

# IsSuP - Modelagem e Visualização de Superfícies Isopotenciais

ARTEMIS MORONI<sup>1</sup>  
CLÁUDIO L. LUCCHESI<sup>2</sup>  
LÉO PINI MAGALHÃES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fundação CTI/IA - CP 6162 - artemis@ia.cti.br

<sup>2</sup>UNICAMP - IMECC/DCC - CP 6065 - lucchesi@dcc.unicamp.br

<sup>3</sup>UNICAMP - FEE/DCA - CP 6101 - leopini@dca.fee.unicamp.br

**Abstract.** In this paper a general overview of the system IsSup - Isopotential Surfaces using Particles - is presented. This system is used for the modeling and visualization of isopotential surfaces. The surfaces are evaluated using the Fast Multipole Method and visualized in the Khoros environment. The general architecture of the system is described and an image of an evaluated surface is shown.

**Keywords:** Modeling, Octrees, Visualization.

## Introdução

O sistema IsSuP trata da implementação do Método Multipólos Rápido (MMR) para a avaliação de superfícies isopotenciais [Müller & Müller (1990)]. O MMR sugere uma abordagem para acelerar a velocidade de avaliação das interações entre partículas elétricas para uma classe específica de problemas, onde as interações são definidas usando funções potenciais.

Uma idéia básica para acelerar o algoritmo  $N^2$  é reduzir o número de objetos participando dos cálculos, reunindo as partículas em grupos e calculando a interação entre os grupos ao invés de entre as partículas. As funções de múltiplos grupos de partículas podem ser avaliadas em uma posição específica e somadas para obter o potencial para qualquer ponto no espaço [Greengard (1989)].

Para tanto, a octree foi usada para representar o espaço que contém as partículas elétricas. Octrees são estruturas hierárquicas de dados baseadas na decomposição sucessiva do espaço em oito subvolumes, onde a raiz refere-se a todo o volume. A octree facilita a subdivisão adaptativa do espaço. O elemento inicial da octree é um cubo, um subconjunto do espaço tridimensional. O cubo pode ser subdividido em oito cubos iguais recursivamente, até um nível desejado de refinamento ser alcançado. A raiz da árvore refere-se ao espaço todo e cada nó representa uma célula (cubo) em um certo nível de refinamento. As folhas representam as células no nível mais alto [Samet (1990)]. No MMR, cada célula na octree contém um conjunto de partículas.

## 1. O Sistema IsSuP

A avaliação das superfícies isopotenciais é realizada em duas etapas. A primeira etapa refere-se à geração das partículas e resulta no arquivo contendo as informações sobre as partículas. A segunda etapa refere-se à

avaliação propriamente dita, e é muito mais complexa, resultando nos *slice files*, que serão usados para a visualização pelo sistema Khoros. Nessa etapa são calculados os coeficientes das expansões multipólos e local, que serão usados no cálculo do potencial para cada ponto no espaço computacional [Moroni, Magalhães & Lucchesi (1995)].

### 1.1 A Geração das Partículas

Nesta implementação as partículas são consideradas cargas pontuais contidas num cubo de lado 1. As coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$  para cada partícula são geradas randomicamente no intervalo  $[0.0, 1.0]$ . O IsSuP permite que as partículas sejam percentualmente acomodadas nos octantes à escolha do usuário. A carga de cada partícula é também randomicamente gerada no intervalo  $[0.0, 1.0]$ . Dados reais podem ser considerados, e o sistema pode acomodar uma região irregular. A octree não precisa ser associada a um cubo regular, ela pode ser longa, fina ou chata.

### 1.2 A Avaliação

Essa é a principal etapa do processamento, e também a mais complexa. Primeiro, o arquivo com as informações relativas às partículas (posição no espaço, carga) é lido e a estrutura de dados da octree é criada. A seguir, a octree é percorrida no sentido das folhas para a raiz e os coeficientes das expansões multipólos são avaliados. No próximo estágio, a octree é atravessada no sentido da raiz até as folhas e os coeficientes das expansões locais são calculados, usando os coeficientes das expansões multipólos. Nessa etapa e na seguinte são usadas as funções de pesquisa de vizinhança, cujos algoritmos encontram-se descritos em [Moroni, Magalhães & Lucchesi (1992)]. A pesquisa de células vizinhas constitui um aspecto fundamental do MMR.

Ao final do cálculo dos coeficientes das expansões multipólos, todos os nós na árvore contêm os dados necessários para a avaliação do potencial em qualquer região. O espaço computacional, ou cubo, é segmentado em fatias (*slices*) ao longo do eixo x ou qualquer outro, e o potencial é calculado para cada ponto (y, z), de acordo com um passo, determinado pelo número de *slices* (Fig. 1). A cada fatia é associado um arquivo (*slice file*) contendo um conjunto de valores potenciais, parametrizados em um intervalo pré-definido. O número de *slices* e o intervalo para parametrização dos valores potenciais são escolhidos pelo usuário.

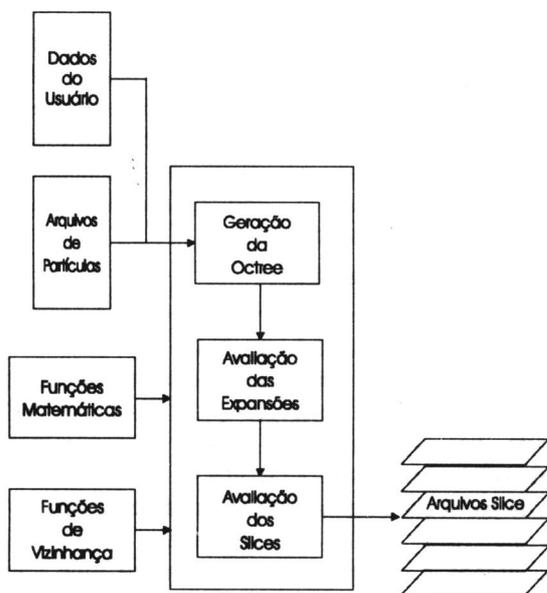


Fig. 1 - A avaliação das expansões

## 2. A Visualização

Os arquivos *slice* obtidos na etapa anterior são lidos como imagens pelo sistema Khoros e o volume avaliado usando as rotinas da biblioteca V3DTOOLS. A imagem na Fig. 2 mostra uma aproximação dos valores associados à superfície isopotencial 2 no intervalo [0..7]. Esta imagem refere-se a um experimento realizado com um conjunto de 10000 partículas distribuídas 40% no octante 0 e 60% no octante 7. Note que a figura apresenta um cubo aparentemente "corroído". Os "cantos exteriores corroídos" referem-se às regiões isopotenciais 1 e 0. O canto corroído maior, às regiões 3 e 4. O "centro vazio" do volume à região 5. Neste experimento não foram encontradas regiões associadas aos valores 6 e 7, o que significa que o valor máximo usado na parametrização pode ser reduzido. A imagem, de baixa resolução, foi gerada usando 64 arquivos *slice*, cada um de resolução (64 x 64). Imagens mais apuradas podem ser obtidas usando-se *slices* de maior resolução.

## Conclusão

IsSuP é um sistema flexível para a avaliação e modelagem de superfícies isopotenciais geradas por partículas elétricas no espaço. Essa flexibilidade é obtida a partir dos algoritmos de pesquisa de vizinhança em octrees, aspecto extremamente importante no MMR, apresentados em [Moroni, Magalhães & Lucchesi (1992)]. IsSuP permite a escolha do número de partículas por nó, reduzindo e aumentando a profundidade da árvore e o tempo de cálculo conforme desejado. Resultados mais refinados podem ser obtidos adequando parâmetros do sistema à precisão desejada, o que permite uma avaliação mais rápida ou mais apurada. Medições foram realizadas comparando-se os resultados apresentados pelo sistema com resultados obtidos usando-se a Lei de Coulomb, obtendo-se boa proximidade [Moroni, Magalhães & Lucchesi (1995)]. O sistema está em fase final de experimentação.

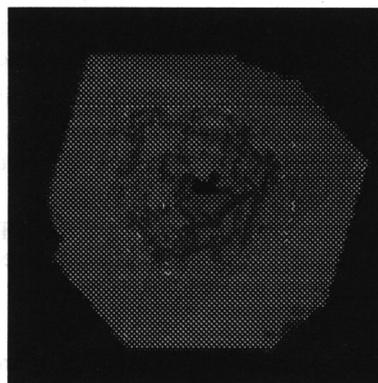


Fig. 2 - A Isosuperfície 2

## Referências

- L. Greengard - The Rapid Evaluation of Potential Fields in Particle Systems - The MIT Press - Cambridge, Massachusetts - London, England - 1989
- L. Müller and W. Müller - An Object-Oriented Implementation of the Fast Multipole Method Fraunhofer Gesellschaft - Arbeitsgruppe Graphische Datenverarbeitung - 1990
- A. Moroni, L. P. Magalhães e C. L. Lucchesi - Modelagem Baseada em Sistemas Físicos: Pesquisa de Vizinhança em Octrees para Implementação do Método Multipólos Rápido - Anais do SIBGRAPI V - 1992, SBC - INPE, Brasil
- A. Moroni, L. P. Magalhães e C. L. Lucchesi - Modelling 3-D Isosurfaces with Particle Systems - GRAPHICON'95 Proceedings - 1995 - St. Petersburg - Russia
- H. Samet - Applications of Spatial Data Structures - Addison-Wesley Publishing Company - 1990