

6

Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

6.1.

Conclusões

Na presente dissertação, um grande esforço foi realizado no sentido de caracterizar e obter os parâmetros de transporte de dois tipos de folhelho. O folhelho BC-01 foi extraído de uma profundidade, variando de 2537m a 2549 m, e o folhelho Pierre01, foi proveniente de afloramento. Ambos os folhelhos são característicos de regiões “*offshore*” e “*onshore*”, respectivamente.

A caracterização de ambos os folhelhos permitiu entender os fenômenos de transferência de massa entre o fluido de perfuração e o folhelho. Os índices físicos iniciais estimados nos corpos de prova indicaram que o folhelho BC-01 é ligeiramente mais poroso, no entanto, este se encontra menos saturado que o folhelho Pierre01. Mediante os tratamentos com HCl e observações em lupa binocular se observou que o folhelho BC-01 possui maior grau de cimentação por carbonatos em relação ao folhelho Pierre01. Os ensaios de difração de raios-x (DRX) em ambos os folhelhos mostraram que estes, basicamente, estão constituídos por minerais de quartzo, illita, caulinita e esmectita. Segundo os ensaios de capacidade de troca catiônica (CTC), o folhelho BC-01 apresenta um maior potencial reativo em contato com os fluidos de perfuração, quando comparado com o folhelho Pierre01. Através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi possível confirmar que ambos os folhelhos apresentam textura e granulometria homogêneas. Observou-se uma alta concentração de carapaças calcárias de foraminíferos no folhelho BC-01. Os estudos da porosimetria dos folhelhos mostraram que o folhelho Pierre01 apresenta diâmetro de poros menores que o folhelho BC-01.

O desenvolvimento da metodologia para ser utilizada no transcorrer de ensaios simultâneos mostrou-se eficiente. O tempo necessário para a obtenção de um maior número de parâmetros foi reduzido, pois foram ensaiados, simultaneamente, até cinco corpos de prova submetidos a diferentes soluções.

Antes do primeiro funcionamento das novas células, necessitou-se testar o sistema por completo, com ensaios em corpos de prova sintéticos para avaliar o funcionamento das válvulas e transdutores. De igual modo, foi indispensável a calibração de todos os transdutores, que garantiram uma adequada medição das pressões impostas. Observou-se também a necessidade de ensaiar corpos de prova em perfeitas condições e bem isolados do óleo que aplica a pressão confinante.

Os parâmetros obtidos nos ensaios, para diferentes soluções salinas a diferentes concentrações, foram coerentes e estão dentro da faixa de valores apresentados na literatura. Comportamentos já reportados, como os incrementos da pressão osmótica com o decréscimo da atividade de água das soluções foram observados.

A permeabilidade absoluta estimada verticalmente, paralela ao eixo dos corpos de prova de ambos os folhelhos, não apresentaram uma boa correlação com a porosimetria estimada nos ensaios de caracterização. Estes resultados foram contrários aos obtidos em folhelhos estudados anteriormente por Duarte (2004), Muniz (2005) e Fontoura *et al.* (2007).

Verificou-se a anisotropia da permeabilidade dos folhelhos. Assim, as permeabilidades verticais estimadas dependeram da direção da fissibilidade dos corpos de prova em relação ao eixo dos mesmos. Observou-se, claramente, a tendência marcante do folhelho BC-01 em apresentar menores valores de permeabilidade absoluta (0,61nD a 1,22nD) quando comparado com o folhelho Pierre01 (1,63nD a 10,10nD). Dado que a permeabilidade define o ingresso de água e íons, a baixa permeabilidade do folhelho BC-01 fez que este apresentasse os maiores valores dos coeficientes de reflexão experimental (8,4% a 16,7%) quando comparado com o folhelho Pierre01 (0,84% a 8,4%).

Para fins de comparação entre os dois folhelhos e para estudos de estabilidade de poço, foram calculados os valores médios globais tanto da permeabilidade como dos coeficientes de reflexão experimental e numérico. Assim a permeabilidade, o coeficiente de reflexão experimental e o coeficiente de reflexão numérico para o folhelho BC-01 e Pierre01, respectivamente, foram: 0,88nD, 11,97%, 10,13% e 4,38nD, 4,35% e 5,37%.

Os ensaios brasileiros, além de mostrar a baixa resistência à tração de ambos os folhelhos, apresentaram a diferença marcante da direção de fissibilidade dos

corpos de prova que romperam, na maioria das vezes, por estes planos de fraqueza orientada.

Com a completa caracterização dos folhelhos; com os testes iniciais do conjunto de células de difusão; com o desenvolvimento da metodologia a ser utilizada no transcórre dos ensaios simultâneos; com os ensaios nas células de difusão utilizando CP's dos folhelhos; com a avaliação da resistência à tração mediante Ensaio Brasileiro; e por último, com a obtenção dos parâmetros de transporte de massa considerando os efeitos físico-químicos, pode-se concluir que os objetivos da presente dissertação foram alcançados.

6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Sugere-se que futuros trabalhos avaliem a funcionalidade da metodologia proposta por Bolton *et al.* (2000). Assim, o mercúrio injetado seria limitado a entrar perpendicular e paralelo à fissibilidade que os folhelhos apresentam. Obtendo ambos os resultados, avaliar as suas diferenças e comprovar se a distribuição de tamanho dos poros e a porosidade interconectada refletiriam os parâmetros obtidos nas células de difusão.

Recomenda-se para futuros trabalhos, ensaiar os corpos de prova já preparados do folhelho Pierre01 com fluidos a base de silicato e, observar, se as criações de reboco nas superfícies perpendiculares aos planos de acamamento geram coeficientes de reflexão superiores aos observados no folhelho BC-01.

Sugere-se também fazer uma análise de sensibilidade dos parâmetros de transporte, ensaiando sob mesmas condições, corpos de prova (de um mesmo folhelho) amostrados com os planos de acamamento a diferentes ângulos em relação ao eixo dos mesmos. De igual modo, recomenda-se a nova usinagem dos corpos de prova do folhelho Pierre01, neste caso, com os planos de acamamento perpendiculares ao eixo dos mesmos (igual aos corpos de prova do folhelho BC-01). Ensaios nas células de difusão, com a nova configuração destes corpos de prova, forneceriam parâmetros de transporte que seriam comparados aos já obtidos no folhelho BC-01.

Recomenda-se fazer em futuros trabalhos, uma análise semi-quantitativa mineral dos dois tipos de folhelhos estudados nesta dissertação; comprovar, se os valores das CTC estimados, refletem os conteúdos e tipos de argilominerais nas estruturas de ambos os folhelhos. Vale indicar que, Al-Bazali *et al.* (2005) estimou no folhelho Pierre um alto conteúdo de argilominerais (64%) em relação ao folhelho Arcochina (31%), porém foi estimado um valor inferior da CTC (10,5 meq/100g) quando comparado com este (24,5 meq/100g).

Na construção das quatro novas células de difusão feitas no GTEP, as sugestões do Muniz (2003) e Duarte (2004) referentes à construção de novas células com as reduções do peso da tampa e do tamanho do reservatório inferior, assim como a instalação do transdutor no reservatório da base, foram atendidas.

Finalmente, futuros trabalhos poderiam fazer a instalação de medidores internos de deformação, para monitorar em tempo real, junto a um programa computacional, reduções ou incremento do volume do corpo de prova em cada etapa.