

## PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE PREDIÇÃO DE DEPOSIÇÃO DE PARAFINAS E ASFALTENOS NO ESCOAMENTO DO PETRÓLEO

Manoela Bastos Alves<sup>1</sup>; Reinaldo Coelho Mirre<sup>2</sup> Emanuel Benício de Almeida Cajueiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de graduação PRH 27.1; bastosmanoela20@gmail.com

<sup>2</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; reinaldo.mirre@fbter.org.br;

<sup>3</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; emanuel.cajueiro@fieb.org.br;

### RESUMO

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos, com características distintas de qualidade e propriedades. Durante sua produção, do reservatório até a plataforma, a variação das condições operacionais pode levar à cristalização e precipitação de componentes, como parafinas e asfaltenos, comprometendo o escoamento do óleo e a segurança da atividade. Prever a ocorrência destes fenômenos torna-se importante para assegurar a continuidade da produção. O objetivo geral é desenvolver um sistema que permita prever a deposição de parafinas e asfaltenos durante a produção de petróleo *offshore*. Neste trabalho, em particular, foram selecionados óleos com características encontradas em bacias sedimentares brasileiras. Posteriormente, será avaliada a sua influência no perfil de escoamento, utilizando um simulador específico. A ideia é criar um sistema de identificação e reconhecimento de padrões que envie um alerta para uma central, indicando a possibilidade de ocorrência e a quantidade por tempo de deposição na tubulação, permitindo operar em ambiente com menor risco e perda econômica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Parafinas; Asfaltenos; Garantia de escoamento; Reconhecimento de padrões.

### 1. INTRODUÇÃO

O petróleo é composto basicamente por hidrocarbonetos e outros componentes, em quantidades menores, como enxofre, nitrogênio e oxigênio. Todos possuem praticamente os mesmos tipos de hidrocarbonetos e não hidrocarbonetos, mas com tamanho de cadeia molecular e quantidades diferentes, levado a propriedades variadas e características de escoamento distintas.<sup>1</sup> Na produção *offshore*, por exemplo, óleos de classes parafínica (75% ou mais de parafinas) e aromático-asfáltica (>35% de asfaltenos e resinas), possuem maior tendência à formação de depósitos de parafinas e asfaltenos nos dutos.<sup>2</sup> As principais propriedades que influenciam no escoamento dos fluidos produzidos são: composição química, determinada pela análise SARA (teor de compostos Saturados, Aromáticos, Resinas e Asfaltenos), °API, viscosidade, ponto de fluidez e TIAC (Temperatura Inicial de Aparecimento de Cristais), além do teor de água presente. Uma propriedade importante para classificar o óleo é a densidade API; óleos com maiores °API são considerados leves. Óleos parafínicos têm °API maior que os naftênicos, e estes, por sua vez, maiores que os aromáticos. Além disso, óleos com maior °API tendem a ser menos viscosos que os óleos pesados.<sup>1</sup>

A produção do petróleo ocorre sob grandes variações de pressão e temperatura. Neste processo, o fluido em condição de equilíbrio no reservatório é perturbado abruptamente pela redução de pressão próximo ao poço, e no caminho do fluido até as instalações de processamento primário pode haver mudança de fase, com o aumento da fração de gás livre a partir do instante em que este alcança o ponto de bolha. Como exemplo, os fluidos podem sair do reservatório em temperaturas da ordem de 70°C, sob pressão de 270 kgf/cm<sup>2</sup>, e alcançar a superfície a 15°C e 15 kgf/cm<sup>2</sup>.<sup>1</sup>

Uma das causas do processo de deposição é o fenômeno de precipitação, que ocorre devido a transformações termodinâmicas e ao fenômeno de transferência de calor entre o fluido e o ambiente (caracterizado por baixas temperaturas).<sup>3</sup> A transferência de calor é um fator determinante na precipitação de parafinas, no qual o fluido se encontra abaixo da TIAC, a partir do qual inicia-se o processo de formação de partículas. Para que possa haver a deposição de parafinas nas paredes da tubulação, a condição de temperatura nos dutos também deve estar abaixo da TIAC, de modo que possibilite a fixação dos cristais.<sup>3</sup>

O asfaleno pertence a uma classe de macromoléculas de alta polidispersidade, ou seja, grande potencial de formação de depósitos.<sup>4</sup> Dessa forma, há fatores que permitem a precipitação deste elemento, como mudança de temperatura, de pressão e de composição do fluido<sup>5</sup>, além da presença de compostos, como o n-heptano.<sup>4</sup> Já a deposição pode ocorrer em pontos nos quais a pressão do fluido é maior que a pressão de bolha do óleo (definida por uma determinada temperatura e pressão, no qual o óleo começa a se vaporizar).<sup>5</sup>

O fenômeno da deposição de parafinas e de asfaltenos nas paredes das tubulações constitui um problema durante a produção do petróleo, pois diminui o diâmetro da tubulação, o que compromete o escoamento do fluido na linha; neste caso, a pressão durante o transporte torna-se maior, podendo alterar o estado de outros derivados, e acentuar o processo de deposição, juntamente com a perda de carga, necessitando, assim, de maior potência para extração.<sup>3</sup> Como impacto econômico, há o aumento de custos

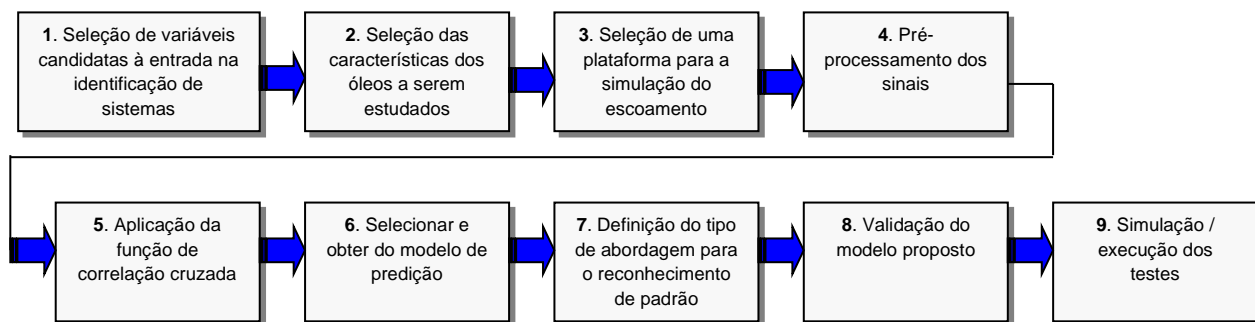
com a aplicação contínua de medidas paliativas (uso de solventes para desobstrução dos dutos) para mitigar o problema.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer uma proposta metodológica para o desenvolvimento de um sistema para identificar e prever um padrão de deposição de parafinas e asfaltenos durante o escoamento da produção de petróleo. A partir desta definição, foram verificados os tipos de óleos encontrados nas bacias sedimentares brasileiras, para que posteriormente se possa estudar a influência dos tipos de óleos no ambiente de exploração e produção em reservatórios do pré-sal (*offshore*). A ideia é que, ao final, o sistema possa enviar um alerta para uma central, que irá acionar uma ação preventiva sobre as condições de controle operacionais, na tentativa de evitar a ocorrência de depósitos.

## 2. METODOLOGIA

Para desenvolver o sistema de predição de deposição de parafinas e asfaltenos, propôs-se a estrutura metodológica representada na Figura 1. Esta estrutura foi elaborada a partir de uma revisão bibliográfica preliminar, envolvendo o fenômeno de deposição de parafinas e asfaltenos, e as técnicas de identificação de sistemas de processamento digital de sinais, e a percepção da necessidade de uso de ferramentas computacionais, como o OpenFOAM e o MATLAB.

Figura 1: Abordagem metodológica para o desenvolvimento de um sistema de predição de deposição



Segundo este referencial, a primeira etapa consiste na seleção de variáveis relevantes para a simulação de escoamento dos fluidos. Nesta fase inicial (presente trabalho), realizou-se um estudo para adequar a seleção das características dos óleos a serem usados, relacionados os de classe parafínica e aromático-asfáltica. Em seguida, decidiu-se pelo emprego de software para a simulação do escoamento, com a definição dos perfis de temperatura e pressão aplicados ao modelo de predição. Dessa forma, características definidas anteriormente serão utilizadas na etapa de pré-processamento da simulação. Com a obtenção dos sinais, será analisada a necessidade de filtragem, e se a quantidade de amostra é suficiente para se chegar aos resultados desejados. Posteriormente, será aplicada uma função de correlação nas variáveis candidatas a entrada, na qual identificará o grau de relação linear entre os sinais amostrados, possibilitando, assim, selecionar as variáveis necessárias para o sistema de predição a ser desenvolvido, além de identificar se o sistema em análise será representado de modo satisfatório pelo modelo linear.<sup>6</sup>

O próximo passo será a obtenção do sistema de identificação, juntamente com o reconhecimento dos sinais e a obtenção do modelo de predição da deposição de parafinas e asfaltenos, que será utilizado para realizar o mapeamento dos sinais captados no processo de escoamento. Inicialmente, terá uma abordagem estatística; porém, se for necessária, a abordagem será adaptada ou substituída. Em seguida serão realizadas as simulações na plataforma escolhida (MATLAB) e, a partir disso, os resultados serão validados. Como parte da metodologia, os primeiros sistemas a serem testados serão os mais simples, para, assim, justificar o uso de sistemas mais complexos, se necessário.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho encontra-se em fase inicial de desenvolvimento, de modo a verificar a consistência da proposta metodológica considerando os cenários de aplicação ao ambiente de produção *offshore*.

A pressão e a temperatura são as principais variáveis de entrada. Como a temática tem o modelo *offshore* como referência, com a redução de temperatura durante o escoamento, os óleos de classe parafínica têm tendência a formar cristais, e se relacionam com a TIAC. Já no caso da classe aromático-asfáltica, a pressão exerce grande efeito, pois no reservatório há um ambiente de equilíbrio, e com a produção esse espaço é desestabilizado, alterando, assim pressão e o estado termodinâmico.

Cada óleo a ser estudado é caracterizado pelo seu °API. No caso do óleo parafínico, buscou-se uma representação conforme a Figura 2, em que há a relação entre o teor de parafinas e o °API de petróleos das

bacias costeiras brasileiras. Dessa forma, foi selecionado um teor de 3,7%, e o °API de 28, e que corresponde à densidade de 0,877. Já para a classe aromático-asfáltica, a seleção do °API foi baseada na Tabela 1, que apresenta o °API de diferentes tipos de óleos, de diferentes regiões, assim como uma representação da Bacia de Campos (RJ), com °API de 19,7 (densidade de 0,936), e teor de asfaltenos de 2,8%.

Figura 2: Relação entre o teor de parafinas (Método UOP 46/64) e o °API de petróleos de bacias costeiras brasileiras<sup>1</sup>

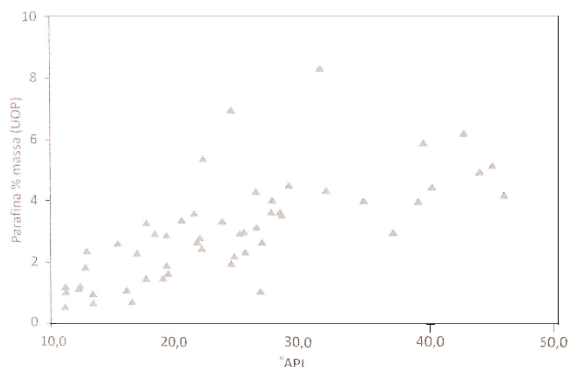


Tabela 1: Teores de asfaltenos e resinas em diferentes petróleos<sup>1</sup>

Petróleo	°API	Asfaltenos (%)	Razão resinas/asfaltenos
Venezuela, Boscan	10,2	17,2	1,7
Canadá, Cold Lake	10,2	13,0	1,9
México, Panucon	11,7	12,5	2,1
Brasil, Campos	19,7	2,8	7,7
EUA, Califórnia	26,2	4,0	4,7
EUA, Oklahoma City	38,0	0,1	50,0
Iraque, Kirkuk	36,1	1,3	27,7
França, Lagrave	43,0	4,0	18,8
Argélia, H. Messaoud	45,0	0,2	16,5

Como etapa posterior, será realizada a simulação de escoamento, com o *software* OpenFOAM, de modo a verificar a influência do tipo de óleo de acordo com as condições operacionais de produção. No entanto, para um estudo mais amplo, pode-se realizar a simulação envolvendo uma representação maior dos tipos de óleo a serem empregados, para diferentes teores de parafinas e asfaltenos.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma abordagem para identificar e prever um padrão de deposição de parafinas e asfaltenos no escoamento da produção de petróleo foi proposta neste trabalho. Para testar sua eficácia, pretende-se simular e avaliar as características dos óleos na produção offshore de grande profundidade, cujas condições operacionais venham a favorecer a ocorrência da deposição. Espera-se, a partir deste estudo, propor um sistema de alerta integrado à previsão de deposição de parafinas e asfaltenos, que possa acionar a manutenção com antecedência, evitando paralisar a produção em decorrência de eventuais danos aos equipamentos.

### Agradecimentos

Ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, especialmente ao PRH 27.1 ANP/FINEP/SENAI CIMATEC, pelo suporte e oportunidade de trabalho nesta linha de pesquisa.

## 5. REFERÊNCIAS

- OLIVEIRA, M.C.K., GONÇALVES, M.A.L., MARQUES, L.C.C., **Fundamentos de garantia de escoamento**. Rio de Janeiro: Interciência, 2018.
- THOMAS, J.E. (Org.). **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2ª. Ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- FILHO, R. **Desenvolvimento de um modelo computacional para previsão de deposição de parafina em tubulações de transporte de petróleo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica), UTFPR, Guarapuava, PR, 2015. p.49.
- GARRETO, M.S. **Determinação do início da precipitação do asfalto em petróleos brasileiros e implicações na estabilidade na mistura de petróleos**. Dissertação (Mestrado em Química), UFMA, São Luís, MA, 2006. p.102.
- PAES, D. **Estudo da deposição do asfalto durante a produção do petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), UNICAMP, Campinas, SP, 2012. p.163.
- CAJUEIRO, E., KALID, R., SCHNITMAN, L. **Inferindo posição de haste de bombeio mecânico a partir de corrente de motor**. *Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional*, Fortaleza, CE, 2011, p. 1-8.