

# ESTUDO DO ESCOAMENTO INTERMITENTE EMPREGANDO A TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGEM DE PARTÍCULAS

Aluno: Lívia Pereira Tardelli  
Orientador: Luis Fernando Azevedo

## Introdução

O padrão de escoamento intermitente, também definido como slug flow ou plug flow é encontrado com frequência em aplicações industriais (Wallis 1969), sendo o padrão de escoamento multifásico mais comum durante a produção de petróleo.

Neste trabalho analisou-se o comportamento deste tipo de escoamento em tubulações horizontais e verticais. Neste caso, o escoamento intermitente pode ser gerado a partir do escoamento estratificado através de dois mecanismos: (i) crescimento natural de instabilidades hidrodinâmicas e (ii) acúmulo de líquido por conta de ondulações do terreno. No primeiro caso, pequenas perturbações aleatórias crescem naturalmente, podendo gerar ondas na superfície do líquido que podem continuar a crescer formando um “pistão” de líquido, intercalado por uma bolha de gás, conforme representado na Figura 1.



Figura 1 – Representação esquemática do escoamento intermitente

## Objetivo

O objetivo desse trabalho consiste em realizar um estudo experimental do comportamento do escoamento intermitente utilizando a técnica não intrusiva de Velocimetria por Imagem de Partícula (*Particle Image Velocimetry - PIV*). Poucos trabalhos experimentais foram encontrados na literatura para escoamento horizontal.

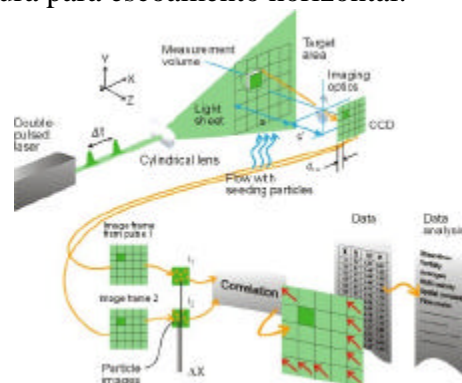


Figura 2 – Princípio de funcionamento PIV . (Fonte: [www.dantecdynamics.com](http://www.dantecdynamics.com))

Com intuito de melhorar a definição da interface entre o líquido e o gás, foram utilizadas as técnicas de Fluorescência Induzida por Laser (*Laser Induced Fluorescence - LIF*) e a iluminação pulsada de fundo (*Pulsed Shadow Technique - PST*). Ambas as técnicas não interferem no escoamento e permitem um incremento qualitativo na determinação do formato da bolha, isto é, na interface líquido-gás.

Por meio desse trabalho busca-se também uma capacitação do Laboratório de Engenharia de Fluidos do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio na medição de escoamentos bifásicos a partir do uso dessas técnicas ópticas.

## Metodologia

Para a medição dos campos instantâneos de velocidade da fase líquida foi utilizada uma variação da técnica óptica conhecida como Velocimetria por Imagem de Partículas utilizada com sucesso recentemente para a medição de escoamentos monofásicos. A partir dela, são realizadas medições instantâneas do campo de velocidade numa seção de um escoamento. A técnica consiste em iluminar a seção do escoamento por um plano de luz laser pulsado e registrar a posição das partículas inseridas no fluido em dois instantes de tempo próximos por meio de uma câmera digital (Raffel et al 2007).

A Fluorescência Induzida por Laser é uma técnica óptica não intrusiva utilizada em vários experimentos envolvendo visualização. Esta técnica baseia-se na propriedade de algumas moléculas orgânicas as quais podem ser excitadas por determinados comprimentos de onda de luz, emitindo luz em comprimentos de ondas distintos.

A iluminação pulsada de fundo também não interfere no escoamento e permite melhorar a definição da interface líquido-gás. A técnica consiste utilizar uma iluminação de fundo uniforme para adquirir uma imagem com melhor contraste do contorno da bolha registrada com uma câmera CCD posicionada no lado oposto. A Figura 2 ilustra o arranjo óptico utilizado.



Figura 3 - Desenho esquemático da técnica PST (Aniceto P.H 2007).

## Conclusões

A técnica selecionada para o estudo apresentou-se eficiente para a medição dos campos de velocidades instantâneas, além do perfil de velocidade da fase líquida, tanto para região do pistão, quanto para o filme de líquido.

Os resultados mostraram que a bolha de gás escoava com velocidade superior à velocidade de mistura das fases, podendo promover uma recirculação da fase líquida na cauda da bolha. Gráficos típicos obtidos neste trabalho podem ser vistos nas figuras abaixo.

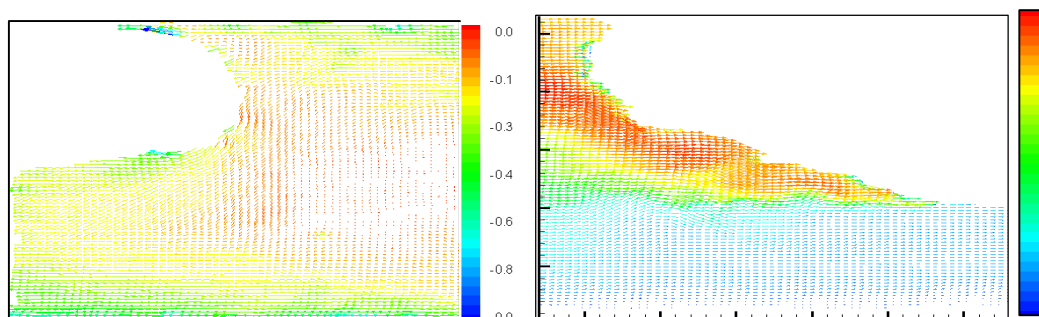


Figura 4 – Campo de velocidade instantânea do filme de líquido e do pistão a partir da técnica de PIV.

## Referências

- 1-Aniceto P.H.. Desenvolvimento de Técnica Baseada em Fluorescência para a medição de Escoamento Bifásico em Regime de Golfada. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, PUC-RJ, 2006.
- 2-Raffel, M., Willert, C., Wereley, S., Kompenhans, J. Particle Image Velocimetry – A Practical Guide. Second Edition, ed. Springer, 2007. ISBN 978-3-540-72307-0
- 3-Wallis G.B.. One Dimensional Two-Phase Flow. McGraw-Hill, 1969.