

## ANÁLISE DA DISSOLUÇÃO DE SCALE DE CARBONATO DE CÁLCIO EM SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Jéssyca Souza Moura<sup>1</sup>; Thainara Péricles Soares Ferro<sup>2</sup>; Ernesto Vargas Bautista<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Centro Universitário Tiradentes – [Jessyca.Souza@hotmail.com](mailto:Jessyca.Souza@hotmail.com);

<sup>2</sup>Centro Universitário Tiradentes-[Thainaraferro18@hotmail.com](mailto:Thainaraferro18@hotmail.com);

<sup>3</sup>Centro Universitário Tiradentes- [Ernesto.vargas.br@hotmail.com](mailto:Ernesto.vargas.br@hotmail.com);

**Resumo:** A produção poço de petróleo pode ser comprometida através da disposição de incrustações ou *scale*, que são precipitações de sais inorgânicos. O aparecimento da incrustação pode aparecer na coluna de produção, sendo ainda considerada com é uma das principais causas de danos na formação. As incrustações podem causar a redução na produção, obstruir a rocha, danificar equipamentos. Os tipos de incrustação que são comuns em campos de petróleo são o carbonato de cálcio, os sulfatos de cálcio, estrôncio e bário. É de extrema importância fazer o estudo das incrustações tanto para conhecer o mecanismo de sua formação como para fazer a escolha de um método adequado para a prevenção ou remoção. No trabalho, estudou-se comportamento das substâncias quando entrava em contato com a amostra de incrustação de carbonato de cálcio. A amostra de carbonato de cálcio foi obtida em uma coluna de produção de petróleo e gás. As soluções usadas no trabalho foram ácido acético, ácido clorídrico, acetona e etanol, onde cada substância continha a concentração de 10%, 12% e 15%. Ao final do estudo pode-se analisar qual das substâncias e concentrações obtiveram o melhor resultado em dissolver a incrustação por meio da perda de massa que foi calculado.

**Palavras - Chave:** Incrustação; Carbonato de Cálcio; Substâncias Químicas; Concentrações.

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios encontrados na indústria petrolífera durante o transporte de fluidos é o acúmulo de sais nas paredes internas de tubulações, pois este problema causa perdas devido à queda de produtividade e perda de tempo em virtude da paralisação para se fazer a limpeza dos equipamentos. A deposição destes sedimentos no interior das tubulações é denotada como incrustação ou também conhecido como *scale*. O surgimento destes sedimentos orgânicos e/ou inorgânicos, no interior da coluna de produção ocorre devido à presença de sólidos em suspensão na água livre.

Segundo Marques *et al.* (2001) as incrustações podem ser definidas como compostos químicos de caráter inorgânico que a princípio são solúveis em água, mas que, posteriormente se precipitam e podem se aglomerar, por exemplo, nas telas de gravel Pack, nas formações, nas tubulações e equipamentos localizados na superfície. A água de formação quando sai do reservatório para chegar até a superfície, passa por diferentes temperaturas, pressões e turbulências, tendo como consequências à precipitação de sais da solução e formando as incrustações.

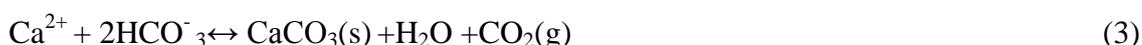
(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

As incrustações normalmente são constituídas de sulfato de cálcio, sulfato de bário, sulfato de estrôncio e carbonato de cálcio, estes que possuem baixa solubilidade em água. As incrustações de sulfato de cálcio, sulfato de bário, sulfato de estrôncio são gerados a partir da mistura da água de formação, está que é rica em bário, cálcio e estrôncio, com a água de injeção, (água do mar) que é rica em sulfato (ROSA *et al.*, 2015).

A formação da incrustação do carbonato de cálcio surge quando houver a redução de pressão, aumento de temperatura e/ou pH (ARAI E DUARTE, 2010). Segundo Pereira (1998), as incrustações de carbonato relacionam-se com a dureza da água subterrânea, que são levemente ácidas, onde as condições de equilíbrio podem ser alteradas pelo aumento de temperatura e diminuição da pressão ocasionando a formação de  $\text{CaCO}_3$ , como consequência aumentando o pH. As equações (1), (2) e (3) abaixo representa a reação de precipitação do  $\text{CaCO}_3$ .



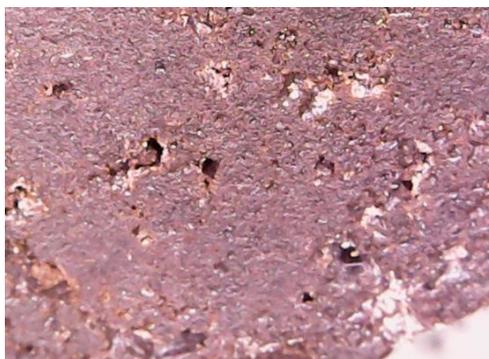
Os métodos de tratamento de incrustação podem ser por métodos de remoção química e mecânica. A limpeza de poços feita com produtos químicos é efetivamente mais econômica. Para Frota (2009), em rochas carbonáticas pode-se fazer a utilização de ácido clorídrico (ácido mineral), ácido acético e fórmico (ácidos orgânicos), ácido sulfônico e cloro acético (ácido em pó). Todavia o tratamento com ácido clorídrico é mais frequente, especialmente em rochas que tenham um alto teor de carbonato (maior que 20 %) na forma de solução de concentração entre 5 e 28% p/v.

O desenvolvimento do trabalho teve como objetivo analisar o comportamento da incrustação de carbonato de cálcio na presença de diferentes tipos e concentração de substâncias químicas, avaliando o tratamento adequado para a remoção deste tipo de incrustação em tubulações de petróleo.

## 2. METODOLOGIA

O estudo do trabalho decorreu em três etapas. A priori, a amostra de incrustação que foi

coletada no interior da coluna de um poço de petróleo foi cortada em 12 partes. A figura 1 representa o carbonato de cálcio encontrado no poço em imagem aproximada.



**Figura 1:** Imagem com zoom da incrustação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

As peças cortadas foram pesadas em uma balança analítica e a massa, em gramas (g), de cada peça foi registrada conforme a tabela 1 mostrada abaixo.

Peças	Peso inicial (g)
1	1,2021
2	1,4168
3	1,4769
4	1,7131
5	1,8799
6	1,578
7	1,2616
8	1,0724
9	1,5632
10	0,9842
11	0,7
12	3,1132

**Tabela 1:** Peso inicial das peças da amostra de incrustação.

A segunda etapa foi iniciada com a preparação das soluções de ácido acético, ácido clorídrico, acetona e etanol. As soluções foram preparadas com concentrações de 10%, 12% e 15%, conforme a tabela 2 apresentada abaixo. A etapa seguiu com o auxílio de uma pipeta graduada onde inicialmente foi coletado 2 mL da primeira substância e concentração mencionado acima e pipetado na primeira peça cortada. A reação que ocorreu na peça no momento do contato com o ácido pode ser observado com a ajuda de um microscópio portátil

(1000x zoom), que registrou imagens e vídeos da reação entre a substância e a peça.

Substância	Concentração	
	(%)	mol/L
Ácido Acético	10	1,74
Ácido Acético	12	2,08
Ácido Acético	15	2,62
Ácido Clorídrico	10	3,26
Ácido Clorídrico	12	3,91
Ácido Clorídrico	15	4,89
Acetona	10	1,91
Acetona	12	1,69
Acetona	15	2,11
Etanol	10	1,71
Etanol	12	2,05
Etanol	15	2,56

**Tabela 2:** Concentração das substâncias usadas no experimento.

A continuação desta etapa se deu com a coleta 2 mL da segunda concentração da mesma substância na segunda peça cortada, onde também foram registradas imagens e vídeos da reação. O final da etapa ocorreu quando foram registradas as reações de todas as peças e substâncias. Logo após o término da aplicação das substâncias as amostras ficaram armazenadas na capela por um período de uma semana.

Após esse tempo deu-se início a última etapa do estudo, onde as amostras guardadas foram pesadas na balança analítica e a partir do novo peso das peças pode-se analisar qual das substâncias analisadas obteve o melhor resultado em dissolver a incrustação. A tabela 3 abaixo mostra o peso final das peças após a aplicação das substâncias.

Peças	Peso final (g)
1	1,18
2	1,39
3	1,45
4	1,56
5	1,64
6	1,32
7	1,26
8	1,07
9	1,53
10	0,98
11	0,68
12	3,09

**Tabela 3:** Peso final das peças.

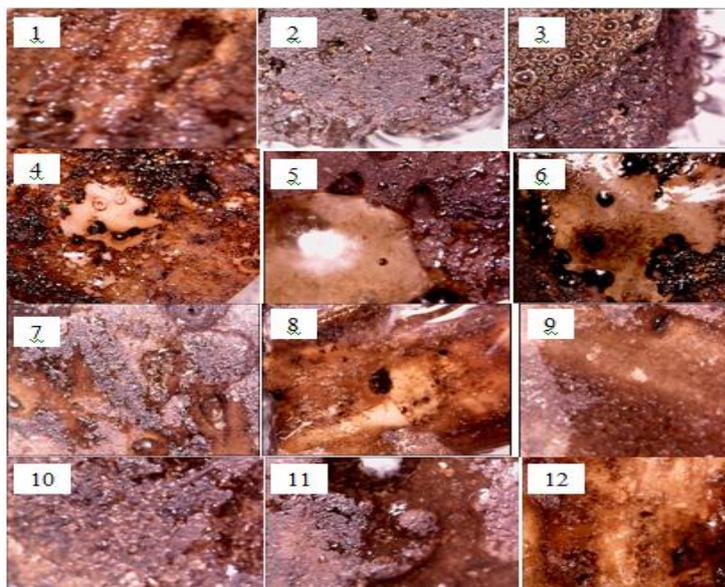
Para o cálculo de perda de massa, ou seja, de quanto da incrustação de carbonato de cálcio foi dissolvido nas substâncias a quais foram expostas, é utilizada a seguinte equação (4):

$$P_m = M_i - M_f \quad (4)$$

Onde:  $P_m$  : Perda de massa (quantidade que foi dissolvido);  $M_i$  : massa inicial da peça;  $M_f$  : massa final da peça.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

As imagens selecionadas abaixo mostram a reação alguns segundos depois das peças ao entrarem em contato com as substâncias a determinadas concentrações.



**Figura 2:** 1-ácido acético-10%; 2-ácido acético-12%; 3-ácido acético-15%; 4-ácido clorídrico-10%; 5- ácido clorídrico-12%; 6-ácido clorídrico-15%; 7- acetona-10%; 8- acetona-12%; 9- acetona-15%; 10- etanol-10%; 11- acetona-12%; 12 - acetona-15%;

A partir do resultado do peso final das peças, pode-se calcular a perda de massa. A tabela 4 representa o quanto cada peça perdeu após a aplicação das substâncias.

Peças	Perda de Massa(g)
1	0,0221
2	0,0268
3	0,0269
4	0,1531
5	0,2399
6	0,258
7	0,0016
8	0,0024
9	0,0332
10	0,0042
11	0,02
12	0,0232

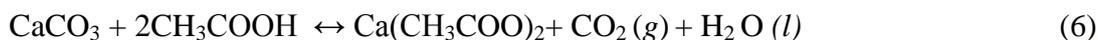
**Tabela 4:** Perda de massa das peças

Ao se fazer a análise da tabela, percebe-se que as peças 4,5 e 6 obtiveram uma maior perda de massa. Essas peças tiveram o contato com o ácido clorídrico nas concentrações 10%, 12% e 15% respectivamente, onde a peça que obteve melhor resultado de diluição foi a de número 6 com 0,258 g de incrustação diluída.

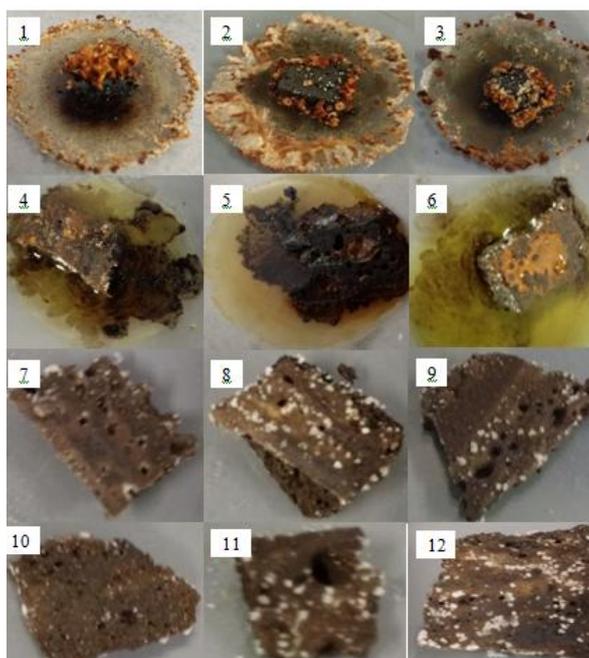
A reação entre o ácido clorídrico e o carbonato de cálcio ocorre a formação de cloreto de cálcio, à liberação de gás (dióxido de carbono) e água, conforme observado na equação 5 abaixo.



As peças 1, 2 e 3 que tiveram contato com o ácido acético também tiveram uma boa dissolução do carbonato de cálcio, porém não se mostrou muito eficiente quanto o HCl, o fator que pode ser considerado como uma desvantagem para o ácido acético é por ser um ácido mais fraco. A reação entre os ácido acético e carbonato de cálcio é dado pela equação 6 abaixo, onde também ira ocorre a formação de acetato de cálcio, liberação de dióxido de carbono, água.



O contato das outras peças com as outras duas soluções acetona peça 7, 8, e 9 e etanol 10, 11 e 12 praticamente não obtiveram alterações em suas massas finais. A figura 3 abaixo mostra imagens com o resultado de todas as incrustações após uma semana do contato com as substâncias, em algumas delas nota-se a formação de sal ao redor ou até mesmo sobre as peças.



**Figura 3:** 1-ácido acético- 10%; 2- ácido acético-12%; 3-ácido acético-15%; 4-ácido clorídrico-10%; 5- ácido clorídrico-12%; 6-ácido clorídrico-15%; 7- acetona-10%; 8- acetona-12%; 9- acetona-15%; 10- etanol-10%; 11- acetona-12%; 12 - acetona-15%.

#### 4. CONCLUSÃO

A ocorrência de incrustação em tubulações de poços de petróleo são causadas por fatores como mudança de pressão, temperatura, e/ou pH, gerando diversos problemas em equipamentos e principalmente na perda de produção. Para remoção da incrustação existem diversos métodos, porém o método de acidificação é o mais utilizado devido a sua alta eficiência e baixo custo.

Conforme os ensaios realizados a incrustação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) se mostrou mais eficiente na presença de soluções de meio ácido e de altas concentrações. Ao realizar os cálculos de perda de massa pode-se concluir que o ácido que melhor obteve resultado de dissolução do  $\text{CaCO}_3$  foi o ácido clorídrico de concentração 15%, onde

conseguiu fazer uma dissolução de 0,258 g. As substâncias acetona e etanol tiveram perdas muito pequenas ou nenhuma de massa.

## 5. REFERÊNCIAS

ARAI, A; DUARTE, L. R.; **Estudo Da Formação De Incrustações Carbonáticas.** 48 f. Monografia (Projeto final) - Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FROTA, T. M. P.; **Incrustação De Um Poço Produtor De Petróleo e Gás Natural: Um Estudo De Caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo) – Centro de Ciências exatas e da Terra- CCET, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte. 2009.

CUNHA, J. D.; SILVA, F. N.; BARBOSA, A. F. F.; SILVA, D. R.. **Avaliação da Incrustação na Bomba de Fundo em Poços produtores de Petróleo e Gás: Estudo de Caso.** Holos, v.7, p. 209 - 217, 2016.

MARQUES, L. C. C.; PEREIRA, A. Z. I.; MEIRELLES Jr., R. O.; GONÇALVES, M. A. C.; **How Petrobras Has Faced Oilfield Scale Problems: Evolution of Concepts and Lessons Learned in Campos Basin,** Brazil; SPE International Symposium on Oilfield Scale held, Aberdeen – UK, 30-31, Janeiro, 2001.

PEREIRA, E.; **A Utilização De Ácidos Orgânicos Combinados Na Limpeza E Recuperação De Poços Tubulares Incrustados: O Exemplo De Tietê (SP),** X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Revista Águas subterrâneas, São Paulo. p. 1-18. 1998.

ROSA, C. M.; MENDER, R.K.; GOMES, M. T.; OLIVEIRA, C.; **Comportamento De Reagentes Inibidores De Incrustação Aplicados Na Perfuração De Poços De Petróleo.** Revista Matéria, v.20, n. 2, p. 514-522, 2015.