

CONIC-SEMESP 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica

Anais do Conic-Semesp. Volume 1, 2013 - Faculdade Anhanguera de Campinas - Unidade 3. ISSN 2357-8904

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DE FLUIDOS NÃO NEWTONIANOS ATRAVÉS DO VISCOSÍMETRO DE STÖRMER

CATEGORIA: CONCLUÍDO

ÁREA: ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

SUBÁREA: ENGENHARIAS

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

AUTOR(ES): MARIANA DIAS HAUSCHILDT, ROBERTA SILVEIRA DO NASCIMENTO, THAIS BARROS DA SILVA, VICTOR HUGO PENNA PIO

ORIENTADOR(ES): DEOVALDO DE MORAES JUNIOR, VITOR DA SILVA ROSA

Realização:



Apoio:



**Caracterização reológica de fluidos não newtonianos através do
viscosímetro de Stormer**

1. RESUMO

Grande parte dos fluidos industriais são não newtonianos. Apesar da sua importância, a literatura é carente de dados concernentes ao comportamento reológico dos fluidos que não seguem a Lei de Newton da viscosidade ou seja, não há uma relação linear entre a tensão de cisalhamento aplicada e a velocidade de deformação.

O estudo visou caracterizar reologicamente o leite condensado, óleo de soja e óleo Lubrax através de um viscosímetro de Stormer.

Os fluidos estudados foram o leite condensado, óleo de soja e óleo Lubrax (derivado do petróleo). As massas de acionamento usadas foram no intervalo de 50 g a 1700 g e o número de voltas estabelecidos no conta giros do instrumento foi de 100 voltas para todas as condições experimentais. Todos os ensaios foram feitos em triplicatas. Os dados obtidos foram tratados graficamente em curvas de tensão por taxa de cisalhamento e relacionados entre si através da lei das Potências. O experimento permitiu concluir que os três fluidos analisados são não newtonianos, o leite condensado é um pseudoplástico, o óleo de soja é um dilatante e o óleo Lubrax é um plástico de Bingham.

Palavras-chave: Reologia, Viscosímetro de Stormer, fluidos não Newtonianos.

2. INTRODUÇÃO

Os fluidos não newtonianos são frequentemente encontrados em operações como bombeamento, destilação, absorção, perfuração, transferência de calor dentre outros, operações encontradas nos diversos seguimentos industriais, como a indústria química, petroquímica, alimentícias, têxtil, bioquímica, farmacêutica e mineral. (Andriani, 2009)

Grande parte das operações supracitadas necessitam dos valores da viscosidade para se obter o número de Reynolds, o qual é um dos parâmetros mais importantes do projeto. (Machado, 2002)

De acordo com a lei de Newton, a viscosidade é o coeficiente de proporcionalidade da relação entre tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidade, conforme apresentado na Equação (1). (Machado, 2002)

$$\tau = \mu \cdot (dv/dy) \quad (1)$$

Em que τ é a tensão de cisalhamento em mPa, (dv/dy) é o gradiente de velocidade ou a taxa de cisalhamento em s^{-1} e μ é a viscosidade dinâmica em mPa.s.

Os fluidos que seguem a lei descrita na Equação (1) são denominados de fluidos newtonianos, sendo que a sua viscosidade segue uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidade. Uma grande parte dos fluidos utilizados nos segmentos industriais supracitados e nas subsequentes operações, a sua viscosidade é variante com a taxa de cisalhamento e com a temperatura, nesse caso, por não seguirem a lei exposta na Equação (1) são denominados de fluidos não newtonianos. (Machado, 2002).

Os fluidos não newtonianos são classificados em independentes do tempo e dependentes do tempo; na Figura 1 está apresentada um diagrama de blocos ilustrando essa classificação e as subclasses dos mesmos.

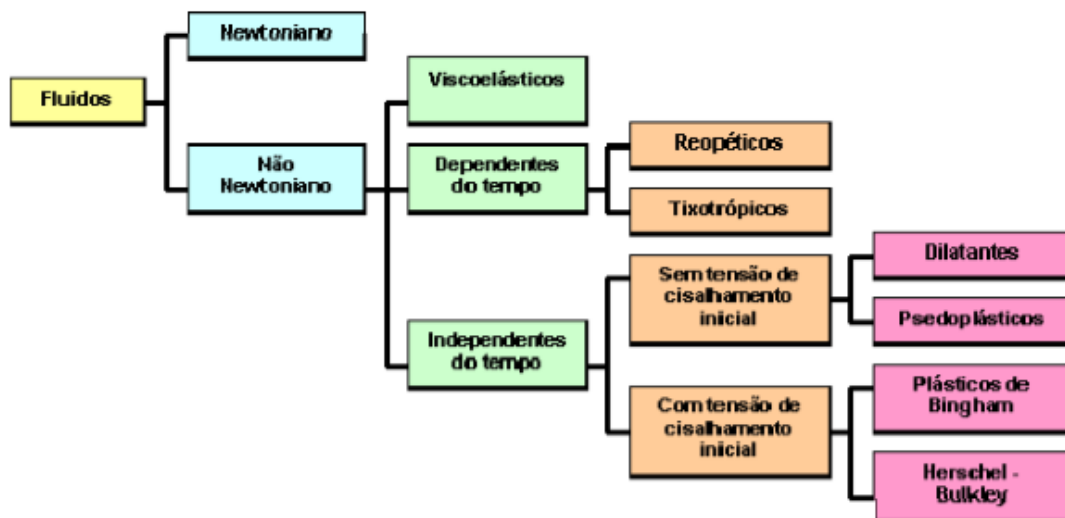


Figura 1 – Classificação dos fluidos não newtonianos

(fonte:<http://enq.ufsc.br>)

Os fluidos não newtonianos independentes do tempo são classificados em dilatantes, os quais possuem um aumento da sua viscosidade aparente conforme a taxa de cisalhamento é incrementada, como por exemplo as suspensões de amido, em pseudoplásticos, em que apresentam uma

diminuição da sua viscosidade aparente conforme o aumento da taxa de cisalhamento como as polpas de frutas, entretanto, nenhum dos dois tipos necessitam de uma tensão inicial para dar início ao escoamento. O plástico de Bingham apresenta uma tensão inicial para o escoamento ocorrer, porém, a sua viscosidade é constante após o início do escoamento, pode-se citar como exemplo os óleos vegetais e minerais. Por fim, os fluidos de Herschel Bulkley necessitam de uma tensão inicial e a sua viscosidade é variante com o incremento da taxa de cisalhamento, como as lamas (Costa, 1975).

3. OBJETIVOS

O presente estudo teve por objetivo caracterizar reologicamente o leite condensado, óleo de soja e óleo Lubrax através de um viscosímetro de Stormer.

4. METODOLOGIA

A unidade experimental consistiu basicamente de um viscosímetro de Stormer e de um banho termostaticado, o qual foi utilizado para controle da temperatura dos experimentos, conforme apresentado na Figura 2.

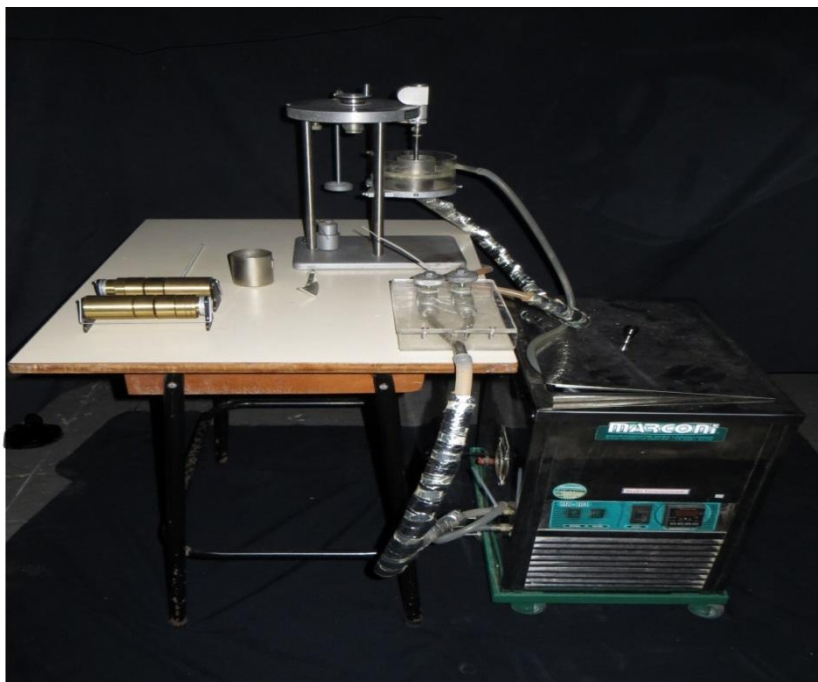


Figura 2 - Unidade experimental

O viscosímetro de Stormer (Figura 3) é um viscosímetro de cilindros concêntricos, entretanto, devido alguns fluidos sedimentares em repouso, o cilindro é substituído por um impulsor de formato hiperbólico, o qual promove uma completa homogeneidade do fluido em análise.



Figura 3 – Viscosímetro de Stormer

O copo amostrador é o cilindro externo e o impulsor hiperbólico tem o seu eixo acoplado a uma roda dentada. Sob a ação de uma massa conhecida (tensão de cisalhamento), presa a um cordão enrolado ao eixo da roda dentada, a roda gira e por consequência, faz rotacionar também o eixo do impulsor. Quanto mais viscoso o fluido, menor é a taxa de cisalhamento (dv/dy) para uma dada massa de acionamento. A taxa de cisalhamento (velocidade angular) pode ser obtida mensurando-se o tempo necessário para o impulsor dar um determinado número de voltas pré estabelecidos, contadas no conta-giros do instrumento. Cada divisão do conta-giros corresponde a uma volta do impulsor, sendo que uma volta completa do ponteiro do conta-giros corresponde a 100 voltas do impulsor hiperbólico. O fluido a ser analisado é colocado no copo até a altura da chicana fixada a parede do mesmo, com a plataforma na posição de medida e o ponteiro do conta-giros em zero, o freio é liberado e o cronômetro é acionado de forma simultânea. Por fim anota-se o tempo de queda da massa

de acionamento para o número de voltas determinados nas condições experimentais.

Os fluidos estudados foram leite condensado, óleo de soja e óleo Lubrax, os quais foram analisados na temperatura de 20°C.

As massas de acionamento utilizados nos ensaios foram na faixa de 50 - 1700 g e o número de voltas estabelecidos no conta-giros foram de 100 voltas em todos os experimentos, com exceção da pasta de dente, em que o número de voltas foi estabelecido em 90. Todas as medições foram mensuradas em triplicatas. O aparelho foi previamente padronizado com um fluido newtoniano padrão, sendo que nesse estudo, foi usada uma solução de glicerina PA.

5. DESENVOLVIMENTO

A caracterização reológica dos fluidos é baseada na curva tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento, conforme descrita através da lei de Newton de cisalhamento apresentada no item 2 do presente texto (introdução). Tais curvas são denominadas de reogramas, sendo, que a construção do mesmo através de ensaios experimentais com o viscosímetro de Stormer é baseada nas Equações (2), (3) e (4).

$$\tau = K.M \quad (2)$$

$$dv/dy = \omega = \text{Número de voltas/tempo} \quad (3)$$

$$\eta = K.(M/\omega) \quad (4)$$

Em que, τ é a tensão de cisalhamento em mPa; K é a constante de padronização do viscosímetro em mPa/g; M é a massa de acionamento em gramas; (dv/dy e ω) é a velocidade angular ou taxa de cisalhamento em (1/s) e η é a viscosidade aparente em mPa.s.

A lei de Newton apresentada na Equação (1) é válida apenas para fluidos newtonianos, porém, os fluidos analisados no presente estudo são de caráter não-newtoniano, logo, a viscosidade é função da tensão e da taxa de cisalhamento ilustradas nas Equações (2) e (3).

Com as curvas tensão em função da taxa de cisalhamento, devem-se relacionar matematicamente os parâmetros supracitados. Um dos modelos mais utilizados para fluidos não newtonianos independentes do tempo é o modelo de Ostwald de Waele ou lei das Potências, conforme apresentado na Equação (5).

$$\tau = m. (dv/dy)^n \quad (5)$$

Sendo m o fator de consistência do fluido em mPa.sⁿ e n o índice de consistência do fluido em análise.

Ambos os coeficientes da Equação (5) caracterizam reologicamente um fluido que tenha a sua tendência da tensão em função da taxa de cisalhamento de acordo com o modelo apresentado. O fator de consistência K é o fator numérico multiplicativo de uma regressão de potência e o índice de consistência n é o fator de amortecimento da regressão supracitada.

6. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos nos ensaios para a pasta de dente e as tensões e taxa de cisalhamento calculadas.

Tabela 1 - Dados obtidos e tensão / Taxa de cisalhamento calculadas

Massa(g)	τ (mPa)	Tempo (s)	dv/dy (1/s)
1100	19591	566,57	0,18
1300	23153	221,32	0,45
1500	26715	122,56	0,82
1700	30277	75,37	1,33
1100	19591	422,34	0,24
1300	23153	211,37	0,47
1500	26715	128,28	0,78
1700	30277	72,25	1,38
1100	19591	387,6	0,26
1300	23153	200,44	0,50
1500	26715	115,62	0,86
1700	30277	25,5	3,92

De forma análoga a Tabela 1, foi calculada a tensão e a taxa de cisalhamento para os outros fluidos analisados. As Figuras de 4 a 6 apresentam os reogramas com as suas respectivas regressões baseadas na lei das Potências descrita na Equação (5).

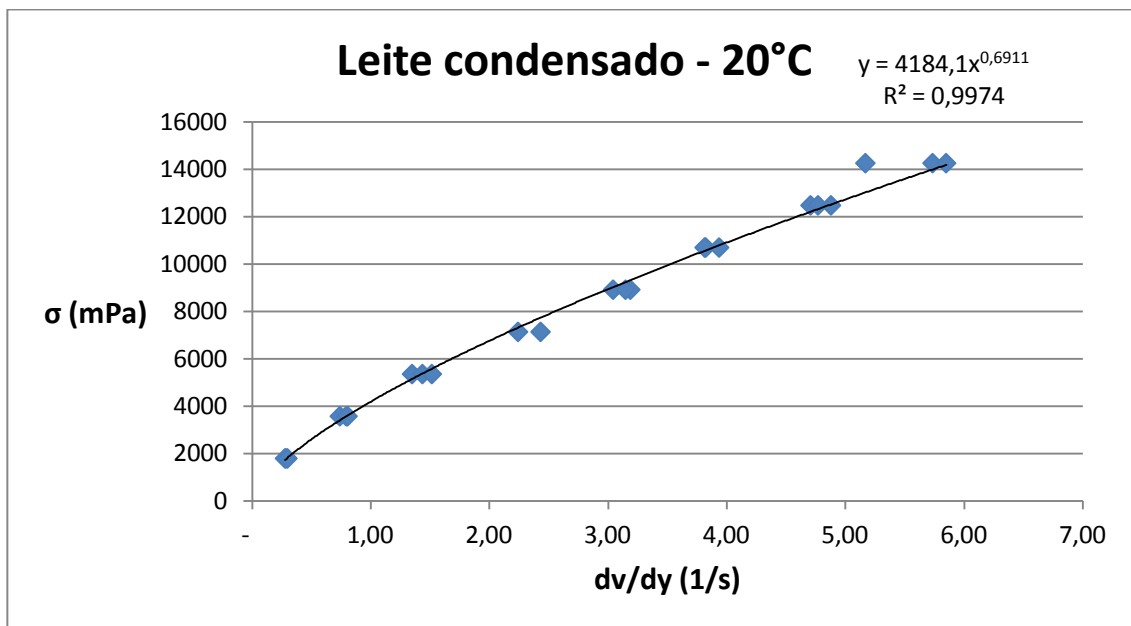


Figura 4 - Reograma do leite condensado

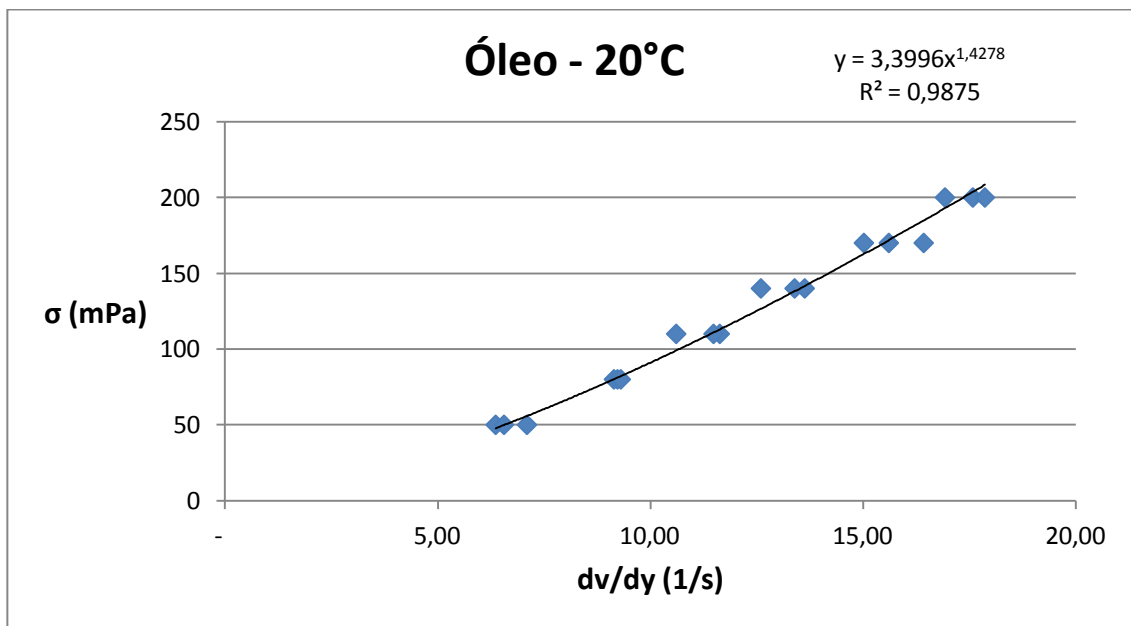


Figura 5 - Reograma do óleo de soja

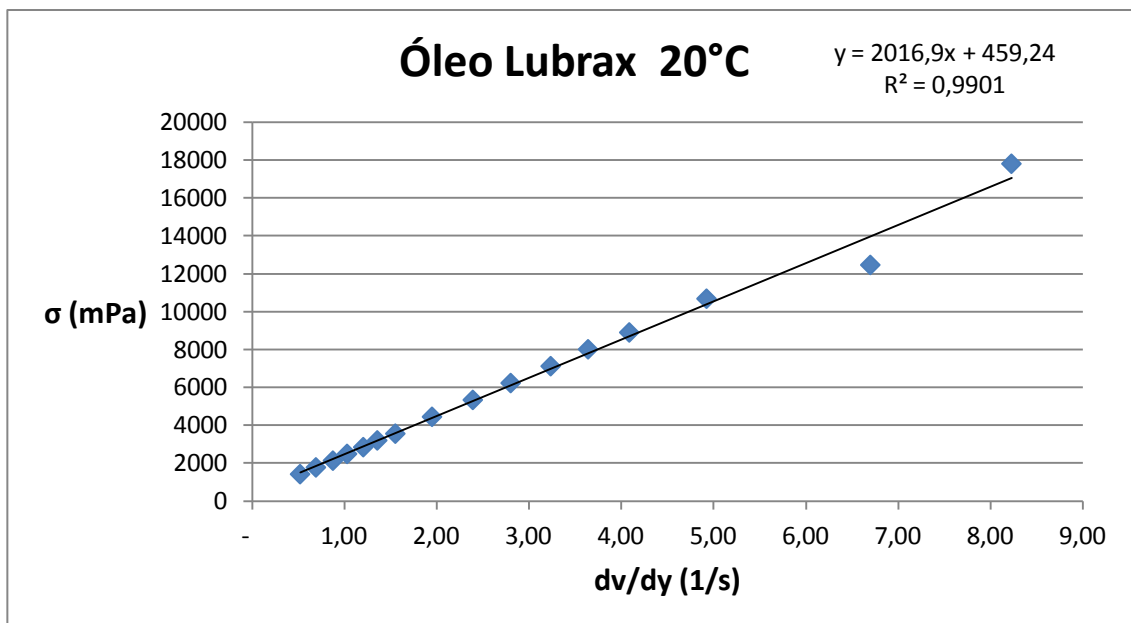


Figura 6 - Reograma do óleo Lubrax

Na Tabela 2 estão apresentados os valores do fator de consistência (m) e do índice de consistência (n) obtidos graficamente através das Figuras 4, 5 e 6, baseados na lei das Potências.

Tabela 2 - Fator de consistência e Índice de consistência

Fluido	m (mPa.s)	n
Leite Condensado	4184,1	0,6911
Óleo de soja	3,3996	1,4278
Óleo Lubrax	2016,9	1,0000

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados obtidos através da lei das Potências, conclui-se que o leite condensado por apresentar o índice de consistência menor que 1,0 é um fluido não newtoniano independente do tempo, é do tipo pseudoplástico.

O óleo de soja apresentou um índice superior a 1,0, neste caso foi classificado como um fluido não newtoniano independente do tempo. É um fluido do tipo dilatante.

O óleo Lubrax, que é um derivado do petróleo, apresentou comportamento de um fluido de Bingham, pois a sua viscosidade foi constante conforme demonstrado na Figura 6, sendo representado por uma reta, entretanto, apresentou uma tensão inicial para dar início ao seu escoamento.

8. FONTES CONSULTADAS

R.P.CHHABRA E JF RICHARDSON. **Non- Newtonian Flow**. Editora: -1999.

Andriani, K. F. **Efeito da adsorção de surfactantes catiônicos e aniônicos nas propriedades superficiais, reológicas e eletrocinéticas de suspensão de bentonita**. Relatório de Estágio Supervisionado II. Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Ciências Físicas e Matemáticas Departamento de Química. Florianópolis. Novembro, 2009.

Fox, R. W; Pritchard, P. J.; McDonald A. T. **Introdução a Mecânica dos Fluidos**. Editora: LTC, 7ª edição. Rio de Janeiro, 2012.

Costa, E. C. **Mecânica dos fluidos**. Editora: Globo. Porto Alegre, 1975.

Çengel, Y. A.; Ambala, J. M. **Mecânica dos fluidos fundamentos e aplicações**. Editora: McGraw Hill, 1ª edição. São Paulo, 2007.

Vieira, R. C.C. **Atlas de Mecânica dos Fluidos-Fluidodinâmica**. Editora: Edgard Blucher, 1ª edição, 1971.

Machado, J.C.V; **Reologia e escoamento de fluidos**. Editora: Interciência, 1ª edição, Rio de Janeiro, 2002.