

DETERMINAÇÃO DE PERMEABILIDADE RELATIVA ÁGUA-ÓLEO EM ROCHAS

Método

CONTEC

Comissão de Normas
Técnicas

SC - 30

Reservatórios

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

Requisito Mandatório: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada (não-mandatória): Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o aprimoramento da mesma, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

DETERMINAÇÃO DE
PERMEABILIDADE RELATIVA ÁGUA-ÓLEO EM ROCHAS
(Método)

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa o método para determinação das permeabilidades relativas de uma rocha à água (K_{rw}) e ao óleo (K_{ro}), bem como da relação entre ambas as permeabilidades (K_{rw}/K_{ro}). Se aplica a amostras com 1 ou 1 1/2 polegadas de diâmetro. Este método não simula as condições do reservatório.

2 RESUMO

Uma amostra de rocha com óleo e água irreduzível (irreducible water) é presa em uma célula de confinamento e submetida a uma injeção de água (water-drive). São medidos os volumes de água e óleo produzidos, bem como os tempos a eles correspondentes. O teste é executado em condições de laboratório, sob pressão e temperatura constantes, segundo o método de Welge. Pelo processamento dos dados obtidos são calculados valores intermediários que permitem a geração dos resultados de permeabilidade relativa.

3 APARELHAGEM

A permeabilidade relativa água-óleo é executada em aparelhagem cujo diagrama esquemático é dado na Fig. A do ANEXO I. Este equipamento permite a medição simultânea de volumes produzidos de água e óleo de uma amostra de rocha saturada de óleo e água irreduzível submetida a uma injeção de água sob pressão diferencial constante.

Propriedade da PETROBRAS

Palavras-chave: Permeabilidade -
Relativa - Água -
Óleo - Rocha

A amostra de rocha a ser testada deve estar contida em uma célula de confinamento, capaz de suportar altas pressões, provida de uma camisa interna de borracha à qual se aplica a pressão de confinamento. A camisa de borracha destina-se a vedar a amostra lateralmente, deixando livres as faces da amostra destinadas à injeção e produção de fluidos.

4 EXECUÇÃO

4.1 Preparação dos Fluidos

4.1.1 Da água

A água utilizada nos ensaios deverá ser uma água sintética, desaerada, de composição similar à água de formação. Não sendo conhecida a composição da água de formação, utilizar uma água com salinidade equivalente àquela obtida através de perfis elétricos. Em último recurso, caso se desconheça qualquer informação sobre a água de formação, utilizar uma água com 100.000 ppm de NaCl. A água deve conter 0,5%, em volume, de bactericida (formaldeído 40%) para preservar suas características ao longo do tempo de ensaio.

4.1.2 Do óleo

O óleo utilizado nos ensaios é um óleo sintético, desaerado, mistura de aguarrás e parafina líquida, combinadas em proporções tais que a mistura apresente viscosidade na faixa de 15 a 25 cp, à temperatura ambiente.

Nota - Os produtos NUJOL e PUROL atendem às especificações da parafina líquida.

4.2 Preparação das Amostras

Os testes são realizados em amostras de rocha, cortadas em forma de cilindro reto, com 1 ou 1 1/2 polegadas de diâmetro e comprimento de uma a duas vezes o diâmetro.

Tais amostras necessitam os cuidados especiais de preservação previstos na norma [N-1920](#) e, sempre que possível, devem ser horizontais, ou seja, paralelas ao plano de estratificação. De modo geral, as amostras que apresentarem heterogeneidade marcante, sob análise visual, devem ser descartadas.

As amostras são escolhidas a partir de resultados obtidos em análises de rotina (porosidade e permeabilidade absoluta) e da descrição litológica.

O ANEXO II apresenta uma planilha para orientação dessa etapa. Em amostras preservadas, alguns dados só serão determinados após a conclusão do teste propriamente dito (ver 4.4.12).

Na falta de amostras preservadas, os testes poderão ser realizados em amostras oriundas das análises de rotina (ANEXO VI).

4.2.1 Deslocamento do óleo original da(s) amostra(s)

Nesse instante, a(s) amostra(s) contém óleo original, água de formação e filtrado do fluido de perfuração

Essa etapa destina-se à retirada desses fluidos, através da injeção de aguarrás, até que a(s) amostra(s) contenha(m) somente o fluido deslocado e água irredutível.

Injetar aguarrás até não se produzir mais água e a aguarrás emergente apresentar-se clara. Durante essa etapa, deve-se interromper o fluxo, tantas vezes quantas forem necessárias, por períodos de 10 minutos, mantendo a amostra pressurizada, de forma a evitar formação de caminhos preferenciais de fluxo e conseqüentemente retenção de fluidos originais.

4.2.2 Saturação da(s) amostra(s) com óleo-de-laboratório, em presença de água irredutível

Injetar óleo-de-laboratório na amostra até que a aguarrás seja substituída pelo óleo injetado, o que se evidencia pela equalização aproximada dos valores das características físicas do efluente com as do óleo injetado; essas medidas devem ser determinadas através das técnicas analíticas disponíveis no laboratório.

Durante essa etapa, deve-se interromper o fluxo, tantas vezes quantas forem necessárias, por períodos de 10 minutos, mantendo a(s) amostra(s) pressurizada(s), de forma a evitar a formação de caminhos preferenciais de fluxo e conseqüente retenção de aguarrás. Essa etapa deve ser repetida com a(s) amostra(s) em posição(ões) invertida(s).

4.2.3 Pesar a(s) amostra(s).

4.2.4 Determinar a permeabilidade da amostra ao óleo, na presença de água irredutível, através da lei de Darcy. Repetir essa etapa invertendo a amostra. O sentido que apresentar maior permeabilidade deverá ser usado para o teste da permeabilidade relativa água/óleo propriamente dito.

4.3 Preparação do Sistema de Medição dos Volumes de Água e Óleo (Ver Fig. 1 do ANEXO I)

4.3.1 Colocar algumas gotas de silicato de sódio no separador óleo/água, para evitar a retenção de óleo nas paredes.

4.3.2 Encher o sistema separador óleo/água com água.

4.4 Operação do “Teste de Deslocamento” (Ver ANEXO IV)

4.4.1 Fechar a válvula de descarga e abrir a de vácuo da célula de confinamento.

4.4.2 Inserir o terminal superior na Célula Hassler, com a válvula 1 fechada e a 2 aberta. Remover a amostra a ser testada do recipiente de óleo onde se encontra. Tirar o excesso de óleo da superfície da amostra.

4.4.3 Introduzir a amostra e o terminal inferior na célula. Apertar o parafuso de volante recartilhado o suficiente para que a amostra seja premida levemente entre os terminais. Fechar a válvula de vácuo e abrir a de descarga, provocando, pela contração da camisa de borracha, o alinhamento da amostra com os terminais.

4.4.4 Fechar a válvula de descarga. Apertar mais um pouco o parafuso recartilhado até obter uma pressão moderada dos terminais sobre a amostra. Abrir, aos poucos, a válvula ligada à fonte de alta pressão até que a pressão na camisa de borracha - (“pressão de confinamento” da amostra) - seja da ordem de 200 psi acima da pressão de fluxo estimada para o teste.

4.4.5 Ajustar, por meio do regulador, uma baixa pressão no depósito de água. Abrir a válvula 1 e purgar as linhas do terminal superior e o topo da amostra. Fechar a válvula 1 e, em seguida, a 2.

4.4.6 Ajustar, por meio da válvula reguladora, a pressão estimada para o teste e abrir a válvula 1. Observar os efluentes, até que apareça a primeira gota de água. Fechar a válvula 1, e conectar o separador (óleo/água) ao terminal inferior.

4.4.7 Abrir a válvula 1 e acionar o cronômetro, dando início ao teste. Os fluidos efluentes separam-se no separador óleo/água (ver ANEXO I) por diferença de densidade e ação de gravidade. O volume de óleo acumulado é medido na parte graduada do separador.

4.4.7.1 A medição dos volumes de água é feita em incrementos pré-selecionados, de modo a proporcionar uma distribuição relativamente uniforme dos dados coletados.

4.4.7.2 Utilizar a seguinte seqüência de volumes de água: 1, 2, 4, 10, 25, 40, 100, 200, 400 e 800 cm³. Para tanto faz-se uso de vidraria disponível no laboratório.

4.4.7.3 A cada volume de água alcançado, determinar o volume de óleo e o tempo correspondente.

Nota - A depender das peculiaridades de cada teste, esses volumes de água poderão ser alterados, mantendo contudo a relação entre eles.

4.4.8 Quando a razão água-óleo atingir um valor considerado conveniente (adota-se comumente 99,9%), determinar a permeabilidade efetiva à água (Ver Folha II do ANEXO IV). Essa permeabilidade servirá como orientação no traçado da curva de Krw. Anotar o volume de óleo total produzido.

4.4.9 Quando o teste terminar, fechar a válvula 1.

4.4.10 Fechar a válvula conectada à fonte de alta pressão. Abrir a válvula de descarga aliviando a pressão da camisa de borracha. Fechar a válvula de descarga. Abrir a válvula conectada a fonte de vácuo.

4.4.11 Remover o terminal inferior e a amostra da célula de confinamento. Pesar a amostra.

4.4.12 Quando se tratar de teste em amostra preservada, submetê-la à extração dos fluidos, testes de rotina e pressão capilar, pelo método do estado restaurado.

5 CÁLCULO (VER ANEXO V)

5.1 Valores medidos durante o teste

5.1.1 W_i - Volume acumulado de água medido na saída da amostra à pressão atmosférica (cm³).

5.1.2 O_i - Volume acumulado de óleo medido na saída da amostra à pressão atmosférica (cm³). Este volume será o mesmo que o expresso à pressão média de vez que o óleo é suposto incompressível.