

## Fluidos não Newtonianos na indústria do petróleo

### Lista de Exercícios 2 – Entrega em 17/04/2019

1. Dados reológicos de um chocolate ao leite a 40 °C estão disponíveis na Tabela abaixo. O chocolate apresenta comportamento viscoplástico e pode ser modelado pela equação de Bingham. Determine os parâmetros reológicos do modelo de Bingham, que melhor descrevem este comportamento, para três diferentes faixas de taxa de deformação: 0 a 20 s<sup>-1</sup>, 1.6 a 20 s<sup>-1</sup> e 0 a 1.6 s<sup>-1</sup>. Plote os resultados num gráfico.

$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\tau$ (Pa)
0.099	28.6	6.4	123.8
0.14	35.7	7.9	133.3
0.199	42.8	11.5	164.2
0.39	52.4	13.1	178.5
0.79	61.9	15.9	201.1
1.6	71.4	17.9	221.3
2.4	80.9	19.9	235.6
3.9	100.0		

2. Determine as distribuições de tensão e de velocidade no escoamento axial desenvolvido de um fluido de Bingham entre duas placas paralelas estacionárias. Considere regime permanente e que as pressões nas extremidades inicial (x=0) e final (x=L) valem P<sub>0</sub> e P<sub>L</sub>, respectivamente.
3. Lama de perfuração deve ser bombeada a uma vazão de 1,5 m<sup>3</sup>/h, através de uma tubulação de comprimento igual a 5m e de diâmetro igual a 2". O comportamento da lama de perfuração pode ser descrito pelo modelo não Newtoniano generalizado, e sua função viscosidade dada pelo modelo de Bingham, com  $\tau_0=10$  Pa e  $\mu_p=0.1$  Pa.s. Obs: Para um fluido Herschel-Bulkley, a vazão no interior de um duto circular é dada por (para  $\tau_r > \tau_0$ ) :

$$Q = \pi R^3 \left( -\frac{\tau_R}{k} \right)^{\frac{1}{n}} (1 + \beta)^{\frac{n+1}{n}} \left[ (1 + \beta)^2 \frac{n}{3n+1} - (1 + \beta) \beta \frac{2n}{2n+1} + \beta^2 \frac{n}{n+1} \right]$$

onde  $\beta = \tau_0 / \tau_R$ , e  $\tau_R$  é a tensão cisalhante na parede, dada por:

$$\tau_R = \frac{P_L - P_0}{L} \frac{R}{2} \quad (P_0 > P_L)$$

Calcule a pressão na entrada da tubulação, quando a pressão na saída é igual a atmosférica, e avalie o erro neste cálculo se considerássemos o fluido como Newtoniano, com viscosidade igual a viscosidade plástica.

4. Considere o escoamento de um fluido não Newtoniano no viscosímetro de Pochettino, mostrado na figura abaixo. O viscosímetro consiste num cilindro sólido A, de raio R, que desliza axialmente dentro de um cilindro fixo B, de raio R<sub>0</sub>. Considere que o fluido se comporta como um fluido Newtoniano Generalizado ( $\underline{\tau} = \eta(\dot{\underline{\gamma}})\dot{\underline{\gamma}}$ ), e sua função viscosidade é dada pelo modelo de bi-viscosidade:

$$\eta = \begin{cases} \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} + \mu_p & \tau \geq \tau_0 \\ \mu_{gr} & \tau < \tau_0 \end{cases}$$

onde  $\tau_0$  é a tensão limite de escoamento,  $\mu_p$  é

- a viscosidade plástica e  $\mu_{gr}$  é uma viscosidade a baixas taxas de deformação, igual a 1000  $\mu_p$ . Considere que a tensão na parede do cilindro interno é maior do que no cilindro externo, e que a posição  $r = \beta$ , quando  $\tau = \tau_0$  é conhecida. Encontre: (a) a força cisalhante F, necessária para puxar o cilindro, e (b) o perfil de velocidade no fluido.

