

# DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSÃO DE SAIS EM LÍQUIDOS NÃO NEWTONIANOS PELO MÉTODO DE TAYLOR

**Aluno: Paula Mey**

**Orientador: Paulo R. de Souza Mendes**

## Introdução

Um dos grandes desafios para a indústria do petróleo é a perfuração em domos salinos. A presença de zonas de sal é um indicativo da presença de petróleo, já que suas propriedades isolantes permitem a formação de armadilhas geológicas que aprisionam o petróleo migrante. Entretanto, se não for bem projetada, a perfuração em formações desse tipo pode ocasionar graves problemas operacionais tais como a fratura da região acima da zona salina, arrombamento e até desmoronamento do poço, pois ocorre a solubilização do sal da formação pelo fluido. Esses problemas podem elevar consideravelmente os custos para a perfuração da fase [1]. Portanto, a análise do impacto do fluido empregado na perfuração da região salina é de grande valor e, para realizar tal análise, é fundamental conhecer o coeficiente de difusão do sal da formação neste fluido.

Vários métodos em que os componentes entre os quais ocorre a difusão são estacionários entre si já foram desenvolvidos para a determinação experimental do coeficiente de difusão, porém esses métodos estacionários são muito lentos e imprecisos [2]. Para a determinação experimental do coeficiente de difusão em sistemas binários gasosos, líquidos e líquidos em condições supercríticas, destaca-se o método de dispersão de Taylor. Baseado no trabalho de Taylor publicado em 1953 [3], esse método difere completamente dos outros métodos em relação ao conceito utilizado: ele analisa a dispersão de um pulso de um material solúvel em um solvente escoando laminarmente em um tubo de seção circular.

## Objetivos

Projetar um aparato experimental que forneça o coeficiente de difusão de sais em líquidos, não somente em um tempo razoável mas também com precisão, para poder determinar o coeficiente de difusão de diferentes sais em fluidos de perfuração.

## Metodologia

Foi realizado um vasto estudo bibliográfico sobre o método de Taylor para fazer uma descrição da base teórica do método, para projetar o experimento e analisar os possíveis erros experimentais. Foi desenvolvida uma formulação matemática que inclui fluidos não newtonianos para, a partir dos dados experimentais, obter o coeficiente de difusão.

O método de Taylor se baseia em um escoamento hidrodinamicamente desenvolvido do fluido de interesse em um tubo muito longo e de diâmetro pequeno. No instante  $t = 0$ , injeta-se a montante um pequeno volume do mesmo fluido, no qual foi previamente diluída uma quantidade do soluto de interesse, ou seja, um pulso de concentração conhecida do soluto. A seguir, mede-se a média radial da concentração na saída do tubo ao longo do tempo.

No fenômeno observado, o soluto é disperso por ação de uma combinação de processos devido à difusão molecular e ao perfil de velocidades do eluente. Estes processos atuam em oposição: o fluxo laminar distorce o pulso inicial de soluto, tendendo a dispersá-lo; se a difusão molecular transversal é rápida o suficiente, as moléculas do soluto movimentam-se do interior do tubo para a região próxima às paredes, e vice-versa, em um movimento radial que diminui o efeito da dispersão axial [4]. A formulação matemática leva em conta esses dois fenômenos e chega à uma equação que fornece a concentração de solvente em uma

determinada localização do tubo em um determinado instante de tempo em função de diferentes parâmetros conhecidos (como raio do tubo, velocidade do escoamento, entre outros) e do coeficiente de difusão. Logo, medindo-se a dispersão do soluto pode-se chegar ao coeficiente de difusão.

No experimento em questão, o fluido base (solvente puro ou com baixa concentração de sal) é armazenado em um reservatório e passa por um degaseificador antes de chegar a bomba. O líquido então é bombeado para uma serpentina dentro de um banho térmico, para homogeneizar a temperatura do líquido. Em uma determinada posição da serpentina, injeta-se uma solução concentrada do soluto dissolvido no solvente. Finalmente a mistura passa por um refratômetro diferencial o qual vai nos indicar a dispersão da concentração. Sabendo que a dispersão tem uma distribuição normal, o coeficiente de difusão  $D$  pode ser obtido a partir dos parâmetros desta curva ou à partir de um *curve fitting* (em ambos os casos utilizando a equação encontrada por meio da formulação matemática).

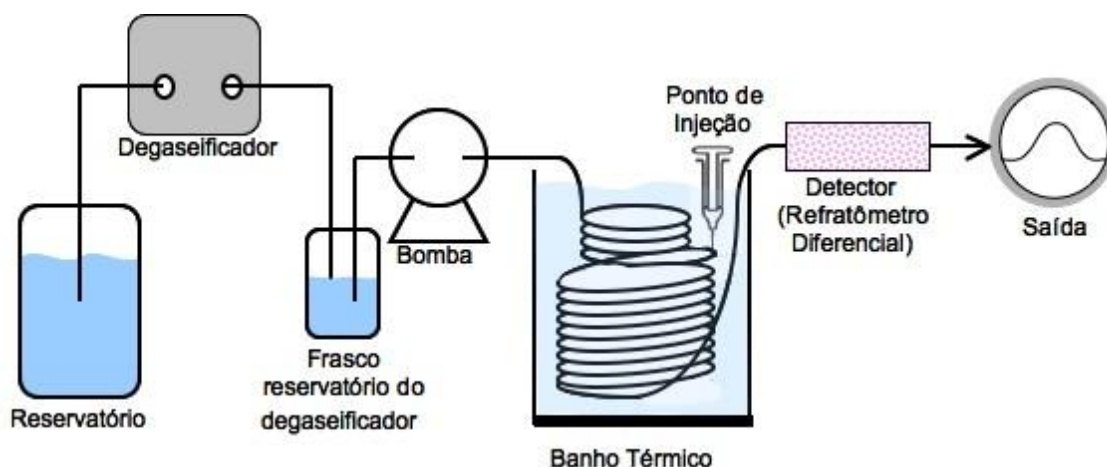


Figura 1 – Esquema do experimento

### Considerações finais

O experimento está atualmente na fase de montagem. Com o experimento operacional, faremos uma comparação de coeficientes de difusão conhecidos com coeficientes obtidos experimentalmente para validar o experimento. Iniciaremos os testes usando NaCl como soluto e água como solvente. Após verificada a viabilidade do nosso experimento e validada a bancada experimental, poderemos obter medidas do coeficiente de difusão de sais em diferentes fluidos de perfuração.

### Referências bibliográficas

- 1 - SILVA R. A.; OLIVEIRA, T. J. L. E MARTINS, A. L. Previsão de alargamento de poços perfurados em domos salinos com fluido não-saturado. **ENAHPE 2006** - Encontro Nacional de Hidráulica de Perfuração e Completação de Poços de Petróleo e Gás. 2006.
- 2 - BAILEY, H. R. e GOGARTY, W.B. Diffusion coefficients from capillary flow. **Society of Petroleum Engineers Journal**, 3(3):256–266, September 1963.
- 3 – TAYLOR, G. I. Dispersion of soluble matter in solvent flowing slowly through a tube. **Proceedings of the Royal Society of London**, 219(1137):186–203, 1953.
- 4 – WATSON, L. A técnica de dispersão de Taylor para estudos de difusão em líquidos e suas aplicações. **Química Nova**, 20(5), Sept./Oct. 1997.