

# REOLOGIA DE ÓLEOS PARAFÍNICOS

**Aluno: Alexandra Araujo Aliche**  
**Orientador: Paulo R. de Souza Mendes**

## Introdução

Durante a interrupção e o reinício da produção de petróleo em águas profundas e ultra-profundas, o óleo é submetido a quedas bruscas de temperatura, uma vez que a temperatura no leito do mar é de aproximadamente 4°C. Esta variação na temperatura se torna crítica devido à cristalização da parafina, que conduz a um processo de gelificação, transformando radicalmente o comportamento reológico destes materiais.

O líquido, que é Newtoniano a altas temperaturas, torna-se um material não newtoniano altamente complexo abaixo da temperatura da cristalização  $T_C$ , na qual observa-se um forte aumento na viscosidade. Este fenômeno complica o projeto e a operação de um oleoduto, particularmente no que diz respeito à previsão das propriedades reológicas de óleos parafínicos em baixas temperaturas, sendo extensamente relatado como um dos problemas mais importantes inerentes ao processamento destes materiais. Isso se aplica especialmente a um cenário de exploração de óleo na camada pré-sal, o que justifica uma maior investigação desses fenômenos.

## Objetivos

Estudar a influência do resfriamento, ou seja, dos históricos de temperatura e de taxa de cisalhamento, nas propriedades reológicas de um óleo parafínico a baixas temperaturas.

## Metodologia

Para tanto, realizamos testes no reômetro AR-G2 da TA Instruments, tais como rampas de temperatura, curvas de escoamento em regime permanente e testes oscilatórios. Antes de iniciar as medições no reômetro, aquecemos o óleo a 60°C por uma hora e depois por outras três horas a 50°C a fim de garantir uma composição estável. Este óleo pré-tratado foi armazenado em cinco garrafas de vidro. Antes de cada teste, a amostra é aquecida por outros 30 minutos no reômetro para que sua “memória” seja apagada com a dissolução dos cristais de parafina.

Nas rampas de temperatura o óleo é resfriado de 50°C até 4°C a diferentes taxas de resfriamento e submetido a diferentes taxas de cisalhamento durante esse resfriamento, sendo reaquecido de volta a 50°C nas mesmas condições do resfriamento. Ao final, obtemos uma curva da viscosidade em função da temperatura.

Os testes oscilatórios e curvas de escoamento são realizados a 4°C, por isso o primeiro passo é resfriar a amostra de 50°C a 4°C com as taxas de resfriamento e de cisalhamento desejadas, isto é, com seu “passado” fixado. O teste oscilatório consiste em aplicar uma frequência de oscilação fixa, para uma ampla faixa de amplitude de tensões, e medir o módulo elástico e módulo viscoso do material. Já nas curvas de escoamento, é aplicada uma taxa de cisalhamento e mede-se a viscosidade em regime permanente para uma faixa de taxas de cisalhamento.

## Conclusões

Dos resultados obtidos, notamos que a reologia de óleos parafínicos não depende somente da temperatura, da taxa de cisalhamento e do tempo como em outros materiais complexos, mas também das temperaturas e do cisalhamento aos quais a amostra de óleo foi submetida durante o resfriamento. Nas rampas de temperatura observamos que quanto maior a taxa de cisalhamento aplicada ao material durante o resfriamento, menor o nível de viscosidade do óleo a 4°C. Variando a taxa de resfriamento observamos que o nível de viscosidade é maior para resfriamento mais lentos. Mais interessante ainda: constatamos que as temperaturas de cristalização e de dissolução da parafina dependem da taxa de resfriamento, mas não do cisalhamento. Dos testes oscilatórios encontramos um comportamento mais elástico do material para amostras resfriadas a baixas taxas de cisalhamento e altas taxas de resfriamento.

Verificamos também que óleos parafínicos não são materiais tixotrópicos, ou seja, não são reversíveis com o tempo, porém podem recuperar sua estrutura original alterando-se a temperatura, sem que sua composição se altere.

## Referências

- 1 – CHANG, C., NGUYEN, Q.D. e RONNINGSEN, H.P , Isothermal start-up of pipeline transporting waxy crude oil, **J. Non-Newtonian Fluid Mech.**, v.87, p. 127-154, 1999.
- 2 - WARDHAUGH, L. T. e BOGER, D. V., Measurement of the unique flow properties of waxy crude oils, **Chemical Engineering Research & Design.**, v.65, p. 74-83, 1987.
- 3 - WARDHAUGH, L. T. e BOGER, D. V., Flow characteristics of waxy crude oils: Application to pipeline design, **AIChE Journal**, v.37, p. 871-885, 1991.
- 4 – WEBBER, R. M., Low temperature rheology of lubricating mineral oils: Effects of cooling rate and wax crystallization on flow properties of base oils, **J. Rheology**, v.43, p. 911-931, 1999.