

3

Resultados Experimentais

3.1

Introdução

Neste capítulo são apresentados os resultados experimentais. Os experimentos foram desenvolvidos seguindo o procedimento explicado no capítulo 2. É apresentada a influência da relação entre tamanho de gotas da emulsão e o diâmetro da constrição sobre o escoamento de emulsões num capilar com garganta. Em seguida é examinado o efeito da concentração da emulsão. É proposta uma explicação para os mecanismos envolvidos no escoamento de emulsões em capilares com constrição, baseada nos diferentes resultados obtidos.

3.2

Efeito do tamanho de gota

Na Figura 3.1 é mostrada a queda da pressão em função do tempo para diferentes vazões, para o escoamento das emulsões 2L e 2S através do capilar com constrição, e cuja geometria foi apresentada no Capítulo 2. Para cada uma das distintas vazões estudadas, a queda de pressão obtida com a emulsão 2L, é maior que a queda de pressão obtida com a emulsão 2S,

a qual possui uma maior viscosidade. A interação das gotas maiores que a constrição com esta última incrementa a pressão de entrada necessária para manter a vazão volumétrica. Por outro lado, para a emulsão com gotas menores do que a constrição não existe uma variação significativa da pressão em função do tempo para uma mesma vazão.

Na medida que a emulsão 2L flui através do capilar, uma considerável resistência é oferecida com a passagem de gotas grandes através da constrição para cada vazão. Isto pode ser observado na curva de pressão e nas visualizações feitas com o microscópio através do capilar. Na Fig. 3.2 podem ser observados os quadros com imagens em seqüência que descrevem a passagem da emulsão 2L através do capilar para uma vazão de 0.04 ml/hr . Os quadros A, B, C e D, e cujos instantes de ocorrência são indicados na Fig. 3.3, mostram como é produzido o aumento da pressão na entrada do capilar quando as gotas com diâmetro maior do que a garganta se aproximam à constrição. Durante o experimento é observado que quando a frente das gotas muito maiores do que a constrição está situada antes da entrada, a pressão antes da constrição, que é medida na entrada do capilar, sobe até que a gota consegue passar. Uma pequena capa da fase externa passa entre a gota e as paredes durante o processo e gotas pequenas são filtradas. Finalmente, quando as gotas maiores passam a pressão cai novamente.

Resultados similares são mostrados na Figura 3.4 para os sistemas 3L e 3S. Durante os experimentos, cada vazão é mantida constante com a bomba de seringa usada para a injeção da emulsão e a resposta da pressão é instantânea, monitorando-se assim a mudança oferecida a passagem da emulsão através do capilar. Os resultados obtidos com cada vazão usada

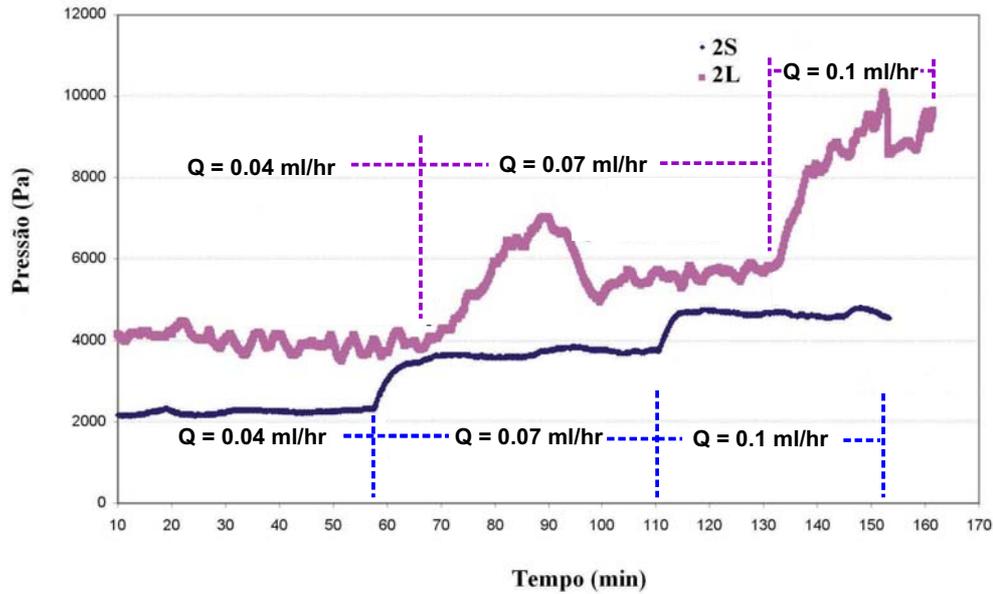


Figura 3.1: Comparação da queda de pressão entre os sistemas 2S e 2L.

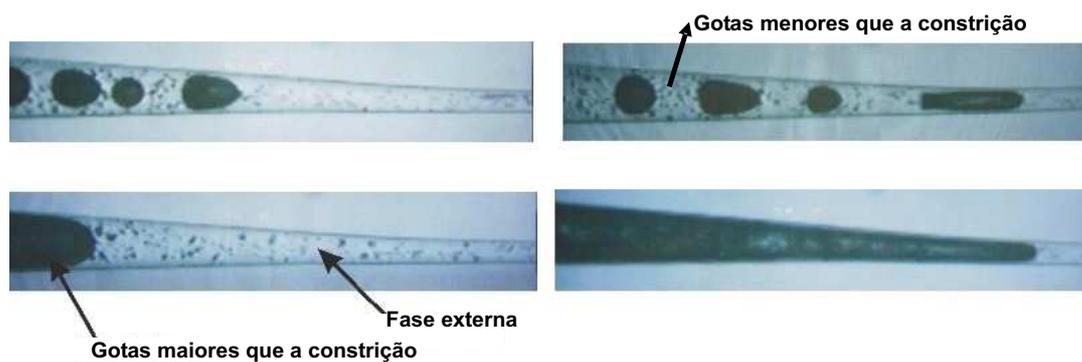


Figura 3.2: Sequência de imagens para o escoamento do sistema 2L através do capilar com constricção e os instantes indicados na Fig. 3.3.

para a queda de pressão em função do tempo mostram como o escoamento da emulsão com gotas maiores que constricção produz fortes variações da queda de pressão para o escoamento no capilar. Já no sistema com gotas pequenas, as variações da pressão em função do tempo são pequenas.

Uma curva dos extremos na pressão é obtida para os experimentos feitos com os sistemas 3L e 3S. Na Figura 3.5 é mostrada a pressão mínima e a pressão máxima. A pressão mínima no sistema com gotas maiores

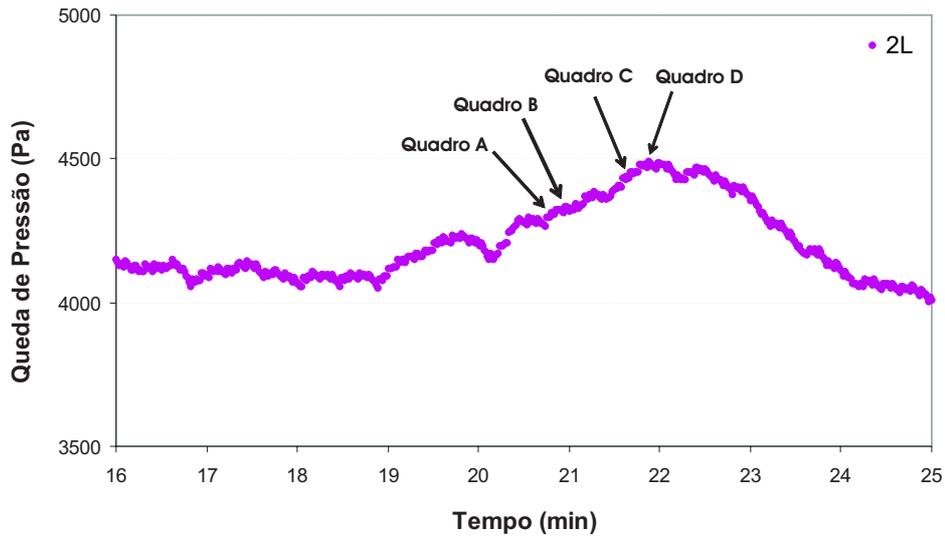


Figura 3.3: Evolução da pressão de entrada em função do tempo para o sistema 2L usando uma vazão: $0.04 \text{ cm}^3/\text{hr}$. As imagens do escoamento perto da constrição são mostradas na Fig. 3.2.

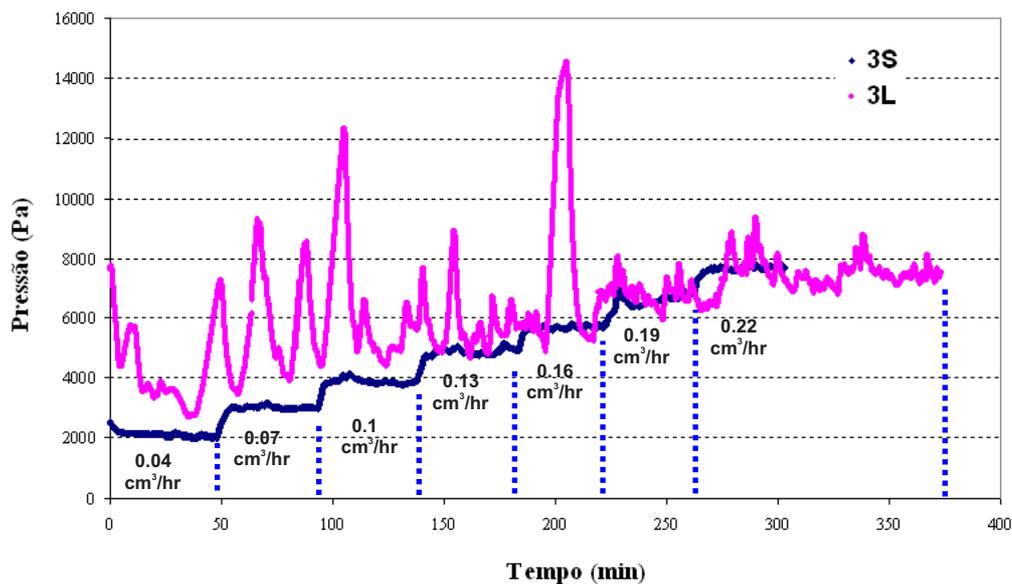


Figura 3.4: Comparação da queda de pressão entre os sistemas 3S e 3L.

que a constrição segue a mesma tendência que a a curva para as pressões máxima e mínima no sistema com gotas pequenas (menor tamanho que a constrição). Já a curva para os pontos de máxima pressão no sistema 3L mostra variações maiores devido ao incremento necessário da pressão para

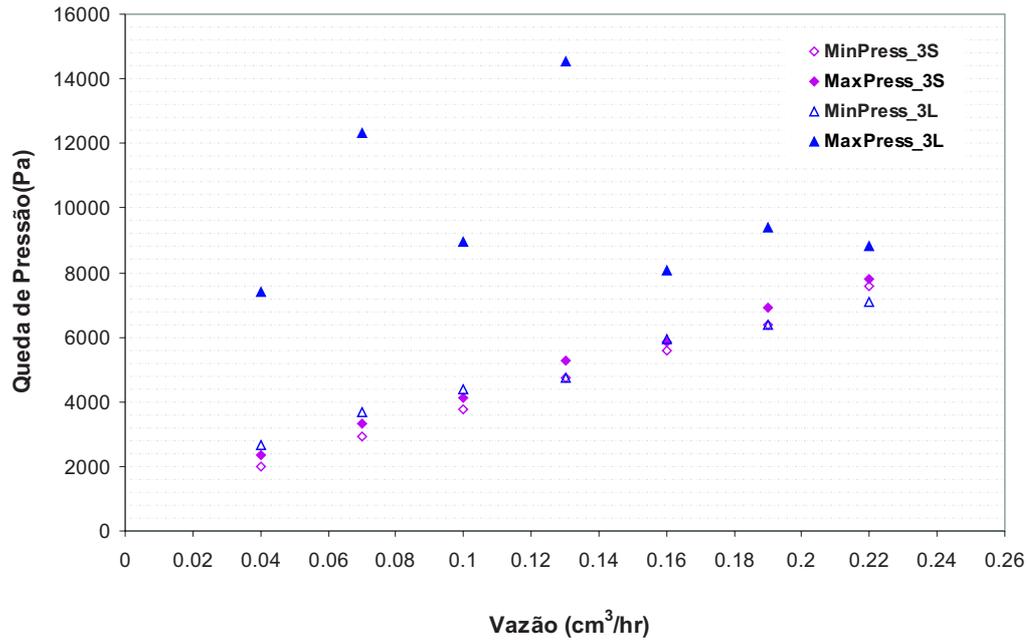


Figura 3.5: Comparação dos pontos mínimos e máximos da queda de pressão para os sistemas 3S e 3L.

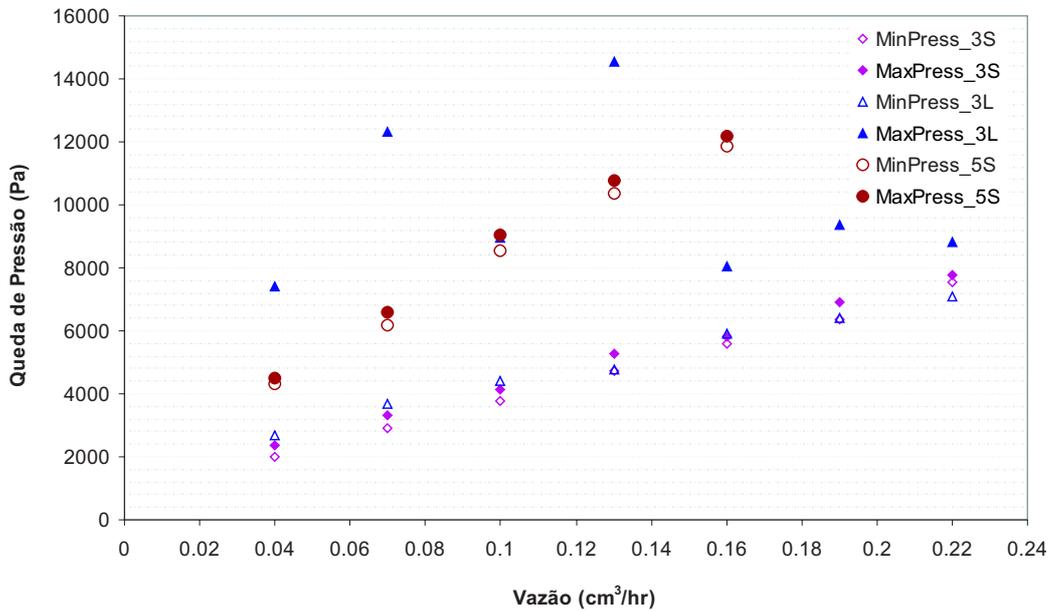


Figura 3.6: Dados de queda de pressão em função da vazão para o sistema 5S. Efeito da concentração da emulsão.

deslocar as gotas através da garganta do capilar. Os resultados da Fig. 3.5 quando comparados com a visualização experimental permitem observar que

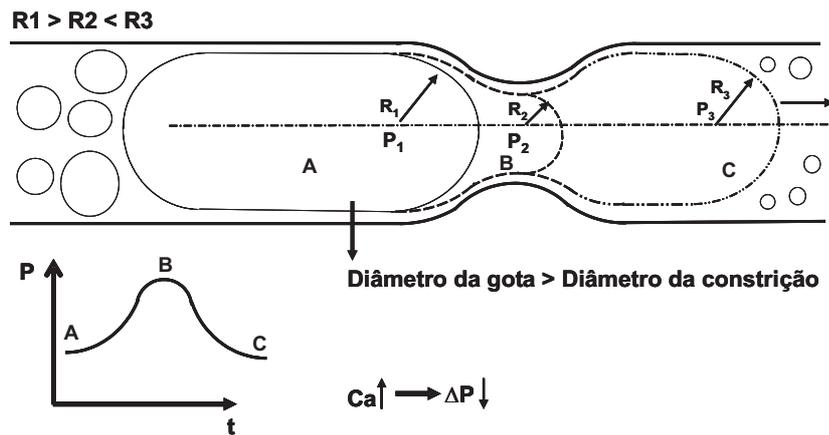
para altas vazões o escoamento muda de padrão. Inicialmente, para baixas vazões o escoamento é controlado pela presença da interface da gota quando se aproxima a constrição, isto é, pelas forças capilares, e se comporta como um escoamento bifásico. Já para vazões maiores observou-se visualmente que o mecanismo de bloqueio diminui, até chegar um ponto no qual, a emulsão flui no capilar sem apresentar bloqueio na constrição. A ordem do número capilar na qual ocorre isto, para o caso estudado, pode ser dita, aproximadamente, encontrar-se para $Ca > 10^{-1}$.

3.3 Efeito da Concentração

O efeito da mudança na concentração foi estudado, tratando-se a emulsão 5S. A finalidade é observar se existe um efeito na resposta da queda de pressão em função da vazão quando é aumentada a concentração da emulsão. Na Fig. 3.6 pode observar-se que um aumento na concentração da emulsão só influi no aumento da queda de pressão através do aumento da viscosidade global do fluido. Para o sistema (5S) estudado, onde a emulsão contém uma maior concentração da fase interna, a queda de pressão mantém uma relação linear em função da vazão.

3.4 Discussão

Observa-se uma forte influência da relação do tamanho de gota com o tamanho da constrição na resposta da queda de pressão em função da vazão. De forma geral pode explicar-se o mecanismo observado na Fig.



Mecanismos de aumento da pressão:

- Pressão capilar
- Aumento da concentração à montante

Figura 3.7: Mecanismo de aumento e diminuição da pressão.

3.7, que descreve duas etapas. No ponto A, uma gota grande encontra-se na parte anterior à constricção e é retardada, ocasionando um aumento da pressão ao longo do tempo. Durante a etapa AB ocorre a filtração de gotas menores que passam entre a capa delgada existente entre a gota e a parede do capilar. Esta etapa é assim caracterizada pelo escoamento predominante da fase externa e gotas pequenas através da constricção. No ponto B atingi-se a pressão necessária para deslocar a gota grande através da constricção de forma que a pressão começa a diminuir na etapa BC e observa-se predominantemente o escoamento da gota através da constricção em quanto a pressão diminui. O processo se repete com uma frequência que parece depender da polidispersidade do tamanho de gotas da emulsão e a sua relação com o diâmetro da constricção. Para baixas vazões o escoamento é controlado pela presença da interface da gota quando se aproxima a constricção, isto é, pelas forças capilares, e se comporta como um escoamento bifásico. Já para vazões maiores observou-se visualmente que o mecanismo

de bloqueio diminui, até chegar um ponto no qual, a emulsão flui no capilar sem apresentar bloqueio na constrição. A ordem do número capilar na qual ocorre isto, encontra-se para $Ca \approx 10^{-1}$.