

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>			
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>			FOLHA: <b>1 de 9</b>		
	PROGRAMA: -					
	ÁREA: -					
TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>			GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ			
			<b>PÚBLICO</b>			
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>						
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>					
0	Revisão Original					
A	Inclusão da análise do fluido aquoso no item 1.2.					
B	Revisão geral do texto, sem alteração de requisitos de aprovação, com melhorias na descrição do procedimento de qualificação.					
C	Revisão no item 4.2 (Ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água) com a eliminação do preparo das soluções contendo somente Biocida (400 mg/L e 1.600 mg/L) da Tabela III e melhoria no texto do critério de aprovação.					
D	Revisão da Tabela I, substituindo o parâmetro bicarbonato por alcalinidade. Revisão das concentrações dos constituintes das soluções da Tabela II. Melhorias no texto do item 4.2 (Ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água) e alteração das concentrações dos produtos químicos nas soluções da Tabela III. Melhorias no texto do item 4.3 (Ensaio de eficiência estática de inibição da incrustação) e inclusão do Anexo A - "Cálculo da Eficiência Estática.xlsx" para auxílio na execução das atividades deste item.					
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E
DATA	31/07/2019	04/12/2019	17/02/2023	26/06/2024	01/08/2024	
EXECUÇÃO	Jussara de Mello	B97J	B97J	B97J	B97J	
VERIFICAÇÃO	Mariana Figueiredo	EK6A	BE3W	BE3W, M300	BG1Y, BE3T, M300	
APROVAÇÃO	Débora Gemelli	CJCL	CJCL	EK6A	EK6A	
DE ACORDO COM A DI-1PBR-00337, AS INFORMAÇÕES DESTE 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-042</b>	REV. <b>D</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>2 de 9</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			<b>PÚBLICO</b>

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Referências normativas.....	3
3. Requisitos iniciais .....	3
4. Metodologia.....	4
4.1. Preparo das soluções aquosas de teste .....	5
4.2. Ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água.....	5
4.3. Ensaio de eficiência estática de inibição da incrustação .....	6
5. Apresentação dos resultados .....	7
5.1. Compatibilidade química entre os produtos e água .....	7
5.2. Eficiência estática de inibição da incrustação.....	8
6. Critério de aprovação .....	9

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>D</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>3 de 9</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPIQ <b>PÚBLICO</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento define os requisitos de qualificação de **INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO** e **BIOCIDA DE CHOQUE** para aplicação nas Unidades de Remoção de Sulfato (URS) da água do mar para injeção em reservatórios em unidades de produção *offshore*.

## 2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

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*;
- ASTM D1976: *Standard Test Method for Elements in Water by Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy*;
- ASTM D4691: *Standard Practice for Measuring Elements in Water by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry*;
- ASTM D7315: *Standard Test Method for Determination of Turbidity Above 1 Turbidity Unit (TU) in Static Mode*;
- ET-3010.00-1260-010-PNG-006: Biocida para Unidades de Remoção de Sulfato à base de DBNPA.


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 o inibidor de incrustação e o biocida de choque para URS de acordo com a metodologia descrita nessa especificação técnica. 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 inibidor de incrustação e do biocida de choque para URS avaliados.

Caso haja necessidade de entrega de amostra do inibidor de incrustação e do biocida do tipo DBNPA (ET-3010.00-1260-010-PNG-006) para realização de testes pela PETROBRAS, conforme oportunidade, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>D</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>4 de 9</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPO <b>PÚBLICO</b>	

- Entregar 500 mL (divididos em dois frascos de 250 mL) de amostra, de cada produto, 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;
- De acordo com a NR-26, a rotulagem de produto químico deve seguir a norma ABNT NBR 14725;
- 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, as amostras serão verificadas 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. METODOLOGIA

A avaliação dos produtos químicos se baseia nas características físico-químicas da água do mar na superfície da membrana (Tabela I) das URS, considerando as condições da nanofiltração.

Tabela I - Características físico-químicas da água na superfície da membrana das URS.

Parâmetro	Valor na superfície da membrana	Unidade
Sódio (Na <sup>+</sup> )	11.000	mg/L
Potássio (K <sup>+</sup> )	486	mg/L
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	4.266	mg/L
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	23.261	mg/L
Estrôncio (Sr <sup>2+</sup> )	95	mg/L
Cloreto (Cl <sup>-</sup> )	18.766	mg/L
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	28.474	mg/L
Alcalinidade	1.000	mg/L
pH	8,0	-
Temperatura	25	°C

Para realização dos ensaios de qualificação (compatibilidade química e eficiência estática), soluções sintéticas são preparadas de tal forma que, quando misturadas na mesma proporção volumétrica, gerem a composição iônica e pH apresentados na Tabela I.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>D</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>			FOLHA: <b>5 de 9</b>
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>			GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPIQ
				<b>PÚBLICO</b>

#### 4.1. Preparo das soluções aquosas de teste

Preparar as soluções aquosas A, B e C, descritas na Tabela II, com água ultrapura (Tipo I ou II) e, posteriormente, filtradas com membrana de acetato de celulose (ou nitrato de celulose) de 0,45 µm.

Tabela II - Soluções utilizadas nos ensaios de compatibilidade química e eficiência estática.

Constituintes	Solução Aquosa A [g/L]	Solução Aquosa B [g/L]	Solução Aquosa C [g/L]
NaCl	27,9634	27,9634	27,9634
KCl	0,9267	1,8534	-
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	194,5700	389,1400	-
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	15,6486	31,2972	-
SrCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,2861	0,5781	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	84,2053
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	-	0,2006
NaHCO <sub>3</sub>	-	-	1,6105

No preparo da solução aquosa C, as massas de bicarbonato e carbonato de sódio devem ser adicionadas no momento do preparo do ensaio. O pH desta solução deve ser igual a 10,0 ± 0,2.

#### 4.2. Ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água

- Medir o pH da solução aquosa A (Tabela II) seguindo a norma ABNT NBR 7353 ou ASTM D1293 ou ASTM E70. O valor de pH da solução deve ser de 8,0 ± 0,2. Caso o pH desta solução não seja esse valor, pode-se ajustar com solução de NaOH a 10 % massa ou solução de HCl a 10 % volume.
- Preparar 4 (quatro) frascos contendo a solução aquosa A da Tabela II em cada um.
- O ensaio deve ser feito a 25 °C e, caso haja necessidade de condicionamento, manter os frascos em estufa a 25 °C, por uma hora.
- Adicionar aos frascos contendo a solução aquosa A do item 4.2 b) o inibidor de incrustação e o biocida, de modo que as concentrações finais dos produtos sejam iguais à A1, A2, A3 e A4, respectivamente, conforme descritas na Tabela III, e que o volume final seja de 100 mL.

Tabela III - Concentrações dos produtos químicos dosados na solução aquosa A (Tabela II) para o ensaio de compatibilidade química.

Produto químico	Concentração (mg/L)			
	A1	A2	A3	A4
Inibidor de incrustação	5	25	5	25
Biocida	0	0	200	800

- Misturar 100 mL da solução aquosa A do item 4.2 (b) (devidamente condicionada) aos frascos contendo os inibidores de incrustação e biocida nas concentrações A1, A2, A3 e A4, iniciando a medição do tempo de ensaio.
- Fotografar o aspecto de cada frasco no início do acondicionamento e após 0,5 h; 1 h; 2 h; 3 h; 4 h; 5 h e 6 h de ensaio.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>D</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>			FOLHA: <b>6 de 9</b>
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>			GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPO
				<b>PÚBLICO</b>

Serão considerados aprovados no teste de compatibilidade química, os produtos que não apresentarem visualmente borras, precipitados, sobrenadantes e turvação, em 0,5 h, 1 h e 2 h de ensaio, para as soluções A3 e A4.

#### 4.3. Ensaio de eficiência estática de inibição da incrustação

- Preparar uma solução inibidora de concentração 0,1 g/L com o inibidor de incrustação a ser avaliado. A solução inibidora será usada para diluir as alíquotas coletadas durante o ensaio e, assim preservá-las, para posterior análise da quantidade de cálcio remanescente nas soluções do ensaio de eficiência estática.
- Partindo da solução aquosa C da Tabela II, preparar 7 (sete) frascos com soluções contendo as dosagens do inibidor de incrustação e do biocida, nas concentrações C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 descritas na Tabela IV.

Tabela IV - Concentrações dos produtos químicos dosados na solução aquosa C (Tabela II), para o ensaio de eficiência estática.

Produto químico	Concentração (mg/L)						
	C1 (branco)	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Inibidor de incrustação	0	10	20	30	10	20	30
Biocida	0	0	0	0	1.600	1.600	1.600


**Nota 1:** as concentrações de inibidor de incrustação e biocida da Tabela IV estão dobradas, pois cada solução C será misturada com igual volume da solução B. A concentração final de produto na mistura B + C será a metade do valor descrito na Tabela IV, que é a concentração de interesse no ensaio de eficiência.

**Nota 2:** os ensaios devem ser feitos, no mínimo, em quadruplicata.

- O ensaio deve ser feito a 25 °C e, caso haja necessidade de condicionamento, manter os frascos em estufa a 25 °C, por uma hora.
- Misturar, manualmente, volumes iguais da solução aquosa B com cada uma das 7 (sete) soluções da Tabela IV, agitando vigorosamente para completa homogeneização da solução. Iniciar a medição do tempo de ensaio.
- Coletar uma alíquota da mistura com a solução C1 (branco) imediatamente após o preparo, filtrar em unidade filtrante descartável (tipo Millex) de 0,45 µm. Repetir o mesmo procedimento para todas as replicatas.
- Diluir a alíquota, imediatamente, em solução inibidora 0,1 g/L, a fim de preservá-la, e medir o teor de cálcio na solução diluída seguindo a Norma ASTM D1976 ou ASTM D4691.
- Coletar alíquotas das misturas preparadas com as soluções C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 após 20 min, 40 min e 1 h de ensaio, filtrar em unidade filtrante descartável (tipo Millex) de 0,45 µm. Repetir o mesmo procedimento para todas as replicatas.

**Nota 3:** De forma manual, agite levemente a solução antes da retirada das alíquotas.

- Diluir as alíquotas, imediatamente, em solução inibidora 0,1 g/L, a fim de preservá-las, e medir o teor de cálcio nas soluções diluídas seguindo a Norma ASTM D1976 ou ASTM D4691.

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>D</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>7 de 9</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPIQ <b>PÚBLICO</b>	

Calcular a eficiência estática (EE) do inibidor de incrustação seguindo a equação (1).

$$EE (\%) = \frac{([Ca^{2+}]_m - [Ca^{2+}]_{br})}{([Ca^{2+}]_{orig} - [Ca^{2+}]_{br})} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$[Ca^{2+}]_m$  é a concentração de cálcio da mistura, no momento da retirada da alíquota;

$[Ca^{2+}]_{br}$  é a concentração de cálcio na mistura com a solução C1 (branco - ensaio na ausência de produtos químicos), no momento da retirada da alíquota;

$[Ca^{2+}]_{orig}$  é a concentração de cálcio na mistura com a solução C1 (branco - ensaio na ausência de produtos químicos) imediatamente após o preparo da solução (tempo zero do ensaio).

**Nota 4:** Os cálculos para a eficiência podem ser realizados com auxílio da pasta de trabalho do Excel, Anexo A - "Cálculo da Eficiência Estática.xlsx", em anexo nesta Especificação Técnica.

Serão considerados aprovados no teste de eficiência estática de inibição da incrustação, os produtos que obtiverem eficiência de inibição superior ou igual a 80 %, em 20 minutos de ensaio, para as misturas:

- Solução B com solução C2;
- Solução B com solução C5.

## 5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Compatibilidade química entre os produtos e água

Devem ser apresentados os registros fotográficos, conforme o exemplo da Figura 1, do ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água, em todas as condições e intervalos de tempo especificados.

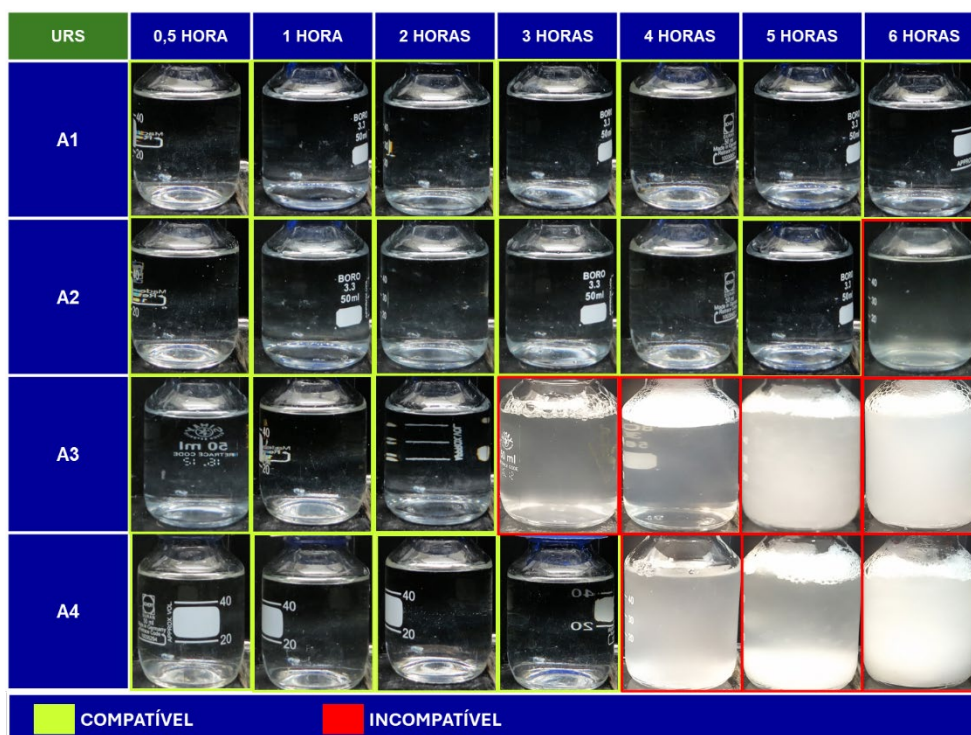


Figura 1 - Registro visual da solução em ensaio de compatibilidade estática do inibidor de incrustação [inserir nome comercial do inibidor de incrustação], na presença e na ausência do biocida [inserir o nome comercial do biocida], a 25 °C.

## 5.2. Eficiência estática de inibição da incrustação

Deve ser apresentado um gráfico de barras, conforme o exemplo da Figura 2, onde são mostrados os resultados de eficiência estática calculado nos testes com inibidor de incrustação, tanto na presença quanto na ausência de biocida.

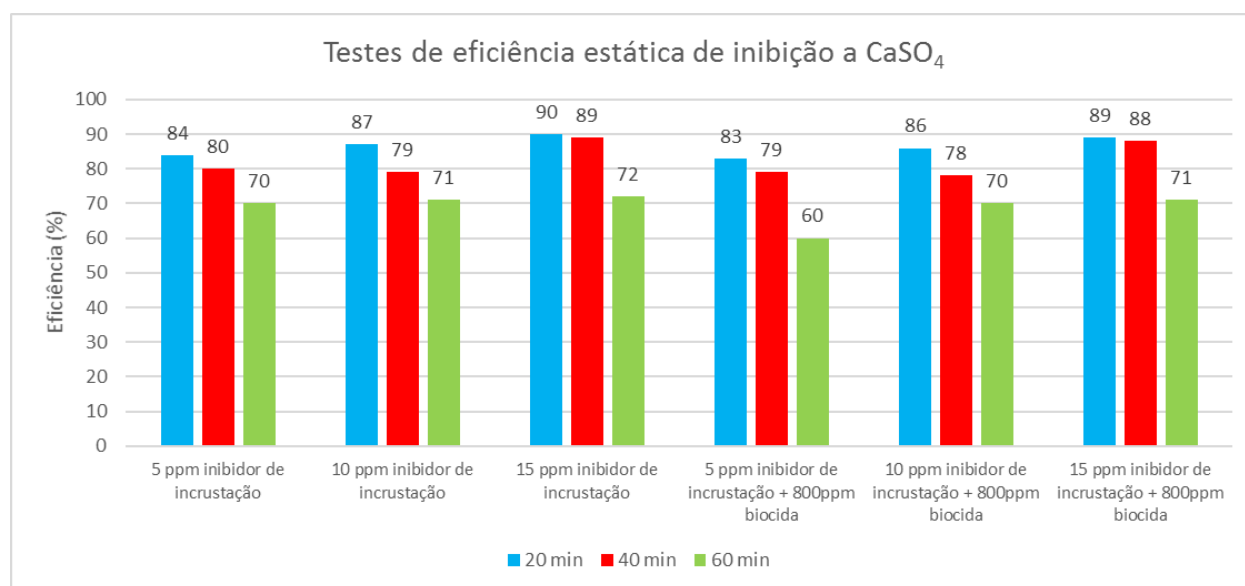



Figura 2 - Eficiência estática de inibição a CaSO<sub>4</sub> do inibidor de incrustação [inserir nome comercial do inibidor de incrustação], na presença e na ausência de 800 mg/L do biocida [inserir o nome comercial do biocida], a 25 °C.



 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>D</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>9 de 9</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPO <b>PÚBLICO</b>	

## 6. CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

O inibidor de incrustação e o biocida de choque, serão considerados aprovados para aplicação nas Unidades de Remoção de Sulfato (URS) se atenderem os critérios de aceitação a seguir:

- Teste de compatibilidade química de incrustação (item 4.2):

Serão considerados aprovados os produtos que não apresentarem visualmente borras, precipitados, sobrenadantes e turvação, em 0,5 h, 1 h e 2 h de ensaio, para as misturas A3 e A4:

As demais condições da Tabela III, após 0,5 h; 1 h; 2 h; 3 h; 4 h; 5 h e 6 h de ensaio, são de realização obrigatória, porém o resultado é somente em caráter informativo. Os resultados devem ser apresentados de acordo com o item 5.1.

- Teste de eficiência estática de inibição da incrustação (item 4.3):

Serão considerados aprovados os produtos que obtiverem eficiência de inibição superior ou igual a 80 %, em 20 minutos de ensaio, para as misturas:

- Solução B com solução C2;
- Solução B com solução C5.

As demais condições da Tabela IV, após 20 min, 40 min e 1 h de ensaio, são de realização obrigatória, porém o resultado é somente em caráter informativo. Os resultados devem ser apresentados de acordo com o item 5.2.