Efeito da concentração de parafina nas propriedades reológicas de óleos modelo

Palavras-Chave: Petróleo, Garantia de escoamento, Reologia

Autores (as):

Maria Beatriz Teixeira, – FEM - UNICAMP

Willian de Vasconcelos Silva, – FEM - UNICAMP

Sérgio A. Jaimes Rueda, CEPETRO - UNICAMP

Letícia Bizarre, CEPETRO - UNICAMP

Alexandre Mendes de Santi, TOTALENERGIES - BRASIL

Marcelo Souza de Castro, FEM - CEPETRO - UNICAMP

INTRODUÇÃO

Na indústria de petróleo, é fundamental o desenvolvimento de estudos que contribuam para tornar os processos de extração e transporte de petóleo e gás mais eficiente. Além da compreensão dos mecanismos de extração e processamento, destaca-se a importância da análise do comportamento reológico dos fluidos envolvidos, especialmente no que se refere à transição entre regimes de escoamento. Ligeiro et al. 2023 investigaram o comportamento de parafinas modelo em diferentes concentrações, avaliando a transição do comportamento newtoniano para não newtoniano. Por sua vez, Cabanillas, Leiroz e Azevedo 2015 utilizaram óleo modelo (compostos por solvente e parafina) para esstudar o processo de deposição de cera, visto que o petróleo bruto é uma mistura complexa e instavél, o que dificulta as análises laboratoriais. O óleo modelo, por outro lado, mantém propriedades físicas essenciais como viscosidade, densidade e comportamento de cristalização similares ao petróleo real. Este trabalho tem como objetivo investigar o comportamento reológico de óleos modelos parafínicos, buscando compreender os efeitos da temperatura e da concentração de parafina sobre os parâmetros reológicos. Tal investigação contribui diretamente para o entendimento do comportamento de escoamento desses fluidos e para o desenvolvimento de estratégias que visam mitigar problemas operacionais no transporte de petróleo.

METODOLOGIA

A preparação das amostras de óleo modelo consistiu na utilização do solvente LUC LA2225 (C12) e parafinas do tipo micro (WAX 170, n-C22 a C50) e macro (WAX 140, n-C20 a C40). As proporções de macro e micro parafinas utilizadas estão descritas na Tabela 1. As amostras foram submetidas a uma homogeneização térmica em estufa a 70°C por duas horas, eliminando o histórico térmico prévio.

Tipo de óleo	**% Parafina total**	**% Macro**	**% Micro**	**Nome da amostra**
Óleo Modelo	15	100	0	100%Macro
Óleo Modelo	15	50	50	50%Macro 50%Micro
Óleo Modelo	15	65	35	65%Macro 35%Micro
Óleo Modelo	15	80	20	80%Macro 20%Micro
Óleo Modelo	15	90	10	90%Macro 10%Micro

Tabela 1: Composição das amostras de óleo modelo e proporções de macro e micro parafinas usadas.

Os experimentos foram conduzidos no reômetro Anton Paar MCR 702e, com o software RheoCompass 1.26, no Laboratório de Garantia de Escoamento (LGE) do CEPETRO/UNICAMP. A rampa térmica variou de 70 a 15°C, com taxa de resfriamento de 1°C/min e taxa de cisalhamento de 0,5 Pa.

A geometria selecionada foi cone/placa com diâmetro de 50 mm - cone jateado e placa inferior lisa - visando melhorar a aderência do fluido à superfície e garantir estabilidade dos resultados.

Em seguida, iniciou-se o experimento seguindo os passos: aquecer as geometrias à 70°C e mantê-las por 3 minutos; elevar a geometria para inserir a amostra; colocar aproximadamente 0,5 mL de amostra sobre a placa; abaixar a geometria superior e realizar o trim da amostra, garantindo que todo o gap esteja preenchido. Com a amostra colocada no equipamento, o mesmo foi mantido por 1 minuto com 70°C e na sequência foi feito uma pré aplicação de cisalhamento sob taxa de 10 Pa durante 10 min, novamente para homogeinizar a amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a curva de viscosidade em função da temperatura para as amostras de óleo modelo. Observa-se a Temperatura de Início de Aparecimento de Cristais (TIAC) (Marchesini et al. 2012), evidenciada pela transição de comportamento newtoniano para não-newtoniano. Quanto maior a proporção de macroparafinas, maior a viscosidade do fluido.

A adição de microparafinas influenciou significativamente a cristalização, diminuindo a temperatura de início do processo e reduzindo a viscosidade do fluido. Há um deslocamento da curva de viscosidade para a esquerda, indicando que a presença de microparafinas antecipa a cristalização.

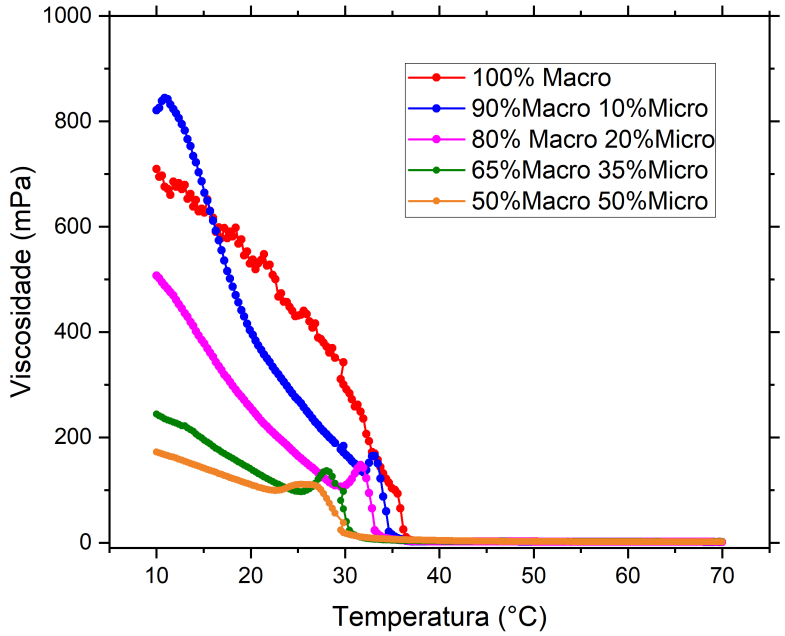

Figura 1: Viscosidade medida dos óleos modelos

Na Figura 2, observa-se o comportamento do óleo real. Embora apresente viscosidade significativamente superior às amostras modelo, sua TIAC está dentro da mesma faixa de temperatura das formulações testadas, demostrando que o óleo modelo consegue simular adequadamente a transição térmica, embora não atinja a viscosidade real.

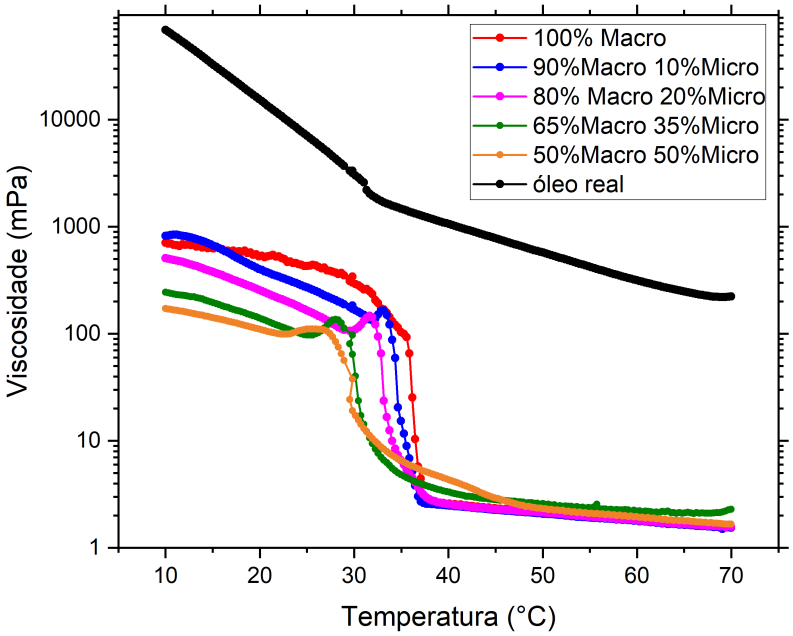

Figura 2: Viscosidade medida dos óleos modelos em comparação com o óleo real.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que a concentração e o tipo de parafina influenciam de forma direta nas propriedades reológicas dos óleo modelo. A presença predominante de macroparafina aumenta a viscosidade e reduz a TIAC. Por outro lado, microparafinas antecipam a formação de cristais e reduzem a viscosidade.

Esses efeitos são consistentes com estudos da literatura (Ligeiro et al. 2023 que associam a morfologia e a organização dos cristais de parafina ao comportamento reológico do sistema, sendo influenciadas pela distribuição de cadeia carbônica, cinética de resfriamento e concentração total de parafinas no meio. Tais características impactam não apenas a viscosidade, mas também a formação de géis e o comportamento de escoamento em condições de

campo.

Essas observações auxiliam na formulação de óleos modelo mais representativos e no desenvolvimento de estratégias de controle térmico e químico em sistemas de escoamento de petróleo. Ainda que nenhuma formulação tenha replicado completamente a viscosidade do óleo real, foi possível reproduzir seu comportamento térmico, validando o uso de óleos modelo como ferramentas experimentais eficazes em laboratório.

Referências

Cabanillas, José P., Andrea T. Leiroz e Luis F. A. Azevedo (dez. de 2015). "Wax Deposition in the Presence of Suspended Crystals". Em: *Energy amp; Fuels* 30.1, pp. 1–11. ISSN: 1520-5029. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.5b02344. URL: http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5b02344.

Ligeiro, Tayanne et al. (out. de 2023). "Beyond the Wax Concentration; How Micro/Macro Wax Ratios Change Thermal, Rheological, and Morphological Properties of the Waxy System". Em: *Energy amp; Fuels* 37.21, pp. 16345–16353. ISSN: 1520-5029. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.3c02025. URL: http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c02025.

Marchesini, Flávio H. et al. (2012). "Rheological Characterization of Waxy Crude Oils: Sample Preparation". Em: *Energy & Fuels* 26.5, pp. 2566–2577. DOI: 10.1021/ef201335c. eprint: https://doi.org/10.1021/ef201335c. URL: https://doi.org/10.1021/ef201335c.