

# Uso de Linhas de Corrente, Linhas de Trajetória e Linhas de Emissão na Visualização de Fluxos

MARIA LAURA MARTINEZ<sup>1</sup> E JOÃO ANTÔNIO ZUFFO<sup>2</sup>

Grupo de Computação Visual e Mídias Interativas  
Laboratório de Sistemas Integráveis - Departamento de Engenharia Eletrônica  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Av. Prof. Luciano Gualberto, tr.3, n.158, 05508-900 SP/Brasil

<sup>1</sup> martinez@lsi.usp.br / <sup>2</sup> jazuffo@lsi.usp.br

**Abstract:** This work shows the use of streamlines, particle path and streaklines in the visualization of a steady and an unsteady vector fields, developed in a didatic video, created for this purpose.

**Keywords:** Flow visualization, computer graphics, streamline, streakline, path line, particle path.

## Linhas de Corrente, de Trajetória e de Emissão:

Na visualização e análise do escoamento de fluidos [Martinez (1994)], tornou-se comum o uso de linhas de corrente, de trajetória e de emissão. As três linhas são definidas como segue [Bryson (1991)] [Hansen (1993)] [Rosenblum (1993)]:

*Linha de corrente ("Streamline"):* É a curva integral do campo vetorial de velocidade instantânea, que passa por um dado ponto do espaço num dado instante de tempo. Em outras palavras, são linhas tangentes em todos seus pontos ao campo velocidade, num dado instante de tempo.

*Linha de trajetória ("Path line" ou "Particle path"):* É o lugar geométrico dos pontos ocupados no tempo por um único elemento infinitesimal do fluido. Esta linha pode ser obtida através da foto do rastro de uma partícula, deixando o obturador da câmera aberto, num dado intervalo de tempo.

*Linha de emissão ("Streakline"):* É a curva obtida num dado instante de tempo, definida pelo lugar geométrico dos elementos infinitesimais do fluido que passaram previamente por um ponto fixo do espaço. É análogo à foto obtida num dado instante dos caminhos seguidos por um corante ou fumaça injetados num dado ponto do fluido.

Linhas de trajetória e de emissão podem ser simuladas pela injeção de partículas no fluxo.

Conforme [Streeter (1982)], linhas de corrente de um escoamento bidimensional, podem ser obtidas na prática colocando partículas brilhantes (como pó de alumínio) no fluido, iluminando-se intensamente um

plano e tirando-se uma fotografia das linhas de emissão geradas num curto intervalo de tempo. Ao traçar na fotografia linhas contínuas que tenham a direção das linhas de emissão em todos os pontos, tem-se uma imagem das linhas de corrente, tanto para um escoamento permanente quanto para um variado.

Em fluxos de escoamento permanente estas três linhas coincidem e confundem-se [Streeter (1982)]. No entanto, em fluxos de escoamento variado, as três linhas podem apresentar diferenças.

Às vezes, a compreensão dos conceitos contidos nas definições acima torna-se penosa. Não é raro encontrar abuso do termo "linhas de corrente" em escoamentos permanentes onde estas coincidem com as linhas de trajetória e de emissão.

## Animação e Resultados

Com o objetivo de auxiliar na compreensão do uso destas três curvas na visualização de fluxos, foi desenvolvido um vídeo didático. Para tanto, foi utilizada como plataforma de desenvolvimento o software Softimage numa estação Silicon Graphics Power 4D/480VGX.

O presente trabalho divide-se em duas partes e representa através de um campo vetorial não uniforme, na primeira parte, um escoamento permanente e, na segunda parte, um escoamento variado sobre os quais constroem-se as linhas de análise do fluxo.

O campo vetorial criado para este fim didático representa um escoamento bidimensional, mapeado numa malha plana regular, de células quadradas [Treinish (1993)]. O campo alterna 2 vetores velocidade

(de mesmo módulo e de direção a 45 graus e a -45 graus, respectivamente em relação à horizontal) em 6 colunas iguais de três nós de extensão cada, conforme a figura 1.

As imagens do vídeo são enriquecidas por apoio de narração e de quadros textuais.

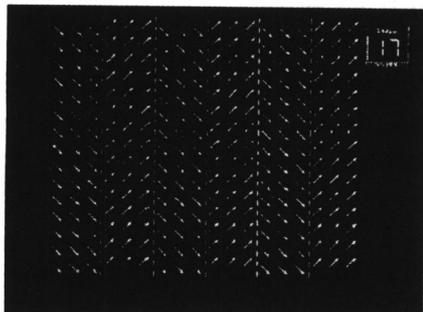


Figura 1 - Imagem de um quadro da animação mostrando o campo vetorial no instante 17 de tempo.

No caso do fluxo variado, a cada instante (discreto) de tempo o vetor velocidade em cada ponto muda, assumindo um dos seus dois valores possíveis.

As figuras seguintes apresentam alguns quadros da animação onde se mostram as diferentes curvas sendo construídas no campo de velocidade variado (distingue-se claramente sua estrutura e diferenças).

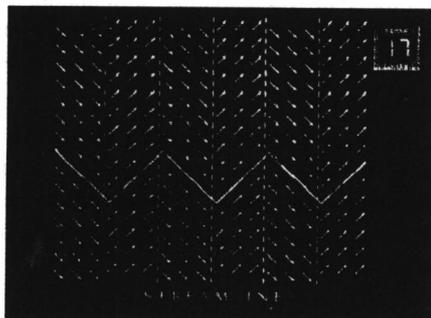


Figura 2 - Linha de corrente

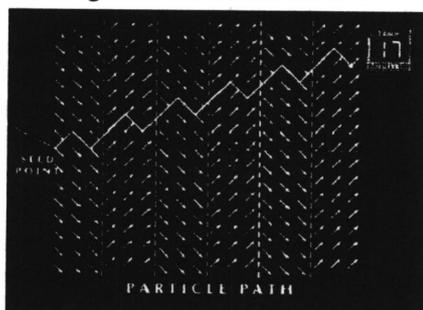


Figura 3 - Linha de trajetória



Figura 4 - Linha de emissão

#### Conclusão e Trabalhos Futuros:

Nosso trabalho ainda está em desenvolvimento e aperfeiçoamento. Optou-se por um campo bidimensional no lugar de tridimensional por acreditar que atende melhor ao nosso objetivo didático.

Este trabalho forma parte de um projeto maior, em desenvolvimento no LSI-EPUSP, onde se procura criar ferramentas para compreensão e auxílio à visualização de fluxos.

#### Agradecimentos:

Gostaríamos de agradecer à Silvia Miazaki, aluna da Faculdade de Arquitetura da USP, pelo valioso apoio no modelamento, animação e rendering das imagens.

#### Referências:

- Bryson, S.; Levit, C. The Virtual Wind Tunnel. *IEEE CG&A*, pp.25-34, July 1992.
- Hansen, C. Visualization of Vector Fields (2D and 3D). *Siggraph'93 Course Notes*, No.2, pg.4-4, 1993.
- Martinez, M.L. Visualização de Fluxos. In: dal Sasso, M.K. Zuffo, Martinez, Stephany, de Geus. *Tutorial sobre Visualização Científica. Sibigrapi'94*. Hotel Bourbon. Curitiba, PR. Novembro de 1994.
- Rosenblum, L.J. Visualizing Fluid Flow. *Computer*, pp.98-100, June 1993.
- Streeter, V.L.; Wylie, E.B. *Mecânica dos Fluidos*. McGraw-Hill do Brasil, 1982.
- Treinish, L.A. Unifying Principles of Data Management for Scientific Visualization. *Siggraph'93 Course Notes*, No.2, 1993.