

**SISTEMA AUTÔNOMO PARA MEDIÇÃO DE VISCOSIDADE E DENSIDADE
EM CONDIÇÕES DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO**

Pedro Henrique Da Cruz Lopes (pedroacruz@ufrj.br)

Diogo Pena Da Silveira (diogosilveira@ufrj.br)

Luiz Augusto Da Cruz Meleiro (meleiro@ufrj.br)

Filipe Arantes Furtado (ffurtado@ufrj.br)

Os ensaios de Petrofísica de Rotina (Routine Core Analysis – RCAL) e Petrofísica Especial (Special Core Analysis – SCAL) constituem etapas para posterior caracterização de reservatórios de petróleo, necessárias para avaliação da capacidade produtiva e estimativa de reservas de hidrocarbonetos em reservatórios de petróleo. Essas análises exigem cuidados rigorosos no manuseio das amostras, uma vez que, caso ocorram danos à amostra, são introduzidos erros não quantificáveis no ensaio experimental. O processo tradicional envolve a introdução e retirada sucessiva da amostra em diferentes equipamentos de análise, prática que aumenta a suscetibilidade a erros experimentais, o que aumenta a incerteza dos resultados obtidos e, conseqüentemente, impacta de forma significativa as estimativas de produção e o retorno financeiro oriundo da exploração do reservatório. Com o objetivo de mitigar as interferências decorrentes do manuseio humano e reduzir a propagação de incertezas, é desejável que os ensaios envolvendo análises petrofísicas sejam feitos de forma totalmente autônoma. Ainda, para a correta caracterização do escoamento multifásico em meios porosos, é necessário

determinar com precisão a densidade e viscosidade dos fluidos do processo. Tal determinação deve ser realizada nas condições do reservatório de petróleo (elevada temperatura e pressão). Desta maneira, este trabalho busca desenvolver e validar um sistema de medição autônomo de viscosidade e densidade capaz de operar em elevadas temperaturas e pressões. Para o desenvolvimento do sistema, foi inicialmente conduzido um estudo detalhado acerca dos métodos e equipamentos disponíveis na literatura e no mercado, buscando identificar aqueles que se encaixavam nas condições experimentais demandadas (elevada temperatura e pressão). No caso da determinação da densidade, empregou-se o densímetro de alta pressão e temperatura DMA-HPM (Anton Paar). Para viscosidade foi desenvolvido um viscosímetro capilar de alta pressão e temperatura, cujo princípio de funcionamento se baseia na equação de Hagen-Poiseuille modificada para levar em conta os efeitos de borda decorrentes da entrada e saída do equipamento. O dispositivo utiliza um capilar de aço inoxidável 316L de 6 metros de comprimento e 1/16" de diâmetro externo, em conjunto com transmissores de pressão diferencial de elevada pressão e precisão. O deslocamento dos fluidos é realizado por uma bomba de deslocamento positivo, de alta pressão e temperatura Quizix Q5000 (10000 psi e 165 °C), com vazão volumétrica mínima de 0,000031 mL/min, permitindo controle preciso da vazão. Ambos os equipamentos (viscosímetro e densímetro) foram integrados em um único protótipo, com controle e aquisição de dados realizadas por software desenvolvido em plataforma LabVIEW. Os resultados experimentais obtidos foram comparados com valores de referência de densidade e viscosidade disponíveis na literatura, em condições de pressão de até 10.000 psi e temperatura ambiente. As análises revelaram desvios relativos (absolutos) inferiores a 5 % para viscosidade e 0,5 % para densidade entre os valores medidos e os reportados na literatura, confirmando a acurácia e confiabilidade do sistema desenvolvido. Os desvios observados são atribuídos à ausência de controle de temperatura durante os ensaios, que será adicionado pela alocação do sistema em estufa. O desempenho comprova a viabilidade do sistema em aplicações autônomas, assegurando consistência dos dados para dados obtidos em tempo real. Embora suporte temperaturas de até 165 °C, o processo de validação para altas temperaturas ainda está em andamento. Mesmo assim, o sistema já demonstra elevado potencial para uso em protótipos futuros do Laboratório de Escoamento de Fluidos Giulio Massarani, especialmente em ensaios que exigem operação contínua, sem intervenção de operador, sob altas pressões e temperaturas. Nesse contexto, o sistema se destaca como um avanço relevante para ensaios de petrofísica,

abrindo caminho para maior automação de ensaios RCAL e SCAL com maior confiabilidade, reprodutibilidade e representatividade das condições reais de reservatórios de petróleo.

Palavras-chave: petrofísica; automação; alta pressão.