

# ESTUDO EXPERIMENTAL DO EFEITO DA TEMPERATURA E DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO DAS EMULSÕES

Cíntia Devillart Motta<sup>1</sup>  
Livia Marques Porfírio<sup>2</sup>  
Vanessa Limeira Azevedo Gomes<sup>3</sup>

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO 1980-1777  
ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

A formação de emulsões é comum na indústria petrolífera. Elas precisam ser tratadas e existem algumas características que influenciam neste processo. Essa “quebra” de emulsões é regida pela equação de *Stokes* onde viscosidade, densidade, diâmetro das gotas e gravidade influenciam na velocidade de sedimentação. A separação dessa mistura pode ser muito lenta e difícil por isso se faz necessário o uso de alguns artifícios para acelerar o processo. Neste trabalho foram preparadas emulsões com dois tipos de óleos em três diferentes temperaturas, analisando assim a influência desta na separação das fases. Por meio do uso do microscópio óptico foi possível observar a fase dispersa e a contínua. Após análise percebeu-se que a velocidade de sedimentação das partículas de óleo é maior quando a temperatura aumenta. Isso ocorre, pois, o aumento da temperatura interfere na tensão interfacial, diminuindo a viscosidade do óleo e, conseqüentemente, favorecem o processo de separação das emulsões.

## PALAVRAS-CHAVE

Emulsões. Tensão Interfacial. Temperatura. Velocidade de sedimentação.

## ABSTRACT

The formation of emulsions is common in the oil industry. They need to be addressed and there are some characteristics that influence this process. This “breakdown” of emulsions is governed by the Stokes equation where viscosity, density, droplet diameter and gravity influence sedimentation velocity. The separation of this mixture can be very slow and difficult so it is necessary to use some devices to accelerate the process. In this work, emulsions with two types of oils were prepared at three different temperatures, thus analyzing the influence of this in the phase separation. Through the use of the optical microscope it was possible to observe the dispersed and continuous phases. After analysis it was noticed that the settling velocity of the oil particles is higher when the temperature increases. This is because the increase in temperature interferes with the interfacial tension decreasing the viscosity of the oil and, consequently, favors the process of separating the emulsions

## KEYWORDS

Emulsions, Interfacial tension. Temperature. Sedimentation velocity.

## 1 INTRODUÇÃO

No poço, água e óleo bruto encontram-se separados. Porém, em função da forte agitação durante a extração e do cisalhamento causado pela despressurização da válvula *choke*, formam-se emulsões do tipo água-em-óleo. Emulsões são definidas como um sistema heterogêneo de pelo menos dois líquidos imiscíveis, sendo um chamado de fase contínua e o outro de fase dispersa. A fase dispersa (interna) encontra-se distribuída em forma de gotículas no seio da fase contínua (externa). De forma geral, o sistema precisa de agentes emulsionantes ou surfactantes para estabilizar-se, estes agentes têm duas funções básicas: a primeira é diminuir a tensão interfacial, favorecendo a formação da emulsão, e a segunda é evitar a coalescência da fase dispersa (BRASIL et al., 2012).

Durante a recuperação primária de petróleo ou aplicação de métodos de recuperação avançada, a pressão liberada do reservatório e a movimentação dos fluidos no meio poroso provocam formação de emulsões devido à mistura das fases óleo e água dentro da rocha reservatório. O processo de mistura é ainda mais intensificado na etapa de produção nos escoamentos bifásicos por meio dos equipamentos de superfície. No processo de emulsificação, surfactantes naturais do petróleo como resinas, asfaltenos, ácidos naftênicos, parafinas, entre outros, migram à interface óleo-água e formam uma cobertura estabilizadora ao redor das gotículas de fase dispersa, prevenindo a sua coalescência e promovendo emulsões estáveis. A produção de tais

emulsões estáveis pode chegar a ser um problema muito custoso porque é necessário a adição de produtos químicos e/ou a implementação de procedimentos adicionais para a separação do óleo e a água.

A separação da água é necessária, pois esta pode causar uma série de problemas como corrosão e formação de depósitos inorgânicos, também chamados de incrustações. Além disso, a presença de água emulsionada aumenta a viscosidade do óleo, aumentando assim a perda de carga e podendo comprometer a eficiência do sistema de bombeio e transferência (UNIVERSIDADE PETROBRÁS, 2007).

A interface entre dois líquidos imiscíveis é um local de energia livre decorrentes de um desequilíbrio nas forças de coesão dos dois líquidos. Esta energia faz com que a interface se contraia para formar a menor área interfacial possível. Em uma emulsão a fase interna sempre tende a formar gotículas esféricas que representa a menor área interfacial de líquido por unidade de volume. Além disso, essas gotículas tendem a coalescer para formar as maiores, mais uma vez reduzir a área interfacial. Em uma emulsão de óleo, este processo pode prosseguir até ficar completamente separadas. Quanto maior a tensão interfacial mais difícil à formação de uma emulsão e menos estável ela será. Para que se consiga uma emulsão estável é necessário reduzir a tensão interfacial entre os líquidos, utilizando os chamados agentes emulsificantes (GOMES, 2009)

A quebra da emulsão consiste no enfraquecimento e no rompimento da película formada pelos agentes emulsionantes sobre as gotículas de água. Cujo objetivo é permitir que as gotículas vizinhas se aglutinem e decantem, desestabilizando a emulsão.

As técnicas utilizadas para a separação destas emulsões estão baseadas na separação gravitacional com métodos térmicos e químicos. A separação das fases é comumente entendida por meio da velocidade de sedimentação das gotas em um campo gravitacional, em função da diferença de densidade e a viscosidade dos líquidos envolvidos, a qual é tradicionalmente descrita com base na lei de *Stokes*, regida pela Equação 1 (BRASIL et al., 2012)

Equação 1

$$v = \frac{|\rho_a - \rho_o| d^2}{18\mu} g$$

Na qual:  $v$  é a velocidade de sedimentação das gotas, cm/s,  $|\rho_a - \rho_o|$  é o valor absoluto da diferença entre as massas específicas da água e do óleo, g/cm<sup>3</sup>.  $\mu$  é a viscosidade da fase contínua, g/cm.s.  $d$  é o diâmetro das gotículas que sedimentarão ou flotarão, cm.  $g$  é a aceleração devido à força de campo (gravitacional ou centrífuga), cm/s<sup>2</sup>.

O objetivo deste trabalho foi demonstrar o comportamento da emulsão quando submetida a diferentes temperaturas e tensões de cisalhamento, relacionando com as tensões interfaciais e velocidade de sedimentação.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 PREPARAÇÃO DAS EMULSÕES**

As emulsões foram preparadas com dois tipos de amostras de petróleo, uma leve e outra pesada, misturadas a água. Obtiveram-se duas emulsões com óleo pesado e duas emulsões com óleo leve. Para que as emulsões fossem formadas, foi necessário submetê-las a agitação constante, para isso foi utilizado um liquidificador, ficando as amostras de óleo leve, sendo agitadas por um minuto e trinta segundos e as amostras de óleo pesado por um minuto. A variação da velocidade de agitação é um parâmetro importante de análise, pois quanto maior for essa velocidade mais emulsionada ficará a amostra, portanto mais lento será o seu processo de sedimentação.

Para este trabalho, os seguintes materiais foram utilizados: amostras de petróleo de diferentes densidades, termômetro, liquidificador, béquer, aquecedor magnético e cronômetro.

### **2.2 ANÁLISE EXPERIMENTAL**

A quebra das emulsões ocorre pela adição de produtos químicos, chamados de desmulsificantes, aquecimento e uso de campo elétrico. Neste trabalho, a quebra da emulsão foi feita por meio do aquecimento. Após a preparação, as emulsões de óleo leve e de óleo pesado foram analisadas em duas temperaturas. A primeira foi mantida em temperatura ambiente (25°C), a segunda foi aquecida em aquecedor magnético até alcançar a temperatura de 60°C. A escolha do valor da temperatura deve-se ao fato de que nos campos de produção terrestres ocorre o aquecimento da mistura, em um vaso normalmente vertical, até uma temperatura da ordem de 60°C, de forma a reduzir a viscosidade da fase contínua (óleo), o que acelera a decantação das gotas (EQUAÇÃO 1).

As emulsões foram analisadas em duas temperaturas. A primeira solução, a temperatura ambiente (24°C) e a segunda foi aquecida em aquecedor magnético até alcançar a temperatura de 60°C, para ambas as amostras, equivalendo um total de quatro emulsões. Todas as amostras após atingirem a temperatura foram analisadas em microscópio óptico para observar a separação das fases, visando determinar a fase

dispersa e a contínua. Além disso, observou-se o efeito da temperatura na sedimentação das fases, ou seja, na quebra das emulsões e mais rápida a decantação das gotas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 abaixo demonstra a proporção de mistura utilizada na preparação das emulsões.

Tabela 1 – Dados Experimentais

Óleo	Volume Água	Volume Óleo	Quant. de amostras	Tempo de Agitação
Leve	500 mL	4 Gotas	2	00:01:30
Pesado	500 mL	1 Golfada	2	00:01:00

Fonte: Dados da pesquisa.

As emulsões de óleo leve apresentaram redução de volume após a agitação, esse volume foi perdido devido ao liquidificador ter ficado muito cheio, por isso houve vazamento. Elas foram observadas em duas diferentes temperaturas, conforme Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Dados Experimentais da Amostra de Óleo Leve

Amostra	Volume da Amostra	Temperatura da Amostra
1	250 mL	25°C
2	250 mL	60°C

Fonte: Dados da pesquisa.

As amostras de óleo pesado mantiveram seu volume e foram observadas em duas temperaturas, conforme Tabela 3 abaixo:

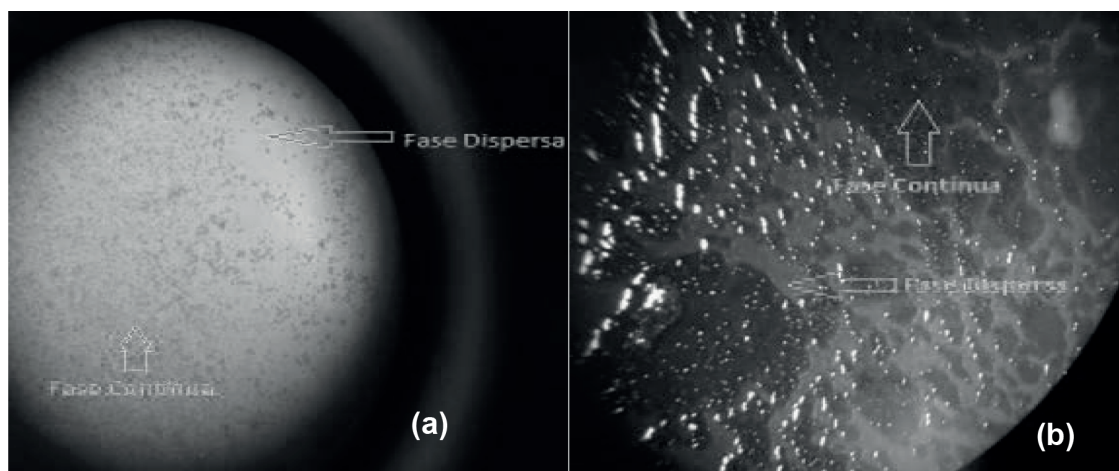
Tabela 3 – Dados Experimentais da Amostra de Óleo Pesado.

Amostra	Volume da Amostra	Temperatura da Amostra
1	250 mL	25°C
2	250 mL	60°C

Fonte: Dados da pesquisa.

Nas Figuras 1 (a) Emulsão de óleo leve e (b) Emulsão de óleo pesado, respectivamente, pode-se observar a fase dispersa nos pontos escuros da foto (óleo) e a fase contínua é onde o fluido encontra-se mais claro e uniforme.

Figura 1 – Emulsões do tipo água-em-óleo de (a) Óleo leve e (b) Óleo pesado.



Fonte: Autores (2016).

Na análise, pode-se observar que o aquecimento do sistema favorece a quebra da emulsão para ambos os tipos de óleo. No entanto, para óleos mais leves o processo de separação é mais rápido. Observou-se também a separação das fases dispersa e contínua, conforme Figura 1. Nas análises realizadas, a amostra de óleo leve apresentou gotículas menores devido ao maior processo de cisalhamento. Quando sob o efeito da temperatura, o processo de separação da emulsão foi bastante rápido. A redução da viscosidade devido ao aumento da temperatura é atribuída ao aumento das distâncias intermoleculares provocadas durante o aquecimento. Esse aumento reduz as forças atrativas entre as moléculas, diminuindo a viscosidade (GRANJEIRO *et al.*, 2007) e favorecendo a velocidade de sedimentação das gotículas.

Isso é comprovado pela Equação de *Stokes* (EQUAÇÃO 1). Por isso, para facilitar o processo de separação das emulsões de óleo e água deve-se utilizar o aquecimento, principalmente para óleos pesados.

#### 4 CONCLUSÕES

Após observação das emulsões preparadas em laboratório concluiu-se que quanto maior for a velocidade de agitação mais emulsionada será a amostra, portanto mais lenta será a velocidade de sedimentação das partículas e, conseqüentemente, o processo de separação água-óleo é mais demorado. Por isso, recomenda-se, caso seja possível, evitar que as emulsões de petróleo sejam submetidas a intensas taxas de cisalhamento. A escolha de métodos de elevação que imponham menores taxas de cisalhamento é de suma importância para a posterior separação da água do petróleo. Quanto menor o tamanho da gota maior a estabilidade e mais difícil a separação das fases.

Outro ponto importante a ser destacado quanto ao efeito da temperatura nas amostras é que com o aumento dela a velocidade de sedimentação também aumenta. Isto ocorre devido à redução da viscosidade do fluido que ocasiona o aumento da velocidade de sedimentação. Todas essas conclusões estão baseadas na equação de Stokes.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Nilo Indio do; ARAÚJO, Maria Adelina Santos; SOUSA, Elisabeth Cristina Molina de. **Processamento de petróleo e gás**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

GOMES, D. A. A. **Aplicação de microemulsões na solubilização de frações pesadas de petróleo**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

GRANJEIRO, A.A. *et al.* Viscosidades de polpas concentradas de figo-da-Índia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, 2007.

UNIVERSIDADE PETROBRÁS. **Apostila de processamento primário de petróleo**, 2007.

---

**Data do recebimento:** 1 de Dezembro de 2016

**Data da avaliação:** 17 de janeiro de 2017

**Data de aceite:** 7 de fevereiro de 2017

---

---

1. Discente do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: motta.cinthia@gmail.com

2. Discente do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: livinhaporfirio@hotmail.com

3. Docente do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: vanessa.limeira@gmail.com