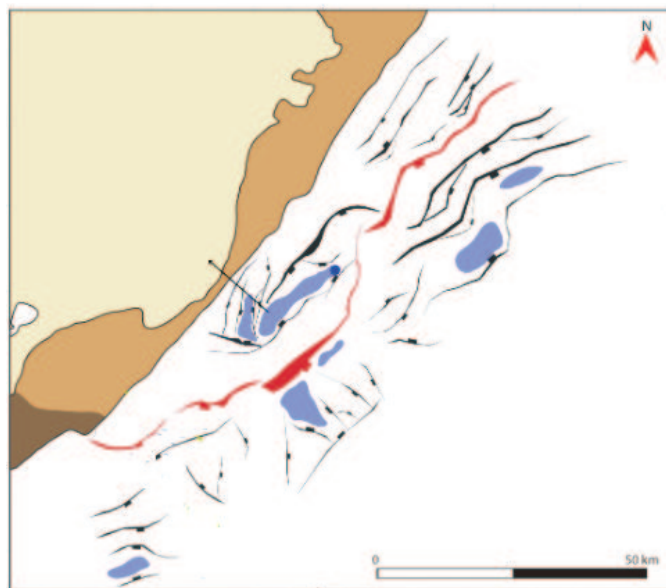


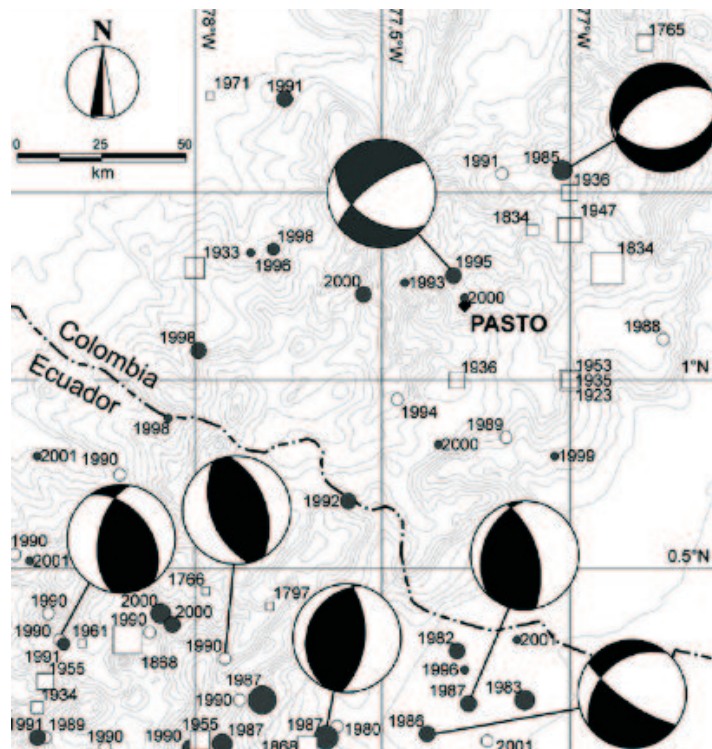
# *Tensões e Deformações em Ambientes Geológicos*

Anderson Moraes

1. Calcule aproximadamente as taxas de deformação médias para ao longo do desenvolvimento de uma bacia de margem continental.
2. Mostre através da formulação da mecânica do contínuo que a adoção do estado plano de deformação é plenamente factível para modelos tectônicos em duas dimensões.
3. Discuta por que a halocinese em uma bacia sedimentar pode perturbar a adoção do estado de tensão andersoniano.
4. Calcule a pressão de fluidos, a tensão vertical e a tensão efetiva vertical a uma profundidade de 4.000 metros. Considere uma densidade de  $2.500 \text{ kgm}^{-3}$  para a rocha, uma densidade de  $1.000 \text{ kgm}^{-3}$  para os fluidos e uma aceleração devido à gravidade de  $10 \text{ ms}^{-2}$ .
5. O mapa abaixo representa falhas normais que se entendem até o fundo do mar em uma bacia de margem continental. Estime a direção do  $\sigma_H$  hodierno.



6. Suponha que a crosta encontra-se em estado de tensão crítica. Calcule as faixas de variação para as tensões horizontais máxima e mínima passíveis de ocorrer a 4.000 m de profundidade para os diversos regimes tectônicos com  $\rho_c = 2.500 \text{ kgm}^{-3}$  para a crosta,  $\rho_f = 1.000 \text{ kgm}^{-3}$  para os fluidos,  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$  e  $\phi = 30^\circ$ .
7. Em determinada profundidade em um poço vertical, onde a tensão horizontal mínima vale 70 MPa, foi determinado um ângulo de abertura do *breakout* de  $24^\circ$ . Considerando-se que a rocha tenha uma coesão de 28 MPa e um ângulo de atrito interno de  $30^\circ$  e que a pressão do fluido de perfuração no poço e a pressão de fluidos valham ambas 40 MPa, calcule a tensão horizontal máxima.
8. Considerando os mecanismos focais representados na figura abaixo, esboce as trajetórias do  $\sigma_3$  atual para a área.



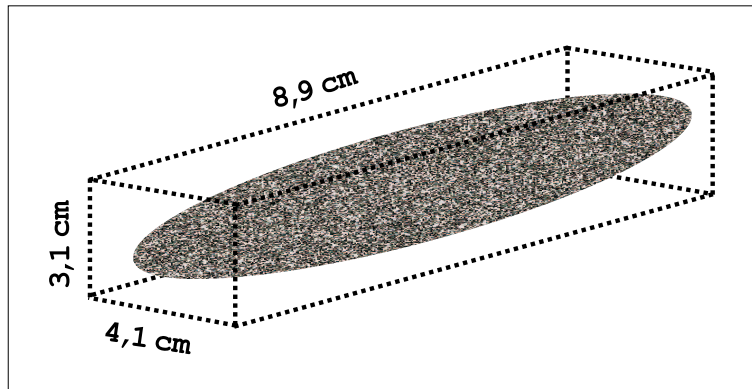
9. Esboce as curvas para os limites teóricos para as razões de tensões totais  $K_h$  e  $K_H$  em profundidade para a crosta nos diversos regimes de falha levando em conta um estado de pressão de fluidos normal.
10. Uma rocha encerra descontinuidades em várias direções. Sendo o coeficiente de atrito dessas descontinuidades igual a 0, 62 e considerando um

local onde as tensões principais são 18, 12 e 6 MPa e a pressão de fluidos vale 2 MPa, calcule o intervalo dos ângulos das discontinuidades com a tensão principal máxima passíveis de serem reativadas tectonicamente. E para uma pressão de fluidos de 4 MPa?

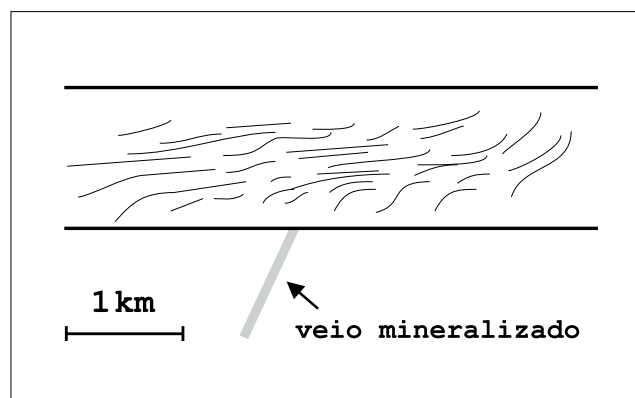
11. Uma falha geológica com geometria discretizada no sistema coordenado NSEW será analisada quanto à possibilidade de ocorrer reativação estrutural frente às tensões locais. A 1.250 m, onde  $\sigma_V = 31$  MPa, determinou-se  $\sigma_h = 24$  MPa, a 2.700 m estimou-se  $\sigma_H = 76$  MPa com direção N22°E e a 1.900 m determinou-se  $p_f = 19$  MPa. Estabeleça os cálculos iniciais para que se possa efetivar o projeto a 2.000 m.
12. Em acordo com o mapa da figura abaixo, assinale as falhas mais propícias a serem reativadas. Considere que se tratam de falhas subverticais.



13. Prove que a deformação volumétrica para um meio contínuo que sofre deformações finitas é dada pelo produto dos estiramentos principais menos um.
14. A figura que se segue é a representação das dimensões de um seixo deformado amostrado em um metaconglomerado da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. Calcule as deformações longitudinais do seixo e enuncie as premissas utilizadas para a efetuação dos cálculos.



15. Uma zona de cisalhamento em determinado contexto tectônico em estado plano de deformação encerra deformações longitudinais principais  $e_1 = 0,64$ ,  $e_2 = 0$  e  $e_3 = -0,39$ . Calcule o estiramento, a elongação quadrática, a elongação quadrática recíproca e a deformação natural para cada direção principal e a deformação volumétrica. Supondo que se tenha um quadro de cisalhamento simples ao longo da direção de transporte tectônico, calcule a deformação cisalhante, o ângulo de deformação cisalhante, os ângulos das direções das deformações longitudinais principais em relação à borda da zona de cisalhamento e a rotação interna das deformações longitudinais principais. Por fim, calcule o fator de forma de Flinn e indique o que ele sugere.
16. O mapa da abaixo esquematiza uma zona de cisalhamento que se sobrepõe ortogonalmente a uma foliação anterior e subortogonalmente a um veio mineralizado mais novo que a foliação. Represente a cinemática da zona de cisalhamento e, após calcular aproximadamente o deslocamento na zona de cisalhamento, esboce a continuidade do veio mineralizado na outra borda.



17. Baseando-se na análise da deformação pelo tensor gradiente de deformação, que tipo de deformação significam os tensores gradiente de deformação seguintes?

(a)  $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

(b)  $\begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 0,5 \end{pmatrix}$

(c)  $\begin{pmatrix} 0,71 & 0,71 \\ -0,71 & 0,71 \end{pmatrix}$

(d)  $\begin{pmatrix} 1,2 & 1 \\ 1 & -1,05 \end{pmatrix}$

(e)  $\begin{pmatrix} 1 & 0,67 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

(f)  $\begin{pmatrix} 1 & 2x \\ 0,5 & y \end{pmatrix}$

18. Faça um procedimento computacional para aplicar, cada um por vez, vários tipos de deformação clássicos em estado plano de deformação em alguma geometria conhecida previamente.

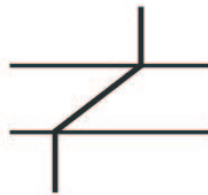
19. Estime as deformações finitas ao longo do dobramento mais proeminente na figura abaixo. Dica: faça uma restauração estrutural aproximada e aplique a teoria acerca do tensor gradiente de deformação coligindo o deformado com o indeformado.



20. Esboçe os vetores de deslocamento para os principais tipos de deformação clássicos e discuta as implicações geológicas.
21. Considere dois quadros de deformação  $D_1$  e  $D_2$ . Prove que o resultado final de  $D_1$  seguido de  $D_2$  é geralmente diferente do resultado final de  $D_2$  seguido de  $D_1$ .
22. Calcule a deformação volumétrica para a porção de um meio contínuo que encerra o estado de deformação representado pelo tensor gradiente de deformação abaixo.

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 0,6 & 0 \\ 0,3 & 0,9 & -0,5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

23. Justificando com argumentação teórica relativa à mecânica dos meios contínuos, classifique em homogêneo ou heterogêneo os seguintes quadros de deformação:



(a)

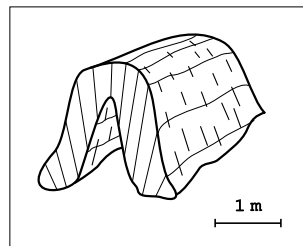


(b)

(c)  $\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 1 \\ 0 & 3 & 3 \\ -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$

(d)  $x_1 = 2X_1X_2 + 3$   
 $x_2 = 4X_1 + 3X_2$

24. Em ambientes geológicos os conceitos de deformação homogênea e de deformação heterogênea dependem da escala de observação? Por quê? Qual a implicação prática disso?
25. Uma sequência de rochas com forte contraste de rigidez entre elas sofre dobramento por cisalhamento puro com o maior encurtamento inicialmente subparalelo às camadas. Considerando-se um quadro de deformação progressiva, discuta algumas estruturas passíveis de serem formadas.
26. Faça um procedimento computacional com o objetivo de comparar os cisalhamentos puro, simples, subsimples e supersimples no contexto de uma deformação progressiva.
27. Discuta o dobramento da camada esquematizada na figura abaixo em termos de mecanismos de dobramento e de superposição de deformações.



28. É prática comum na indústria do petróleo buscar-se reservatórios fraturados na região do ápice de antiformais. O que embasaria essa prática? Amplie a discussão acerca do tema.
29. Onde você locaria os poços na busca de reservatórios fraturados na seção geológica abaixo? Dica: considere os possíveis mecanismos de dobramento que atuaram no desenvolvimento da estruturação da região.

