amostras serão verificadas visualmente quanto à formação de borras, precipitados, turvação e separação de fases. Caso alguma dessas características seja identificada, o produto será reprovado.

### 1.1. Teste de capacidade de sequestro

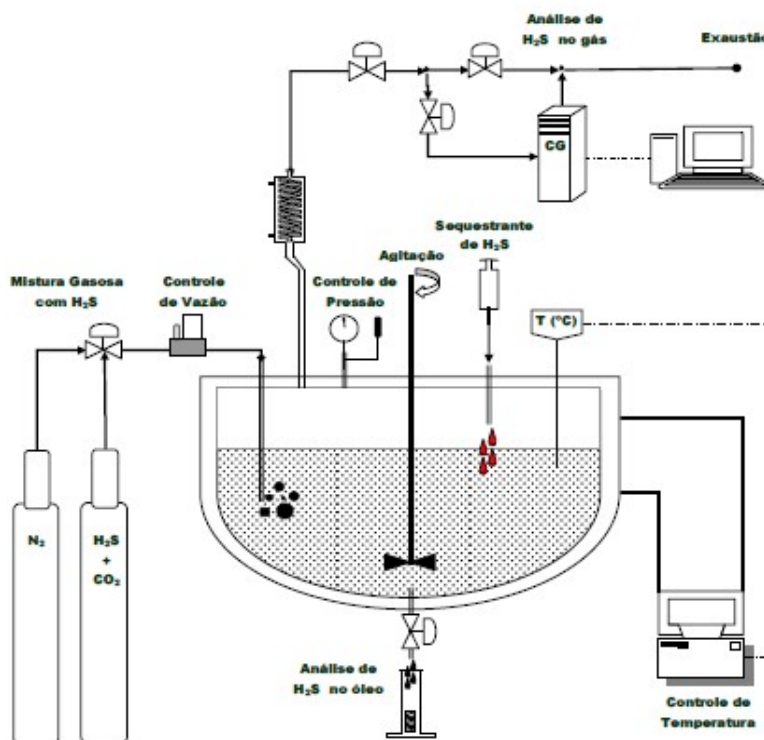
#### 1.1.1. Condições do teste de capacidade de sequestro.

O produto deve ser avaliado nas seguintes condições:

CONDIÇÃO DO TESTE	CONDIÇÃO 1	CONDIÇÃO 2	CONDIÇÃO 3
Fase óleo (petróleo) (%)	30	70	100
Fase água (água destilada) (%)	70	30	0
Temperatura (°C)	70	100	100
Pressão (psi)	150	150	150
Concentração de H <sub>2</sub> S na fase gasosa (% mol; balanço com CO <sub>2</sub> )	3,2	3,2	3,2
Dosagem do produto (ppm <sub>v</sub> )	1.000	1.000	1.000

#### 1.1.2. Descrição do aparato experimental

O teste de capacidade de sequestro deve ser realizado em autoclave em Hastelloy® C22 com capacidade para 1 litro, limite de pressão de 1.500 psi, temperatura de 250°C, agitação mecânica até 2.200 rpm, com possibilidade de uso de fluidos monofásicos e multifásicos (óleo, gás e água). A saída de gás da autoclave deve ser acoplada a um cromatógrafo para gás, que medirá o teor de H<sub>2</sub>S no fluido durante o ensaio. A autoclave deverá, ainda, permitir a adição do sequestrante de H<sub>2</sub>S durante o ensaio. A figura 1 apresenta um diagrama esquemático representativo do aparato de teste a ser utilizado.



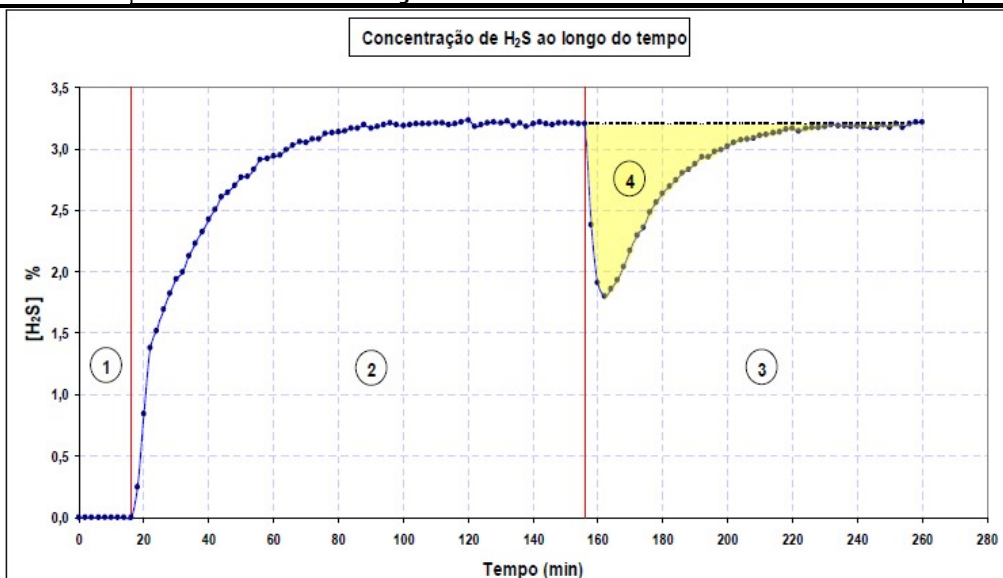
**Figura 1 – Diagrama esquemático do aparato experimental para avaliação do desempenho de sequestrantes de H<sub>2</sub>S.**

### 1.1.3. Descrição da metodologia do ensaio

Um volume total de 700 mL do líquido a ser testado (petróleo e água conforme proporções apresentadas na Tabela I) deve ser adicionado à autoclave. O sistema deve ser pressurizado com a mistura gasosa, e submetido à purga contínua de gás durante todo o teste. A fase líquida deve ser submetida à agitação mecânica em 1.000 rpm durante todo o ensaio. A concentração de H<sub>2</sub>S deve ser registrada continuamente pela cromatografia acoplada à purga de gás. Após saturação da fase líquida, obtida pela estabilização do teor de H<sub>2</sub>S medido na fase gasosa, adiciona-se o volume de sequestrante de H<sub>2</sub>S a ser testado. A concentração de H<sub>2</sub>S na fase gasosa deve continuar a ser medida pela cromatografia do gás de purga, até que todo o produto seja consumido.

### 1.1.4. Descrição da metodologia de avaliação da capacidade de sequestro

A metodologia consiste em submeter o fluido a ser testado a um fluxo constante de 0,6 L/min de gás contendo uma concentração conhecida de H<sub>2</sub>S na pressão parcial e temperatura do ponto de aplicação do produto em campo. A concentração de H<sub>2</sub>S na fase gasosa e na fase líquida é medida durante todo o período de teste após passar pelo sistema reacional, utilizando as técnicas analíticas de cromatografia a gás. Após saturação do meio reacional com a mistura gasosa, é adicionada alíquota de cada sequestrante de H<sub>2</sub>S a ser avaliado, na concentração planejada. A figura 2 mostra o teor de H<sub>2</sub>S na fase gasosa em cada etapa de um ensaio típico utilizando uma mistura gasosa contendo 3,2 % mol/mol de H<sub>2</sub>S em CO<sub>2</sub>.



**Figura 2 – Perfil típico da concentração de H<sub>2</sub>S na fase gasosa ao longo do tempo de ensaio, determinada por cromatografia a gás: (1) Desaeração com N<sub>2</sub>, (2) Saturação com H<sub>2</sub>S, (3) Sequestro de H<sub>2</sub>S e (4) Massa de H<sub>2</sub>S sequestrada por volume de sequestrante utilizado (kg H<sub>2</sub>S / L Sequestrante).**

A massa de H<sub>2</sub>S sequestrada é calculada para cada produto testado, determinando-se o volume de sequestrante de H<sub>2</sub>S consumido após 60 min da adição do sequestrante. Esse volume é obtido a partir da integração da curva de concentração de H<sub>2</sub>S com o tempo, que é mostrada na Figura 2 pela região (4). A relação é expressa em massa de H<sub>2</sub>S sequestrado por volume de sequestrante utilizado, ou seja, kg de H<sub>2</sub>S/ L de sequestrante. O produto será considerado aprovado quando a capacidade de sequestro for menor ou igual a 3,0 litros de sequestrante / kg de H<sub>2</sub>S.

## 1.2. Teste de compatibilidade com a água

Uma solução aquosa sintética com a composição informada na tabela III deve ser preparada. Transferir um determinado volume dessa solução para duas células de teste, que devem ser de material compatível com a temperatura de 100°C. Em uma das células de teste com a solução aquosa sintética, adicionar sequestrante de H<sub>2</sub>S suficiente para que a concentração do final do produto seja 1.000ppm. Observar o aspecto visual da solução nas duas células e registrar se o fluido está límpido, turvo, se houve formação de borras, precipitados ou sobrenadantes, e medir a turbidez da solução com um turbidímetro e medir o pH. Acondicionar as duas células de teste à temperatura de 100°C e registrar o aspecto visual da solução após 2h e 24h, quando então o teste deve ser finalizado. No fim do ensaio a turbidez deve ser novamente registrada com um turbidímetro e o pH deve ser medido. Caso haja dificuldade de registrar a turbidez e o pH a 100°C, realizar as medidas a 90°C.

Tabela III – Composição da solução aquosa sintética para o ensaio de compatibilidade do sequestrante de H<sub>2</sub>S com a água

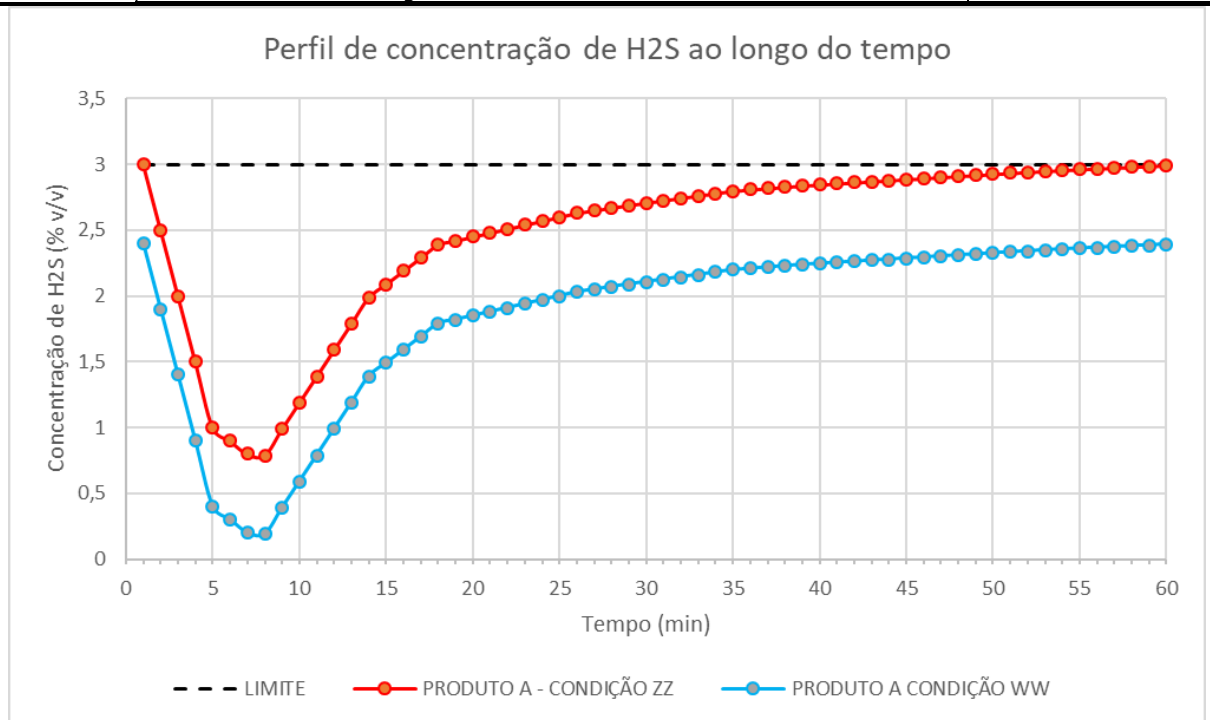
Salinidade (mg/L em NaCl)	200.000
Teor de cálcio (mg/L)	10.000

O sequestrante de H<sub>2</sub>S será considerado compatível com a água sintética se a turbidez for inferior a 10 NTU, e se não houver formação de precipitados ou borras.

## 1.3. Apresentação dos resultados

### 1.3.1. Teste de capacidade de sequestro

Os resultados de capacidade de sequestro do produto avaliado devem ser reportados na forma de gráfico, conforme exemplo da Figura 3.



**Figura 3 – Exemplo de apresentação de resultados do teste de capacidade de sequestro.**

NOTA: Os valores do gráfico no exemplo da Figura 3 são meramente ilustrativos, assim como as condições demonstradas.

### 1.3.2. Teste de compatibilidade com a água

Devem ser apresentados registros fotográficos dos testes de compatibilidade com a água de cada cenário avaliado, em todas as condições e intervalo de tempo solicitados. Além disso, deve-se apresentar os resultados das medidas de turbidez e análise visual na forma de tabela, conforme exemplo da Figura 4.

CONDIÇÃO A	após 2h	após 24H
Turbidez do ensaio em branco (NTU)	<i>inserir valor</i>	<i>inserir valor</i>
Houve formação de borras no ensaio em branco?	<i>responder</i>	<i>responder</i>
Houve formação de precipitados no ensaio em branco?	<i>responder</i>	<i>responder</i>
registro fotográfico do ensaio em branco	<i>inserir foto</i>	<i>inserir foto</i>
Turbidez com 1.000 ppm do PRODUTO XX (NTU)	<i>inserir valor</i>	<i>inserir valor</i>
Houve formação de borras no ensaio com produto?	<i>responder</i>	<i>responder</i>
Houve formação de precipitados no ensaio com produto?	<i>responder</i>	<i>responder</i>
registro fotográfico do ensaio com produto	<i>inserir foto</i>	<i>inserir foto</i>

**Figura 4 – Exemplo de apresentação de resultados do teste de compatibilidade do sequestrante de H<sub>2</sub>S com a água da condição hipotética A.**

**1.4. Testes do protocolo de injeção submarina**

Deve ser apresentado relatório comprovando o atendimento a ET-3010.00-1260-010-PNG-036.

**1.5. Aprovação do produto**

O sequestrante de H<sub>2</sub>S será considerado aprovado para uso em campo se atender ambos os critérios de capacidade de sequestro (item 1.1), compatibilidade com a água (item 1.2) e protocolo de injeção submarina (item 1.3).