



**PETROBRAS**

**XVIII WORKSHOP DO PRH14 – 3 e 4 de agosto de 2016  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
ENGENHARIA DE PROCESSOS EM PLANTAS DE  
PETRÓLEO E GÁS NATURAL - PRH14**

# **LIVRO DE RESUMOS**

# Sumário

<a href="#"><u>ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE ALETAS NO COMPORTAMENTO DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR CONVECTIVO</u></a>	<a href="#"><u>3</u></a>
<a href="#"><u>PROJETO E CONSTRUÇÃO DE DINAMÔMETRO TRIAXIAL COM MÚLTIPLOS ELEMENTOS ELÁSTICOS</u></a>	<a href="#"><u>6</u></a>
<a href="#"><u>CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES AMOSTRAS DE PETRÓLEO: UMA ABORDAGEM COMPUTACIONAL E ANÁLISES PVT</u></a>	<a href="#"><u>9</u></a>
<a href="#"><u>UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA POR FLOCULAÇÃO IÔNICA NA GERMINAÇÃO DO SESAMUM INDICUM</u></a>	<a href="#"><u>12</u></a>
<a href="#"><u>ANÁLISE DE RELAÇÃO DE LUBRICIDADE DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO NA REDUÇÃO DO DESGASTE DA BROCA DE PERFURAÇÃO</u></a>	<a href="#"><u>15</u></a>
<a href="#"><u>DETERMINAÇÃO DE DADOS DE EQUILÍBRIO PARA SISTEMAS NAS CONDIÇÕES DO PRÉ-SAL</u></a>	<a href="#"><u>18</u></a>
<a href="#"><u>SOLUBILIDADE DE CLORETO DE CÁLCIO EM MISTURAS DE ÁGUA E MONOETILENOGLICOL (MEG)</u></a>	<a href="#"><u>21</u></a>
<a href="#"><u>REMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM FENANTRENO VIA PERSULFATO DE SÓDIO ATIVADO COM DIATOMITA MODIFICADA POR FERRO EM REGIME DESCONTÍNUO</u></a>	<a href="#"><u>24</u></a>
<a href="#"><u>INIBIÇÃO DA BIOCORROSÃO EM AÇO 1020 AISI POR AÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE LIPPIA GRACILIS SCHAUER EM DIFERENTES MEIOS CORROSIVOS</u></a>	<a href="#"><u>27</u></a>
<a href="#"><u>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC MODELING OF A MICROPLASMA FUEL REFORMER</u></a>	<a href="#"><u>30</u></a>
<a href="#"><u>REMOÇÃO DE ENXOFRE POR PROCESSOS DE OXIDAÇÃO E EXTRAÇÃO UTILIZANDO TENSOATIVOS NÃO IÔNICOS</u></a>	<a href="#"><u>32</u></a>
<a href="#"><u>USO DE ÁGUA PRODUZIDA NA FORMULAÇÃO DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO</u></a>	<a href="#"><u>35</u></a>
<a href="#"><u>ESTUDO DA REOLOGIA E VOLUME DE FILTRADO DE SISTEMAS MICROEMULSIONADOS POLIMÉRICOS COMO FLUIDO PARA COMBATE A PERDA DE CIRCULAÇÃO EM POÇOS PETROLÍFEROS</u></a>	<a href="#"><u>38</u></a>
<a href="#"><u>APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO FATORIAL EM ANÁLISES DE PERMEABILIDADE DE ARENITOS SINTÉTICOS</u></a>	<a href="#"><u>41</u></a>
<a href="#"><u>DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE MONOETILENOGLICOL, CLORETO DE SÓDIO E ÁGUA A PARTIR DE MEDIDAS DE DENSIDADE E CONDUTIVIDADE DO SEPARADOR FLASH</u></a>	<a href="#"><u>44</u></a>
<a href="#"><u>ESTUDOS TERMODINÂMICOS DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO NO MONOETILENOGLICOL (MEG): SOLUBILIDADE DE SAIS DE CARBONATOS</u></a>	<a href="#"><u>47</u></a>
<a href="#"><u>ESTUDOS TERMODINÂMICOS DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO NO MONOETILENOGLICOL (MEG): SOLUBILIDADE DE SAIS PELO MÉTODO SINTÉTICO</u></a>	<a href="#"><u>50</u></a>



## RESUMO EXPANDIDO

### *ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE ALETAS NO COMPORTAMENTO DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR CONVECTIVO Rayanne Carla Alves do Nascimento\*; Sandi Itamar Schafer de Souza;*

*\*rayannecarla@gmail.com*

## INTRODUÇÃO

As aletas, também referenciadas como superfícies estendidas, são corpos sólidos que permitem a transferência de energia por condução no interior de suas fronteiras e por convecção, e/ou radiação, entre suas fronteiras e a vizinhança. Aletas têm por objetivo maximizar a transferência de calor entre um sólido e um fluido adjacente, aumentando a taxa por unidade de área de face em trocadores de calor.

Para o caso em que a temperatura da superfície do tubo não aletado seja fixa, segundo a lei do resfriamento de Newton, pode-se inferir que existem duas formas através das quais a taxa de transferência de calor pode ser aumentada. O coeficiente de transferência de calor por convecção  $h$  poderia ser aumentado a partir do aumento da velocidade de escoamento do fluido, e/ou a partir da diminuição da temperatura do fluido.

Entretanto, em muitas das circunstâncias o aumento do valor de  $h$  até o seu valor máximo não seria suficiente para obter a taxa de transferência de calor almejada ou seus custos seriam inviáveis à aplicação. Contudo, existe ainda uma terceira opção capaz de aumentar a taxa de transferência de calor: o aumento da área de superfície através da qual ocorre a convecção. O emprego de aletas é responsável por realizar essa terceira opção.

Na atualidade, a transferência de calor projeta-se na esfera das engenharias como um campo de estudo muito relevante pela sua grande aplicabilidade e importância para o desempenho dos processos industriais e na solução de problemas do meio ambiente. No setor de produção e conversão de energia, muitos são os problemas que envolvem a transferência de calor, como o transporte de óleo e gás advindos de águas

profundas na indústria do petróleo. São problemas que englobam todos os mecanismos físicos de transferência de calor, como os de condução, convecção e radiação.

Em virtude dos elevados custos associados ao andamento de estudos experimentais e às boas experiências com técnicas de simulação numérica, esta última vem tornando-se uma notável alternativa para o estudo da transferência de calor. Ademais, uma vantagem que pode ser citada da simulação numérica é o requinte de detalhes que ela engloba em seus resultados. Dessa forma, neste trabalho serão desenvolvidas ações de estudo da influência do espaçamento entre aletas na variação do coeficiente de transferência de calor convectivo, em problemas da indústria do petróleo, a partir de uma análise numérico computacional.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Yaghoubi e Mahdavi (2013) desenvolveram um trabalho numérico experimental com o objetivo de investigar a convecção natural de tubos com aletas de alumínio utilizados para resfriar o ar circundante. As dimensões físicas foram mantidas constantes: diâmetro externo de 56 mm, espessura de 0.4 mm e espaçamento de 2 mm. A temperatura do ambiente e da base do tubo foi controlada. Os testes foram realizados para 3 temperaturas da base e 3 temperaturas do ambiente, gerando 9 configurações. Os resultados do campo de velocidade e do coeficiente convectivo em função da temperatura ambiente e da temperatura da base são apresentados.

## **METODOLOGIA**

No presente trabalho serão construídos modelos computacionais semelhantes aos estudados no trabalho experimental de Yaghoubi e Mahdavi (2013) com o auxílio de um programa comercial de Dinâmica dos Fluidos Computacional, o Ansys CFX ®. Inicialmente será estudado o caso com as mesmas dimensões para utilizar como validação das simulações. Na sequência, será alterado o espaçamento entre as aletas. O afastamento entre as aletas será aumentado em 1 mm para cada nova situação. Para cada nova situação serão simulados 6 casos, variando a temperatura do ar na vizinhança (22 °C, 25 °C e 33 °C) e temperatura da parede (8 °C, 12 °C e 15 °C).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Por se encontrar em fase inicial, e como descrito previamente nas etapas do plano de trabalho, o projeto ainda não possui resultados a serem discutidos.

## **CONCLUSÃO**

A análise numérico computacional da influência do espaçamento entre aletas na variação do coeficiente de transferência de calor convectivo permite que problemas da área de mecânica dos fluidos e transferência de calor e massa possam ser analisados com mais precisão e requinte de dados a menores custos.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] Yaghoubi, M., Mahdavi, M. An Investigation of Natural Convection Heat Transfer from a Horizontal Cooled Finned Tube. Copyright ©, Taylor and Francis Group, LLC. 2013.
- [2] Kayansayan, N., Karabacak, R. Natural Convection Heat Transfer Coefficients for a Horizontal Cylinder with Vertically Attached Circular Fins. Heat Recovery Systems & CHP, Vol. 12, N° 6, pp. 457-468, 1992.
- [3] Frank P. Incropera, David P. DeWitt, 2008. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa, Editora LTC, Rio de Janeiro, 6ª Edição.

## RESUMO EXPANDIDO

### *PROJETO E CONSTRUÇÃO DE DINAMÔMETRO TRIAXIAL COM MÚLTIPLOS ELEMENTOS ELÁSTICOS*

*Maria Augusta de Menezes Lourenço\*; Adilson José de Oliveira*

*\*mariaaugustamenezes@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

A análise de força está presente em diversos processos industriais, sendo seu entendimento fundamental para aprimoramentos e melhorias. Um exemplo é sua larga utilização na indústria do petróleo. O grau de exatidão requerido por essa aplicação suscita o conhecimento das variáveis envolvidas nos processos, em especial a análise de forças de usinagem as quais os equipamentos e instrumentos utilizados são submetidos, abrangendo atividades de dimensionamento e construção das instalações para o escoamento, armazenamento e transferência da produção de petróleo e gás da respectiva área (SILVA e FILHO, 2005).

Os dinamômetros são dispositivos para medir força (estática e/ou dinâmica). Este trabalho basear-se-á na medição de deformações apresentadas por elementos sujeitos ao carregamento, medindo indiretamente a força. Isso se dá com o uso de extensômetros, transdutores capazes de medir pequenas deformações baseados no princípio piezoresistivo, onde uma variação na grandeza de entrada (deformação) altera a resistência elétrica do material (HOFFMAN, 2014).

Este trabalho objetiva desenvolver um dinamômetro baseado em extensômetros, com base retangular, para medição de componentes tridimensionais de força resultante de até 1 kN para elementos prismáticos. Múltiplos elementos elásticos no interior do dispositivo com transdutores configurados em Ponte de Wheatstone completa (uma para cada direção) permitirão, juntamente com os módulos de aquisição e computador, a coleta dos dados. Utilizar-se-á como referência o processo de usinagem por fresamento, permitindo fácil alteração dos parâmetros de força e frequência de excitação.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Ribeiro (2014) projetou e construiu um dinamômetro com transdutores baseados em extensômetros para medição de forças em três direções, sendo o projeto inicial desta linha de pesquisa no Laboratório de Manufatura do Departamento de Engenharia Mecânica da UFRN. Este foi projetado para forças em três direções de até 1 kN com um único elemento elástico. O sistema era simétrico com base circular. Este projeto mostrou-se adequado para medição de forças em componentes baseado em sólidos de revolução e de pequeno tamanho (diâmetro inferior a 70 mm). O novo desafio o objetivo deste trabalho, desenvolver um modelo para componentes prismáticos, com base retangular, para medição de componentes tridimensionais (e força resultante de até 1 kN) com múltiplos elementos elásticos.

## **METODOLOGIA**

Este projeto iniciar-se-á com Revisão Bibliográfica objetivando analisar o que tem sido desenvolvido na área de projeto, construção e aplicações de dinamômetros e entender as tecnologias utilizadas em instrumentação, aquisição e processamento de dados. A segunda fase abrange, com o auxílio da fundamentação teórica, o projeto do dinamômetro (conceitual e análises de engenharia) considerando uma força resultante de 1 kN. A terceira etapa envolve a manufatura (estratégias de usinagem) para os componentes projetados, usinagem e medição. Atividades de projeto e manufatura serão suportadas pelo programa de *CAX Creo Parametric 3.0*. A quarta fase trata do sistema de aquisição, processamento de dados e análise do sinal emitido pelo transdutor através da elaboração de programas de aquisição, calibração e análise. Far-se-á uso do sistema de aquisição e processamento de dados da *National Instruments (CompactDAQ e módulo NI 9237)* e do programa *LabView*. Em seguida, serão feitos testes de calibração e ensaios de usinagem em corpos de prova.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O projeto encontra-se em fase inicial e, como previsto no plano de trabalho, ainda não apresenta resultados.

## **CONCLUSÃO**

O dinamômetro para medição de componentes tridimensionais de força resultante de até 1 kN para elementos prismáticos a ser desenvolvido neste trabalho baseia-se em extensômetros. Este possibilita a análise de força presente na usinagem de equipamentos e instrumentos utilizados na indústria do petróleo, permitindo maior exatidão nos processos envolvidos e proporcionando aprimoramentos e melhorias.



## REFERÊNCIAS

- [1] HOFFMAN, K. An introduction to stress analysis and transducer design using strain gauges. 1 ed. Darmstad: HBM Publisher, 2014.
- [2] RIBEIRO, K.S.B. Construção de dinamômetro para avaliação de carregamentos na manufatura de componentes para a indústria do petróleo. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014. Disponível em: [http://www.nupeg.ufrn.br/teses\\_diss\\_g.html](http://www.nupeg.ufrn.br/teses_diss_g.html), acesso em 03 de abril de 2016.
- [3] SILVA, P.S. e FILHO, J.A.P.S. A importância da metrologia na Petrobrás. Artigo, Petrobrás, 2005. Disponível em: <http://www.banasqualidade.com.br/revistas/metrologia%20na%20petrobras.pdf>, acesso em 13 de junho de 2016.

## RESUMO EXPANDIDO

### *CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES AMOSTRAS DE PETRÓLEO: UMA ABORDAGEM COMPUTACIONAL E ANÁLISE DE DADOS PVT*

*Thales Barbalho\*; Marcos Almeida; Fedra Vaquero; Humberto Maia; Osvaldo  
Chiavone-Filho \*tbarbalhoeq@live.com*

## INTRODUÇÃO

Para sistemas multicomponentes os parâmetros críticos são dados escassos, a falta dessas informações é devido à dificuldade existente na determinação experimental, uma vez que o equilíbrio de fases de misturas envolvendo dióxido de carbono e petróleo ou seus resíduos não é simples. É por isso que a caracterização de petróleo e das suas propriedades físicas tem recebido atenção significativa nas últimas décadas. Esse procedimento é usado para representar o petróleo com um número razoável de espécies identificadas e pseudo-componentes para encontrar os parâmetros das equações de estado necessários. Desta forma, temos uma solução que permite a aplicação de modelos termodinâmicos para misturas encontradas no petróleo, e em virtude disso uma ferramenta indispensável nas simulações envolvendo os respectivos processos nesse tipo de sistema.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O petróleo é naturalmente uma mistura de gás natural e óleo bruto que existem no reservatório a temperaturas e pressões elevadas. Na composição desse fluido está incluído centenas ou milhares de hidrocarbonetos e compostos inorgânicos, tais como nitrogênio, dióxido de carbono, e gás sulfídrico. As propriedades físicas destas misturas dependem principalmente da composição, da temperatura e pressão [1].

Algumas propriedades termodinâmicas são essenciais para a caracterização de uma amostra de petróleo, bem como para a realização de simulações PVT dos fluidos em questão, são eles: massa molecular, ponto de ebulição, densidade e constantes críticas [2].

## METODOLOGIA

A densidade da amostra de gás condensado foi determinada com a utilização de um picnômetro de 10 ml com medições realizadas em triplicata, sendo o mesmo calibrado com água destilada. Posteriormente, a amostra foi submetida à uma destilação ASTM até a temperatura de 150°C, onde as frações são separadas por diferença nos pontos de ebulição, sendo possível assim, traçar um gráfico da temperatura em função da fração mássica acumulada (FMA).

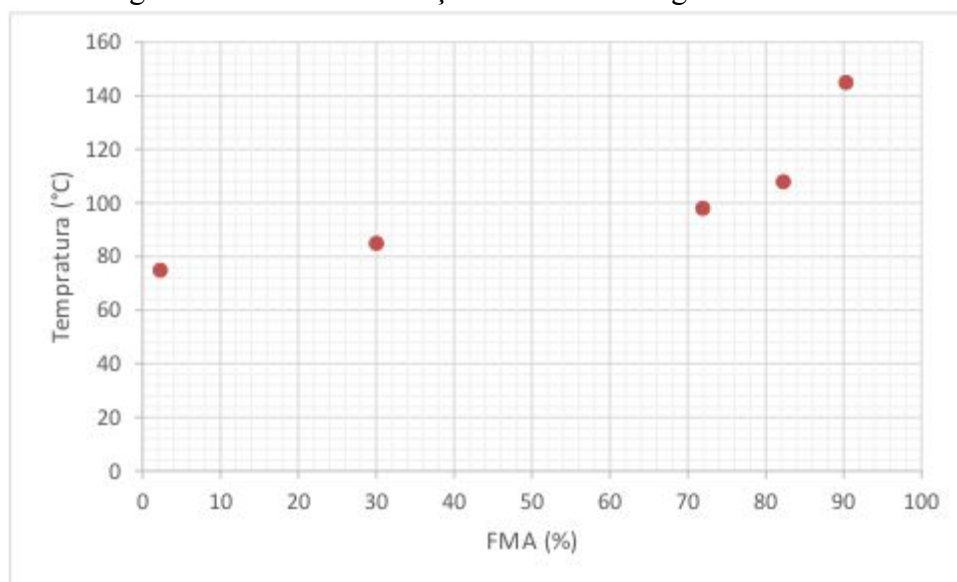
## RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos no cálculo da densidade da amostra de gás condensado, podendo ser observado uma boa reprodutibilidade da análise desse parâmetro. Através da Figura 1 é possível visualizar a curva de destilação do mesmo.

Tabela 1: Densidade da amostra de gás condensado.

Amostra de Gás Condensado	Densidade (g/mL)
1	0.69895
2	0.69711
3	0.69215
<b>Média</b>	0.69607

Figura 1: Curva de destilação da amostra de gás condensado.



Observando o gráfico vemos que ao final da destilação mais de 90% da amostra evaporou, restando apenas resíduos que, provavelmente, só destilariam com uma temperatura mais elevada. A maior parte da amostra foi evaporada na faixa de 85-100°C.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados mostraram que a metodologia empregada está sendo eficiente para caracterizar amostras de gás condensando, podendo também ser utilizada para a caracterização de petróleo e outros subprodutos deste. Seguindo o cronograma do projeto, próximo passo é a aplicação dessas amostras na célula PVT para a realização de experimentos envolvendo equilíbrio de fases.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] WHITSON, C. H.; BRULÉ, M. R. *Phase behavior*. Texas: SPE, 2000;
- [2] RIAZI, M. R. *Characterization and properties of Petroleum Fractions*. Kuwait: Astm International, 2005.

## RESUMO EXPANDIDO

### ***UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA POR FLOCULAÇÃO IÔNICA NA GERMINAÇÃO DO SESAMUM INDICUM***

***João Miller de Melo Henrique\*; Giovanni Silva de Oliveira; Leandro Silva Ferreira Junior; Eduardo Lins de Barros Neto; Márcio Dias Pereira***

***\*joamiller@ufersa.edu.br***

Diariamente, é estimada uma produção de cerca de 250 milhões de barris de água produzida em todo mundo, oriundos das atividades onshore e offshore (Fakhru'l-Razi *et al.*, 2009). Por outro lado, mesmo com esse grande volume de água gerado, diversos países que detêm atividades ligadas a exploração e produção de petróleo também sofrem com a escassez de água. Logo, os esforços estão cada vez mais concentrados para encontrar métodos de tratamento eficientes e de baixo custo para remoção de poluentes, como forma de complementar seus recursos de água bastante limitados (Veil, 2011). Em relação à utilização de água produzida para irrigação agrícola, os níveis de nutrientes são benéficos à sua produtividade, suprindo a necessidade nutricional das culturas. Porém, as concentrações elevadas da salinidade e metais pesados podem causar danos ao meio ambiente, devendo receber o tratamento adequado para atender aos parâmetros estabelecidos por órgãos regulamentadores. Estudos recentes mostraram que a floculação iônica surge como uma alternativa de tratamento ambientalmente compatível, resultado da interação entre tensoativos com metais alcalino-terrosos. Os flocos gerados no meio aquoso são capazes de interagir com compostos orgânicos e remover o contaminante por simples filtração. Visto a carência de trabalhos envolvendo o emprego de água produzida na irrigação agrícola, essa pesquisa visa o reuso desse efluente na germinação de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) a partir do tratamento prévio com floculação iônica. A cultura foi escolhida por ser uma espécie bioacumuladora, apresentar porte baixo e precoce, além de ciclos rápidos de germinação (Brasil, 2009). Para tanto, cinco concentrações do tensoativo sabão base (300, 350, 400, 450 e 500 ppm) foram utilizadas para promover a floculação em um efluente sintético que contém 106,5 ppm de TOG, 2000 ppm de NaCl, 28,77 ppm de potássio, 121,24 ppm de cálcio e 34,79 ppm de magnésio, simulando assim uma água de produção. Os parâmetros escolhidos foram baseados nas análises do efluente obtido da Estação de Tratamento de Água Produzida (ETAP) de uma Unidade Operacional de Exploração e

Produção da PETROBRAS/UO-RNCE, cuja amostra foi coletada após o separador O/A (SAO). Quanto ao tratamento, parâmetros importantes foram mensurados de forma a identificar sua eficiência. O percentual de remoção dos metais foi analisado no Espectrofotômetro de Absorção Atômica SpectrAA-20 plus, da VARIAN, e o percentual de remoção de óleo no Infracal – TOG/TPH HATR-T, da Wilks Enterprise Corporation. Em relação à germinação, os parâmetros estudados foram: teste de germinação, primeira contagem do teste de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG). Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, realizando-se a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os resultados do tratamento com o sabão base indicam que o percentual de remoção do cálcio alcança valores de até 30%. Porém as concentrações de magnésio e potássio permanecem praticamente constantes. Já o percentual de remoção do óleo alcançou valores próximos a 100%. Em relação ao teste de germinação, os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias dos parâmetros referentes à germinação submetidas ao teste de Tukey a 5%.

Lotes	Efluente utilizado	G (%)	PCG (%)	IVG
1	Água destilada	53 a	10,5 a	6,72 a
2	Água produzida	33 b	5,5 a	4,01 b
3	Tratado com 300 ppm	34 ab	9,5 a	4,57 ab
4	Tratado com 350 ppm	29 b	5 a	4,16 b
5	Tratado com 400 ppm	31,5 b	11 a	4,17 b
6	Tratado com 450 ppm	41,5 ab	11 a	5,98 ab
7	Tratado com 500 ppm	38,5 ab	9 a	5,36 ab
CV (%)	-	8,07	3,09	1,05

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Não houve diferença significativa para os 7 lotes testados para a primeira contagem do teste de germinação. Porém observou-se diferença entre os lotes em relação ao teste de germinação e IVG, cuja média entre os lotes foi de 37,21 e 4,99, respectivamente. Além disso, os melhores resultados são alcançados quando se utiliza água destilada. Dessa forma, pode-se concluir que a quantidade de sais em solução retarda, devido ao estresse salino, a germinação das sementes e conseqüentemente a sua velocidade de protusão da radícula. Logo, para essa cultura, faz-se necessário um tratamento adicional para reduzir as concentrações de metal e sal. Quanto aos coeficientes de variação, é possível verificar que os valores ficaram abaixo de 10 %, implicando assim numa baixa dispersão dos dados.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

FAKHRU'L-RAZI, A.; ALIREZA, P.; LUQMAN, C. A.; DAYANG, R. A. B.; SAYED, S. M.; ZURINA, Z. A. **Review of technologies for oil and gas produced water treatment.** J. Hazard. Mater. v. 170, p. 530–551, 2009.

VEIL, J. A. **Produced water management options and technologies.** Produced Water, Environmental Risks and Advances in Mitigation Technologies, p. 537–572, 2011.

## RESUMO EXPANDIDO

### *ANÁLISE DA RELAÇÃO DE LUBRICIDADE DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO NA REDUÇÃO DO DESGASTE DA BROCA DE PERFURAÇÃO*

*Kaciê Karoline de Araújo Trindade\*; Dr.<sup>a</sup> Salete Martins Alves*

*\*kacietrindade@gmail.com*

## INTRODUÇÃO

A broca de perfuração é um dos componentes que possui elevada importância durante a perfuração de poços de petróleo devido ao alto custo e essencial função, entretanto está sujeita a desgaste excessivo, uma vez que está em contato direto com a rocha, raspando, esmagando e triturando-a. Portanto, esse trabalho objetiva determinar a relação de lubricidade do fluido de perfuração com a broca no contato com diversos tipos de rocha, a fim de analisar o seu desempenho na redução do desgaste da broca.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desgaste das brocas durante a perfuração é um dos fatores principais que determinam o tempo de vida da broca, uma vez que ele diminui a taxa de penetração e aumenta a força de perfuração durante o processo de perfuração de um poço. Significante economia pode ser obtida se o controle eficaz do desgaste das brocas for obtido. Cada tipo de rocha produz um diferente tipo e taxa de desgaste, isso varia de acordo com a natureza da interação entre a broca e a rocha (ERSOY, WALLER, 1995).

## METODOLOGIA

Foram utilizadas pastilhas de carboneto de tungstênio (WC, classe H13A - Sandvik), como referência para análises em brocas tricônicas com insertos de WC, e cortadores/bits de diamantes sintético policristalino (PDC) com 11 mm incrustados em uma broca de bitola 6 1/8” cedida pelo Petrobrás (modelo DSX111 HGJW B1, série 111986). Para realização dos experimentos, foram construídos além de suportes, uma bancada que foi anexada a plaina mecânica com o objetivo de simular o processo de deposição gradual do fluido de perfuração durante a raspagem da rocha. Em seguida, realizaram-se os testes de raspagem utilizando os cortadores de WC e de PDC, caracterização do fluido de perfuração a partir de sua análise



reológica e análises microscópicas com o auxílio de microscópio endoscópio digital e microscópio eletrônico de varredura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes experimentais envolvendo o arenito com óleo impregnado e calcário em raspagem auxiliada por plaina mecânica notou-se um desgaste acentuado na ponta do inserto de carboneto de tungstênio submetido a atrito sem uso do fluido de perfuração quando comparado ao desgaste com uso dele, o que fortalece a hipótese que o fluido de perfuração exerce poder lubrificante na broca durante a perfuração. Na Figura 1 (a) é representado um gráfico comparativo do desgaste sofrido pela pastilha de carboneto de tungstênio nos ensaios com o arenito e calcário. Notou-se uma diferença significativa no desgaste da pastilha utilizando o arenito e o calcário como abrasivos. Esse resultado se deu porque o calcário possui dureza inferior ao do arenito. Gráfico comparativo para o desgaste nos cortadores de diamante policristalino (PDC) ainda não foi obtido, entretanto imagens realizadas nos cortadores de brocas utilizadas na perfuração de poços *on-shore* da Bacia Potiguar (cujas principais formações rochosas são constituídas por arenitos flúvio-deltaicos e turbidíticos e folhelhos lacustres e marinho-evaporíticos) são apresentadas na Figura 1 (b).

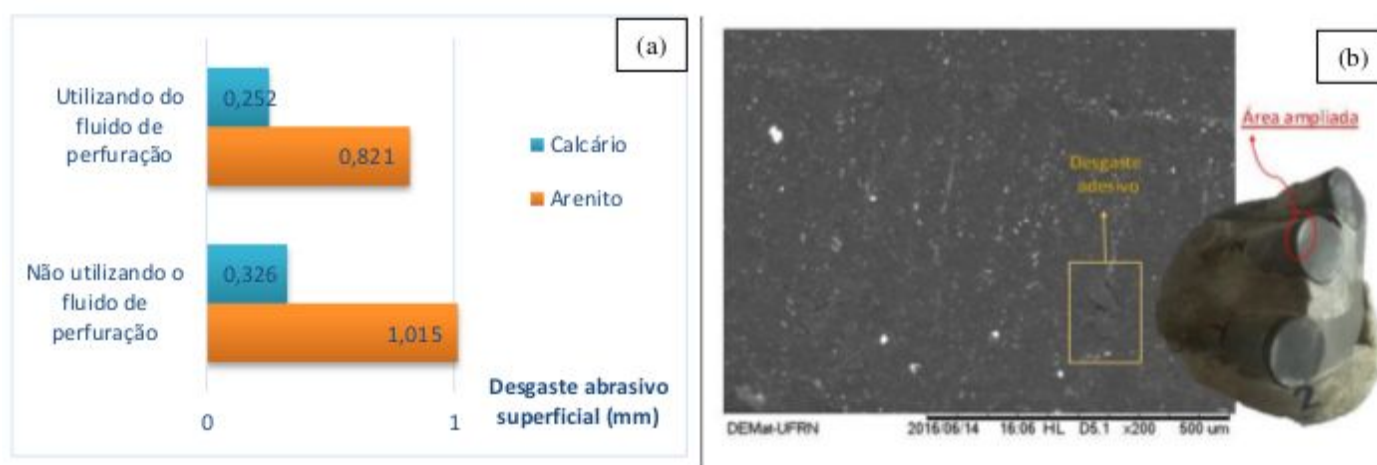


Figura 1: (a) Desgaste sofrido pelo cortador de carboneto de tungstênio e (b) pelo cortador de PDC.

## CONCLUSÃO

Até o presente momento, os ensaios tribológicos obtiveram ótimos resultados, uma vez que houve uma menor redução nas dimensões dos insertos quando submetidos à raspagem utilizando o fluido de perfuração. Fortalecendo o argumento de que o fluido de perfuração pode agir como lubrificante e fluido de corte, embora seja um fluido argiloso, salgado e polimérico. A bancada construída mostrou-se satisfatória, visto que atendeu com sucesso o propósito de simular o processo de deposição gradual do fluido de perfuração durante a raspagem da rocha pela pastilha de carboneto de tungstênio.

## REFERÊNCIAS

ERSOY, A.; WALLER, M.d.. Wear characteristics of PDC pin and hybrid core bits in rock drilling. **Wear**, 188, p. 150-165,1995.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia do petróleo**. 2º edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.



XVIII WORKSHOP DO PRH14 – 3 e 4 de agosto de 2016  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
ENGENHARIA DE PROCESSOS EM PLANTAS DE  
PETRÓLEO E GÁS NATURAL - PRH14



**RESUMO EXPANDIDO**

***DETERMINAÇÃO DE DADOS DE EQUILÍBRIO PARA SISTEMAS NAS CONDIÇÕES DO PRÉ-SAL***

*Fedra A. V. Ferreira\*; Osvaldo Chiavone-Filho; Humberto N. Maia de Oliveira*

*\*fedravaquero@hotmail.com*

**INTRODUÇÃO**

O crescente interesse nas condições de extração e produção na zona do pré-sal levou à necessidade de estudar sistemas complexos a altas pressões e temperaturas, isto é, 700 bar e 120 °C. O objetivo deste trabalho é obter dados de equilíbrio de fases a altas pressões e temperaturas. A obtenção desses dados é possível usando uma célula de equilíbrio que tem por base o método sintético-visual que permite pressões de trabalho até 300 bar e temperaturas até 130°C.

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O conhecimento do equilíbrio de fases a altas pressões é de elevada importância para a compreensão da técnica e dos processos naturais que ocorrem a altas pressões. Um exemplo da necessidade do equilíbrio de fases a altas pressões é a simulação de reservatórios de petróleo, recuperação do óleo, o transporte e armazenamento do gás natural, entre outros. Os métodos analíticos (An) envolvem a determinação analítica da composição de fases coexistentes. Os métodos sintéticos (Syn) têm por base a preparação de uma mistura de composição totalmente conhecida. Esta mistura é colocada numa célula de equilíbrio e o comportamento do equilíbrio de fases é monitorado e propriedades como temperatura e pressão são verificadas no equilíbrio [1].

**MATERIAIS E MÉTODOS**

Inicialmente, são introduzidas, no interior da célula de equilíbrio, as quantidades precisas das substâncias puras, fixando-se assim a composição molar do sistema que é mantida constante durante todo o experimento. Para medidas em uma temperatura constante é necessário o ajuste e controle da mesma. O sistema é então pressurizado de forma que o mesmo esteja todo na fase líquida. Realiza-se uma depressurização lenta do sistema até o aparecimento da primeira bolha de vapor, determinando-se assim a pressão de saturação do

sistema na composição conhecida e temperatura controlada. Para a validação dos dados experimentais obtidos realizou-se uma metodologia computacional que consistiu em aplicar a equação de estado Soave-Redlich-Kwong, associado com as constantes de Mathias-Copperman e utilizando a regra de mistura van der Waals, através do software SPECS v5.63 para prever o comportamento do equilíbrio de fases dos sistemas estudados. O parâmetro de interação do binário CO<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>10</sub> foi calculado utilizando dados experimentais previamente obtidos, para o binário C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>-C<sub>30</sub>H<sub>62</sub> foi utilizado o método de contribuição de grupos proposto por Qian e seus colaboradores [2], enquanto que CO<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>H<sub>62</sub> foi retirado da literatura [3]. A Figura 1 apresenta um esquema do aparato experimental.

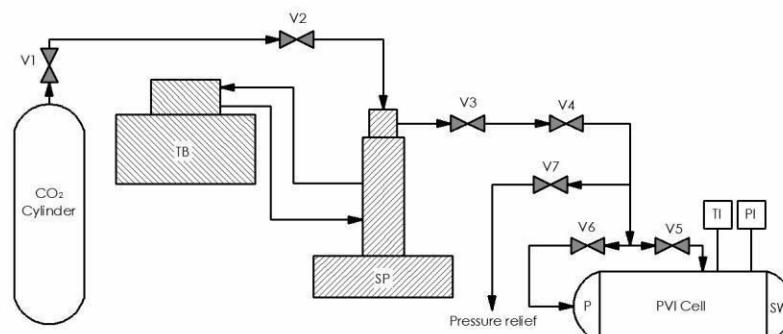


Figura 1. Esquema do aparato experimental. TB: Thermostat Bath; SP: Syringe Pump; P: Piston; V: Valve; SW: Sapphire Window; TI: Temperature indicator; PI: Pressure indicator.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi efetuado com a variação das composições de CO<sub>2</sub> e de C<sub>30</sub>H<sub>62</sub>, mantendo fixa a composição de ciclohexeno (Figura 2).

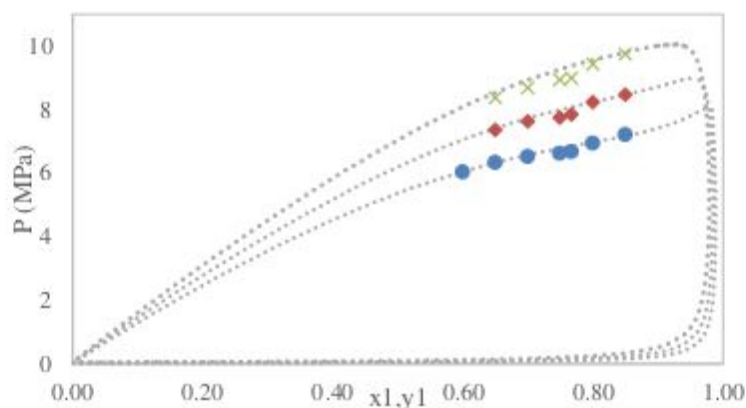


Figura 2 - Gráfico do sistema CO<sub>2</sub> – C<sub>6</sub>H<sub>10</sub> – C<sub>30</sub>H<sub>62</sub> a 313,15 K, 323,15 K, 333,15 K e SRK-EOS (kij=0.1065, lij=0.0236)

## CONCLUSÕES

Os experimentos com o sistema CO<sub>2</sub> – C<sub>6</sub>H<sub>10</sub> - C<sub>30</sub>H<sub>62</sub> produziram resultados coerentes com os obtidos por simulação computacional. O cronograma de execução está a ser cumprido. A revisão bibliográfica sobre

o tema está a ser efectuada e experimentos preliminares com amostras de petróleo começaram já a ser realizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. M. S. Fonseca, R. Dohrn, and S. Peper, “High-pressure fluid-phase equilibria: Experimental methods and systems investigated (2005-2008),” *Fluid Phase Equilib.*, vol. 300, pp. 1–69, 2011.
- [2] J. W. Qian, J. N. Jaubert, and R. Privat, “Prediction of the phase behavior of alkene-containing binary systems with the PPR78 model,” *Fluid Phase Equilib.*, vol. 354, pp. 212–235, 2013.
- [3] G. Brunner, C. Saure, and D. Buss, “Phase Equilibrium of Hydrogen, Carbon Dioxide, Squalene, and Squalane <sup>†</sup>,” *J. Chem. Eng. Data*, vol. 54, no. 5, pp. 1598–1609, May 2009.

## RESUMO EXPANDIDO

### ***SOLUBILIDADE DE CLORETO DE CÁLCIO EM MISTURAS DE ÁGUA E MONOETILENOGLICOL (MEG)***

***Iêda L. Mendes Silva; Osvaldo Chiavone-Fileho***

***\*iedaleticia.mendes@gmail.com***

## INTRODUÇÃO

Dentro do universo da indústria petrolífera, a formação de hidratos se apresenta como um dos grandes empecilhos atrelados à poços produtores de gás. Uma das técnicas utilizadas para evitar a formação de hidratos, é a utilização de compostos inibidores, destacando-se entre esses o monoetilenoglicol (MEG), sendo este injetado na cabeça dos poços produtores (Karami *et al*, 2015). No entanto, ao retornar à superfície a corrente de MEG carrega tanto sedimentos como água, advindos das formações dos poços. Dessa forma, a regeneração do MEG se faz necessária para a rentabilidade do processo.

Conforme descrito por Jonassen (2013), a regeneração do MEG envolve, nesta ordem, etapas de pré-tratamento, remoção de sais e remoção de água. A fim de se otimizar as condições operacionais, este trabalho pretende determinar a solubilidade especificamente do sal cloreto de cálcio em misturas de água e MEG, sob diversas condições de temperatura.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dados experimentais do sistema em estudo são carentes na literatura, mas em Masoudi *et al* (2005), pode-se encontrar valores de solubilidade do  $\text{CaCl}_2$  em baixas concentrações de MEG no solvente, numa faixa de temperatura entre 0 e 60°C.

A solubilidade do referido sal em MEG puro foi avaliada por Isbin e Kobe (1945) na temperatura de 25°C, este trabalho não inclui, porém, a informação da fase sólida formada. Já a solubilidade do cloreto em água somente já foi amplamente avaliada na literatura (Linke e Seidell (1958), Isbin e Kobe (1945), Masoudi *et al* (2005), Potter e Clynne (1978)), embora exista uma variância nos valores reportados por fontes diferentes.

## METODOLOGIA

Inicialmente, são preparadas curvas de calibração a fim de se conhecer o comportamento da densidade e condutividade de misturas aquosas de MEG, de concentrações conhecidas de sal. Uma vez elaboradas as curvas, o experimento de saturação é realizado. Esta é garantida através do excesso de sal, e consequente fase sólida observável, na mistura de solvente. Após agitado durante 90 minutos é aguardada a total decantação dos cristais de  $\text{CaCl}_2$ . Finalmente, uma amostra de solução saturada é retirada e diluída. A solubilidade do sal é calculada por meio das densidades e condutividades da amostra diluída, com auxílio das curvas de calibração.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do procedimento citado foi possível determinar a solubilidade do cloreto de cálcio numa larga faixa de concentrações de solvente, sob as temperaturas de 25 e 50°C, ilustrados na Figura 1. Nesta mesma figura, a solubilidade é descrita através da porcentagem mássica de cloreto de cálcio versus a concentração de MEG livre de sal.

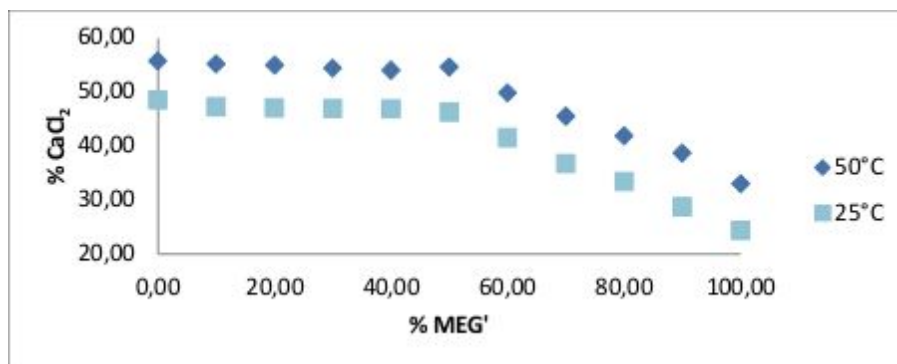


Figura 1 - Solubilidade do cloreto de cálcio em misturas aquosas de MEG, às temperaturas de 25 e 50°C.

Os valores da solubilidade do sal nos solventes puros estão em concordância com valores da literatura (Isbin e Kobe (1945) e Masoud *et al* (2005)), validando assim a metodologia experimental.

Uma análise inicial dos dados permite a percepção do decréscimo da solubilidade do referido sal em função do aumento da temperatura na qual é conduzido o experimento. Além da influência da temperatura, o efeito *salting-out* provocado pela presença do MEG no sistema é também digno de atenção, sendo este considerado desprezível até a faixa de concentração de 50% de MEG livre de sal. A partir de então, o decréscimo da solubilidade assume comportamento aproximadamente linear.

## CONCLUSÃO

O comportamento observado da solubilidade do sal no sistema estudado não pode ser descrito de maneira satisfatória nem pelo modelo ideal de mistura de solventes, nem pelo modelo de Setchenov, pois ambos os modelos não preveem a leve variância da solubilidade para baixas concentrações de MEG na mistura de

solventes. Dessa maneira, a perspectiva imediata deste trabalho é a implementação de modelos mais robustos com o intuito da melhor descrição possível dos dados produzidos.



## RESUMO EXPANDIDO

### ***REMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM FENANTRENO VIA PERSULFATO DE SÓDIO***

#### ***ATIVADO COM DIATOMITA MODIFICADA POR FERRO EM REGIME DESCONTÍNUO***

***Alessandra Ramos de Souza\****; ***Celyna Káritas Oliveira da Silva-Rackov***; ***José Daladiê Barreto da Costa Filho***; ***Vivian M. A. Magalhães***; ***Oswaldo Chiavone-Filho***

\* [ramos.alessandra@hotmail.com](mailto:ramos.alessandra@hotmail.com)

## RESUMO

Este trabalho tem com objetivo avaliar o tratamento de solo contaminado com fenantreno utilizando o oxidante persulfato de sódio ativado com catalisador heterogêneo. Para a síntese do catalisador heterogêneo foi utilizado como suporte a diatomita, na qual foram precipitados hidróxidos de ferro na fase ativa do catalisador. Para esse estudo ensaios em batelada foram executados.

## INTRODUÇÃO

Vários pesquisadores têm publicado sobre os impactos adversos na saúde humana, como resultado da contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA). Mesmo com os esforços dos órgãos reguladores, a contaminação por HPA não pode ser completamente eliminada, porque a sua ocorrência está ligada ao cotidiano do homem (Anyakora et al. 2011).

A oxidação química in situ (ISCO) é uma tecnologia baseada na injeção de oxidantes químicos em meios contaminados (solo, água subterrânea e sedimento) com o objetivo de destruir o contaminante através de reações químicas e converter a sua massa em compostos inertes (Huling & Pivetz, 2006). O persulfato ( $S_2O_8^{2-}$ ) é uma forma relativamente nova de oxidante que tem sido investigada na oxidação química, principalmente em escala de bancada.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O fenantreno é um pó branco e possui 3 anéis aromáticos, sendo utilizado na indústria de corantes e de explosivos. Pertence à classe dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) que, de acordo com a Embrapa (2009), são substâncias lipofílicas, ou seja, tem afinidade e são solúveis em lipídios, e são também hidrofóbicas, ou seja, não são solúveis na água. Podem persistir no ambiente e as suas distribuições nos

compartimentos ambientais (água, ar, solo, organismos, biota aquática e planta) dependem das suas propriedades físico-químicas e das características de cada compartimento.

## **METODOLOGIA**

O método inovador de ativação para oxidação avançada utilizado nesta pesquisa tem como suporte a diatomita e a fase ativa hidróxidos de ferro. Para avaliar as condições de preparo desses materiais, foram preparados 4 tipos de catalisadores CAT-1, CAT-2, CAT-5 e CAT-20, as concentrações de hidróxido de sódio utilizadas para cada amostra foram  $1 \text{ molL}^{-1}$ ,  $2 \text{ molL}^{-1}$ ,  $5 \text{ molL}^{-1}$  e  $20 \text{ molL}^{-1}$ , respectivamente. As concentrações de íons de ferro foram as mesmas para todas as amostras, sulfato férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) a concentração  $366 \text{ g.L}^{-1}$  e sulfato ferroso heptahidratado ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) a concentração  $183 \text{ g.L}^{-1}$ .

Os experimentos realizados em batelada tinham como objetivo investigar a viabilidade da utilização do oxidante persulfato de sódio em tecnologia de remediação in situ para solo contaminado com micropoluentes orgânicos, sendo escolhido como contaminante para tratamento o fenantreno. O solo utilizado neste trabalho é de característica arenosa, apresenta baixo teor de matéria orgânica (0,13% de teor de carbono orgânico total) e foi coletado em Natal-RN. Para os ensaios de remediação, em cada erlenmeyer (reator) de 125 mL, foram pesados 10 gramas da amostra contaminada em laboratório com 200 mg de fenantreno por kg de solo, sendo adicionados os volumes das soluções do oxidante e completados com água mili-Q até o volume de 20 mL. Ensaios controles (sem adição de oxidante) foram realizados para todas as reações, nas mesmas condições de tratamento. Os experimentos foram realizados em duplicata, e o erro experimental nesse estudo foi menor do que 5%. Os ensaios foram realizados a temperatura ambiente  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Para avaliar a eficiência do oxidante persulfato de sódio na presença de catalisador sintetizado em condições ótimas para o tratamento do fenantreno, ensaios foram realizados utilizando persulfato de sódio a  $45 \text{ g.L}^{-1}$  e 1 g dos catalisadores (CAT-1, CAT-2, CAT-5 e CAT-20), durante 7 dias de tratamento. A quantificação da contaminação residual é realizada por extração sólido-líquido e posterior injeção em um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE) acoplado com UV-Visível (HPLC-UV) da Shimadzu.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com os resultados observou-se que o fenantreno foi degradado em todas as reações utilizando persulfato ativado com os diferentes tipos de catalisadores. Os materiais CAT-1, CAT-2, CAT-5 e CAT-20 degradaram 98%, 97%, 93% e 94%, respectivamente, em 168 horas de tratamento. Pode-se considerar que os diferentes catalisadores têm a mesma eficiência, por terem praticamente os mesmos teores de ferro, mesmo sendo sintetizados em diferentes concentrações de NaOH.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados mostraram que a alteração realizada na síntese do catalisador utilizando menor concentração de hidróxido de sódio, melhorou a eficiência catalítica do material, provavelmente porque ao utilizar menor concentração desse reagente, formou-se menor quantidade de subprodutos indesejáveis durante a síntese. Isso pode indicar menor custo de produção por utilizar menor quantidade de reagente sem perder eficiência do material.

## **REFERÊNCIAS**

- ANYAKORA, C.; COKER H.; ARBABI, M. Application of Polynuclear Aromatics hydrocarbons in chemical fingerprinting: The Niger Delta Case Study. *Iran. J. Environ. Health Sci. Eng.*, 8(1), 2011, 75-84.
- HULING, S.; PIVETZ, B. Engineering Issue: In Situ Chemical Oxidation, USEPA 600/R-06/072. *U.S. EPA*, Office of Research and Development, 2006.

## RESUMO EXPANDIDO

### *Inibição da biocorrosão em aço carbono 1020 AISI por ação do óleo essencial de Lippia gracilis Schauer em diferentes meios corrosivos*

*Marcelino Gevilbergue Viana<sup>1</sup>\*; Everaldo Silvino dos Santos<sup>2</sup>; Márcia Tereza Soares de Lutterbach<sup>3</sup>; Cynthia Cavalcanti de Albuquerque<sup>4</sup> e Djalma Ribeiro da Silva<sup>5</sup>*  
*\*bergvianna@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

Na indústria de petróleo e gás os danos por corrosão atingem a cifra de milhões de dólares despendidos para prevenção e controle. A biocorrosão ocorre pela atividade direta ou indireta de microrganismos em biofilme na superfície de diferentes materiais e representa cerca de 20% de todos os casos de corrosão na cadeia produtiva de petróleo [1]. Substâncias químicas são amplamente usadas como forma de controle da biocorrosão, porém possuem várias desvantagens diante da atual problemática ambiental. Extratos, óleos essenciais ou não, são recursos naturais vantajosos diante das políticas de sustentabilidade ambiental que as indústrias devem se inserir. O objetivo desse trabalho foi avaliar a ação do óleo essencial de *Lippia gracilis* Schauer no controle da corrosão em aço carbono 1020 AISI após ação microbiana em diferentes meios considerados corrosivos.

## METODOLOGIA

O óleo essencial de *L. gracilis* Schauer foi obtido por hidrodestilação e sua identificação química realizada por cromatografia gasosa acoplada a espectrofotômetro de massa (CG-EM). Os biocupons de aço carbono 1020 AISI foram devidamente tratados, inseridos tangencialmente em sistema dinâmico com circulação de água forçada e deixados por sete dias para obtenção dos biofilmes microbianos. Após esse período os biocupons foram retirados do sistema dinâmicos e foi efetuada a decapagem para a retirada dos biofilmes. Imediatamente após a retirada dos biofilmes os biocupons foram presos em linha *nylon*, inseridos em *Erlenmeyers* contendo  $20,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  do óleo essencial (OE) com diferentes meios corrosivos: água de produção de petróleo (APP+OE), solução salina a 5% (0,5 M) (SS+OE) e água esterilizada (AE+OE). Como

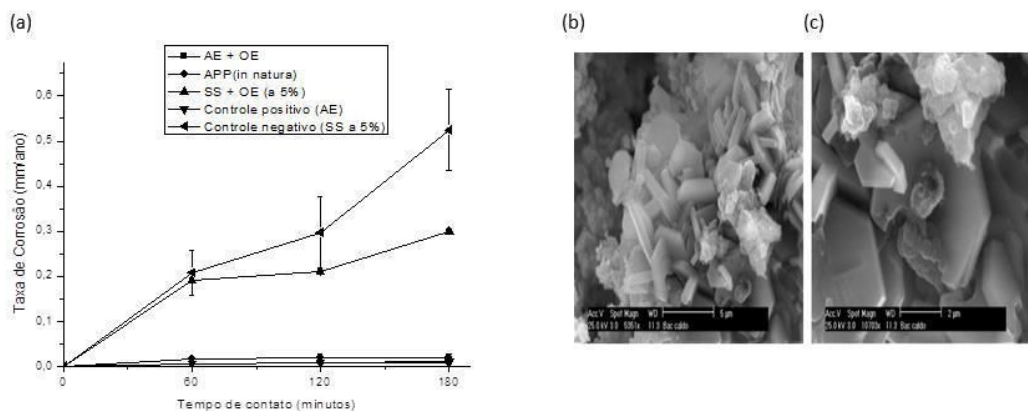
surfactante foi utilizado 50,0 mL de *Tween* 80% (v/v) para solubilizar o óleo essencial acrescentado a cada meio e como controle positivo e negativo foram utilizados água esterilizada (AE) e solução salina a 5% (SS), respectivamente, sem adição do óleo essencial. O tratamento consistiu na imersão dos biocupons em cada meio corrosivo por diferentes tempos de contato: 0, 60, 120 e 180 minutos, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição representada por um biocupom. A taxa de corrosão foi calculada pela equação:  $CR = 87.6 W/dAt$ , onde: CR, taxa de corrosão; W, perda de massa (mg); d, densidade do cupom de prova ( $g/cm^3$ ); A, área exposta do cupom de prova ( $cm^2$ ) e t tempo de exposição (em horas). A densidade do aço foi considerada  $7,86 g/cm^3$ . As taxas de corrosão foram obtidas em *mma* (milímetro de penetração por ano), unidade que indica penetração e profundidade do ataque corrosivo, sendo obtidas as médias para cada meio e avaliadas a diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0.05$ ). Por fim, micrografias eletrônicas (MEVs) foram obtidas para analisar a eficiência da inibição do óleo essencial em diferentes meios a partir da análise da presença de produtos de corrosão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O óleo essencial de *L. gracilis* Schauer apresentou como componentes majoritários carvacrol (65,9%) e timol (6,12%), e houve atividade anticorrosiva sobre aço carbono 1020 AISI ao final do tempo de contato, com diferença estatística entre os meios avaliados (Figura 1a). O óleo essencial mostrou reduzir a taxa de corrosão ao fim do tempo de contato (180 minutos) em ambos os meios: APP+OE e SS+OE, diferindo estatisticamente dos controles. A taxa de corrosão foi reduzida pela metade ( $CR = 0,299$ ) mesmo em meio SS, considerado bastante corrosivo. As micrografias revelaram presença de produtos de corrosão na superfície dos biocupons tratados entre ambos os meios: SS+OE e APP+OE, porém esse último em menor quantidade (Figura 1b e 1c). A atividade anticorrosiva atribuída ao óleo essencial deve-se principalmente à presença de monoterpenos aromáticos, que agem em conjunto reduzindo a corrosão por efeitos de inibição anódica, impedância capacitiva ou pela simples adsorção à superfície do metal, formando uma película protetora denominada “filme” [2]. Porém, quando o meio apresenta grandes quantidades de sais a efetividade na inibição tende a ser naturalmente reduzida devido a ausência de interação das biomoléculas.

## CONCLUSÃO

O óleo essencial de *L. gracilis* Schauer demonstrou possuir atividade anticorrosiva por perda de massa para aço carbono 1020 AISI em baixa concentração ( $20,0 \mu g.L^{-1}$ ) em meios considerados corrosivos, possuindo melhor atividade no meio APP.



**Figura 1:** Atividade anticorrosiva do óleo essencial de *L. gracilis* Schauer em aço carbono 1020 AISI: (a) análise realizada em triplicata. Controle positivo: água esterilizada (AE) e controle negativo: solução salina a 5%(SS). Meios: água esterilizada (AE), água de produção de petróleo (APP) e solução salina a 5%(SS). Micrografias mostrando a presença de produtos de corrosão na superfície do biocupom em meio SS (b) e em meio APP (c).

## REFERÊNCIAS

- [1] Lenhart TR, Duncan KE, Beech IB, Sunner JA, Smith W, Boifay V, Biri B, Suflita JM. 2014. Identification and characterization of microbial biofilm communities associated with corroded oil pipeline surfaces. *Biofouling*. 7:823–835.
- [2] Oguzie EE, Oguzie KL, Akalezi CO, Udeze IO, Ogbulie JN, Njoku VO. 2013. Natural products of materials protection: corrosion and microbial growth inhibition using capsicum frutescens biomass extracts. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 1:214–225.

## RESUMO EXPANDIDO

### *Computational Fluid Dynamic Modeling of a Microplasma Fuel Reformer*

*Thaieny Zucolotto \*; Dr. Peter J. Lindner; Dr. Ronald S. Besser*

*\*thaieny-zucoloto@hotmail.com*

Batteries are present in everyday life as the primary means to provide portable power to most of our electrical devices. Due to the low energy densities of batteries, portable fuel cell technologies have been heavily considered as a potential replacement. Fuel cells have the beneficial advantages of high overall efficiencies, no moving parts, and usually low temperature operation, but exhibit the limitation of not having a readily available stream of hydrogen. Microplasma reactors have been successfully designed, fabricated, and experimented as a novel fuel reformer. However, experimental measurements from the devices presented low energy efficiencies making the dynamics of the fluid transport in the novel devices an important aspect of further investigation. To learn more about the reactive microplasma environment a computational fluid dynamic (CFD) model of the microplasma reactor was created. Additionally, this model will ultimately be used to inform the ideal system conditions and improve microreactor designs in future generations of the experimental devices.

The low efficiencies are likely due to the large bulk volume allowing for a large portion of the feed to pass around the microplasma. The volume of the microreactor holder is 375  $\mu\text{L}$ , where the reactive microchannel is at most 0.5  $\mu\text{L}$ . The CFD model was designed in COMSOL Multiphysics version 5.2. The object of study is the channel and the bulk volume above the reactor. In the model only the channel volume is reactive. The model captures both momentum and mass transport. As reactants are fed into the holder in a gas phase they pass over and through the microchannel, the material in the microchannel is reacted and then products diffuse into the bulk volume, while more reactant diffuses into the channel. Based on the inconsistency of the microplasma size throughout experiments, three model variations were developed for each experiment that accounts for the 100% of the channel being reactive as well as 5% and 50%. Each model simulates experimented results to determine accuracy of the model. Due to reactor variation, the models are also

parameterizable with respect to width, depth, oxide thickness, inlet flow rate, reaction rate and electric current.

To date, all models have been tested with a carbon dioxide decomposition reaction; forming oxygen and carbon monoxide. The carbon dioxide reaction study was performed to analyze the microreactors, where carbon dioxide was chosen due to its ease in developing a plasma and simplicity in products. Currently the CFD model has presented reaction rates from 125 to 18,153 mol/m<sup>3</sup>-s (2.5E-8 to 9E-8 mol/s). This work's aim is to not only determine unique reaction characteristics of the microplasma environment, but also to de-termine key parameters to study optimization of device performance. We plan to present the results of the model, and the ideal parameters to obtain the highest energy efficiency of the microplasma fuel reformer.



## RESUMO EXPANDIDO

### ***REMOÇÃO DE ENXOFRE POR PROCESSOS DE OXIDAÇÃO E EXTRAÇÃO UTILIZANDO TENSOATIVOS NÃO IÔNICOS***

*Katherine Carrilho de Oliveira\*; Tereza Neuma de Castro Dantas; Afonso Avelino Dantas Neto*

*\*kathy\_carrilho@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as exigências dos órgãos ambientais relacionadas aos combustíveis utilizados nos meios de transporte vêm se tornando mais rígidas, buscando reduzir a poluição do ar. Devido as condições das reservas de petróleo bruto e das condições de mineração, estão sendo obtidos produtos derivados com qualidade inferior, especialmente com altas concentrações de enxofre, contribuindo para a dificuldade de refino e necessitando de tratamentos posteriores.

O desenvolvimento de novos processos e aprimoramento dos já existentes, constituem uma demanda tecnológica e de mercado, tanto para a remoção de compostos de enxofre em correntes brutas como para o tratamento das correntes já destiladas visando a obtenção de derivados com concentrações mínimas de poluentes. Assim, esse trabalho irá propor um estudo da oxidação do diesel combinada com o processo de extração utilizando tensoativos e seus sistemas para aplicação na remoção eficiente de enxofre do óleo diesel.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Shiraishi et al., 2002, oxidaram um combustível sintético com contaminantes de enxofre e nitrogênio utilizando peróxido de hidrogênio e ácido acético. Apenas com o processo de oxidação, o nitrogênio foi reduzido para valores menores que 22% da concentração de alimentação, mas, o enxofre não atingiu a concentração requerida de 0,05%. Isso aconteceu pois as sulfonas produzidas na oxidação tem alta hidrofobicidade, permanecendo no óleo. Com isso, a remoção dos compostos de enxofre foi realizada por extração líquido-líquido utilizando uma mistura azeotrópica de acetronitrila/água, reduzindo a concentração para valores inferiores a 0,05% mantendo uma alta recuperação do óleo.

Mohammed, Almilly e Al-Ali, 2015, utilizaram um diesel produzido através do processo convencional de HDS para produzir um combustível com baixa concentração de enxofre. Foram aplicadas as técnicas de oxidação, com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e ácido acético como catalisador, e extração por solvente utilizando acetonitrila (ACN) e N-metil-2-pirolidona (NMP). O maior percentual de remoção atingido foi de 98,5% utilizando NMP como solvente enquanto que para a ACN foi de 95,8%, ambos com corrente de alimentação sintética. As melhores condições encontradas foram aplicadas a uma corrente real de diesel já hidrotratado (1000 ppm de enxofre) e resultaram em 64,4% de remoção para a ACN e 75% para a NMP.

## METODOLOGIA

Inicialmente foram realizadas extrações utilizando tensoativos não iônicos e diesel comercial com 300 ppm de enxofre (razão 1:2) em tubos de ensaio seguido de agitação e centrifugação por 5 minutos a 1800 rpm. Foram retiradas alíquotas da fase extrato e refinado e análise de enxofre foi feita por fluorescência no ultravioleta (FUV) conforme a norma D5453. Após a escolha dos tensoativos, foram realizadas reações de oxidação utilizando peróxido de hidrogênio e ácido acético como catalisador à 60°C, pressão ambiente e 2 horas. O diesel oxidado foi submetido a extração com tensoativo e o teor de enxofre foi avaliado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os percentuais de extração e os coeficientes de partição obtidos com o diesel sem oxidação encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Percentual de extração utilizando tensoativos não iônicos e diesel (a) sem oxidação e (b) oxidado.

Tensoativo	Extração (%)	Coefficiente de partição (Kp)
<b>Ultranex 110</b>	<b>39,39</b>	<b>1,19</b>
Ultranex 150	37,69	0,92
Ultramina 150	39,83	1,19
Ultramina 200	37,60	1,01
Alkest TW 20	32,30	0,53
Tween 80	36,63	0,62
<b>Triton X 100</b>	<b>41,36</b>	<b>1,29</b>
<b>Triton X 114</b>	<b>42,26</b>	<b>1,34</b>

(a)

Tensoativo	Extração (%)	
	Diesel comum	Diesel oxidado
Ultranex 110	39,39	54,01
Triton X114	42,26	57,41
Triton X100	41,36	55,98

(b)

Observa-se que os tensoativos com estruturas moleculares mais polares apresentam maiores percentuais de extração, o que já era esperado uma vez que os compostos sulfurados no diesel são apresentados polaridade. Os tensoativos que se encontram em negrito foram escolhidos para os testes com o diesel oxidado. Os percentuais de extração foram melhorados após a oxidação dos compostos sulfurados uma vez que, aumenta a reatividade pela adição da dupla ligação com o oxigênio no enxofre.

## CONCLUSÃO

O processo de extração utilizando diesel comercial e tensoativos não iônicos apresentou valores entre 32 e 43% sem a oxidação e entre 54 e 57% após o processo de oxidação. As variáveis do processo ainda não foram otimizadas sendo assim, possível obter valores ainda maiores de remoção.

## REFERÊNCIAS

1. Mohammed, W. T.; Almilly, R. F. K. ; Al-Ali, S. B. A. . Desulfurization of diesel fuel by oxidation and solvent extraction. **Journal of Engineering**, v. 21, p. 87-102, 2015.
2. Shiraishi, Y.; Tachibana, K.; Hirai, T.; Komasa, I. Desulfurization and denitrogenation process for light oils based on chemical oxidation followed by liquid-liquid extraction. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 41, p. 4362-4375, 2002, <<http://dx.doi.org/10.1021/ie010618x>>

## RESUMO EXPANDIDO

### *Uso de água produzida na formulação de fluidos de perfuração*

*Lais Sibaldo Ribeiro\*; João Victor Tomaz Anacleto; Tereza Neuma de Castro Dantas*

*\* lais-sibaldo@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

Em fluidos de base aquosa a água é a fase contínua, correspondendo de 50% a 90% em volume da sua formulação. Durante a produção de petróleo, existe a geração simultânea de um efluente aquoso, denominado água produzida, que é a maior corrente de resíduo na produção de óleo cru (LIMA, 2008). Sabendo da importância dos fluidos de perfuração e conhecendo a problemática da água produzida, esse trabalho tem como objetivo utilizar a água produzida na formulação de fluidos de perfuração de base aquosa aproveitando alguns componentes da própria água produzida, para reduzir a adição destes à a formulação do fluido além de variar a concentração de cálcio e magnésio visando observar as suas influências nos parâmetros reológicos e do filtrado do fluido.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fluidos de base aquosa estão sendo cada vez mais usados para exploração de óleo e gás por serem considerados ambientalmente aceitáveis em relação ao fluido não aquoso (EL-SUKKARY et al., 2014). Durante a perfuração de poços de petróleo, algumas propriedades do fluido são constantemente monitoradas, como reologia e filtrado, para garantir a qualidade do fluido durante a perfuração e o sucesso da operação (ASME, 2011). O controle das propriedades de filtração evita perdas de fluido para as formações e prisão de coluna (AMOCO, 1994). A reologia adequada permitirá o transporte dos cascalhos até a superfície, melhora a taxa de penetração e mantém o poço em segurança (MENG et al., 2012). Durante a exploração de petróleo é gerado concomitantemente um resíduo aquoso: água produzida. (CAVACO et al., 2005). Em Urucu-AM o destino da água produzida é um problema, pois os poços dessa região estão em áreas remotas e a água por conter elevados teores de contaminação não pode ser descartada de qualquer forma. Nessa região só ocorre perfuração com fluidos do tipo aquoso. Então o objetivo do trabalho é formular fluido de perfuração aquoso utilizando água produzida.

## METODOLOGIA

Foi realizado um planejamento experimental, com o objetivo realizar o estudo estatístico da influência das concentrações de cálcio e de magnésio na reologia e no filtrado do fluido de perfuração aquoso, com a formulação proposta, utilizando o *Software STATISTICA 7.0*, com dois níveis que foram concentração de magnésio e concentração de cálcio, e três fatores que foram as concentrações mínima, média e máxima onde as máximas foram as concentrações encontradas na água produzida de Urucu, as mínimas foram as concentrações que normalmente são usadas em sondas de perfuração e a média entre as duas. A variação da concentração dos níveis seguiu o planejamento experimental fatorial simples  $3^2$ , em duplicata. A água produzida sintética foi obtida em escala de bancada e utilizando a água produzida foram formulados os fluidos do tipo aquoso salgado polimérico. Os fluidos formulados foram caracterizados através dos testes de densidade, reologia, filtrado API, retorta, pH, teor de cloretos, cálcio e magnésio, e envelhecimento do fluido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O elevado teor de cloreto da água produzida dispensou a adição do inibidor de argila (cloreto de sódio) no fluido, reduzindo custos na formulação. A variação dos teores de cálcio e magnésio não apresentaram influencia estatística nos parâmetros reológicos. Para o filtrado a análise estatística realizada foi significativa, observou-se que concentrações de cálcio acima de 1,6g/L, provoca influência significativa no aumento do volume de filtrado e concentrações baixas ou elevadas de magnésio não influenciam no volume de filtrado (mL). Isso ocorre pois o excesso de  $\text{Ca}^{+2}$  na água causa substitui o  $\text{Na}^+$  do CMC, resultando em um precipitado de  $\text{CMCCa}^{+2}$ , conseqüentemente, aumentando o volume de filtrado. Já para os teores de cloreto, concentrações de cálcio maiores que 35 g/L influenciam no aumento da concentração de cloreto, e o aumento da concentração de magnésio não favorece no aumento da concentração de cloreto.

## CONCLUSÃO

É possível formular fluidos de perfuração de base aquosa, com características desejáveis, utilizando água produzida e eliminando um aditivo do fluido, conseqüentemente reduzindo custos. Através do planejamento experimental e dos modelos estatísticos obtidos, o fluido com concentração máxima de magnésio (9,411g/L) e concentração mínima de cálcio (0,733g/L) apresentou os melhores resultados.

## REFERÊNCIAS

AMOCO. Drilling fluids manual. Amoco Production Company – [S.1.]. 1994

ASME SHALE SHAKER COMMITTEE et al. Drilling fluids processing handbook. Elsevier, 2011.

CAVACO, Paulo Cesar Cardoso; DE BARROS, Airton Bodstein. Gestão de efluentes e recursos hídricos em campos de produção de petróleo terrestres. II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia– SEGeT, 2005.

**EL-SUKKARY, M. M. A. et al. Evaluation of some vanillin-modified polyoxyethylene surfactants as additives for water based mud. Egyptian Journal of Petroleum, v. 23, n. 1, p. 7-14, 2014.**

**LIMA, Rosilda Maria Gomes et al. Remoção do íon amônio de águas produzidas na exploração de petróleo em áreas offshore por adsorção em clinoptilolita. Química Nova, v. 31, n. 5, p. 1237-1242, 2008.**

**MENG, Xianghai et al. Effects of carbon ash on rheological properties of water-based drilling fluids. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 100, p. 1-8, 2012, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.petrol.2012.11.011>>.**

## RESUMO EXPANDIDO

### *Estudo da reologia e volume de filtrado de sistemas microemulsionados poliméricos como fluido para combate a perda de circulação em poços petrolíferos*

*Santiago P. V. T.\*; Ribeiro L. S.; Dantas T. N.*

*C. \* pvt.santiago@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

Durante a perfuração de poços de óleo e gás são utilizados fluidos de perfuração que circulam através da coluna de perfuração, saem pelos jatos da broca, retornam através do anular do poço e exercem diversas funções como o resfriamento e a lubrificação da broca, carregam os cascalhos até a superfície realizando a limpeza, entre outras funções. Situações desfavoráveis podem surgir durante a perfuração, como a perda de circulação, que ocorre devido a um diferencial de pressão positivo, provocado por fraturas induzidas ou pela existência de formações inconsolidadas. Os fluidos de perfuração se apresentam em diferentes categorias, sendo o fluido de base aquosa o mais comum pelo seu baixo custo e aceitação ambiental. A este último, pode ser adicionado polímero, um aditivo de forte hidrofília que promove o controle reológico e de filtrado, além de ajudar no controle da perda de lama devido ao seu elevado peso molecular (ALSABAGH et al., 2014). Neste trabalho, estudamos a adição de polímeros e fibra de coco em sistemas de microemulsão para serem aplicados como fluidos de combate a perda de circulação.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fluidos de perfuração consistem em uma mistura de sólidos dissolvidos, assumindo aspectos de suspensão, dispersão coloidal ou emulsão, onde a fase líquida (contínua) pode ser água, óleo ou gás (THOMAS, 2001) Perda de circulação de fluido ocorre quando há uma redução ou nenhum retorno de fluido comparado à quantidade bombeada, pois este se perde na formação. Para prevenir esta perda, são adicionados ao fluido, materiais com diferentes granulometrias e/ou materiais fibrosos. Caso a prevenção não funcione, pode-se injetar um fluido com materiais susceptíveis de solidificar ou uma mistura de partículas, criando uma

vedação na zona de perda sanando-a (LAVROV, 2016). No contexto do trabalho apresentado, temos a presença de tensoativos (ou surfactantes), que são moléculas anfifílicas constituídas por uma porção não polar hidrofóbica ligada a uma porção polar hidrofílica (TADROS, 2005), que tem a capacidade de reduzir a tensão interfacial fluido-sólido ou fluido-fluido com diversas aplicações químicas. Os tensoativos tem a capacidade de se organizar em micelas em uma emulsão promovendo novas características ao sistema. Quando essas micelas possuem tamanhos reduzidos formam microemulsões (DAMASCENO et al., 2011).

## **METODOLOGIA**

Um sistema de microemulsão com elevada concentração de água é utilizado como base do fluido. A este adiciona-se aditivos (polímeros entre outros) em diferentes concentrações e proporções, e realizam-se testes de viscosidade e filtrado com o fluido formulado. O ponto de microemulsão possui 73% de fase aquosa (água + ácido p-tolueno sulfonato de sódio), 2% de fase oleosa (querosene) e 25% de C/T sendo o tensoativo Renex 95/Ultrane 95 (12,5%) e cotensoativo o álcool isopropílico (12,5%), razão C/T=1. Os aditivos são:

goma xantana, celulose polianiônica (PAC), carboxi-metil celulose (CMC) e hidroxipropilamido (HPA), além do uso de argila ativada (bentonita) e fibra de coco. Para formular os fluidos utiliza-se o agitador Hamilton Beach, para o teste de viscosidade utiliza-se o viscosímetro FANN 35A, e usa-se o API OFITE para o teste de filtrado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Inicialmente formulou-se fluidos com diferentes proporções de goma xantana, posteriormente com goma e outros polímeros em microemulsão. Foram realizados também testes com a goma interagindo com outros polímeros, nestes testes percebeu-se redução do volume de filtrado com o aumento da concentração da goma, que é um resultado positivo, porém formaram fluidos muito viscosos, que poderiam dificultar o

bombeamento. Formulou-se também fluidos fixando a concentração de polímeros e variando a concentração de argila ativada, e a partir desses testes foram formulados fluidos a base de microemulsão e a base de água para realizar a comparação dos resultados. Obteve-se resultados similares para a maior concentração de argila, em todos os parâmetros. Por fim, testou-se uma formulação de polímeros com fibra de coco, que provocou uma pequena redução no volume de filtrado e elevada viscosidade.

## **CONCLUSÃO**

Percebemos um pequeno avanço em relação ao nosso controle do volume de filtrado, porém encontramos dificuldades para interpretar os dados de viscosidade pois foram muito elevados. Para as atividades futuras, procuraremos uma metodologia que possa realizar análise conclusiva de viscosidade, além de estudar e aplicar cross-linkers, aditivos que promovem a formação de um tampão reticulado.



## REFERÊNCIAS

ALSABAGH, A. M. et al. Investigation of some locally water-soluble natural polymers as circulation loss control agents during oil fields drilling. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 23, n. 1, p. 27–34, 2014.

DAMASCENO, B. P. G. L. et al. Microemulsão: Um promissor carreador para moléculas insolúveis. **Revista de Ciências Farmaceuticas Basica e Aplicada**, v. 32, n. 1, p. 9–18, 2011.

LAVROV, A. The Challenge of Lost Circulation. *Lost Circulation*, p. 1–11, 2016.

TADROS, T. F. Introduction. In: **Applied Surfactants**. [s.l.] Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. p. 1–17.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**, 2001.

## RESUMO EXPANDIDO

### *APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO FATORIAL EM ANÁLISES DE PERMEABILIDADE DE ARENITOS SINTÉTICOS*

*Semuel Ebenézer Dantas Costa\**; *Eduardo Lins de Barros Neto*, *Joemil Oliveira de Deus Junior*,  
*Millene Caroline Albino de Oliveira*, *William Bruno Barbosa de Medeiros*

*\*semuelebenazer@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

Diversos tipos de rocha-reservatório têm sido utilizados em estudos de recuperação avançada de petróleo. No entanto, as amostras naturais são de difícil acesso, anisotrópicas e, além disso, a obtenção das mesmas para pesquisas envolve custos elevados (Fattahpour *et al.*, 2014; Marques *et al.*, 2011). Sendo assim, este trabalho tem como objetivo a obtenção de arenitos sintéticos e a avaliação de sua permeabilidade, propriedade de grande importância nos reservatórios de petróleo.

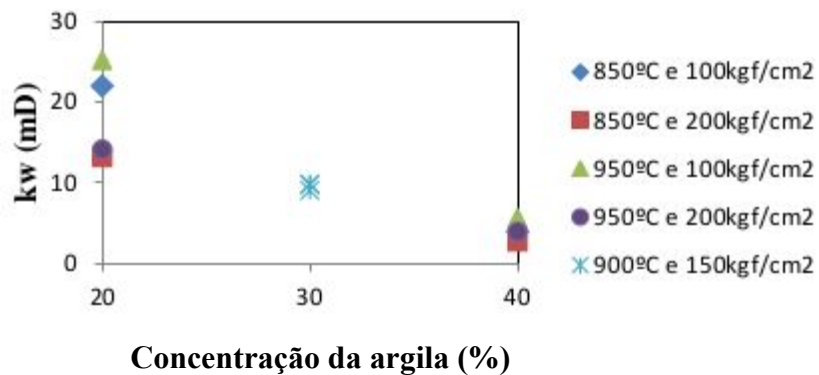
## METODOLOGIA

Os arenitos sintéticos foram obtidos pela mistura de areia da praia (de Natal/RN) e argila cerâmica (de Lagoa de Velhos/RN). A areia foi peneirada com peneiras de 65 e 100 mesh (181,0  $\mu\text{m}$ ). A argila foi secada a 110°C por 24 horas, moída em moinho de bolas por 1 hora e peneirada com peneira de 200 mesh. As amostras foram preparadas com 20, 30 ou 40% de argila, em massa. A areia e a argila foram misturadas manualmente por 5 minutos. Em seguida, foram adicionados 4,0 ou 4,2 mL de água destilada (este último volume apenas para 40% de argila), seguida de nova mistura por mais 5 minutos. Logo após, a mistura foi compactada a 100, 150 ou 200  $\text{kgf/cm}^2$ . Depois disso, foi secada a 110°C por 24 horas e sinterizadas em mufla a 850, 900 ou 950 °C por 3 horas com taxa de aquecimento de 10°C/min. As análises de permeabilidade à água destilada foram feitas obedecendo à metodologia proposta por Santos (2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de permeabilidade são apresentados na Figura 01.

Figura 01 – Resultados do planejamento fatorial  $2^3$  com triplicata no ponto central



As permeabilidades à água destilada dos arenitos sintéticos variaram entre 2,6718 e 25,1389 mD e a análise apresentou desvio de 0,4281 mD. Através da regressão dos coeficientes feita no software *Statistica* 8.0, obteve-se o modelo linear apresentado na Equação 1.

$$k_w = 10,79367 - 7,28573C - 2,85160P + 0,87445T + 2,12559CP - 0,15978CT - 0,33605PT \quad (1)$$

A variável que mais influencia na permeabilidade dos arenitos sintéticos é a concentração de argila. O aumento desta causa redução na permeabilidade, o que ocorre porque ao se aumentar a quantidade de argila, o número de ligações de aglomerante e sua extensão aumentam. Em determinado ponto, este aumento promove o envolvimento das partículas e preenchimento dos espaços entre elas, promovendo a redução de porosidade e permeabilidade (Holt, 2005). O aumento da pressão durante o preparo da amostra também promove redução na permeabilidade, pois as partículas ficam mais bem compactadas a valores mais elevados de pressão. O aumento da temperatura causa aumento na permeabilidade, pois há maior dilatação volumétrica da areia da praia (areia silicosa) em temperaturas mais elevadas. A areia silicosa se expande quando exposta a temperaturas da ordem de 500 °C (Soares, 2000) e esta dilatação faz com que mais espaços vazios e permeáveis sejam criados nos arenitos sintéticos. O modelo encontrado para a permeabilidade é significativo e preditivo, com o coeficiente de determinação igual a 0,9835.

## CONCLUSÃO

O planejamento fatorial proposto mostrou ser satisfatório na avaliação da permeabilidade dos arenitos sintéticos. O valor de  $R^2$  foi elevado, sinalizando que o modelo adotado é adequado para descrever o conjunto de dados. Como os ensaios apresentaram baixo desvio, pode-se dizer que a metodologia apresenta boa reprodutibilidade, indicando o potencial uso destes arenitos sintéticos em ensaios de recuperação avançada de petróleo.

## REFERÊNCIAS

FATTAHPOUR, V.; BAUDET, B. A.; MOOSAVI, M.; MEHRANPOUR, M.; ASHKEZARI, A. Effect of grain characteristics and cement content on the unconfined compressive strength of artificial sandstones. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, v. 72, p. 109–116, 2014.

HOLT, R.M.; KJØLAAS, J.; LARSEN, I.; LI, L.; GOTUSSO PILLITTERI, A. ; SØNSTEBØ, E.F. Comparison between controlled laboratory experiments and discrete particle simulations of the mechanical behaviour of rock. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, v. 42, p. 985–995, 2005.

MARQUES, L. C.; APPOLONI, C. R.; FERNANDES, C. P. Porosity Study of Synthetic Sandstones by Non-Destructive Nuclear Techniques. *Materials Research*, v.14(3), p.394-402, 2011.

SANTOS, J. S. C. *Avaliação de sistemas constituídos por polímeros/ tensoativo/ EDTA na recuperação avançada de petróleo*. 2015. 99f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOARES, G. A. *Fundição: Mercado, Processos e Metalurgia*. Rio de Janeiro, RJ: COPPE/UFRJ, 2000.

## RESUMO EXPANDIDO

***DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE MONOETILENOGLICOL, CLORETO DE SÓDIO E ÁGUA A PARTIR DE MEDIDAS DE DENSIDADE E CONDUTIVIDADE DO SEPARADOR FLASH Adriano R. C. Silva\*; Osvaldo Chiavone-Filho; Dannielle J. da Silva; Leonardo S. Pereira e Jailton F.***

*Nascimento.*

*\* [adriano.rafael95@hotmail.com](mailto:adriano.rafael95@hotmail.com)*

### INTRODUÇÃO

O monoetilenoglicol (MEG) é utilizado na indústria do petróleo como inibidor de hidrato na produção de gás natural, reduzindo o ponto de congelamento nos dutos e protegendo da corrosão. Em condições favoráveis de temperatura e pressão pode ocorrer a formação de hidrato nas tubulações, provocando a interrupção da produção e prejuízos. Com a produção de petróleo e gás produz-se também água. Estas águas contêm íons em solução e em concentrações variadas dependendo de sua fonte e ambiente de deposição (Hunt, 1995). Os íons que estão em maiores concentrações nas águas de campo petrolífero são: o sódio, cálcio, magnésio e cloretos. A presença de sais na água produzida provoca incrustação nos equipamentos e afeta comportamento das fases no processo.

O conhecimento do equilíbrio líquido-vapor (ELV) de sistemas aquosos com MEG e sal, especificamente NaCl, nas condições de interesse da plataforma são fundamentais para a otimização dos projetos e operação das plantas de separação da unidade de regeneração do MEG. O objetivo desse estudo é descrever o comportamento das fases do Separador Flash, componente presente na unidade de regeneração do MEG, através do conhecimento das concentrações de MEG, NaCl e água com base nas medidas de densidade e condutividade.

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A unidade de regeneração do MEG contém três etapas: pré-tratamento, recuperação e regeneração. A primeira visa a remoção de hidrocarbonetos, a segunda a remoção de sais e a terceira a separação da água. A concentração de água no

MEG que entra na segunda etapa (Separador Flash) é em torno de 42% (m/m). Nesse separador tem uma coluna de salmoura com sensores de condutividade. O vapor que sai do separador é direcionado para uma coluna de destilação que finalmente regenera o MEG para reinjeção na cabeça do poço de produção com concentração em torno de 82% (m/m). Além da condutividade, medidas de densidade são realizadas a partir de amostras para o conhecimento da composição do sistema nas várias correntes do processo.

Largamente utilizado nas indústrias química e petroquímica, o processo de separação flash ou destilação flash pode ser definido como um processo de simples estágio que consiste na vaporização de uma fração definida da corrente material a ser separada, de tal forma que o vapor obtido neste processo é separado e condensado, estando em equilíbrio termodinâmico com o líquido residual obtido.

## **METODOLOGIA**

Correlações sistemáticas com equações empíricas foram realizadas das duas séries extensivas de dados de densidade e condutividade elétrica do laboratório NUPEG da UFRN. Os dados apresentam toda faixa de concentração de água e MEG, em termos de cloreto de sódio até a saturação, ou solubilidade, e isotermas de 5 a 90 °C. No total são 606 dados experimentais de densidade e 249 de condutividade elétrica. De posse das equações empíricas, foi realizado o cálculo inverso a partir da resolução do sistema de duas equações, isto é, a partir da densidade e condutividade é possível determinar a concentração do sistema em termo de MEG + NaCl e água. Vale ressaltar que para cada dado de densidade e condutividade no processo têm-se a correspondente temperatura.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os desvios estimados na correlação foram satisfatórios, dada a faixa estendida e próximos da incerteza experimental, ou seja,  $\rho = 4,4 \%$ , ou  $0,049 \text{ g/cm}^3$ , e  $k = 17,6 \%$ , ou  $27,0 \text{ mS/cm}$ . Com a ferramenta de cálculo foi possível recalcular uma série de dados onde as concentrações experimentais das bases de densidade e condutividade são iguais e os desvios em fração mássica desses pontos experimentais foram de  $\Delta[\text{MEG}] = 0,027$  e  $\Delta[\text{NaCl}] = 0,004$  (total 151 dados experimentais). Tendo em vista essa satisfatória reprodutibilidade o método demonstrou ser adequado para descrever a composição do processo de regeneração do MEG.

A modelagem termodinâmica usando a expansão do tipo Redlich-Kister no lugar das equações empíricas tanto para a densidade, ou volume de excesso, como para a condutividade elétrica serão aplicadas na próxima edição da ferramenta de cálculo. Para fins de determinação mais precisa da concentração a partir dos dados de densidade e condutividade elétrica, uma base de dados com faixa mais estreita de temperatura deve ser aplicada, como para a determinação da composição de dados de ELV.

## **REFERÊNCIAS**

BRITO, F.O. Avaliação da influência da pressão, temperatura e condições de operação sobre um sistema de destilação fracionada de uma solução glicerínica proveniente de uma unidade de produção de biodiesel. Monografia. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, UFCE, 2010.

HUNT, J.M. 1995. Petroleum geochemistry and geology. Ed. W.H. Freeman and Company. 2nd. Ed., New York, 743p.

## RESUMO EXPANDIDO

### *Estudos Termodinâmicos do Processo de Regeneração no Monoetilenoglicol (MEG):*

#### *Solubilidade de Sais de Carbonatos*

*Náira S. Almeida Maniçoba\* ; Deborah C. de Andrade; Leila C. Moreira; Osvaldo Chiavone-Filho*

*\*naira\_sinara@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

A deposição de incrustações em reservatórios e plataformas de petróleo, principalmente carbonatos e sulfatos, pode trazer sérios transtornos econômicos e operacionais.

O estudo dos parâmetros termodinâmicos intrínsecos a este processo e, conseqüentemente, dos fatores que influenciam sua ocorrência, por exemplo, adição de monoetilenoglicol (MEG) as tubulações, com o intuito de inibir a formação de hidratos, são de extrema importância quando se visa esclarecer o fenômeno de precipitação que pode ocorrer no sistema devido à presença de sais provenientes da água de produção.

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento de sistemas aquosos contendo MEG e sais de carbonatos de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e estrôncio ( $\text{SrCO}_3$ ) presentes na água de produção, suas características e propriedades avaliando dados de solubilidade e dados termodinâmicos como pH, condutividade e densidade.

Os resultados têm por finalidade possibilitar a otimização do projeto e operação das unidades de regeneração e recuperação de MEG.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um dos fenômenos relevantes de exploração e produção de petróleo é a formação de hidratos, os quais são compostos cristalinos formados na presença de hidrocarbonetos de baixo peso molecular e a água, quando essa mistura é submetida a altas pressões e a baixas temperaturas. A formação de hidratos é uma ameaça para a segurança e viabilidade econômica da operação, pois além de obstruírem a passagem da produção, os hidratos formados podem se deslocar e romper a tubulação.



A produção de petróleo e gás produz também água (água do reservatório) que contém usualmente quantidades significativas de cátions divalentes como  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Sr}^{2+}$ . Estes podem interagir com ânions, como  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , presentes na água do mar (água de injeção), injetada para recuperação secundária de petróleo, gerando a precipitação de sais insolúveis como os carbonatos.

Além do problema de formação de hidratos, a deposição de sais ao longo da produção de óleo e gás do reservatório até a plataforma é outro desafio. Durante o processo de produção de petróleo e gás, inibidores de formação de hidratos como, por exemplo, o monoetilenoglicol (MEG) são adicionados ao sistema, a fim de estimular e favorecer a produção. Contudo, esses produtos, quando em contato com os íons presentes na água de formação, podem levar a diminuição da solubilidade dos sais, potencializando no processo de precipitação e, conseqüentemente, incrustações. Estes sais precipitados em locais indevidos do sistema podem causar além de incrustação em equipamentos, o bloqueio de linhas e conseqüente parada da unidade.

## **METODOLOGIA**

O método experimental baseia-se na determinação das solubilidades de carbonato de cálcio e de estrôncio em solução aquosa na presença de MEG em diferentes concentrações e diferentes pressões de  $\text{CO}_2$  à temperatura constante. Para realização dos ensaios, foi montado um aparato experimental com duas células de vidro encamisadas (aproximadamente 50 mL cada uma) acopladas a um banho termostático e a um sistema de pressurização com buffer conectado a um cilindro de  $\text{CO}_2$  utilizando um sistema de válvulas. A agitação da mistura é de forma constante durante duas horas. Logo após este período, as células permanecem em repouso durante uma hora, sobre as mesmas condições de temperatura e pressão, antes da amostragem. A fim de estudar a reprodutibilidade do processo, o procedimento é realizado em duplicata, obtendo-se o resultado final como a média destes dois valores.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O método de análise usado para determinar qualitativamente e quantitativamente a presença de estrôncio ou cálcio em solução é a espectrometria de absorção atômica. A partir dos dados experimentais coletados, espera-se analisar o comportamento do sistema aquoso salino contendo MEG e avaliar como a presença deste componente altera o comportamento de fases, provocando, por exemplo, a diminuição da solubilidade do sal e, assim, aumentando a incidência de incrustação nos equipamentos. O estudo da solubilidade permitirá, juntamente com o estudo de densidade, condutividade e pH, uma supervisão indireta das condições da unidade de regeneração de MEG.

## **CONCLUSÃO**

A partir de tais experimentos, espera-se que seja possível descrever o comportamento termodinâmico dos sistemas MEG/água/ $\text{CaCO}_3$  e MEG/água/ $\text{SrCO}_3$ .

Pretende-se, ainda, realizar análises de TG/DTA com os carbonatos de cálcio e estrônio e testar o método de TOC para determinação da concentração de carbonato como alternativa para as análises via absorção atômica. Além disso, tem-se o intuito de dar início aos experimentos com carbonato de ferro, o qual requer processo de síntese e teste de solubilidade mais sofisticados, já que devem ser realizados na ausência de oxigênio. Outra meta do trabalho trata-se da modelagem termodinâmica dos dados para os sistemas estudados e consequente aplicação nas plantas de processamento.

## RESUMO EXPANDIDO

### ***ESTUDOS TERMODINÂMICOS DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO DE MONOETILENOGLICOL (MEG): SOLUBILIDADE DE SAIS PELO MÉTODO SINTÉTICO***

*Leila Moreira\*; Náira Almeida; Iêda Mendes; Deborah Cordeiro; Osvaldo Chiavone-Filho*

*\*leila\_cabralm@hotmail.com*

Hidratos são compostos obtidos através de uma combinação entre água e moléculas pequenas de hidrocarbonetos formando um sólido semelhante ao gelo, este, porém em tubulações na indústria de petróleo e gás podem incrustar e trazer sérios problemas econômicos e operacionais. Como solução, utiliza-se o Monoetilenoglicol (MEG) de forma a inibir os hidratos, levando à alteração no comportamento de fases, no qual provoca a diminuição na solubilidade dos sais, e assim, influencia no processo de precipitação.

Uma prática da indústria de petróleo, visando evitar a formação destes hidratos durante a etapa de escoamento da mistura fluida dos poços até a plataforma, é a injeção de inibidores de formação de hidratos na cabeça dos poços em quantidades, variando de acordo com as condições de temperatura e pressão do poço. Por conseguinte, é necessário estabelecer o efeito de uma combinação de sais e inibidores termodinâmicos sobre equilíbrios de hidrato de gás (CHAPOY ET AL., 2012).

Os inibidores termodinâmicos são geralmente sais inorgânicos (NaCl, cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), cloreto de potássio (KCl)), álcoois (metanol) e glicóis que têm por objetivo principal reduzir a atividade da água, quantidade de água livre na mistura, diminuir a temperatura de equilíbrio necessária para a formação de hidratos e com isso deslocar a curva de equilíbrio de fases, desfavorecendo a formação de hidratos (LAFOND ET AL., 2012).

Após ser utilizado, o MEG passa para uma unidade de regeneração, onde este é separado da água e é reinjetado na linha de produção. Desse modo, o projeto de pesquisa visa determinar modelos termodinâmicos do sistema Água/MEG/Sal para diminuir a formação de hidratos e aperfeiçoar o processo de regeneração do Monoetilenoglicol.

O procedimento experimental consiste na realização do método sintético para determinar a solubilidade de sais, neste método tem-se o conhecimento da quantidade dos componentes individuais na célula de equilíbrio. A determinação do último cristal dissolvido é dada pela adição de uma quantidade de solvente previamente conhecida, além da observação do desaparecimento da fase sólida. Na técnica de titulação do solvente, propriedades como condutividade e volume são monitoradas durante todo o experimento, desse modo é possível a determinação sintética da solubilidade. O estudo do método sintético para sistemas de Água/MEG/Carbonatos/ $\text{CO}_2$ , é um objetivo a ser cumprido em curto prazo, tendo em vista que a fase de teste no sistema Água/NaCl está sendo efetivada com êxito.

Além do mais, pode-se citar como referência de estudo a tese de mestrado do Dr. Humberto Neves Maia de Oliveira, bem como a dissertação de Camila Machado de Senna Figueiredo Carvalho, o artigo

“Representation of solid-liquid equilibrium data for the system  $\text{NaCl} + \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ”, do Dr. Osvaldo Chiavone Filho, e o artigo “A utilização do monoetilenoglicol como agente inibidor da formação de hidratos aplicados na indústria do petróleo” do autor João Henrique Amaral Filho.

Portanto, o projeto de pesquisa no qual realiza estudos termodinâmicos do processo de regeneração do monoetilenoglicol através da solubilidade dos sais estuda o método sintético da determinação do equilíbrio sólido-líquido com o intuito de otimizar todo o processo. Estudando, sobre tudo o comportamento termodinâmico dos eletrólitos, com a finalidade de pressupor um modelo termodinâmico que melhor se ajusta aos resultados obtidos.

## RESUMO EXPANDIDO

***EQUILÍBRIO LÍQUIDO-VAPOR DO SISTEMA  $H_2O+NaCl$  À PRESSÃO  
ATMOSFÉRICA João Gabriel Bezerra Costa\*; Dannielle Janainne da Silva; Osvaldo  
Chiavone-Filho  
\*jgbcosta@hotmail.com***

### INTRODUÇÃO

A água produzida durante a produção de petróleo contém sal e essa salinidade é capaz de afetar o ponto de ebulição e o equilíbrio de fases. Além disso, monoetilenoglicol (MEG) é o principal inibidor da formação de hidratos, entretanto, altera a solubilidade dos sais presentes na água produzida. Dessa forma, o estudo e conhecimento do equilíbrio líquido-vapor de sistemas aquosos com sal são de fundamental importância para operação e otimização de plantas de separação na unidade de regeneração do MEG.

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao passo que o MEG é o principal inibidor de hidratos, ele é responsável pela diminuição de solubilidade dos sais presentes na água de produção e, conseqüentemente, pela aceleração do fenômeno de incrustações em decorrência da precipitação (CARVALHO, 2016). Com base nisso, o estudo do ELV de sistemas salinos é essencial para a compreensão dos fenômenos ocorridos nas unidades de regeneração de MEG. OLIVEIRA (1999) sugeriu uma modificação ao ebuliômetro de Othmer, indicado por HAKUTA et al. (1977) para determinação de dados de ELV para sistemas com eletrólitos, de modo a haver maior segurança no sistema de condensação e a possibilidade de coleta das fases líquida e vapor condensado.

### METODOLOGIA

Primeiramente, as amostras aquosas de NaCl são colocadas no ebuliômetro de Othmer, seguido de acionamento dos agitadores magnéticos e do banho termostático com *set-point* em 5 °C. A solução salina é aquecida, acionando-se a chapa aquecedora do agitador magnético e a fita de aquecimento, controlada por variac. O sistema é considerado em equilíbrio quando a taxa de gotejador e a temperatura, mostrada pelo

programa Acqdata, são ambos constantes e o controle do aquecimento é feito em função dessas duas variáveis. O experimento é parado após uma hora em equilíbrio e, em seguida, são coletadas amostras das fases líquido e vapor condensado. As amostras são analisadas por meio de densimetria e condutivimetria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta dos dados de equilíbrio Líquido-Vapor do sistema H<sub>2</sub>O+NaCl à pressão atmosférica. O dados apresentados são dados médios.

Tabela 1. Dados de ELV para o sistema H<sub>2</sub>O+NaCl à pressão atmosférica

$X_{\text{NaCl}}$ inicial [% m/m]	$\rho$ líquido [g/ml]	$\rho$ vapor [g/ml]	k [mS/cm]	T [°C]	$X_{\text{NaCl}}$ [% m/m]	$X_{\text{NaCl}}^*$ [% m/m]	Diferença Percentual
0.9902	1.0053	0.9970	19.6767	100.03	1.1846	1.1602	2.0974
1.9611	1.0132	0.9970	37.0667	100.04	2.3142	2.2937	0.8922
2.9126	1.0212	0.9970	54.7467	100.12	3.4487	3.4319	0.4876
3.8462	1.0298	0.9970	71.8100	100.46	4.6507	4.6374	0.2794
4.7624	1.0375	0.9971	60.6267	100.90	5.7231	5.7133	0.1706
9.0910	1.0739	0.9971	167.4500	101.49	10.6935	10.6966	0.0292
13.0431	1.1046	0.9971	186.5670	102.41	14.7588	14.7699	0.0768
20.0009	1.1437	0.9970	136.5100	103.23	19.7686	19.7857	0.0867
25.0000	1.1888	0.9970	231.4000	104.46	25.3134	25.3134	0.0741

Os valores de  $X_{\text{NaCl}}$  foram obtidos pela Equação 1 gerada na curva de calibração do densímetro.

$$X_{\text{NaCl}} = -61.528 \rho_{\text{líquido}}^2 + 266.46 \rho_{\text{líquido}} - 204.5 \quad (1)$$

Os valores de  $X_{\text{NaCl}}^*$  foram calculados obtidos pela equação gerada na curva de calibração feita por POLING et al. (2008). Com uma diferença percentual média de 0.4658%, determina-se que a curva de calibração feita foi satisfatória.

## CONCLUSÃO

É possível concluir que os resultados apresentados estão de acordo com o esperado. Além disso, adição de MEG ao sistema e a modelagem e simulação dos dados, planejados como atividades futuras do projeto ao qual este trabalho está associado, possibilitarão a avaliação dos processos envolvidos no separador flash da unidade de regeneração do MEG.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, C. Cinética de crescimento da siderita (FeCO<sub>3</sub>) e dissolução de halita (NaCl) em soluções de Água e MEG. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da UFRJ. 2016.

HAKUTA, T.; NEGISHI, A.; GOTO, T.; KATO, J.; ISHIZAKA, S. Vapor-liquid equilibria of some pollutants in aqueous and saline solutions, 1977.

OLIVEIRA, H. Determinação de dados de equilíbrio de fases para sistemas aquosos eletrolíticos. Dissertação de mestrado. DEQ/PPGEQ/UFRN,1999.

POLING, B.; THOMSON, G.; FRIEND, D.; ROWLEY, R.; WILDING W. Perry's Handbook of Chemical Engineering, 8<sup>th</sup>edition, 2008.