

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-086			
	CLIENTE: E&P			FOLHA: 1 de 14		
	PROGRAMA: -					
	ÁREA: -					
TÍTULO: AVALIAÇÃO EM MEIO POROSO DA APLICAÇÃO DE INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO EM RESERVATÓRIOS		GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ				
		PÚBLICO				
ÍNDICE DE REVISÕES						
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS					
0	Revisão Original.					
A	Inclusão da nota no item 3.1 c).					
B	Inclusão dos itens 4.4 ao 4.14, criação do capítulo apresentação dos resultados (item 5) e revisão do texto do critério de aprovação (item 6).					
C	Revisão para melhorias textuais nos itens 4.2 e 4.3, além da inclusão de requisitos suplementares para produto inibidor e removedor de incrustação.					
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E
DATA	25/02/2021	05/04/2021	12/07/2024	30/08/2024		
EXECUÇÃO	B97J	B97J	BHP8, B97J	BHP8, CXZW		
VERIFICAÇÃO	EK6A	BHP8	CXZW, UP9Y, BECK, BE3W	CXZX, BECK, BE3W, M300		
APROVAÇÃO	CJCL	CJCL	EK6A	EK6A		
DE ACORDO COM A DI-1PBR-00337, AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.						
FORMULÁRIO PADRONIZADO PELA NORMA PETROBRAS N-381-REV.M.						

**SUMÁRIO**

1. Introdução.....	3
2. Referências normativas.....	3
3. Requisitos iniciais	3
4. Requisitos para qualificação do inibidor em meio poroso	4
4.1. Seleção de amostras de meio poroso	4
4.2. Preparação dos fluidos	4
4.3. Determinação da permeabilidade.....	5
4.4. Condicionamento da amostra de meio poroso na célula de confinamento.....	5
4.5. Determinação do volume poroso.....	6
4.6. Saturação de amostras de meio poroso com salmoura	6
4.7. Início do escoamento e permeabilidade inicial à salmoura.....	6
4.8. Permeabilidade inicial à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível.....	7
4.9. Permeabilidade inicial à salmoura na saturação de óleo residual.....	7
4.10. Injeção da solução de inibidor de incrustação na amostra	8
4.11. Produção do inibidor de incrustação da amostra e permeabilidade final à salmoura na saturação de óleo residual	8
4.12. Permeabilidade final à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível	8
4.13. Determinação do residual de inibidor nas amostras do efluente	9
4.14. Demonstração do perfil mínimo de adsorção à rocha do inibidor de incrustação.....	9
5. Apresentação dos resultados	9
5.1. Dados da amostra de meio poroso, dos fluidos e parâmetros de escoamento.....	9
5.2. Permeabilidades.....	10
5.3. Determinação do residual de inibidor nas amostras do efluente	11
6. Critério de aprovação.....	13
Anexo A - Memória de cálculo para auxiliar no preparo das salmouras.....	14



1. INTRODUÇÃO

Este documento define os requisitos de qualificação de INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO para aplicação em reservatórios de petróleo em operações de *squeeze*.

Os critérios abordados incluem compatibilidade com a amostra de meio poroso e um perfil mínimo de retenção/liberação.

Essa avaliação é uma atribuição exclusiva da PETROBRAS, sendo aceito apenas o laudo autorizado pela PETROBRAS para a verificação do cumprimento dos requisitos estabelecidos.

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 D1193: *Standard Specification for Reagent Water*;
- ASTM D1293: *Standard Test Methods for pH of Water*;
- ASTM E70: *Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode*;
- NR-26: Sinalização de segurança.

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

3. REQUISITOS INICIAIS

O fornecedor deve entregar 1 L (divididos em dois frascos de 500 mL) de amostra em recipiente compatível com o fluido, íntegro, sem vazamentos, estufamento ou qualquer tipo de degradação, atendendo os seguintes requisitos:

- 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 definido na oportunidade 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 com Dados de Segurança (FDS), em conformidade com a norma ABNT NBR 14725.



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

A PETROBRAS deve preparar um laudo de análises com o inibidor de incrustação 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 produto avaliado.

4. REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO DO INIBIDOR EM MEIO POROSO

4.1. Seleção de amostras de meio poroso

Para essa análise devem ser selecionadas amostras de meio poroso do tipo plug, com 1,5 pol. de diâmetro e representativas dos reservatórios do cenário a ser avaliado. São recomendadas amostras com volume poroso maior que 5 cm³, sendo 4 cm³ o limite de tolerância. O comprimento das amostras não deve exceder 7 cm.

4.2. Preparação dos fluidos

A amostra será submetida a uma sequência de processos de saturação nos seguintes meios:

- Preparar uma salmoura tomando como base a composição da salmoura indicada, substituindo as concentrações de bicarbonato, sulfato e ácidos orgânicos por 0 mg/L. O Anexo A (arquivo "Planilha preparo de soluções aquosas.xlsx") apresenta uma memória de cálculo para auxiliar nesse preparo;
- Preparar uma mistura de óleos minerais (SOLBRAX, EMCA e NUJOL) com a viscosidade do óleo morto representativo do cenário. Posteriormente essa mistura deve ser filtrada com membrana de acetato de celulose de 0,8 µm;
- Preparar uma solução de inibidor de incrustação com fração de volume a 10 % contendo 20 g/L de KCl. No caso de um produto Inibidor e Removedor de Incrustação para *Squeeze*, conforme indicado na Especificação Técnica de cenário da oportunidade, adicionar à solução de inibidor de incrustação uma massa de cloreto de cálcio suficiente para atingir um valor de cálcio em solução igual à média dos teores de cálcio obtidos na análise de capacidade de dissolução de carbonato de cálcio conforme protocolo da ET-3010.00-1260-010-PNG-129. Em seguida, neutralizar essa solução até um pH de 4,0 ± 0,05 utilizando uma solução de hidróxido de sódio a 100 g/L.

Nota: Para os cenários de campos produtores do Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos, preparar uma solução inibidor de incrustação com fração de volume a 20 % contendo 20 g/L de KCl.

Todas as soluções aquosas devem ser preparadas com água ultrapura (Tipo I ou II) conforme ASTM D1193 e, posteriormente, filtradas com membrana de acetato de celulose de 0,45 µm. O pH da salmoura deve



ser ajustado utilizando soluções de HCl 10 % volume e NaOH 100 g/l, de forma a atingir o valor de pH indicado, com uma tolerância de $\pm 0,2$.

4.3. Determinação da permeabilidade

A permeabilidade (K) durante a injeção no meio poroso deve ser calculada utilizando a Lei de Darcy unidimensional descrita na Equação (1) a seguir:

$$K = \frac{311,9437 \times Q \times \mu \times L}{D^2 \times \Delta p} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

K = permeabilidade da amostra (mD);

Q = vazão do fluido (cm³/min);

μ = viscosidade do fluido (cP);

L = comprimento da amostra (cm);

D = diâmetro da amostra (cm);

ΔP = diferencial de pressão (psi).

4.4. Condicionamento da amostra de meio poroso na célula de confinamento

Nessa análise o escoamento pela amostra ocorre no interior de uma célula de confinamento e a amostra deve ser condicionada em seu interior conforme as seguintes etapas:

- (a) Garantir que a borracha da célula de confinamento (*holder*) esteja limpa, isenta de detritos e íntegra;
- (b) Purgar as linhas não estanques do sistema com o fluido;
- (c) Introduzir a amostra na camisa de borracha, posicionar os dois terminais de injeção (difusores) nas faces da amostra e fechar a célula;
- (d) Pressurizar o anular entre a camisa de borracha e o corpo da célula com água destilada até a pressão de confinamento definida. Verificar e sanar vazamentos;
- (e) Injetar o fluido no sistema, sem passar pela amostra, até a abertura da válvula de contrapressão e consequente estabilização da pressão. Verificar e sanar vazamentos;
- (f) Interromper a injeção, aguardar uma nova estabilização da pressão do sistema e zerar os transdutores de pressão;
- (g) Aquecer o sistema até a temperatura de reservatório do cenário, mantendo as pressões de confinamento e do sistema conforme estabelecidas anteriormente.

As linhas, conexões e válvulas que interagem com os fluidos injetados no sistema devem ser de material inerte e que suporte a contrapressão, normalmente de 1.000 psi. Uma liga considerada apropriada é a Hastelloy C-276.



4.5. Determinação do volume poroso

Seguem as etapas do procedimento para determinação do volume poroso:

- Condicionar a amostra em estufa a 60 °C e 45 % de umidade controlada até peso constante;
- Transferir a amostra para um recipiente isolado. Submetê-la a um baixo vácuo e aguardar que esfrie até a temperatura ambiente;
- Transferir a amostra para uma célula de confinamento e submetê-la à pressão de confinamento indicada por pelo menos uma hora. Determinar o volume poroso da amostra sob confinamento utilizando porosímetro a gás.

4.6. Saturação de amostras de meio poroso com salmoura

Seguem as etapas do procedimento de saturação de amostras de meio poroso:

- Pesar a amostra em balança semi-analítica (m_{seca}). Em seguida transferir para uma garrafa e submetê-la a vácuo da ordem de 0,1 mbar por pelo menos quatro horas;
- Preencher a garrafa com salmoura pela ação do vácuo e da gravidade. Em seguida pressurizar a garrafa com a salmoura até pelo menos 2.500 psi. Deixar o sistema em repouso por pelo menos 12 horas;
- Transferir a amostra para um recipiente e mantê-la submersa na salmoura;
- Secar levemente a amostra em papel absorvente e pesar (m_{sat}). Em seguida retornar a amostra para o recipiente.

A métrica para a qualidade da saturação é o índice de saturação (IS) que é calculado pela Equação (2):

$$IS = \frac{(m_{sat} - m_{seca}) / \rho_s}{V_p} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

ρ_s = massa específica da salmoura na temperatura ambiente

V_p = volume poroso da amostra de meio poroso

O ideal é que o índice de saturação fique próximo de 100 % \pm 5 %.

4.7. Início do escoamento e permeabilidade inicial à salmoura

O objetivo principal dessa etapa é iniciar a análise propriamente dita e atestar a integridade da amostra de modo a dar continuidade à análise. A etapa são as seguintes:

- Condicionar a amostra na célula de confinamento com salmoura;



- (b) Injetar salmoura a uma vazão constante no sistema, passando pela amostra, e acompanhar o diferencial de pressão indicado pelos transdutores de pressão. O sentido de escoamento escolhido será doravante denominado sentido normal;
- (c) Aguardar uma estabilização do diferencial de pressão por pelo menos dez volumes porosos, checar a vazão da bomba, e calcular a permeabilidade inicial à salmoura utilizando a Lei de Darcy unidimensional;
- (d) Interromper a injeção e aguardar o sistema resfriar até a temperatura ambiente. Retirar a amostra da célula, transferir para um recipiente e mantê-la submersa na salmoura.

4.8. Permeabilidade inicial à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível

O objetivo dessa etapa é obter uma referência de permeabilidade à mistura de óleos minerais. Seguem as etapas envolvidas:

- (a) Centrifugar a amostra, deslocando a salmoura com a mistura de óleos minerais, até a saturação de água irreduzível;
- (b) Condicionar a amostra na célula de confinamento com a mistura de óleos minerais;
- (c) Injetar a mistura de óleos a uma vazão constante no sistema, passando pela amostra no sentido normal, e acompanhar o diferencial de pressão indicado pelos transdutores de pressão;
- (d) Aguardar uma estabilização do diferencial de pressão por pelo menos dez volumes porosos, checar a vazão da bomba, e calcular a permeabilidade inicial à mistura de óleos minerais utilizando a Lei de Darcy unidimensional ($K_{\text{óleo}}-1$);
- (e) Interromper a injeção e aguardar o sistema resfriar até a temperatura ambiente. Retirar a amostra da célula, transferir para um recipiente e mantê-la submersa na mistura de óleos.

4.9. Permeabilidade inicial à salmoura na saturação de óleo residual

O objetivo dessa etapa é obter uma referência de permeabilidade à salmoura. Seguem as etapas envolvidas:

- (a) Centrifugar a amostra, deslocando a mistura de óleos minerais com a salmoura, até a saturação de óleo residual;
- (b) Condicionar a amostra na célula de confinamento com a salmoura;
- (c) Injetar a salmoura a uma vazão constante no sistema, passando pela amostra no sentido normal, e acompanhar o diferencial de pressão indicado pelos transdutores de pressão;
- (d) Aguardar uma estabilização do diferencial de pressão por pelo menos dez volumes porosos, checar a vazão da bomba, e calcular a permeabilidade inicial à salmoura utilizando a Lei de Darcy unidimensional ($K_{\text{salmoura}}-1$);
- (e) Interromper a injeção e manter a amostra condicionada na célula.



4.10. Injeção da solução de inibidor de incrustação na amostra

O objetivo dessa etapa é saturar a amostra com a solução de inibidor de incrustação preparada conforme o item 4.2(c) e obter o perfil de retenção de inibidor, requerendo os seguintes passos:

- (a) Injetar a solução de inibidor no sistema, sem passar pela amostra, de modo a posicionar a solução no difusor de saída da célula de confinamento (para o sentido normal);
- (b) Injetar a solução de inibidor a uma vazão constante no sistema, passando pela amostra no sentido reverso, até um volume total injetado de pelo menos seis volumes porosos. Coletar o efluente produzido durante essa etapa.
- (c) Interromper a injeção e manter a amostra condicionada na célula pelo período de fechamento especificado. Normalmente esse período é de 24 horas.

4.11. Produção do inibidor de incrustação da amostra e permeabilidade final à salmoura na saturação de óleo residual

O objetivo dessa etapa é purgar o inibidor da amostra, obter o perfil de liberação de inibidor e obter a permeabilidade à salmoura após a interação, requerendo os seguintes passos:

- (a) Purgar as linhas não estanques do sistema com a salmoura, sem passar pela amostra;
- (b) Injetar a salmoura a uma vazão constante no sistema, passando pela amostra no sentido normal, até um volume total injetado de cerca de 1.000 volumes porosos. Coletar o efluente produzido durante essa etapa.
- (c) A partir de uma estabilização do diferencial de pressão por pelo menos dez volumes porosos, checar a vazão da bomba, e calcular a permeabilidade final à salmoura utilizando a Lei de Darcy unidimensional ($K_{\text{salmoura}-2}$);
- (d) Interromper a injeção e aguardar o sistema resfriar até a temperatura ambiente. Retirar a amostra da célula, transferir para um recipiente e mantê-la submersa na salmoura.

4.12. Permeabilidade final à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível

O objetivo dessa etapa é obter a permeabilidade à mistura de óleos minerais após a interação com o inibidor. Seguem as etapas envolvidas:

- (a) Centrifugar a amostra, deslocando a salmoura com a mistura de óleos minerais, até a saturação de água irreduzível;
- (b) Condicionar a amostra na célula de confinamento com a mistura de óleos minerais;
- (c) Injetar a mistura de óleos a uma vazão constante no sistema, passando pela amostra no sentido normal, e acompanhar o diferencial de pressão indicado pelos transdutores de pressão;
- (d) Aguardar uma estabilização do diferencial de pressão por pelo menos dez volumes porosos, checar a vazão da bomba, e calcular a permeabilidade inicial à mistura de óleos minerais utilizando a Lei de Darcy unidimensional ($K_{\text{óleo}-2}$);



- (e) Interromper a injeção e aguardar o sistema resfriar até a temperatura ambiente. Retirar a amostra da célula, transferir para um recipiente e mantê-la submersa na mistura de óleos.

4.13. Determinação do residual de inibidor nas amostras do efluente

O objetivo dessa etapa é determinar o residual de inibidor de incrustação no efluente, um insumo fundamental para a transferência de escala. Seguem as etapas envolvidas:

- (a) Amostras de efluente deverão ser coletadas ao longo da análise e associadas ao volume poroso eluido correspondente. Atenção especial deve ser dada as coletas correspondentes ao volume poroso eluido associado ao critério de aprovação do produto caso estabelecido na Especificação Técnica de cenário e conforme indicado no item 4.14 desta Especificação Técnica.
- (b) As amostras do efluente devem ser acidificadas com HCl 10 % (pH \approx 3). Utilizar duas gotas para 10 mL de amostra;
- (c) Utilizar a técnica analítica apropriada conforme o item "4.5 Demonstração da viabilidade de determinação do residual do inibidor" da Especificação Técnica ET-3010.00-1260-010-PNG-064 para determinar o residual do inibidor de incrustação nas amostras do efluente.

4.14. Demonstração do perfil mínimo de adsorção à rocha do inibidor de incrustação

O objetivo dessa etapa é avaliar se o inibidor de incrustação apresenta um caráter mínimo de adsorção a rocha, ou seja, retenção e sua posterior liberação do meio poroso empregado. Deve-se realizar essa avaliação somente nos casos em que a Especificação Técnica de cenário estabeleça uma performance mínima de adsorção a rocha expressa em termos de um volume mínimo de efluente (volumes porosos), eluidos até atingir a concentração residual de inibidor equivalente a MIC recomendada pelo fornecedor. Seguem as etapas envolvidas:

- (a) Preparar uma tabela ou gráfico relacionando cada amostra coletada no item 4.11 com o número de volumes porosos de salmoura injetados até o momento da coleta e o residual de inibidor contido no volume coletado. Utilizar como referência para o volume poroso o valor obtido no item 4.5;
- (b) Utilizar interpolação linear para estabelecer o número de volumes porosos de salmoura necessários para se atingir a MIC indicada pelo fornecedor.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1. Dados da amostra de meio poroso, dos fluidos e parâmetros de escoamento

Devem ser apresentados no formato de tabela os seguintes dados sobre o meio poroso e as análises:

- Comprimento da amostra
- Diâmetro da amostra
- Volume poroso, determinado conforme item 4.5
- Índice de saturação calculado com a Equação (2)
- Pressão de confinamento
- Contrapressão e temperatura utilizados no escoamento

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**Nº: **ET-3010.00-1260-010-PNG-086**REV. **C**CLIENTE: **E&P**FOLHA: **10 de 14**TÍTULO: **AVALIAÇÃO EM MEIO POROSO DA APLICAÇÃO DE INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO EM RESERVATÓRIOS**

GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ

PÚBLICO

- Vazão empregada em cada tomada inicial/final de permeabilidade

A Tabela I demonstra o modelo que deve ser seguido para apresentação desses resultados:

Tabela I - Exemplo de apresentação, em forma de tabela, dos dados da amostra de meio poroso e dos parâmetros utilizados nas análises: "Dados da amostra e parâmetros da análise em meio poroso para o cenário [*inserir o código e o nome do cenário*]".

Dados da amostra e parâmetros da análise	Valor
Comprimento da amostra	6,81 cm
Diâmetro da amostra	3,82 cm
Volume poroso da amostra	14,26 cm ³
Índice de saturação	101 %
Pressão de confinamento	3.400 psi
Contrapressão	1.000 psi
Temperatura	62 °C
Vazão da mistura de óleos minerais	30 cm ³ /h
Vazão da salmoura	60 cm ³ /h

5.2. Permeabilidades

Devem ser apresentados no formato de tabela os dados brutos de diferencial de pressão e as permeabilidades calculadas utilizando a Equação (1) para cada uma das seguintes etapas:

- Permeabilidade inicial à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível (item 4.8)
- Permeabilidade inicial à salmoura na saturação de óleo residual (item 4.9)
- Permeabilidade final à salmoura na saturação de óleo residual (item 4.11)
- Permeabilidade final à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível (item 4.12)

A Tabela II demonstra o modelo que deve ser seguido para apresentação desses resultados:

Tabela II - Exemplo de apresentação, em forma de tabela, dos resultados de determinação da permeabilidade antes e depois do tratamento: "Permeabilidades antes e após a injeção do inibidor de incrustação [*inserir nome comercial do produto*] para o cenário [*inserir o código e o nome do cenário*]".

ITEM DA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	DIFERENCIAL DE PRESSÃO (ΔP) - psi	PERMEABILIDADE (K) - mD
4.8 Permeabilidade inicial à mistura de óleos minerais - K _{óleo-1}	5,01	86,38
4.9 Permeabilidade inicial à salmoura - K _{salmoura-1}	2,09	35,49
4.10 Injeção da solução de inibidor de incrustação	10 ou 20 % (nome do inibidor) + 2 % KCl	
4.11 Permeabilidade final à salmoura - K _{salmoura-2}	2,25	32,96
4.12 Permeabilidade final à mistura de óleos minerais - K _{óleo-2}	5,53	78,26

5.3. Determinação do residual de inibidor nas amostras do efluente

Devem ser apresentados no formato de tabela e/ou gráfico os perfis de retenção e liberação do inibidor na amostra de meio poroso, conforme o item 4.14(a). Nos casos em que a Especificação Técnica de cenário estabeleça uma performance mínima quanto à produção de inibidor, deverá ser incluído na tabela ou sinalizado na figura o número de volumes porosos de salmoura necessários para se atingir a MIC indicada pelo fornecedor, conforme item 4.14(b).

A Figura 1 e a Tabela III demonstram o modelo que deve ser seguido.

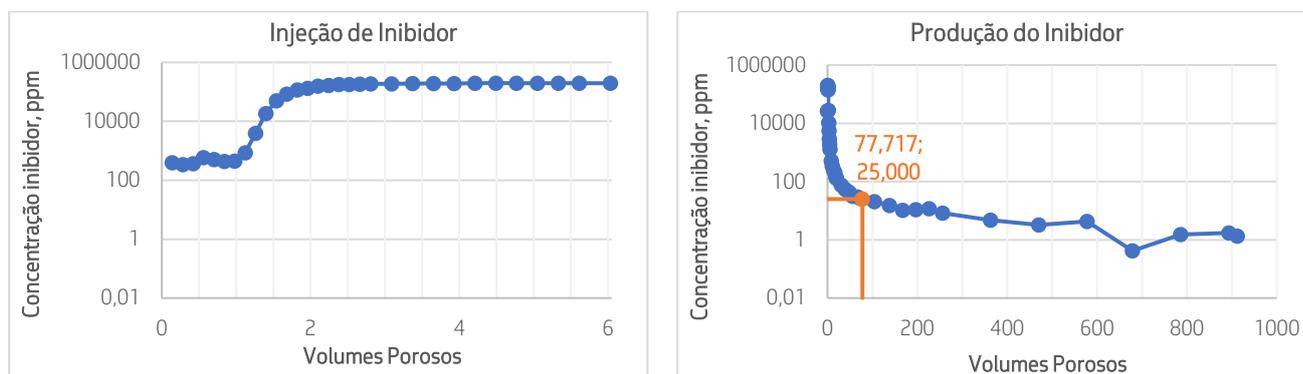


Figura 1- Exemplo de apresentação, em forma de gráfico, dos resultados de determinação do residual de inibidor de incrustação nas amostras do efluente: "Residual do inibidor de incrustação [inserir nome comercial do produto] para o cenário [inserir o código e o nome do cenário]".

Tabela III - Exemplo de apresentação, em forma de tabela, dos resultados de determinação do residual de inibidor de incrustação nas amostras do efluente: "Residual do inibidor de incrustação [inserir nome comercial do produto] para o cenário [inserir o código e o nome do cenário]".

INJEÇÃO DE INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO NA AMOSTRA DE MEIO POROSO	
Número de volumes porosos injetados	Concentração do inibidor, ppm
0,14	394,04
0,28	342,04
0,42	369,98
0,56	592,24
0,70	509,16
0,84	430,98
0,98	442,34
1,12	854,97
1,26	3871,48
1,40	18405,17
1,54	49723,73
1,68	83495,14
1,82	116337,19
1,96	132695,95
2,10	158985,05
2,24	164667,10
2,38	176213,41
2,52	178024,46
2,66	181794,46
2,81	187071,83

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**Nº: **ET-3010.00-1260-010-PNG-086**REV. **C**CLIENTE: **E&P**FOLHA: **12 de 14**TÍTULO: **AVALIAÇÃO EM MEIO POROSO DA APLICAÇÃO DE INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO EM RESERVATÓRIOS**

GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ

PÚBLICO

3,09	187863,63
3,37	190781,42
3,65	191296,28
3,93	193678,10
4,21	196065,40
4,49	198246,17
4,77	194149,15
5,05	195834,87
5,33	195930,08
5,61	195024,23
6,03	195958,91
PRODUÇÃO DE INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO A PARTIR DO ESTOQUE NO MEIO POROSO	
Número de volumes porosos produzidos	Concentração do inibidor, ppm
0,281	26287,01
0,421	151937,05
0,701	201552,20
0,842	201886,96
1,122	174795,11
1,262	141874,45
2,104	27942,44
2,805	10510,13
3,506	5535,62
4,348	2843,04
5,049	1855,35
5,750	1296,99
8,555	517,44
11,080	345,39
13,604	251,79
16,129	201,85
18,654	146,29
20,337	130,63
30,856	75,57
39,271	54,32
47,686	43,93
56,101	31,43
66,620	29,58
75,035	25,47
104,488	20,31
138,149	15,11
167,602	10,36
197,055	10,91
226,508	11,81
255,961	8,31
363,254	4,70
470,547	3,27
577,840	4,24
678,822	0,42
786,115	1,53
893,408	1,72
912,342	1,35

PÚBLICA

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**Nº: **ET-3010.00-1260-010-PNG-086**REV. **C**CLIENTE: **E&P**FOLHA: **13 de 14**TÍTULO: **AVALIAÇÃO EM MEIO POROSO DA APLICAÇÃO DE INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO EM RESERVATÓRIOS**

GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ

PÚBLICO**DEMONSTRAÇÃO DE PERFORMANCE MÍNIMA QUANTO À PRODUÇÃO DO INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO**

Número de volumes porosos produzidos	Concentração do inibidor
$75,035 + \frac{(104,488 - 75,035)}{(20,31 - 25,47)} \times (25 - 25,47) = 77,717$	25,00

6. CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

O inibidor de incrustação será considerado aprovado na avaliação em meio poroso se atender aos seguintes requisitos durante a análise de escoamento em meio poroso:

- A permeabilidade final à salmoura na saturação de óleo residual ($K_{\text{salmoura-2}}$, item 4.11) ser até 10 % menor que a permeabilidade inicial à salmoura na saturação de óleo residual ($K_{\text{salmoura-1}}$, item 4.9);
- A permeabilidade final à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível ($K_{\text{óleo-2}}$, item 4.12) ser até 10 % menor que a permeabilidade inicial à mistura de óleos minerais na saturação de água irreduzível ($K_{\text{óleo-1}}$, item 4.8);
- O valor calculado de número de volumes porosos necessários para que se atinja a dosagem máxima do cenário seja maior que o número mínimo de volumes porosos de salmoura para atingir essa dosagem (item 4.14), conforme estabelecido na Especificação Técnica de cenário.

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**Nº: **ET-3010.00-1260-010-PNG-086**REV. **C**CLIENTE: **E&P**FOLHA: **14 de 14**TÍTULO: **AVALIAÇÃO EM MEIO POROSO DA APLICAÇÃO DE INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO EM RESERVATÓRIOS**

GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ

PÚBLICO**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-086-B.pdf) e acessado por qualquer *software* de arquivos no formato PDF.

Fonte: PETROBRAS. Canal Fornecedor / Especificações técnicas / Produtos Químicos para *Upstream*, 2023. Disponível em: <<https://canalfornecedor.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/#especificacoes-tecnicas>>.

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.

Salmoura completa		Água Completa		
Constituintes, mg/L		Volume a ser preparado (L)		1
Sódio	0	Analito	Sal	Massa a ser pesada, g
Potássio	0	Sulfato	Na2SO4	0.0000
Magnésio	0	Bicarbonato	NaHCO3	0.0000
Cálcio	0	Sódio	NaCl	0.0000
Bário	0	Acetato	NaCH3COO	0.0000
Estrôncio	0	Brometo	NaBr	0.0000
Cloreto	0	Potássio	KCl	0.0000
Brometo	0	Cálcio	CaCl2.2H2O	0.0000
Sulfato	0	Magnésio	MgCl2.6H2O	0.0000
Bicarbonato	0	Bário	BaCl2.2H2O	0.0000
Acetato	0	Estrôncio	SrCl2.6H2O	0.0000
Formiato	0	pH a 21°C		
Propionato	0			
Butirato	0			
Lactato	0			
Bicarbonato	0			
pH a 21°C				
Salinidade (NaCl)	0			

Campos editáveis

Valor experimental

Data de impressão
08/07/2024

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.