

MODELAGEM GEOMÉTRICA E TERMAL TRI-DIMENSIONAL DE CORPOS SALÍFEROS EM BACIAS SEDIMENTARES

Alessandro Paes Bengaly¹, Luiz Landau², Ricardo Perez Bedregal³

¹ LAMCE/Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, bengaly@lamce.ufrj.br

² LAMCE/Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, landau@lamce.ufrj.br

³ GIMAB/LAB2M/Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, ricardo.bedregal@lab2m.coppe.ufrj.br

Resumo – A proposta deste trabalho é avaliar a influência da geometria dos corpos salinos que estão distribuídos ao longo do arcabouço das bacias sedimentares, como Golfo do México e Bacia de Santos, assim como analisar os efeitos que estes corpos produzem sobre a estrutura termal ao longo do tempo através de ferramentas de modelagem estrutural e termal.

Nas bacias sedimentares, a maior parte dos corpos salinos que se moveram ao longo do tempo geológico, assumiram um importante papel na criação de extensas armadilhas estruturais e de espaços para a deposição de turbiditos, que são considerados bons reservatórios. Nestas bacias a estrutura termal foi modificada devido às propriedades termais e variações geométricas do sal, o que provocou mudanças no nível de maturação prevista do potencial das rochas geradoras de óleo.

Palavras-chaves: análise térmica; modelagem geométrica; sal; geração; hidrocarbonetos.

Abstract – The purpose of this work is to evaluate the influence of the geometry saltier bodies that are distributed along the framework of sedimentary basins, as Mexico Gulf and Santos Basin, and to analyze the effects that it saltier bodies can produce over the thermal structure along the time. These effects were analyzed by tools structural and thermal modeling.

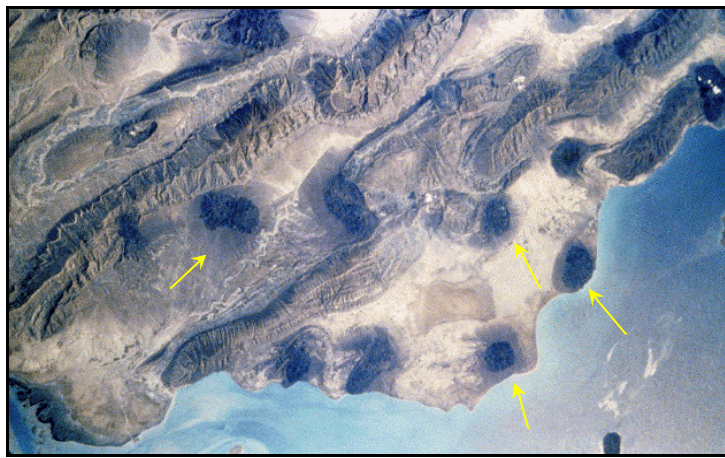
In sedimentary basins, the most of the saltier bodies that moved along the geological time, assumed a important aim in the creation large structural traps and spaces to the deposition of the turbidites, that are considered great reservoirs. In these basins the thermal structure was changed because of thermal properties and geometrical variations of the salt .In addition, the alterations of thermal structure provided changes level previous maturity of the potential oil source beds.

Keywords: thermal analysis; geometric modeling; salt; generation; hydrocarbon.

1. Introdução

As bacias sedimentares contendo grandes estruturas halocinéticas sempre tiveram destaque na indústria do petróleo, por conterem importante parcela das reservas mundiais de hidrocarbonetos. Aproximadamente 60% de todo o petróleo produzido está trapeado por estas estruturas, e as principais províncias petrolíferas do mundo (Oriente Médio, Golfo do México, etc) estão marcadas pela sua presença (VAZ, 1987), como a região ao norte do estreito de Homuz, próximo ao Golfo Pérsico (figura 1).

Estas estruturas são importantes para a indústria do petróleo devido ao fato de constituírem excelentes trapas para o confinamento deste em reservatórios e, em decorrência das diferentes geometrias assumidas e do seu alto valor de condutividade térmica, provocarem profundas alterações no gradiente térmico de uma bacia sedimentar, o que traz significativas mudanças no nível de maturação de matéria orgânica em potenciais geradoras localizadas próximas a estas.



SOLARVIEWS, 1995.

Figura 1: Afloramentos salinos (indicados pelas setas).

2. Objetivos

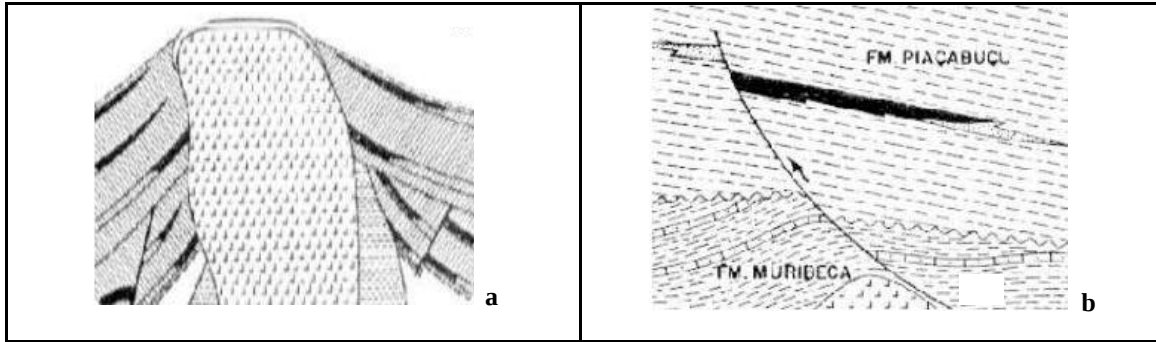
Este trabalho tem como principal objetivo avaliar os efeitos sobre a maturação de potenciais geradoras sub-sal da variação geométrica de corpos salíferos, ao longo do tempo, bem como das anomalias do gradiente térmico considerando-se diversas combinações de rochas encaixantes (*host-rocks*).

3. Metodologia Utilizada

Os modelos geométricos utilizados neste trabalho, que simulam a evolução de uma bacia hipotética ao longo do tempo geológico, foram construídos com o programa Gocad 2.0.5, a partir de dados dos topos das superfícies salinas criados com um programa de reconstituição estrutural e as malhas destas bacias foram feitas com o Multimesh (LCG/COPPE/UFRJ). A análise térmica foi feita com um programa de análise térmica 3D que considera em seus cálculos apenas as arestas dos elementos finitos objetivando otimização computacional.

4. Propriedades Físicas do Sal

O sal possui porosidade e permeabilidade nulas (VAZ, 1987), o que o torna o selo ideal para rochas reservatório (figura 2 (a)), e a capacidade de mover-se como um fluido não-newtoniano (plástico Bingham), o que acaba gerando falhas no arcabouço que podem tanto servir de rota de migração como também armadilhas para o petróleo (figura 2(b)).

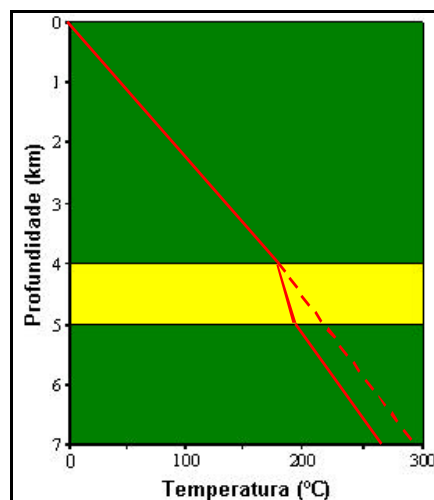


VAZ, 1987.

Figura 2: (a) Domo servindo de trapa para o petróleo. (b) Rota de migração criada durante a halocinese.

Outra característica do sal é o seu alto valor de condutividade térmica, que provoca mudanças sobre o gradiente térmico, principalmente quando presente ao longo de arcabouços com baixa condutividade térmica, como o folhelho (figura 3). Considerando-se estruturas mais complexas, como um domo de sal, ocorre o “Efeito Chaminé”, isto é, há o aquecimento da região próxima ao seu topo e o resfriamento da região próxima à sua base, formando-se um dipolo térmico (figura 4). Este fenômeno ocorre devido à combinação entre o contraste de condutividades entre o sal e material que o envolve e a geometria assumida, gerando assim um caminho de menor resistência ao fluxo térmico da região. Isto modifica a história de maturação da matéria orgânica, pois segundo MELLO (1994), a cada 10°C dobra-se o nível de atividade cinética de uma região.

Para verificar a existência do efeito chaminé foi criado um modelo simples em 2D de uma bacia que possui um domo de sal com 4 km de altura e uma camada fonte de 1 km de espessura, tendo apenas folhelho como encaixante, com temperatura superficial de 0°C e fluxo no embasamento de 42 mW/m² (aproximadamente 1 HFU) como condições de contorno e o resultado é visto na figura 5.



MOD. MELLO, 1994.

Figura 3: Mudança no perfil de temperaturas provocada por contraste de condutividades entre sal e folhelho.

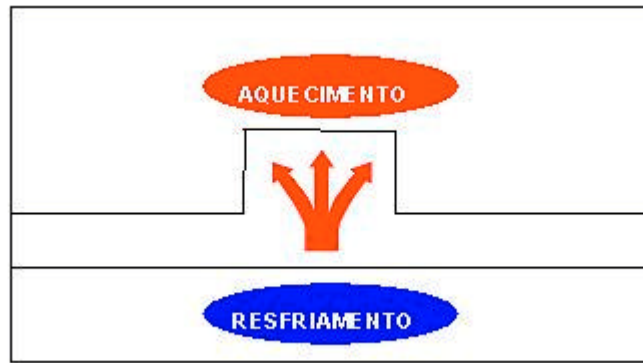


Figura 4: Efeito “Chaminé”, onde as setas representam o fluxo de calor através do domo.

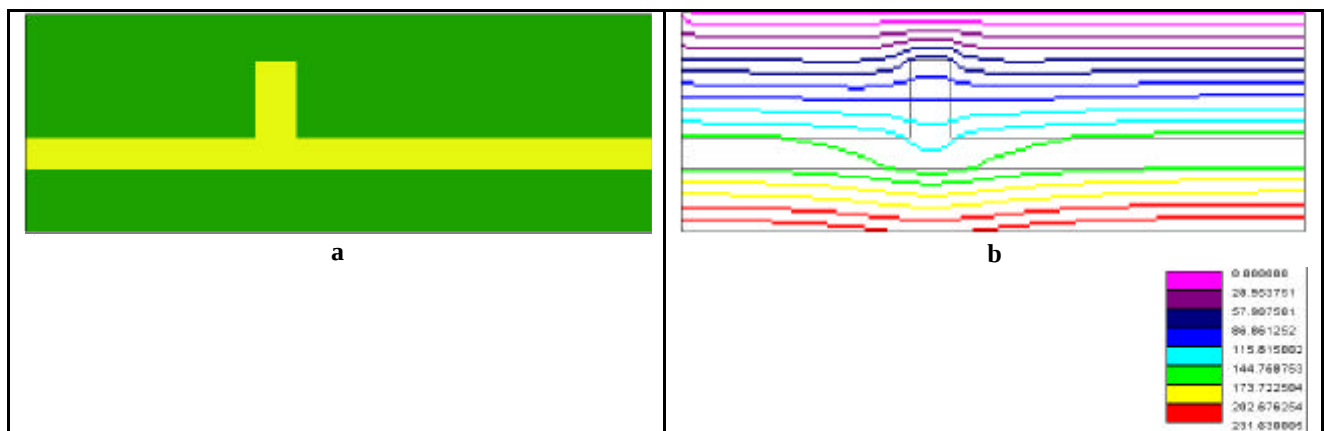


Figura 5: (a) Domo hipotético (b) Comprovação do efeito chaminé.

5. Análise Térmica 3D

Os modelos deste trabalho simulam uma bacia hipotética (figura 6a), onde há uma camada de sal com aproximadamente 1 km de espessura e duas outras (uma acima, com 4 km e outra abaixo, com 3 km), em diferentes combinações de encaixantes (arenito-arenito, arenito-folhelho, etc), para se verificar a amplitude das anomalias térmicas em virtude dos contrastes de condutividades, em determinados pontos de interesse e em diferentes momentos na escala geológica. Na (figura 6b) é mostrada sua malha de tetraedros, com aproximadamente cinquenta mil elementos, e na figura 6c foi dada uma transparência nas encaixantes do sal.

São dez modelos, cada um submetido à análise térmica em para que se tivesse uma noção de como se comportava o gradiente térmico regional, desde o Albiano (105 M.a.) até o presente. A figura 7a mostra uma destas saídas geradas pelo programa de análise térmica e visualizada no Ensight 7 e a 7b mostra um corte do interior do modelo. As condições de contorno são a temperatura no topo, 4°C e o fluxo de calor no embasamento, que foi calculado considerando-se um β (fator de estiramento crustal) igual a dois, a espessura da crosta e da litosfera respectivamente 34 e 125 km e valor de fundo 42 mW/m². Os três pontos onde foram feitas as tomadas de temperatura estão localizados sobre o eixo central do modelo (figura 8a), respectivamente a oito mil, cinco mil e duzentos e três mil e trezentos metros de profundidade e na figura 8b o mesmo modelo sob um outro ponto de vista.

Na figura 9a há uma comparação da evolução das temperaturas nestes três pontos tendo o folhelho como encaixante e sem a presença do sal. Na figura 9b é mostrado o gráfico da variação de amplitude do topo da camada de sal sobre o eixo e se observou que, quando esta amplitude diminuía, havia aquecimento da região e o contrário ocorria quando esta amplitude aumentava, com exceção dos primeiros modelos, onde mesmo havendo diminuição da amplitude a temperatura também caía, mas deve-se levar em conta que neste período houve uma drástica redução do fluxo térmico.

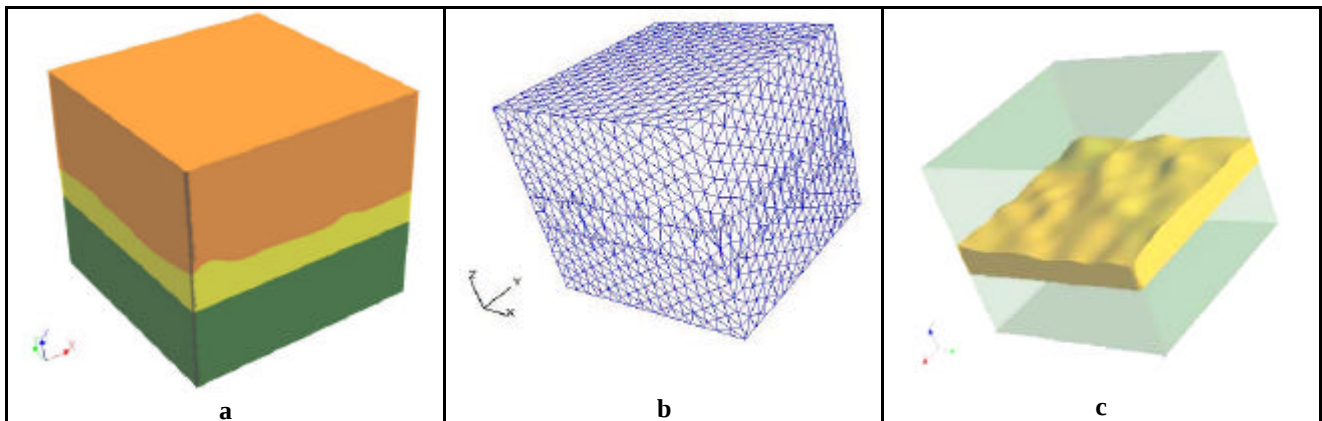


Figura 6: (a) O modelo visto por fora (b) Sua malha de tetraedros (c) Dando transparência às encaixantes.

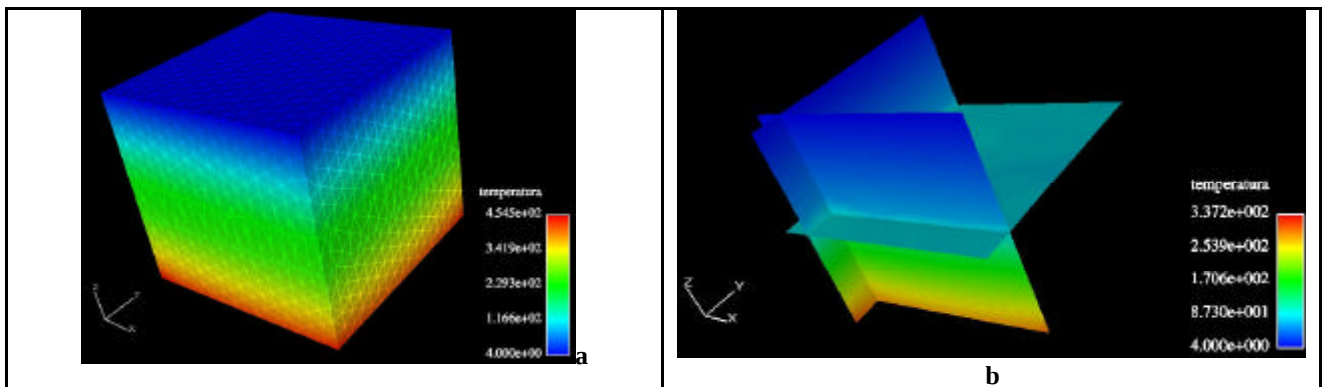


Figura 7: (a) Saída do Enight 7 (b) Um corte do seu interior.

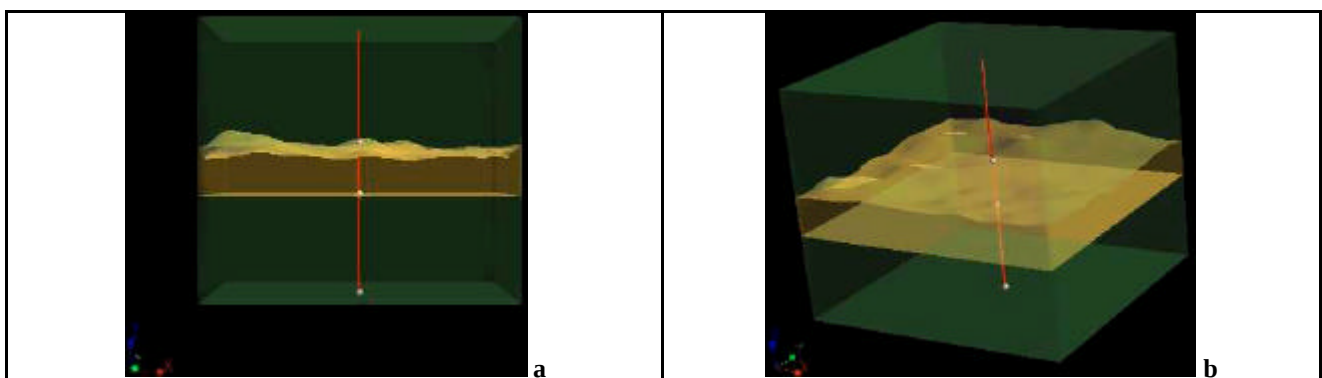


Figura 8: Dois pontos de vista do eixo central e dos três pontos de interesse.

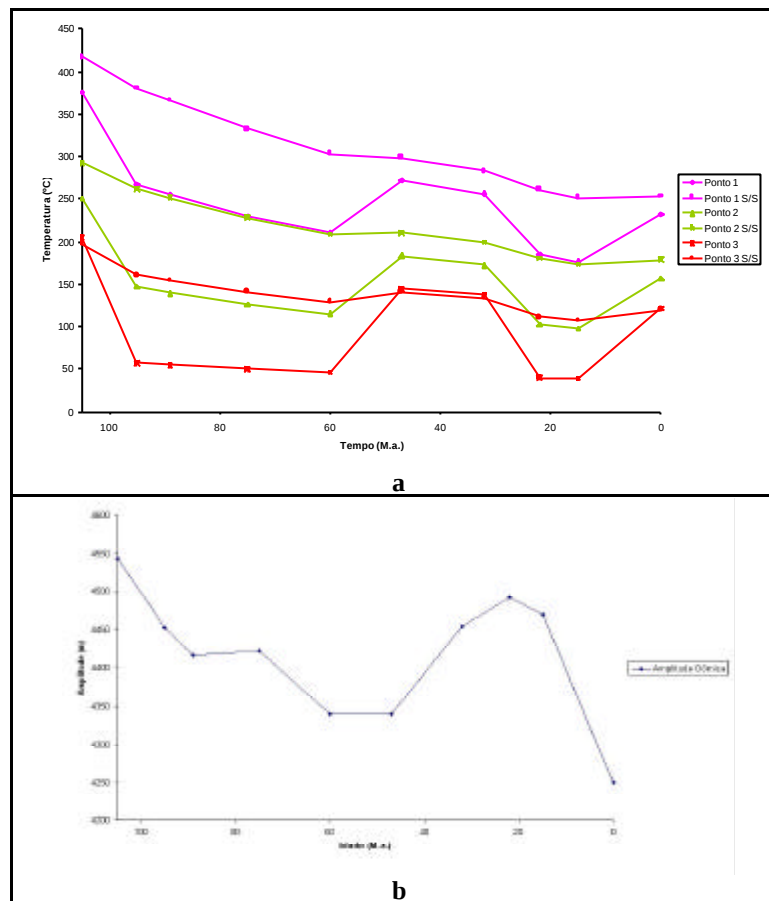


Figura 9: (a) Comparação da variação de temperaturas com e sem sal. (b) Variação de amplitude da camada de sal.

6. Próximo Passo

A última etapa do trabalho será fazer uma correlação entre a variação de temperatura observada para cada combinação de encaixantes e o nível de maturação de matéria orgânica em potenciais geradoras localizadas abaixo da camada de sal, com o intuito de se analisar o quanto que ela modificou os níveis previstos anteriormente por métodos mais simples.

7. Agradecimentos

À ANP, pelo suporte financeiro que tornou este trabalho viável;
 Aos meus orientadores, pelos conselhos;
 A todos os colegas que me ajudaram a trilhar este caminho.

8. Referências

- MELLO, U. T.; KARNER, G. D. and ANDERSON, R. N., Salt restrains maturation in subsalt plays, *Oil and Gas Journal*, Jan/1994, pp. 101-107.
- MELLO, U. T., Thermal and mechanical history of sediments in extensional basins, *PhD Thesis*, Columbia University, 1994.
- MELLO, U. T.; KARNER, G. D. and ANDERSON, R. N., The role of salt rock in modifying the maturation history of sedimentary basins, *Marine and Petroleum Geology*, v.12 (7), 1995, pp. 697-716.
- SOLARVIEWS, Anticlines and salt domes, Gulf coast, Iran, www.solarviews.com/cap/earth/anticlin.htm, acessada em 15/07/2002.
- VAZ, P.T., Halocinese em áreas distensas, *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 1987.