 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>			
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>			FOLHA: <b>1 de 13</b>		
	PROGRAMA: -					
	ÁREA: -					
TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>			GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPO			
			<b>PÚBLICO</b>			
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>						
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>					
0	Revisão Original					
A	Revisão no texto dos itens 2 (teste de compatibilidade passa a ser “informativo”), 3, 3.1 e 3.3. Correção da ordem da numeração dos itens 4 e 5. Revisão do critério de aprovação (item 5).					
B	Revisão geral do item 4.3 (Preparo da fase aquosa) com novas instruções do preparo da água de ânions e da água de cátions, alteração do item 4.4 no procedimento de ajuste do pH da fase aquosa, ajuste do texto na legenda da Figura 3 e melhorias na organização do texto e numeração dos itens.					
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E
DATA	08/12/2021	19/05/2022	07/06/2024			
EXECUÇÃO	BB8S	BE3W	BB8S, B97J, UP9J			
VERIFICAÇÃO	B97J	EK6A	BE3W			
APROVAÇÃO	CJCL	CJCL	EK6A			
DE ACORDO COM A DI-1PBR-00337, AS INFORMAÇÕES DESTA DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.						
FORMULÁRIO PADRONIZADO PELA NORMA PETROBRAS N-381-REV.M.						

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>2 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			<b>PÚBLICO</b>

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	3
2. Documentos de referência .....	3
3. Requisitos iniciais .....	3
4. Requisitos para qualificação do inibidor de naftenatos .....	4
4.1. Materiais .....	4
4.2. Teste de compatibilidade do inibidor de naftenatos com o inibidor de incrustação .....	4
4.3. Preparo da fase aquosa (salmouras de teste) .....	5
4.3.1. Preparo da água de ânions (sem sulfato) .....	6
4.3.2. Preparo da água de cátions .....	6
4.4. Ajuste do pH da fase aquosa (salmouras de teste) .....	7
4.4.1. Água de cátions .....	7
4.4.2. Água de ânions (sem sulfato) .....	8
4.5. Preparo da fase orgânica .....	8
4.6. Teste de eficiência estática em sistema bifásico .....	9
5. Apresentação dos resultados .....	10
5.1. Apresentação dos resultados de compatibilidade entre os inibidores .....	10
5.2. Apresentação dos resultados de eficiência estática .....	11
6. Critério de aprovação .....	12
Anexo A - Memória de cálculo para auxiliar no preparo das salmouras .....	13

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>3 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ <b>PÚBLICO</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento define os requisitos de qualificação de INIBIDOR DE NAFTENATOS para aplicação no processamento primário de petróleo.

## 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente especificação técnica.

- ABNT NBR 14725: Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Aspectos gerais do Sistema Globalmente Harmonizado (GHS), classificação, FDS e rotulagem de produtos químicos;
- ABNT NBR 7353: Soluções aquosas - Determinação do pH com eletrodos de vidro;
- ASTM D1293: *Standard Test Methods for pH of Water*;
- ASTM E70: *Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode*;
- ET-3010.00-1260-010-PNG-052: Qualificação de Inibidor de Incrustação para Aplicação em Unidades de Produção de Petróleo.

Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes dos referidos documentos (incluindo emendas).

## 3. REQUISITOS INICIAIS

O fornecedor deve apresentar relatório de testes com os produtos para floculação avançada de acordo com a metodologia descrita a seguir. Além dessas informações, 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 inibidor de naftenatos.

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

- Entregar 500 mL (divididos em dois frascos de 250 mL) de amostra em recipiente lacrado 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;
- De acordo com a NR-26, a rotulagem de produto químico deve seguir a norma ABNT NBR 14725;

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>4 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ <b>PÚBLICO</b>	

- Incluir no rótulo do recipiente o número sequencial do cenário de pré-qualificação/licitação publicado no Edital a que a amostra se relaciona;
- Providenciar a assinatura do comprovante de recebimento de amostras pelo responsável da Petrobras, coletando assinatura e a data da entrega;
- Entregar cópia da Ficha com Dados de Segurança (FDS) do produto químico, em conformidade com a norma ABNT NBR 14725.

Após o recebimento, a amostra será verificada visualmente pela Petrobras quanto à formação de borras, precipitados, turvação e separação de fases. Caso alguma dessas características seja identificada, o produto será reprovado.

#### **4. REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO DO INIBIDOR DE NAFTENATOS**

##### **4.1. Materiais**


- 1 L de amostra de petróleo, cenário de avaliação, fornecido pela Petrobras conforme oportunidade;
- Sais comerciais para água de cátions (NaCl, KCl, BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, SrCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O);
- Sais comerciais para água de ânions (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, Acetato de sódio e NaBr);
- Hidróxido de sódio P.A.;
- Cilindro de CO<sub>2</sub> com grau de pureza 99,99%;
- Ácido palmítico (ácido graxo de cadeia longa para simular a atuação dos ácidos naftênicos);
- Tolueno;
- Parafina sintética (hidrocarbonetos C12-C15, n-alcanos, isoalcanos, cíclicos, < 2% aromáticos);
- pHmetro;
- Agitador tipo vórtex;
- Pipetas automáticas;
- Frascos de vidro;
- Tubos de ensaio graduados.

##### **4.2. Teste de compatibilidade do inibidor de naftenatos com o inibidor de incrustação**

O teste de compatibilidade entre o inibidor de naftenatos e o inibidor de incrustação, qualificado conforme a ET-3010-00-1260-010-PNG-052, deve ser realizado em caráter informativo com o objetivo de se detectar qualquer incompatibilidade entre os produtos que possa causar alguma reação ou precipitação no sistema bifásico. Como o inibidor de naftenatos é dosado na fase orgânica e o inibidor de incrustação é dosado na fase aquosa, espera-se que sejam parcialmente ou totalmente imiscíveis entre si.

O teste de compatibilidade do inibidor de naftenatos com o inibidor de incrustação deve ser realizado com os produtos puros, misturados nas seguintes proporções: 20:80 / 50:50 / 80:20, na temperatura de trabalho informada no cenário e na temperatura ambiente, conforme procedimento descrito a seguir:

- Condicionar o inibidor de naftenatos e o inibidor de incrustação em frascos separados e mantê-los na temperatura do ensaio;

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>5 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ <b>PÚBLICO</b>	

- (b) Iniciar o teste de compatibilidade pela mistura entre si dos frascos;
- (c) Fotografar o aspecto de cada frasco (proporções 20:80 / 50:50 / 80:20) imediatamente após a mistura (0 h) e após 1 h, 2 h e 24 h de contato;
- (d) Apresentar no relatório de testes as fotografias com comentários e observações sobre as características da mistura para cada proporção de mistura e tempo de contato (0 h, 1 h, 2 h e 24 h). Informar se a mistura apresentou mais de uma fase, se ficou límpida, se houve formação de precipitados ou se apresentou indicação de reação no momento da mistura (liberação de gás, mudança de coloração ou precipitação abrupta).

O produto inibidor de naftenatos será considerado compatível com o inibidor de incrustação se, após 24 h de contato, houver ausência de precipitação ou de reação química (registro visual) em todas as proporções. Quando ocorrer reação química e/ou precipitação, será indicativo de limitação do uso concomitante do inibidor de naftenatos e inibidor de incrustação para o cenário nas condições avaliadas.

#### 4.3. Preparo da fase aquosa (salmouras de teste)

A fase aquosa deste ensaio é composta pela água de ânions (item 4.3.1) e pela água de cátions (item 4.3.2) tendo seu pH ajustado conforme o item 4.4. Após o ajuste de pH, na água de ânions deve ser adicionada uma determinada concentração de inibidor de incrustação compatível com a água do cenário na temperatura de ensaio (ver item 4.6). A água de cátions e a água de ânions, contendo inibidor de incrustação, devem ser condicionadas em frascos separados e mantidas na temperatura de ensaio, até o momento da mistura entre si e com a fase orgânica (item 4.5), quando então o teste se inicia. Todos os ensaios devem ser realizados na presença de uma dosagem de inibidor de incrustação na Concentração Inibitória Mínima (*Minimum Inhibitory Concentration* – MIC) do cenário, a fim de inibir totalmente a precipitação de carbonato de cálcio na fase aquosa.

No preparo das salmouras de teste, definem-se as frações volumétricas das águas de ânions e cátions na mistura,  $\phi_{AA}$  e  $\phi_{AC}$ , respectivamente, com as equações (1) e (2).

$$\phi_{AA} = \frac{V_{AA}}{(V_{AA} + V_{AC})} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\phi_{AC} = \frac{V_{AC}}{(V_{AA} + V_{AC})} \quad \text{Eq. (2)}$$


Onde:

$\phi_{AA}$  é a fração volumétrica da água de ânions;

$\phi_{AC}$  é a fração volumétrica da água de cátions;

$V_{AA}$  é o volume da água de ânions;

$V_{AC}$  é o volume da água de cátions.

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>6 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
		<b>PÚBLICO</b>	

#### 4.3.1. Preparo da água de ânions (sem sulfato)

Tomando como base a composição da salmoura informada no cenário, substituir as concentrações de sulfato e dos cátions, com exceção do sódio, por 0 mg/L e as concentrações dos ânions, com exceção do cloreto, pelas calculadas com a equação (3).

$$\text{Concentração do ânion "i"} = \frac{\text{Concentração do ânion "i" no cenário}}{\Phi_{AA}} \quad \text{Eq. (3)}$$

#### 4.3.2. Preparo da água de cátions

Tomando como base a composição da salmoura informada no cenário, substituir as concentrações dos ânions, com exceção do cloreto, por 0 mg/L e as concentrações dos cátions, com exceção do sódio, pelas calculadas com a equação (4).

$$\text{Concentração do cátion "i"} = \frac{\text{Concentração do cátion "i" no cenário}}{\Phi_{AC}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Recomenda-se adotar  $\Phi_{AA} = \Phi_{AC} = 50\%$  (v/v) com exceção de cenários em que, com o uso deste valor, se obtenha composições para a água de cátions ou ânions acima do limite de solubilidade dos sais, impossibilitando seu preparo. Nesse caso, o fornecedor pode alterar a proporção conforme necessário, devendo informar a proporção aplicada em cada ensaio.

As espécies dos ácidos orgânicos – formiato ( $\text{CHO}_2^-$ ); propionato ( $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2^-$ ); butirato ( $\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2^-$ ) e lactato ( $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$ ) – são convertidas em acetato ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ ). Por isso é necessário converter as concentrações destes ácidos orgânicos, presentes na composição do fluido aquoso, em concentração de acetato equivalente utilizando a equação (5).

$$C_{\text{Acetato}^*} = C_{\text{Acetato}} + \sum \left( \frac{C_{\text{Ácido orgânico "i"}}}{MM_{\text{Ácido orgânico "i}}} \times MM_{\text{Acetato}} \right) \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

$C_{\text{Acetato}^*}$  é a concentração (mg/L) de acetato equivalente após a conversão das demais espécies "i";

$C_{\text{Acetato}}$  é a concentração (mg/L) de acetato informada na salmoura do cenário;

$C_{\text{Ácido orgânico "i"}}$  é a concentração (mg/L) do ácido orgânico "i" informada na salmoura do cenário;

$MM_{\text{Ácido orgânico "i"}}$  é a massa molar (g/mol) do ácido orgânico "i" (Tabela I);

$MM_{\text{Acetato}}$  é a massa molar (g/mol) do acetato (Tabela I).

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**Nº: **ET-3010.00-1260-010-PNG-108**REV. **B**CLIENTE: **E&P**FOLHA: **7 de 13**TÍTULO: **QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA  
USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO**

GPP-E&amp;P/EAEP/PMPQ/GIPQ

**PÚBLICO**

Tabela I – Massas molares dos ânions dos ácidos orgânicos.

ANALITO	MM (g/mol)
Acetato	59,04402
Formiato (CHO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	45,0169
Propionato (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	73,0705
Butirato (C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	87,0973
Lactato (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> O <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	89,0695

Todas as salmouras devem ser preparadas com água ultrapura (Tipo I ou II) e, posteriormente filtradas com membrana de acetato de celulose de 0,45 µm. O Anexo A - Memória de cálculo para auxiliar no preparo das salmouras (arquivo "Planilha preparo de salmouras sintéticas.xlsx") apresenta uma memória de cálculo para auxiliar no preparo das águas de cátions e de ânions, partindo-se da composição da água do cenário.

**Nota 1:** a ordem de dissolução dos sais na água de cátions deve ser: NaCl, KCl, BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, SrCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O. Para a água de ânions, deve-se adicionar primeiro o NaCl e os demais sais em qualquer ordem. Cada sal deve ser adicionado, aguardando-se a solubilização, quando então o próximo sal é adicionado, e assim por diante.

**Nota 2:** para preparo da água de cátions e de ânions, o NaCl deve ser pesado diretamente no bécher que será usado para o preparo de cada solução. Após esta pesagem, adicionar um volume de água tipo II (ou superior) de aproximadamente 40% do volume total de solução que será preparada (por exemplo, para 2 litros de água de cátions, adicionar 800mL de água tipo II (ou superior) à massa pesada de NaCl). O bécher com o NaCl deve ser colocado em placa de agitação magnética, juntamente com uma barra magnética, e levado à agitação leve para permitir a dissolução completa dos sais.

**Nota 3:** após adição de todos os sais no preparo de cada água de cátions e de ânions, adicionar água sem completar o volume total que será preparado. Agitar a solução até dissolução completa dos sais. Transferir a solução para balão volumétrico e avolumar conforme o volume de solução que está sendo preparado.


**Nota 4:** se a massa de algum sal estiver acima do seu limite de solubilidade, então  $\phi_{AC}$  e  $\phi_{AA}$  (item 4.3) devem ser ajustados.

#### 4.4. Ajuste do pH da fase aquosa (salmouras de teste)

O ajuste do pH deve ser feito conforme indicado nos itens abaixo, com as salmouras já previamente filtradas e momentos antes do início do ensaio.

##### 4.4.1. Água de cátions

O pH da água de cátions (item 4.3.2) não é ajustado e deve estar entre 5 e 8. Caso o pH da água de cátions não esteja nessa faixa, a água deve ser descartada e nova água deve ser preparada.

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>8 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ <b>PÚBLICO</b>	

#### 4.4.2. Água de ânions (sem sulfato)

O pH da água de ânions (item 4.3.1) pode ser ajustado de duas formas: pelo pH necessário para atingir um valor definido da mistura, ou pelo pH necessário da própria água de ânions (sem sulfato). Essa definição deve constar na ET do cenário, que poderá ou informar o pH alvo da água de ânions (sem sulfato), ou o pH alvo da mistura.

- (a) pH alvo é o da água de ânions (sem sulfato) → Caso o pH da água de ânions após a mistura dos sais esteja abaixo do pH alvo, deve-se descartar essa água e preparar uma nova água, convertendo o sal bicarbonato em NaOH conforme equação 6, total ou parcialmente. Caso o pH da água de ânions esteja acima do pH alvo deve-se borbulhar CO<sub>2</sub> até atingir o pH alvo. Considerar uma tolerância de ± 0,05 para essa medida de pH. Se após o borbulhamento de CO<sub>2</sub> o pH ficar abaixo do desejado, é possível elevar o pH com o borbulhamento de nitrogênio.
- (b) pH alvo é o da mistura as águas de cátions e de ânions (sem sulfato) → o pH da água de ânions deve ser ajustado de forma que, após a mistura com a água de cátions (item 4.3.2), se obtenha o valor de pH do cenário, com uma tolerância de ± 0,05. Caso o pH após essa mistura seja maior que o pH do cenário, o ajuste deve ser feito borbulhando CO<sub>2</sub> na solução. Caso o pH após essa mistura seja menor que o pH do cenário, deve-se descartar esta água e preparar uma nova, convertendo o sal bicarbonato, total ou parcialmente, em NaOH conforme equação (6) e, se necessário, borbulhar CO<sub>2</sub> na solução.

A conversão de bicarbonato em NaOH deve ser feita utilizando a equação (6).

$$[\text{NaOH}] = [\text{bicarbonato}] \times 0,66 \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

[NaOH] é a concentração de hidróxido de sódio, em mg/L;

[bicarbonato] é a concentração do íon bicarbonato, em mg/L.


- (c) Anotar o valor do pH da água de ânions (sem sulfato) após ajuste.

#### 4.5. Preparo da fase orgânica

A fase orgânica preparada neste ensaio contém um ácido graxo de cadeia longa (ácido palmítico), capaz de simular a atuação dos ácidos naftênicos na interface fase aquosa / fase orgânica. Esta fase orgânica é composta por uma mistura contendo ácido palmítico dissolvido em tolueno, petróleo bruto e parafina sintética (hidrocarbonetos C12-C15, n-alcanos, isoalcanos, cíclicos, < 2% aromáticos). A mistura é realizada da seguinte forma:

- (a) 20 % volume de solução a 10.000 mg/L de ácido palmítico em tolueno;
- (b) 2,0 % volume de petróleo bruto;
- (c) 78 % volume de parafina sintética, necessários para avolumar a mistura.



 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>9 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
		<b>PÚBLICO</b>	

A fase orgânica deve ser condicionada em frasco separado das fases aquosas aniônica e catiônica, e mantida na temperatura de ensaio, até o momento da mistura com a fase aquosa. Deve-se fazer a mistura das fases aquosas (cátions e ânions) e, posteriormente adicionar a fase orgânica. A mistura total (fase orgânica + fase aquosa) deve ser agitada de forma contínua por 2 minutos com auxílio de um agitador tipo vórtex (3.000 rpm).

É necessário realizar um ensaio na presença de uma dosagem de inibidor de naftenatos definida pelo fornecedor, que deverá ser adicionada na fase orgânica, e outro teste sem dosagem de inibidor de naftenatos (branco).

O Petróleo bruto será disponibilizado pela Petrobras, conforme cenário da oportunidade, para a realização dos ensaios.

#### 4.6. Teste de eficiência estática em sistema bifásico

Neste ensaio é avaliado o desempenho do inibidor de naftenatos pela mistura entre a fase orgânica e a fase aquosa em temperatura ambiente. A fase orgânica, preparada conforme item 4.5, contém os ácidos naftênicos e nela será adicionado o inibidor de naftenatos. A fase aquosa, preparada conforme item 4.3, é constituída pelas águas de cátions e ânions, e nela será adicionado o inibidor de incrustação qualificado conforme ET-3010-00-1260-010-PNG-052.

Definem-se as frações volumétricas do sistema bifásico das fases aquosa (água de ânions + água de cátions) e orgânica na mistura,  $(\phi_{AA} + \phi_{AC})$  e  $\phi_O$ , respectivamente, com as equações (7), (8) e (9).

$$\phi_{AA} = \frac{V_{AA}}{(V_{AA} + V_{AC} + V_O)} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\phi_{AC} = \frac{V_{AC}}{(V_{AA} + V_{AC} + V_O)} \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\phi_O = \frac{V_O}{(V_{AA} + V_{AC} + V_O)} \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

$\phi_{AA}$  é a fração volumétrica da água de ânions;

$\phi_{AC}$  é a fração volumétrica da água de cátions;


$\phi_O$  é a fração volumétrica da fase orgânica;

$V_{AA}$  é o volume da água de ânions;

$V_{AC}$  é o volume da água de cátions;

$V_O$  é o volume da fase orgânica.

Recomenda-se adotar  $(\phi_{AA} + \phi_{AC}) = \phi_O = 50\%$  (v/v) com exceção de cenários em que, com o uso deste valor, se obtenha composições para a água de cátions ou ânions acima do limite de solubilidade dos sais, impossibilitando seu preparo. Nesse caso, o fornecedor pode alterar a proporção conforme necessário,

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>10 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ <b>PÚBLICO</b>	

devendo informar a proporção aplicada em cada ensaio. No entanto deve manter a proporção de 50% (v/v) = fase aquosa = fase orgânica.

Todos os ensaios devem conter uma dosagem do inibidor de incrustação, devidamente qualificado conforme ET-3010-00-1260-010-PNG-052, que seja suficiente para inibir totalmente a precipitação de carbonato de cálcio na fase aquosa, sendo o produto previamente adicionado na água de ânions antes da mistura. Portanto, o ensaio “branco” (sem o inibidor de naftenatos) deve conter o inibidor de incrustação adicionado na fase aquosa.

Todos os ensaios devem ser realizados em triplicata, na temperatura ambiente e utilizando tubos graduados.

Registros fotográficos devem ser realizados após 0,5 h, 1,5 h, 3 h e 24 h, e submetidos a análise visual da presença ou ausência de emulsão e/ou depósitos na interface água / óleo. A eficiência do inibidor de naftenatos deve ser avaliada visualmente por comparação da interface com o ensaio branco.

O inibidor de naftenatos será considerado aprovado em desempenho no teste de eficiência estática quando a observação visual apresentar ausência de formação de emulsão e/ou deposição na interface, ou que a mesma seja menor ou igual do que 0,5 mL de espessura após 24 h de ensaio.

## 5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Deve ser apresentado relatório de testes do produto conforme instruções do item 3 (Requisitos iniciais) e do item 4 (Requisitos de qualificação do inibidor de naftenatos).

### 5.1. Apresentação dos resultados de compatibilidade entre os inibidores

Os resultados dos testes de compatibilidade entre os inibidores de naftenatos e de incrustação devem ser apresentados na forma de registro fotográfico, conforme exemplo na Figura 1.

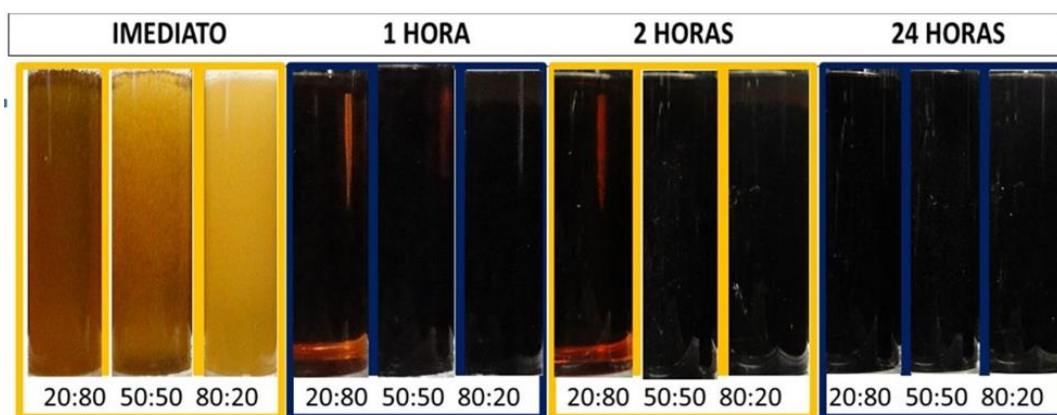


Figura 1 – Exemplo de apresentação, através de registro fotográfico, dos resultados de compatibilidade entre os inibidores de naftenatos e de incrustação, que serão utilizados no cenário de dosagem do produto em superfície: “Compatibilidade entre o inibidor de naftenatos [inserir o nome comercial do inibidor de naftenatos] e o inibidor de incrustação [inserir o nome comercial do inibidor de incrustação] para o cenário [inserir o nome do cenário] a [inserir a temperatura de teste em °C].

Na Figura 2 pode-se observar um exemplo de ensaios compatível e incompatível após 24 horas de contato:

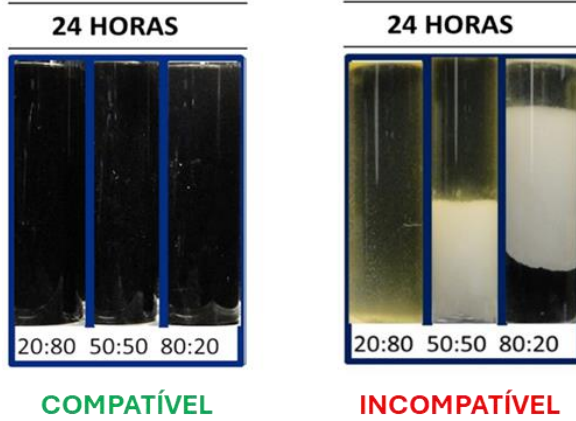


Figura 2 - Exemplos de ensaio de compatibilidade compatível e incompatível entre os inibidores de incrustação e naftenatos.

## 5.2. Apresentação dos resultados de eficiência estática

Deve ser apresentado um registro fotográfico da eficiência do inibidor de naftenatos em relação à sua dosagem, em mg/L, nos tempos de 0,5 h, 1,5 h, 3 h e 24 h. Todos os ensaios devem ser realizados em triplicatas, que devem estar registradas nos resultados, conforme exemplo da Figura 3.

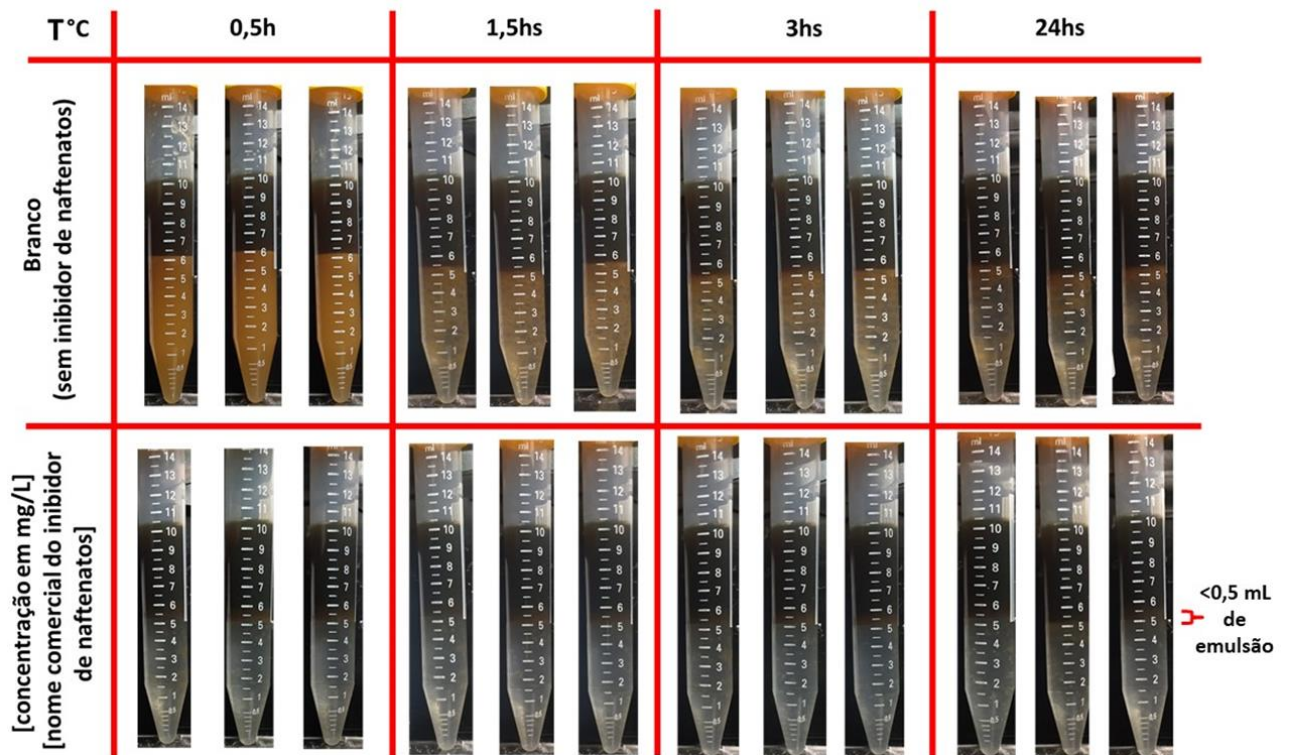



Figura 3 - Exemplo de apresentação, através do registro fotográfico, dos resultados do teste estático de inibição: "Eficiência estática de inibição do inibidor de naftenatos [inserir nome comercial do produto] para o cenário [inserir o nome do cenário], na dosagem de [inserir a dosagem do produto em mg/L] a [inserir a temperatura de teste em °C], empregando o inibidor de incrustação [inserir nome comercial do produto] na dosagem de [inserir a dosagem do produto em mg/L]".

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>12 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			<b>PÚBLICO</b>

Na Figura 4 pode-se observar exemplos de produtos aprovados e reprovados em ensaios de eficiência estática para naftenatos após 24 h de contato:

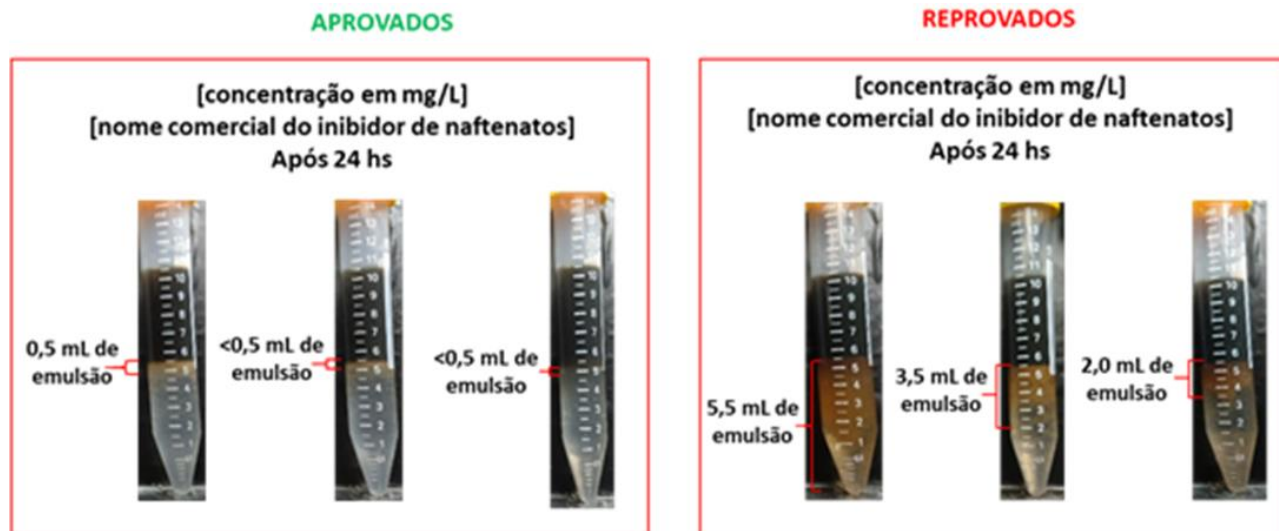



Figura 4 - Exemplos de aprovação e reprovação de produtos para ensaios de eficiência estática de inibidores de naftenatos.

## 6. CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

O inibidor de naftenatos será considerado aprovado para uso em campo se atender os critérios de aceitação a seguir:

- Teste de compatibilidade do inibidor de naftenatos com o inibidor de incrustação (item 4.2):  
Teste somente em caráter informativo, na temperatura do cenário e na temperatura ambiente, e apresentação dos resultados conforme item 5.1.
- Teste de eficiência estática em sistema bifásico na temperatura ambiente (item 4.6):  
O inibidor de naftenatos será considerado aprovado quando a observação visual apresentar ausência de formação de emulsão e/ou deposição na interface, ou que a mesma seja menor ou igual do que 0,5 mL de espessura após 24 h de ensaio. Os resultados devem ser apresentados de acordo com o item 5.2.

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-108</b>	REV. <b>B</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>13 de 13</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE INIBIDORES DE NAFTENATOS PARA USO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			<b>PÚBLICO</b>

## ANEXO A - MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA AUXILIAR NO PREPARO DAS SALMOURAS

O arquivo eletrônico "Anexo A - Planilha preparo de salmouras sintéticas.xlsx" possui uma memória de cálculo para auxiliar no preparo das salmouras de cátions e ânions, partindo-se da composição da água do cenário como ilustrado na Figura A.1.

O arquivo da planilha de cálculo pode ser encontrado na aba "Anexo" desta especificação técnica (ET-3010.00-1260-010-PNG-0108-B.pdf) e acessado por qualquer *software* de arquivos no formato PDF.

### Instruções de uso:

Preencher os campos editáveis da tabela "Salmoura completa" com a concentração de cada componente da água do cenário. Na célula A13, selecionar "Bicarbonato", caso a concentração deste componente seja informada; selecionar "Alcalinidade total" apenas quando a concentração de bicarbonato não for informada.

Na célula E9, selecionar o sal de brometo disponível para o preparo (NaBr ou KBr).

O campo volume pode ser editado de acordo com a quantidade de água que se deseja preparar.

As frações volumétricas, em geral igual a 0,5, podem ser alteradas se necessário, desde que respeitada a relação  $\phi_C + \phi_A = 1$ .

Alterar, entre 0 e 100, a célula I4, para substituição do bicarbonato de sódio por NaOH, caso necessário. Onde 0 não há substituição e 100 todo o bicarbonato de sódio é substituído.

Salmoura completa		Água de Ânions			
Constituintes, mg/L		Fração volumétrica cátions ( $\phi_C$ )	0,5	Volume a ser preparado (L)	1
Sódio	0	<b>Analito</b>	<b>Sal</b>	<b>Massa a ser pesada, g</b>	
Potássio	0	Sulfato	Na2SO4	0,0000	% de NaOH
Magnésio	0	Bicarbonato	NaHCO3	0,0000	0
Cálcio	0	Sódio	NaCl	0,0000	
Bário	0	Acetato	NaCH3COO	0,0000	
Estrôncio	0	Brometo	NaBr	0,0000	
Cloreto	0	pH a 21°C			
Brometo	0				
Sulfato	0	<b>Água de Cátions</b>			
Bicarbonato	0	Fração volumétrica ânions ( $\phi_A$ )	0,5	Volume a ser preparado (L)	1
Acetato	0	<b>Analito</b>	<b>Sal</b>	<b>Massa a ser pesada, g</b>	
Formiato	0	Sódio	NaCl	0,0000	
Propionato	0	Potássio	KCl	0,0000	
Butirato	0	Cálcio	CaCl2.2H2O	0,0000	
Lactato	0	Magnésio	MgCl2.6H2O	0,0000	
Bicarbonato	0	Bário	BaCl2.2H2O	0,0000	
pH a 21°C		Estrôncio	SrCl2.6H2O	0,0000	
Salinidade (NaCl)	0	pH a 21°C			
Campos editáveis		<b>Água de Ânions (s/ ânions ppt)</b>			
Valor experimental		Fração volumétrica ânions ( $\phi_A$ )	0,5	Volume a ser preparado (L)	1
		<b>Analito</b>	<b>Sal</b>	<b>Massa a ser pesada, g</b>	
		Sódio	NaCl	0,0000	
		Acetato	NaCH3COO	0,0000	
		Brometo	NaBr	0,0000	
		pH a 21°C			
Data de impressão					
24/08/2023					

Figura A.1 – Esquema da planilha de memória de cálculo para auxiliar no preparo das salmouras de cátions e ânions, partindo-se da composição da água do cenário.