

# Visualização da Dispersão de Efluentes na Atmosfera

ENI ALVIM DE OLIVEIRA<sup>1</sup>  
MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Meteorologia por Satélites  
Caixa Postal 515, 12201-970 São José dos Campos, SP, Brasil (eni@met.inpe.br)

<sup>2</sup>USP - Univ. de São Paulo - Escola Politécnica - Dep. Eng. de Computação e Sistemas Digitais  
Av. Prof. Luciano Gualberto, trav. 3, n. 158, 05508-900 São Paulo, SP, Brasil ([malice@pcs.usp.br](mailto:malice@pcs.usp.br))

**Abstract.** This paper describes a software package designed for the visualization of tridimensional data generated by the gaussian model of dispersion in the atmosphere. It is based on a simplified version of the Marching Cubes Algorithm and runs on personal computers.

**Keywords:** Scientific Visualization, Air Pollution, Marching Cubes Algorithm.

## 1 Introdução

O uso de técnicas de Computação Gráfica e Processamento de Imagens para a geração de imagens a partir de arquivos de dados multidimensionais pode possibilitar uma melhor compreensão de processos físicos de difícil observação, na medida em que auxiliam a interpretação e a extração de informações. Esse conjunto de técnicas, usos e finalidades passou a ser objeto de uma nova área, denominada *Visualização Científica*, que geralmente abrange trabalhos de caráter multidisciplinar, e utiliza conhecimentos de diversas áreas, tais como Geometria Computacional, Processamento de Sinais, e Bancos de Dados.

Uma das principais aplicações de tais técnicas na área de Ciências do Meio Ambiente consiste no monitoramento da poluição atmosférica.

## 2 Dispersão de Efluentes na Atmosfera

As plumas de fumaça emitidas por uma fonte como uma chaminé, por exemplo, podem exibir diferentes formas em função da turbulência atmosférica e da presença de vórtices [Blackadar (1988)].

Os algoritmos mais utilizados para a representação da dispersão na atmosfera são variações do *modelo gaussiano*, e incorporam a influência das condições meteorológicas e topográficas locais.

## 3 Visualização da Dispersão de Efluentes

### 3.1 Algoritmos para a Visualização de Dados

A visualização de dados científicos multidimensionais é possibilitada através do uso de diversas representações, tais como linhas, superfícies, transparência e animação.

O uso de *linhas* possibilita o traçado de malhas que representam superfícies isoparamétricas.

As *superfícies isoparamétricas* podem ser visualizadas através do “rendering” de superfícies poligonais, sendo muito utilizado o “Marching Cubes Algorithm” [Lorensen-Cline (1987)], que consiste na identificação de uma isosuperfície através de suas intersecções com as arestas de uma grade tridimensional, cujos vértices estão associados a valores escalares que correspondem a uma grandeza obtida por amostragem ou por simulação.

A utilização de *transparência* encontra grande aplicação na Medicina, e é freqüente na visualização volumétrica com lançamento de raios (“Volumetric Ray Tracing”), com a finalidade de tornar visível o interior de um volume [Drebin et al. (1988); Upson-Keller (1988)].

A *animação* de imagens em seqüência pode ser obtida através da rotação de imagens estáticas, ou da apresentação de um conjunto de dados que varia no tempo, ou ainda com a apresentação de fatias planas de um conjunto de dados.

## 3.2 Visualização da Dispersão

### 3.2.1 Algoritmo para Visualização

A representação visual da dispersão na atmosfera pode ser obtida por meio da geração de isosuperfícies, de modo que se possa observar o espalhamento de uma pluma em planos horizontais ou verticais, bem como determinar a concentração a uma dada distância em relação à fonte emissora.

O algoritmo de “Marching Cubes” foi o escolhido para a implementação pelo fato de produzir uma imagem sem omissão de detalhes e sem

introdução de artefatos. O “rendering” volumétrico direto foi descartado por ser mais adequado à representação de objetos em que há uma mistura de materiais, o que não é o caso.

### 3.2.2 Modelo de Dispersão

O *modelo gaussiano de dispersão na atmosfera* gera uma distribuição tridimensional da concentração de um efluente liberado por uma fonte puntual contínua, calculada a partir de informações sobre as condições meteorológicas e sobre a própria emissão [Turner (1967), Arai (1981)].

As *condições meteorológicas* influenciam a aparência da pluma e a concentração do efluente. A partir da especificação da velocidade do vento e das condições de insolação, obtêm-se a classe de estabilidade da atmosfera e os parâmetros utilizados na geração da concentração nos nós da malha.

As *informações sobre a emissão* compreendem a taxa e a altura efetiva de emissão.

## 4 Implementação da Solução Escolhida

### 4.1 Ambiente de Desenvolvimento

O algoritmo “Marching Cubes” foi implementado em um ambiente PC, com uma simplificação no cálculo das intersecções das isosuperfícies com os cubos que compõem o volume de dados [Montani-Scopigno (1994)]. Além disso, adotou-se um sombreamento constante para cada um dos triângulos que compõem as isosuperfícies [Avila et al. (1994)].

### 4.2 Arquitetura do Sistema

O sistema desenvolvido é composto por três sub-sistemas, cujas funções são: a) gerar as concentrações de um efluente nos pontos de uma grade tridimensional; b) converter o formato dos dados de concentrações para o formato aceito pelo subsistema de visualização, pois as convenções adotadas para o sistema de coordenadas são diferentes; c) gerar as isosuperfícies e as suas representações visuais.

As entradas fornecidas pelo usuário caracterizam o ambiente onde é simulada a dispersão: taxa de emissão da fonte, altura efetiva de emissão, velocidade do vento e condições de insolação. A saída é a representação visual das isosuperfícies, com o traçado de triângulos e a aplicação de sombreamento.

### 4.3 Situação Atual e Conclusões

Os sub-sistemas cujas funções estão relacionadas no item 4.2 produzem resultados corretos, a menos da representação visual, cuja saída ainda está apenas sob a forma numérica, tendo sido conferidos os valores dos vértices dos cubos e os cálculos das intersecções das isosuperfícies com as arestas. Trabalha-se no sentido de obter a visualização desejada para as isosuperfícies.

Pretende-se verificar a viabilidade de representar a simulação e a visualização da dispersão de um efluente na atmosfera, em um ambiente com menos recursos que uma estação de trabalho, tirando proveito da generalidade do sistema desenvolvido, o qual permite que outros dados volumétricos sejam fornecidos ao sub-sistema de visualização, após uma conversão do sistema de coordenadas, se necessário.

### Agradecimentos

A Sabrina B. M. Sambatti, pelo auxílio na formatação adequada da versão final deste documento.

### Referências Bibliográficas

- N. Arai, *Modelo numérico tridimensional para a estimativa de concentração de poluentes*. Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1991.
- R. S. Avila; L. M. Sobierajski; A. E. Kaufman, “Towards a Comprehensive Volume Visualization System”, *IEEE Visualization '92 Proceedings*, 13-20, Oct. 1992.
- A. K. Blackadar, “Smoke Signals”, *Weatherwise*, 41(3):159-162, June 1988.
- R. A. Drebin; L. Carpenter; P. Hanrahan, “Volume Rendering”, *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH 1988)*, 65-74, July 1988.
- J. D. Foley; A. van Dam; S. K. Feiner; J. F. Hughes, *Computer Graphics: Principles and Practice*, Addison-Wesley, 1990, 2. ed.
- E. Lorensen; H. E. Cline, “Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm”, *ACM Computer Graphics*, 21(4):163-169, July 1987.
- C. Montani; R.Scopigno, “Using Marching Cubes on Small Machines”, *CVGIP: Graphical Models and Image Processing*, 56(2):182-183, March 1994.
- D. B. Turner, *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*. U.S. Dept. Of Health, Education and Welfare, Cincinnati, 1967.
- C.Upson; M. Keller, “The V-Buffer: Visible Volume Rendering”. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH 1988)*, 59-64, July 1988.