

## EFEITO DA FLUÊNCIA SALINA DURANTE A PERFURAÇÃO DE POÇOS SUBMARINOS

**Miriam Wieczorek Lociks de Araújo**

Universidade de São Paulo

miriam.araujo@usp.br

### Objetivos

Este trabalho pretende revisar as principais rochas salinas, suas propriedades, condições de deposição, problemas reais relatados durante a perfuração de poços em camadas de sal, além de fazer um estudo detalhado da fluência dessas rochas e como isso afeta o projeto e a perfuração de poços de petróleo. Pretende-se também fazer uma revisão de alguns modelos existentes para o cálculo do fechamento de um trecho perfurado em sal devido à fluência da rocha evaporítica. Por fim, deseja-se investigar como simular a deformação salina com programas disponíveis no campus da Universidade de São Paulo em Santos.

### Métodos e Procedimentos

A metodologia consiste na revisão bibliográfica dos seguintes tópicos: principais rochas evaporíticas, processos deposicionais do sal, processo de rift, problemas em poços causados pelo sal, e, por fim, modelos para o fechamento de poços perfurados em trecho de sal. Além disso, é feito o uso do programa ANSYS® para investigar como se pode simular a deformação salina.

### Resultados

A revisão bibliográfica foi feita resultando em uma associação de conhecimentos organizados que visa auxiliar próximos trabalhos relacionados à fluência salina.

A simulação no ANSYS® forneceu deformações consideravelmente maiores do que aqueles encontrados na literatura. Mas, apesar do resultado não satisfatório da simulação, a investigação com o ANSYS® foi benéfica por representar um primeiro contato com um importante software da indústria.

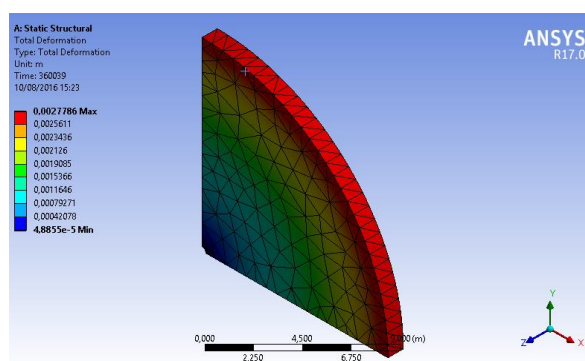


Figura 1: Resultado da simulação no ANSYS®.

### Conclusões

As rochas salinas são rochas evaporíticas que possuem um comportamento anômalo, se comparados com as outras rochas e minerais, pois possuem características mecânicas intermediárias entre rochas e líquidos.

O comportamento incomum das rochas salinas é uma consequência de suas ligações iônicas (Mohriak & Szatmari, 2008) – pois seu baixo potencial iônico implica em uma estrutura cristalina fraca, com baixa resistência para deslocar os íons do arcabouço atômico – e também é consequência da baixa densidade

dos evaporitos (após um soterramento considerável, outros sedimentos são capazes de sofrer grande compactação, aumentando sua densidade, enquanto o sal pouco se altera).

Esse mecanismo de inversão de densidade é importante para a formação de diápiros salinos, dada a formação de uma situação gravitacional instável, que pode resultar no fluxo do sal em direção à superfície.

Outras propriedades importantes são porosidade e permeabilidade, as quais são funcionalmente nulas em rochas salinas, de modo que essas rochas sejam consideradas ótimas selantes em sistemas petrolíferos.

Em relação à deposição de evaporitos, os principais ambientes são mares isolados. Nestes, ocorrem alterações no balanço hídrico, relacionadas à aridez climática e concentração de sais na salmoura, que têm como consequência a formação de ciclos de diferentes minerais na estrutura de um mineral evaporítico (começados com a precipitação de sais menos solúveis, seguidos, gradualmente, pela precipitação de minerais mais solúveis). Esta ordem deposicional depende de dois fatores: a solubilidade dos sais e a disponibilidade de íons na bacia.

A formação da bacia de Santos deu a partir de processos de rifteamento durante a separação afro-americana durante o Mesozóico. A acumulação de sedimentos ocorreu inicialmente em condições flúvio-lacustres, passando posteriormente por estágio de bacia evaporítica e evoluindo para uma bacia de margem passiva.

Do estudo de problemas em poços de petróleo causados pelo sal, conclui-se que: o carregamento não uniforme imposto pelo movimento do sal pode causar uma alta incidência de falhas no revestimento do poço, prisão de coluna e prisão de revestimento; o fluido de perfuração é uma poderosa ferramenta para combater os problemas relacionados ao sal (o tipo de emulsão e o peso do fluido podem ser ajustados a fim de permitir a perfuração de zonas de sal com o

alargamento ou fechamento mínimo poço) e o modelo do poço é o principal fator que contribui para a prevenção de falhas do revestimento causadas pelo sal visto que esse pode minimizar as perturbações na zona de sal e otimizar o processo de cimentação.

Em relação aos modelos para o estudo da fluência em evaporitos, de acordo com a dissertação de mestrado de Gravina, o Modelo de Potência (equação 1) possui uma larga utilização, alcançando excelentes aproximações entre as simulações e os dados medidos. Um fator importante que diferencia o modelo dos demais é sua aplicabilidade para o estudo da fluência primária, a mais importante, considerando as condições encontradas nas perfurações de poços.

$$\varepsilon_{f_1}(t) = A \cdot \sigma^a \cdot T^b \cdot t^c \quad (1)$$

Onde T é a temperatura (em Kelvin) e A, a, b e c são constantes determinadas experimentalmente.

A implementação no programa ANSYS® não reproduziu da maneira adequada o comportamento do sal, visto que há uma discrepância considerável entre o resultado da simulação e os dados da literatura. Essa discrepância provavelmente é causada pelo modo que foram definidos os carregamentos aplicados na rocha salina.

## Referências Bibliográficas

BARBOZA, B. R. Estudo para a simulação computacional da dinâmica salina em ambientes deposicionais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Fevereiro de 2014. Orientador: José Luis Drummond Alves.

BRYANT G. A, HIKE E. A., WILLIAMS S. D. Success in Prevention of Casing Failures Opposite Salts, Little Knife Field, North Dakota.

SPE Drilling Engineering, p. 131-140, Abril 1986.

CHANG, H. K, ASSINE, M. L, CORRÊA, F. S, TINEN, J. S, VIDAL A. C, KOIKE, L. Sistemas petrolíferos e modelos de acumulação de hidrocarbonetos na Bacia de Santos. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.38, p. 29-46, 2008.

CHANG H. K., KOWSMANN R. O., FIGUEREDO A. M. F., BENDER A. A. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil rift system: an overview. Tectonophysics, Amsterdam, p. 97-138, 1992

DANTAS, R. R. L. Análise da influência da condução térmica em mini-bacias de sal com base em modelos de elementos finitos. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. Orientador: Lícia Mouta da Costa. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/12852/DISSERTACAO\\_RA\\_FAELE\\_DANTAS\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/12852/DISSERTACAO_RA_FAELE_DANTAS_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> . Acesso em: 15 out. 2015.

DIAS, J. L. Análise sedimentológica e estratigráfica do Andar Aptiano em parte da Margem Leste do Brasil e no Platô das Malvinas: considerações sobre as primeiras incursões e ingressões marinhas do Oceano Atlântico Sul Meridional. 1998. 208 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

DUTROW, B.; KLEIN, C. Manual de ciência dos minerais. Tradução: Rualdo Menegal. Porto Alegre: Bookman, 2012. 23ª ed. p. 378-456

FOSSEN, H. Geologia estrutural. Tradução Fábio R. D. de Andrade. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 584 p.

MELGAÇO, Patrícia P.P. de Souza. Análise Morfológica do Alto de Cabo Frio e sua Influência na Sedimentação na Porção Sul da Bacias de Campos. 2010. 66 f. Monografia (Bacharel em Geologia) - Instituto de

Geociências da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2010.

MILANI, E. J. et al. Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo, v. 8, n. 3, p.351-396, set. 2000.

MITCHUM JR., R. M.; VAIL, P. R., THOMPSON III, S. "Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis". Seismic Stratigraphy applications to hidrocarbon exploration. Tulsa, Oklahoma, Part 2, p. 53-62. 1977.

MOHRIAK, W.; SZATMARI, P.; ANJOS, S. Sal: geologia e tectônica. 2ª ed. São Paulo: Beca Edições Ltda, 2008. 450 p.

PAPATERRA, Guilherme Eduardo Zerbinatti. Pré-sal: conceituação geológica sobre uma nova fronteira exploratória no Brasil. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PEREIRA M. J. & FEIJO F J. Bacia de Santos. Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Brasil. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, 16 f, p. 219–234, 1994.

SUGUIO, K. Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992. V. 15. 171 p.

VIEIRA, F. R. B. Controle da pressão anular de fundo durante a perfuração de poços de petróleo. 2009. 106 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

WEIJERMARS, R.; JACKSON, M. P. A.; VENDELILLE, B. C. Rheological and tectonic modeling of salt provinces. Tectonophysics. Amsterdam, v.217, p. 143-174, 1993.