 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119			
	CLIENTE: E&P			FOLHA: 1 de 17		
	PROGRAMA: -					
	ÁREA: -					
TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA		GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPO				
		PÚBLICO				
ÍNDICE DE REVISÕES						
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS					
0	Revisão Original					
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E
DATA	28/05/2024					
EXECUÇÃO	BA8P, BA8L, UT5A					
VERIFICAÇÃO	BE3W					
APROVAÇÃO	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.						

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 2 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			PÚBLICO

SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Documentos de referência	3
3. Requisitos iniciais	3
4. Requisitos para qualificação de produtos para floculação avançada	4
4.1. Materiais.....	5
4.2. Testes preliminares com água oleosa sintética	5
4.2.1. Preparo da solução do pré-floculante de referência.....	7
4.2.2. Preparo do floculante de referência	7
4.2.3. Preparo da salmoura sintética.....	8
4.2.4. Preparo da água oleosa sintética.....	8
4.2.5. Determinação da concentração ótima dos produtos para floculação avançada	9
4.3. Testes de avaliação de desempenho da floculação avançada.....	10
4.3.1. Cenário sem acidificação (pH natural)	11
4.3.2. Cenários com acidificação usando ácido acético 75%	12
4.3.3. Cálculo da eficiência de desempenho da floculação avançada	13
4.3.4. Cálculo do fator de desempenho em relação ao pré-floculante/floculante de referência.....	13
4.4. Teste de ecotoxicologia aquática.....	14
4.5. Teste de tendência à formação de espuma.....	14
5. Apresentação dos resultados	15
5.1. Apresentação dos resultados dos testes preliminares com água oleosa sintética.....	15
5.2. Apresentação dos resultados de desempenho da floculação avançada.....	15
5.3. Apresentação dos resultados do teste de ecotoxicologia aquática.....	16
5.4. Apresentação dos resultados do teste de tendência à formação de espuma.....	16
6. Critério de aprovação.....	17

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 3 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			PÚBLICO

1. INTRODUÇÃO

Este documento define os requisitos de qualificação de PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA (pré-floculante e floculante) para tratamento de água produzida em instalações de produção de petróleo.

A floculação avançada é um processo com introdução de um pré-floculante (tensoativo iônico base tanino natural, tanino sulfonado ou outros tipos de tensoativos aniônicos) seguido do uso de um floculante (polieletrólito catiônico em emulsão) para acelerar o processo de agregação dos sólidos e do óleo disperso na água produzida. A exemplo dos processos de coagulação e floculação, os produtos da floculação avançada são utilizados em estágios distintos, mas com atuação combinada no tratamento de água produzida.

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 15411-3: Ecotoxicologia aquática - Efeito inibitório sobre a bioluminescência de *Vibrio fischeri* - Parte 3: Método utilizando bactérias liofilizadas;
- ASTM D2035: *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water*;
- SM 5520: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - Part 5520 B/F: Oil and Grease*;
- ASTM E70: *Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode*;
- ET-3010.00-1260-010-PNG-117: Pré-Floculante para Floculação Avançada;
- ET-3010.00-1260-010-PNG-118: Floculante Catiônico em Emulsão para Floculação Avançada.

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 dos produtos para floculação avançada avaliados.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 4 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			PÚBLICO

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;
- 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 DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA

A avaliação de desempenho da floculação avançada em laboratório, tem por objetivo selecionar produtos candidatos para um teste de campo conforme escopo da oportunidade. Um bom desempenho dos produtos, em laboratório, é evidenciado pelos seguintes parâmetros:

- Clarificação da água tratada (identificação visual e por turbidez);
- Posicionamento dos flocos formados no topo do jarro de teste (em testes de flotação à gás induzido ou dissolvido);
- Redução significativa do TOG na água tratada (TOG inicial *versus* TOG residual).

O teste de campo é a etapa final de aprovação onde será avaliado se os produtos são capazes de promover a redução do TOG abaixo de 29 mg/L (método gravimétrico) sem causar iridescência no mar, pelo descarte da água produzida.

Para a etapa de laboratório, inicialmente, é utilizada amostra de água oleosa sintética para determinar a condição ótima de desempenho e dosagem dos produtos (pré-floculante e floculante). Posteriormente, é realizado teste de desempenho com amostra de água produzida coletada em campo.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 5 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			PÚBLICO

O desempenho dos produtos para floculação avançada depende fortemente das características físico-químicas da água produzida de cada campo produtor e do pH. Para avaliar o comportamento da atuação combinada do pré-floculante e floculante no tratamento de água produzida, 5 (cinco) condições diferentes de potencial hidrogênico (pH) são necessárias conforme Tabela I.

Tabela I – Condições de pH para teste de avaliação de desempenho dos produtos de floculação avançada. Para as condições em que o pH é diferente do natural, a acidificação é realizada com ácido acético 75%.

CONDIÇÃO				
I	II	III	IV	V
pH natural (sem acidificação)	pH = 7,0	pH = 6,0	pH = 5,5	pH = 5,0

4.1. Materiais

- 30 L de água produzida, representativa de cada cenário de avaliação, fornecida pela Petrobras, conforme oportunidade;
- 10 L de amostra de petróleo, representativo de cada cenário de avaliação, fornecido pela Petrobras, conforme oportunidade;
- Dodecil benzeno sulfonato de sódio (P.A.) – (pré-floculante de referência);
- Poliacrilamida em emulsão base poliacrilamida - médio peso molecular e alta densidade de carga (floculante de referência);
- Ácido Acético na concentração de 75%;
- Solução de NaOH (1 N ou 0,1 N) para neutralização;
- Solução de HCl para preservação de amostras de TOG;
- Funil de Separação;
- pHmetro;
- Espectrofotômetro para análise de TOG por absorção molecular;
- Analizador de distribuição de tamanho de gotas (DTG) por difração a laser;
- Biomassa liofilizada do organismo-teste *Vibrio fischeri*;
- Conjunto de jarros com palhetas (*jar test* ou similar);
- Pipetas automáticas;
- Coluna de flotação com agitador mecânico e placa porosa. Como exemplo, na Petrobras é usada uma coluna de flotação com os detalhes construtivos presentes na Figura 1 e na Figura 2.

4.2. Testes preliminares com água oleosa sintética

Essa etapa é sugerida para identificar as concentrações ótimas de pré-floculante e floculante que resulte na menor concentração de TOG residual. Para os casos em que o fornecedor já conhece as concentrações ótimas de seus produtos (pré-floculante e floculante), é permitido avançar para a etapa seguinte (item 4.3), que envolve a avaliação de desempenho com amostras de água produzida do campo.

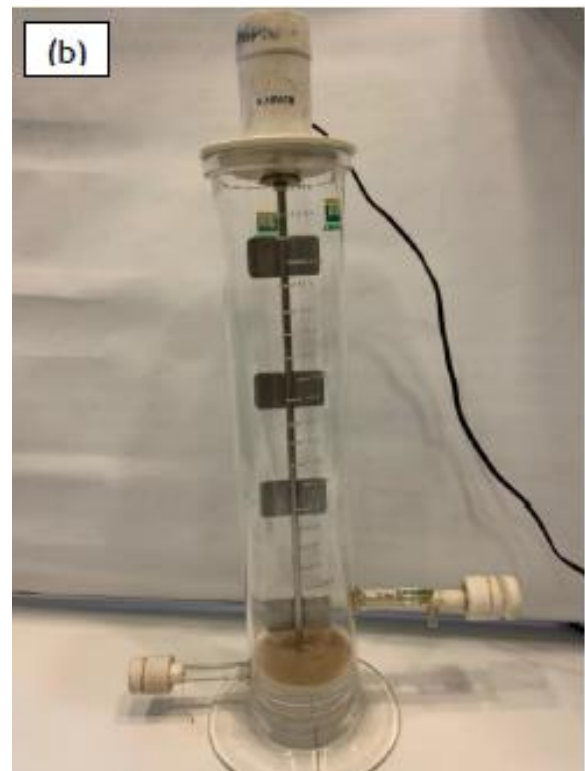
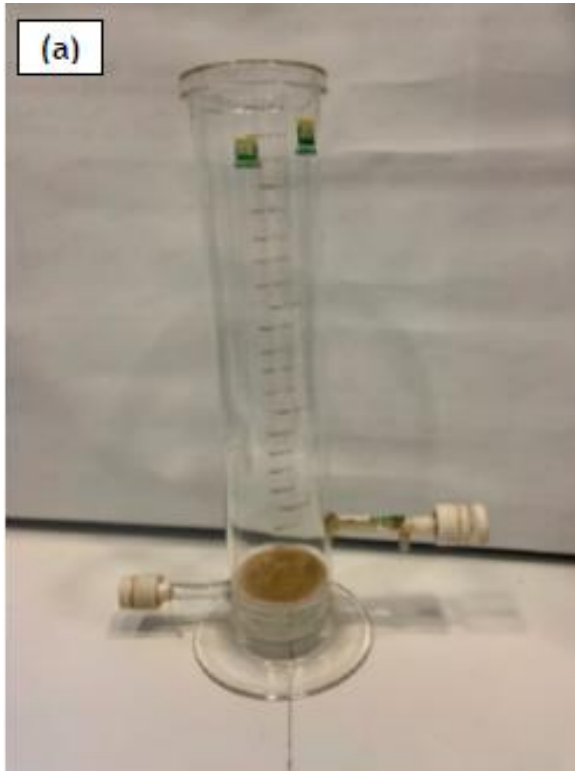


Figura 1 – Aparato experimental usado pela Petrobras para os testes de floculação avançada. (a) Coluna de flotação vazia, (b) coluna de flotação com agitador acoplado, (c) conexão para entrada de ar comprimido abaixo da placa porosa e (d) detalhe da posição do ponto de retirada de amostra do efluente tratado.

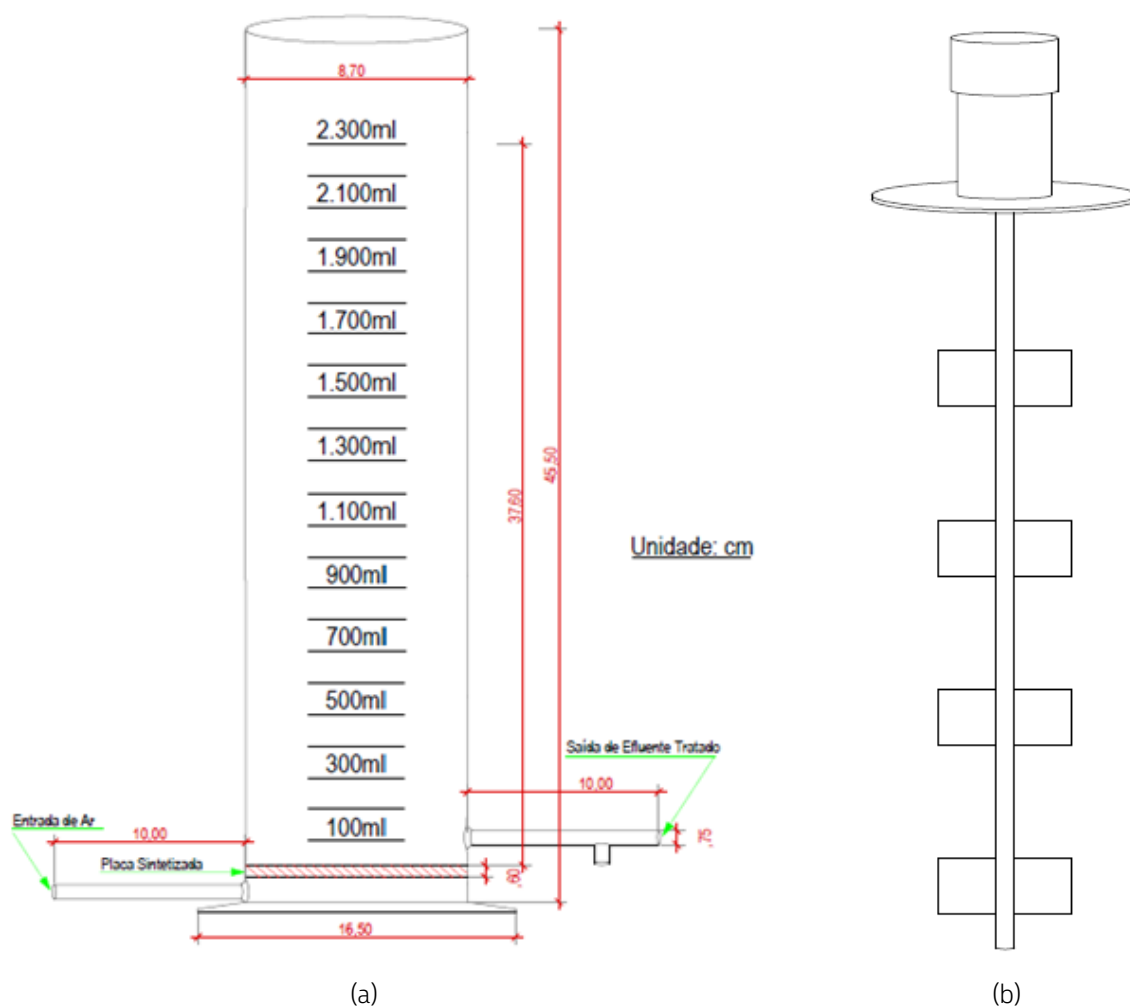


Figura 2 - Detalhes construtivos da coluna de flotação usada pela Petrobras para os testes de floculação avançada. Volume máximo: 2.500 mL, Altura total: 45,5 cm, Altura entre placa porosa e o topo: 37,6 cm, Diâmetro da base: 16,5 cm, Diâmetro interno da coluna: 8,7 cm.

4.2.1. Preparo da solução do pré-floculante de referência

Preparar uma solução contendo 5 % (m/v) do dodecil benzeno sulfonato de sódio (P.A.) em água desmineralizada. Essa solução será utilizada como pré-floculante de referência no critério de aprovação dos testes de avaliação de desempenho da floculação avançada.

4.2.2. Preparo do floculante de referência

Preparar uma solução contendo 1 % (m/v) da poliacrilamida em emulsão (médio peso molecular e alta densidade de carga) em água desmineralizada. Essa solução será utilizada como floculante de referência no critério de aprovação dos testes de avaliação de desempenho da floculação avançada.

4.2.3. Preparo da salmoura sintética

A salmoura sintética deve ser preparada conforme composição informada na Tabela II. Recomenda-se o preparo a partir de sais comerciais ou de reagentes previamente preparados individualmente. Todos os reagentes, a exceção do reagente para simular a alcalinidade (bicarbonato de sódio - NaHCO_3), devem ser sais contendo cloreto como contra-íon.

Tabela II – Dados para o preparo da salmoura sintética.

Componente	Valor	Unidade
Cálcio	700	(mg/L)
Magnésio	400	(mg/L)
Cloreto de Sódio	50.000 a 70.000	(mg/L)
Alcalinidade como HCO_3^-	1.500	(mg/L)
pH	7,5 ± 0,5	---

Preparar as soluções dos sais individualmente e misturar na mesma sequência que se apresentam na Tabela II. Os sais de sódio, cálcio e magnésio podem ser preparados na mesma solução. O bicarbonato de sódio deve ser preparado individualmente e misturado, lentamente e sob agitação mecânica, a solução dos demais sais. Ao final, o pH deve ser medido e, se necessário, ajustar para o valor alvo da Tabela II com NaOH ou HCl, diluídos ou concentrados.

A salmoura sintética deve ser preparada com água desmineralizada e, posteriormente, filtrada com membrana com porosidade média < 20 μm antes de ser encaminhada para a etapa de preparo da água oleosa sintética.

4.2.4. Preparo da água oleosa sintética

Onde não estiverem definidos detalhes, tais como tipo do aparato experimental, rotação, tempo, volume, temperatura etc., é permitido que esses sejam selecionados pelo fornecedor, que deve informá-los em seu relatório de testes.

Utilizando a amostra de petróleo fornecida pela PETROBRAS, conforme cenário(s) da oportunidade, preparar água oleosa sintética a partir da salmoura sintética do item 4.2.3 seguindo o procedimento a seguir:

- Proceder a adição de massa conhecida de petróleo ao volume de salmoura sintética;
- Realizar o emulsão com a utilização de homogeneizador de alto cisalhamento (Turrax ou similar);
- Repouso (decantação) seguido da remoção da camada de óleo livre decantada;
- Desejável a incorporação entre 100 e 200 mg/L de TOG com distribuição mediana de tamanho de gota (D50) de 20 μm (DTG);
- Registrar o pH, TOG referencial (espectrofotometria no UV/Visível) e distribuição mediana de tamanho de gota (D50) da emulsão da água oleosa sintética preparada.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 9 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ PÚBLICO	

Realizar o registro fotográfico das etapas de preparo da água oleosa sintética e incluir as fotografias no relatório de testes com comentários e observações ocorridas no preparo. Informar também os parâmetros que foram utilizados no preparo como rotação (rpm) do homogeneizador, tempo de cisalhamento, massa de petróleo, volume de água produzida etc.

4.2.5. Determinação da concentração ótima dos produtos para floculação avançada

Produtos que apresentam bom desempenho na condição de pH natural (sem acidificação), podem ter piora de desempenho em outras condições de pH (acidificação com ácido acético). Portanto, é aconselhado verificar a condição de dosagem ótima nas 5 (cinco) condições diferentes de pH da Tabela I.

PROCEDIMENTO A: Condição sem acidificação (pH natural)

O procedimento abaixo é um exemplo que pode ser adotado para a fase de identificação das dosagens ótimas dos produtos na condição de pH natural. A escolha das dosagens do pré-floculante e do floculante (matriz de teste) fica a critério do fornecedor, respeitando o limite máximo de 50 ppm para cada produto.

- A.1. Em temperatura ambiente, verter 1.700 mL de água oleosa sintética e 300 mL de petróleo em um funil de 2 L;
- A.2. Agitar as fases óleo/água por 2 minutos;
- A.3. Aguardar a decantação por 5 minutos;
- A.4. Segregar a fase aquosa para um recipiente grande, que contenha uma torneira;
- A.5. Repetir o procedimento acima até gerar volume de emulsão, sem óleo livre, suficiente para realização da matriz de teste arbitrada pelo fornecedor;
- A.6. Verter cerca de 500 mL da emulsão produzida em cada bécher do teste de jarro;
- A.7. Adicionar o pré-floculante, na concentração arbitrada pelo fornecedor, em cada bécher, dispersando o produto sob agitação rápida por 30 segundos;
- A.8. Na sequência, adicionar o floculante, na concentração arbitrada pelo fornecedor, em cada bécher, dispersando o produto sob agitação rápida por 30 segundos;
- A.9. Seguir com 10 minutos de agitação lenta;
- A.10. E por fim, 10 minutos de decantação;
- A.11. Coletar 50 mL para medição de TOG disperso (espectrofotometria no UV/Visível);
- A.12. Ao final, fornecedor deve indicar a dosagem ótima dos produtos, que resultou no menor TOG residual, para a condição de pH natural (sem acidificação).

PROCEDIMENTO B: Condições com acidificação usando ácido acético 75%

Esse procedimento tem por objetivo, identificar a menor concentração de pré-floculante e floculante que resulte na menor concentração de TOG residual, para cada condição de pH, pelo uso da acidificação com ácido acético 75% conforme Tabela I. A escolha das dosagens do pré-floculante e do floculante (matriz de teste) fica a critério do fornecedor, respeitando o limite máximo de 50 ppm para cada produto.

- B.1. Verter 500 mL de água oleosa sintética para um bécher;
- B.2. Ajustar o pH da solução para o valor alvo (condição II, III, IV ou V da Tabela I) com ácido acético 75%;
- B.3. Verter a água produzida com o pH ajustado para um funil de decantação de 1 L;

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 10 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ PÚBLICO	

- B.4. Acrescentar 100 mL de petróleo;
- B.5. Agitar as fases por 2 min;
- B.6. Aguardar a decantação por 5 min;
- B.7. Caso tenha ocorrido um deslocamento do valor do pH, ajustar esse parâmetro para o valor alvo e repetir os passos anteriores;
- B.8. Segregar a fase aquosa para um recipiente contendo uma torneira;
- B.9. Repetir o procedimento acima até gerar volume de emulsão, sem óleo livre, suficiente para realização da matriz de teste arbitrada pelo fornecedor;
- B.10. Verter cerca de 300 mL da emulsão produzida em cada bécher do teste de jarro;
- B.11. Adicionar o pré-floculante, na concentração arbitrada pelo fornecedor, em cada bécher dispersando o produto sob agitação rápida por 30 segundos;
- B.12. Na sequência, adicionar o floculante, na concentração arbitrada pelo fornecedor, em cada bécher, dispersando o produto sob agitação rápida por 30 segundos;
- B.13. Seguir com 10 minutos de agitação lenta;
- B.14. E por fim, 10 minutos de decantação;
- B.15. Coletar 50 mL para medição de TOG disperso (espectrofotometria no UV/Visível);
- B.16. Ao final, fornecedor deve indicar a dosagem ótima dos produtos, que resultou no menor TOG residual, para cada condição de pH alvo (com acidificação) conforme Tabela I.

4.3. Testes de avaliação de desempenho da floculação avançada

Nesta etapa de avaliação de desempenho é desejado que as concentrações ótimas já tenham sido previamente determinadas no item 4.2 (Testes preliminares com água oleosa sintética) ou determinadas por experiência prévia do fornecedor com floculação avançada em cenário similar ao da oportunidade.

Os testes de jarro devem ser conduzidos com incorporação mecânica entre 100 e 200 mg/L de óleo às amostras de água produzida de campo com distribuição mediana (D50) de 20µm por meio das etapas a seguir (vide Figura 3):

- (a) Adição da água produzida (AP);
- (b) Adição do petróleo;
- (c) Adição de ácido acético 75%, nos casos de cenários com acidificação;
- (d) Mistura rápida e ajuste de pH;
- (e) Transferência para coluna de flotação seguido de registro fotográfico;
- (f) Adição do pré-floculante;
- (g) Mistura rápida;
- (h) Adição do floculante;
- (i) Mistura Rápida, mistura Lenta e decantação;
- (j) Registro fotográfico e coleta de amostras para análise.

Realizar o registro fotográfico das etapas e incluir as fotografias no relatório de testes com comentários e observações ocorridas com água produzida. Informar também o volume de ácido acético 75% utilizado para ajuste do pH até o valor alvo, nos casos aplicáveis.

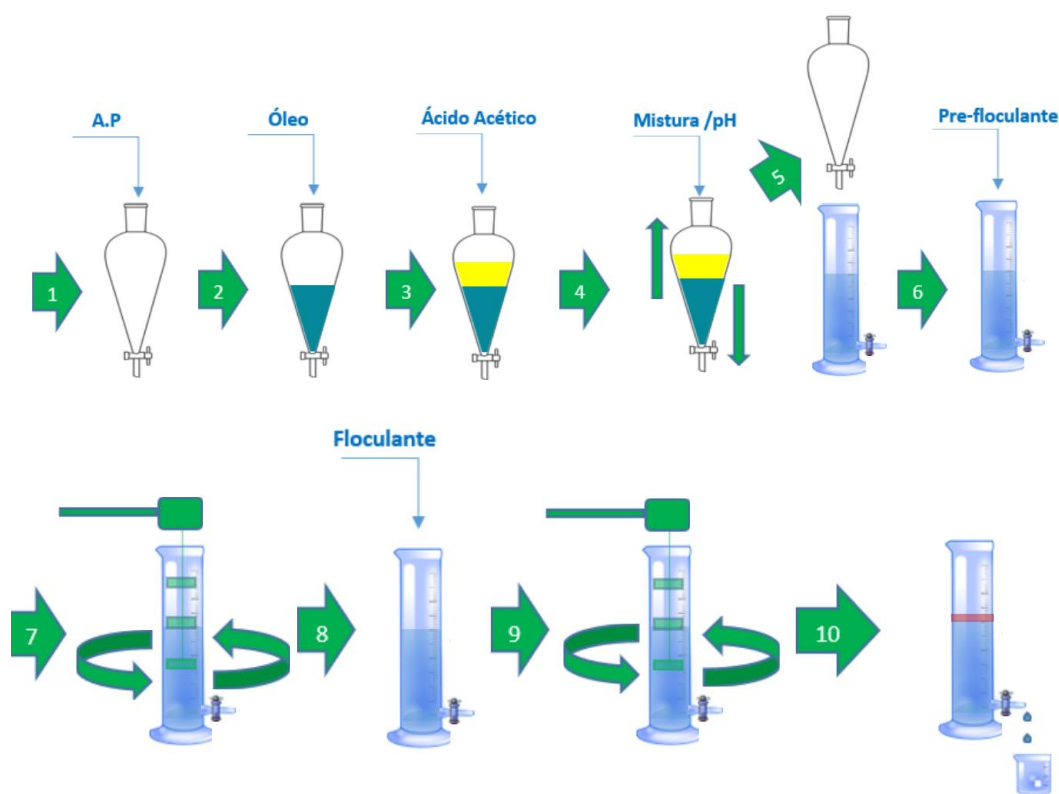


Figura 3 - Esquema simplificado da condução dos testes de jarro com água produzida (AP) coletada em campo.

4.3.1. Cenário sem acidificação (pH natural)

Usar concentrações ótimas do pré-floculante e floculante determinadas anteriormente e condição de pH natural.

- (a) Em temperatura ambiente, verter 1.800 mL de água produzida para funil de separação de 2.000 mL;
- (b) Adicionar 200 mL de petróleo ao funil;
- (c) Agitar por 2 minutos;
- (d) Transferir a água produzida para a coluna de flotação 2 L, contendo placa porosa;
- (e) Adicionar o pré-floculante na concentração pré-determinada;
- (f) Agitar rápida por 30 segundos;
- (g) Na sequência, adicionar o floculante;
- (h) Agitação rápida por 30 segundos;
- (i) Mistura Lenta por 10 minutos;
- (j) Injeção de ar por 30 segundos;
- (k) Decantação dor 10 minutos;
- (l) Coletar 50 mL (triplicata) da água decantada para análise de TOG disperso (espectrofotometria UV/Visível);
- (m) Coletar 1.000 mL da água decantada para análise de TOG gravimétrico (*Standard Methods SM-5520B*);

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE:	E&P	
	TÍTULO:	QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	
		FOLHA: 12 de 17	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ
			PÚBLICO

Nota 1: realizar o procedimento sem adição dos produtos químicos para avaliação da condição de segregação natural. Esse valor será considerado como referência zero para o cálculo da eficiência da floculação avançada.

Nota 2: realizar novamente o procedimento com adição do pré-floculante/floculante de referência preparados nos itens 4.2.1 e 4.2.2. Para essa finalidade, usar entre 20 e 50 ppm de matéria ativa, o que for melhor, do pré-floculante de referência e entre 2 e 20 ppm de matéria ativa, o que for melhor, do floculante de referência. Esse valor será considerado como referência para o cálculo da eficiência da floculação avançada.


4.3.2. Cenários com acidificação usando ácido acético 75%

Usar concentrações ótimas do pré-floculante e floculante determinadas anteriormente. Realizar o teste para cada condição de pH alvo (condição II, III, IV ou V da Tabela I).

- (a) Em temperatura ambiente, verter 1.800 mL de água produzida para um bécher de 2 L;
- (b) Ajustar o pH com ácido acético 75% para o pH alvo;
- (c) Verter a água produzida com pH ajustado para um funil de separação de 2 L;
- (d) Adicionar 200 mL de óleo ao funil;
- (e) Agitar por 2 minutos, com movimentos circulares;
- (f) Medir o pH e reajustar para o valor alvo, caso necessário;
- (g) Agitar por 2 minutos;
- (h) Transferir a água produzida para a coluna de flotação 2 L, contendo placa porosa;
- (i) Adicionar o pré-floculante na concentração pré-determinada;
- (j) Agitação rápida por 30 segundos;
- (k) Na sequência, adicionar o floculante;
- (l) Agitação rápida por 30 segundos;
- (m) Mistura Lenta por 10 minutos;
- (n) Injeção de ar por 30 segundos;
- (o) Decantação dor 10 minutos;
- (p) Coletar 50 mL (triplicata) da água decantada para análise de TOG disperso (espectrofotometria no UV/Visível);
- (q) Coletar 1.000 mL da água decantada para análise de TOG gravimétrico (*Standard Methods SM-5520B*).

Nota 1: realizar o procedimento sem adição dos produtos químicos para avaliação da condição de segregação natural. Esse valor será considerado como referência zero para o cálculo da eficiência da floculação avançada.

Nota 2: realizar novamente o procedimento com adição do pré-floculante/floculante de referência preparados nos itens 4.2.1 e 4.2.2. Para essa finalidade, usar entre 20 e 50 ppm de matéria ativa, o que for melhor, do pré-floculante de referência e entre 2 e 20 ppm de matéria ativa, o que for melhor, do floculante de referência. Esse valor será considerado como referência para o cálculo da eficiência da floculação avançada.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 13 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ PÚBLICO	

4.3.3. Cálculo da eficiência de desempenho da floculação avançada

A eficiência da floculação avançada é calculada conforme a equação 1 pela razão entre a diferença do TOG inicial (condição referência) e TOG residual, sobre o TOG inicial (referência):

$$E(\%)_{\text{Floc.}} = \frac{(\text{TOG}_{\text{Ref}} - \text{TOG}_{\text{Res}})}{(\text{TOG}_{\text{Ref}})} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$E(\%)_{\text{Floc.}}$ é a eficiência da floculação avançada em %;

TOG_{Ref} é o TOG inicial (condição referência) em mg/L;

TOG_{Res} é o TOG residual em mg/L.

Nota 3: Deve ser realizado também o cálculo de eficiência de desempenho do pré-floculante/floculante de referência.

4.3.4. Cálculo do fator de desempenho em relação ao pré-floculante/floculante de referência

O fator de desempenho é obtido pela razão entre a eficiência da floculação avançada e a eficiência do pré-floculante/floculante de referência conforme equação 2.

$$\text{FD} = \frac{E(\%)_{\text{Floc.}}}{E(\%)_{\text{Pré-floc./Floc. Referência}}} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

FD é o fator de desempenho da floculação avançada em relação ao pré-floculante/floculante de referência [adimensional];

$E(\%)_{\text{Floc.}}$ é a eficiência da floculação avançada em %;

$E(\%)_{\text{Pré-floc./Floc. Referência}}$ é a eficiência do pré-floculante/floculante de referência em %.

Os produtos para floculação avançada serão considerados aprovados no teste de desempenho quando o fator de desempenho (FD) obtido estiver entre 0,80 e 1,20 em comparação com o pré-floculante/floculante de referência.

4.4. Teste de ecotoxicologia aquática

Coletar ao final dos testes de desempenho dos cenários 5 (cinco) alíquotas de 50 mL a 100 mL para medição de toxicidade aguda (bactéria *Vibrio fischeri*, *Microtox*®). Essas alíquotas devem ser mantidas refrigeradas (entre 0 °C e 6 °C) desde o momento da coleta até a realização do ensaio de ecotoxicidade conforme a norma ABNT NBR 15411-3 pelo prazo máximo de 36 horas. É possível congelar as alíquotas imediatamente após a coleta, sendo que nesse caso o ensaio deve ser realizado em até 60 dias.

Deve ser entregue a parte, relatório de ensaio conforme item 15 da norma ABNT NBR 15411-3.

4.5. Teste de tendência à formação de espuma

Ensaio necessário para avaliar a tendência dos Produtos para Floculação Avançada em formarem espuma durante operação de transferência para tanque no uso em campo. Proceder a avaliação de tendência à formação de espuma para o pré-floculante e floculante, em separados, conforme procedimento descrito a seguir:

- Colocar em uma proveta de 250 mL (diâmetro externo de 45 mm e altura da parte graduada de 225 mm), 100 mL do produto (pré-floculante ou floculante);
- Instalar um borbulhador de gás (tubo de vidro com um cilindro de vidro sinterizado de porosidade média - P160), que deve ser inserido no centro da proveta e ficar imerso numa profundidade de 50 mL a partir da interface do líquido com o ar;
- Borbulhar N₂ ou ar comprimido na proveta controlando a vazão através de um rotâmetro em 50 L/h durante 2 minutos;
- Medir o volume de espuma que se forma após 1 minuto de borbulhamento, ao fim de 2 minutos e o tempo total de quebra da espuma formada;
- Fotografar o aspecto da proveta antes do teste iniciar (0 min), após 1 minuto de borbulhamento e ao fim de 2 minutos conforme Figura 4. Apresentar no relatório de testes as fotografias com comentários e observações sobre as características da espuma.

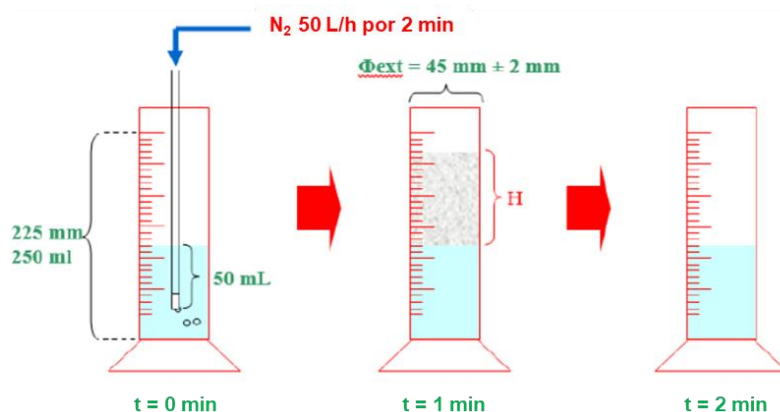


Figura 4 - Desenho esquemático do aparato do teste de formação de espuma. H = altura da espuma.

O resultado do teste de tendência à formação de espuma para o pré-floculante e floculante é somente de caráter informativo para avaliar possíveis problemas operacionais em campo.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Deve ser apresentado relatório de testes com os Produtos para Floculação Avançada conforme instruções do item 3 e requisitos do item 4.

5.1. Apresentação dos resultados dos testes preliminares com água oleosa sintética

A apresentação dos resultados da determinação da concentração ótima dos produtos para floculação avançada, em amostra de água oleosa sintética, deve ser conforme o exemplo da Tabela III.

Tabela III – Resultado da determinação da concentração ótima em água oleosa sintética, usando pré-floculante [*informar nome experimental/comercial do pré-floculante*] e floculante [*informar nome experimental/comercial do floculante*].

CONDIÇÃO	CONCENTRAÇÃO ÓTIMA (ppm)	
	[Nome do PRÉ-FLOCULANTE]	[Nome do FLOCULANTE]
pH natural (sem acidificação)		
pH = 7,0		
pH = 6,0		
pH = 5,5		
pH = 5,0		

Deve ser apresentado no relatório de testes o registro fotográfico das etapas de preparo da água oleosa sintética com comentários e observações ocorridas no preparo. Informar também os parâmetros que foram utilizados no preparo como rotação (rpm) do homogeneizador, tempo de cisalhamento, massa de petróleo, volume de água produzida etc.

5.2. Apresentação dos resultados de desempenho da floculação avançada

A apresentação dos resultados de desempenho da floculação avançada, em amostra de água produzida do campo, deve ser conforme os exemplos da Tabela IV e da Tabela V.

Tabela IV – Resultados de desempenho da floculação avançada usando pré-floculante [*informar nome experimental/comercial do pré-floculante*] e floculante [*informar nome experimental/comercial do floculante*].

Condição	Concentração do pré-floculante (ppm)	Concentração do floculante (ppm)	TOG com pré-floculante/floculante de referência (mg/L)	TOG com os produtos da floculação avançada (mg/L)
Referência	0	0	TOG referencial	TOG referencial
pH natural				
pH = 7,0				
pH = 6,0				
pH = 5,5				
pH = 5,0				

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 16 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ PÚBLICO	

Tabela V– Resultados do fator de desempenho da floculação avançada usando pré-floculante [informar nome experimental/comercial do pré-floculante] e floculante [informar nome experimental/comercial do floculante].

Condição	Eficiência do pré-floculante/floculante de referência (%)	Eficiência da floculação avançada (%)	Fator de Desempenho (FD)
pH natural			
pH = 7,0			
pH = 6,0			
pH = 5,5			
pH = 5,0			

Deve ser apresentado no relatório de testes o registro fotográfico das etapas com comentários e observações ocorridas durante o teste. Informar também o volume de ácido acético 75% utilizado para ajuste do pH até o valor alvo, nos casos aplicáveis.

5.3. Apresentação dos resultados do teste de ecotoxicologia aquática

Os resultados de ecotoxicologia aquática devem ser apresentados em conformidade com o item 15 (relatório de ensaio) da norma ABNT NBR 15411-3. Esses resultados devem ser entregues como documento a parte (anexo) em complemento ao relatório de testes desta especificação técnica (ET-3010.00-1260-010-PNG-119).

5.4. Apresentação dos resultados do teste de tendência à formação de espuma

Os resultados do teste de tendência à formação de espuma (volume e tempo de quebra) devem ser apresentados conforme Tabela VI.

Tabela VI – Representação dos resultados de avaliação da formação de espuma.

Produto	Volume de Espuma (mL)		Tempo total de quebra de espuma (min)
	Após 1 min durante o borbulhamento	Após 2 min de borbulhamento	
Pré-floculante			
Floculante			

Para apresentação do registro fotográfico do aspecto da proveta antes do teste iniciar (0 min), após 1 minuto de borbulhamento e ao fim de 2 minutos, o exemplo da Tabela VII deve ser usado.

Tabela VII – Registro fotográfico da avaliação da formação de espuma.

Produto	Antes do ensaio	Após 1 min durante o borbulhamento	Após 2 min de borbulhamento
Pré-floculante	Foto 1	Foto 2	Foto 3
Floculante	Foto 4	Foto 5	Foto 6

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-119	REV. 0
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 17 de 17	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA FLOCULAÇÃO AVANÇADA	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			PÚBLICO

6. CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

Os critérios de aprovação citados nessa especificação técnica são apenas válidos para o ensaio de bancada, sendo considerada uma etapa necessária para seleção do produto que será indicado para teste de campo. No teste de campo, será avaliado se o uso combinado dos produtos de floculação avançada, será capaz de promover a redução do TOG abaixo de 29 mg/L (método gravimétrico) sem causar iridescência no mar pelo descarte da água produzida.

Os produtos para floculação avançada serão considerados aprovados no protocolo de teste de bancada, se os seguintes requisitos forem comprovados:

- Concentrações ótimas do pré-floculante e do floculante de no máximo 50 ppm e apresentação dos resultados conforme item 5.1;
- Fator de desempenho (FD) da floculação avançada entre 0,80 e 1,20 em comparação com o pré-floculante/floculante de referência. Os resultados devem ser apresentados de acordo com o item 5.2;
- Apresentação do relatório de teste de ecotoxicologia aquática conforme ABNT NBR 15411-3;
- Resultado do teste de espuma do pré-floculante e floculante apresentados em caráter informativo (item 5.4).