

# EXTRAÇÃO DE SILHUETAS EM DADOS VOLUMÉTRICOS

**Aluno: Rodrigo Arruda Torres**  
**Orientador: Sinésio Pesco**

## Introdução

O uso de dados volumétricos é bastante comum em aplicações médicas e científicas. Podem ser gerados tanto através escaneamento 3D de fenômenos reais quanto através de simulações computacionais. Com o desenvolvimento e o aprimoramento dos equipamentos de escaneamento e dos algoritmos de simulação, os dados gerados cresceram em tamanho e passaram a exigir recursos computacionais mais poderosos para sua análise.

Neste trabalho foi desenvolvido um método para visualização de dados volumétricos. Para isso, apresentamos um algoritmo para geração de curvas silhuetas destes dados e uma técnica de remoção de curvas visíveis ao observador, com base no conceito de oclusão. Tal algoritmo foi testado em dados de tamanho relativamente grande ( $512^3$ ), com bons resultados em termos de velocidades (FPS - frames por segundos).

## Objetivos

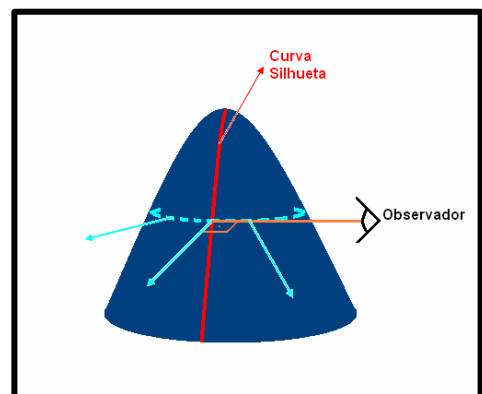
Desenvolver um algoritmo computacional em linguagem C capaz de extrair e visualizar silhuetas de dados volumétricos de maior porte e capaz de remover silhuetas ocultas ao observador. Estudar o tempo de processamento, de modo que o modelo realizasse a extração e a oclusão das silhuetas de maneira interativa.

## Metodologia

O dado volumétrico regular é dividido em estruturas unitárias (cubos), formando uma estrutura mais complexa chamada de grid. A cada um dos vértices dos cubos é associado um valor real, definindo assim um campo escalar discreto  $f : D \subset R^3 \rightarrow R$ . A cada isovalor  $w$  temos associado uma isosuperfície  $f^{-1}(w)$ .

Uma curva silhueta sobre uma isosuperfície  $S$  é tal que para cada ponto  $p$  pertencente à curva vale  $N_p \cdot V = 0$  (produto escalar), sendo  $N_p$  a normal à superfície  $S$  em  $p$  e  $V$  é o vetor que representa o observador (ver figura ao lado). Em outras palavras, a curva silhueta é o contorno da isosuperfície analisada.

A geração da curva silhueta tem início em um cubo que tenha interseção com a curva silhueta (semente inicial). Em seguida determina-se o cubo adjacente pelo qual a curva prossegue e assim sucessivamente até que o cubo inicial seja novamente obtido, fechando a curva, ou um bordo seja detectado. Neste caso, retorna-se ao cubo inicial e a curva prossegue na direção oposta.



## Algoritmo Marching Lines e Algoritmo de Oclusão – Descrição e Resultados

A extração da curva silhueta em cada cubo é baseada no algoritmo Marching Lines [1]. O método recebe como parâmetros de entrada os índices  $(i, j, k)$  do grid associados a um cubo

inicial, sendo verificada a existência do isovalor de interesse. Para tal, utiliza-se o algoritmo Marching Cubes para determinar as faces que compõem a isosuperfície a ele associada.

As faces são trianguladas e calcula-se em cada vértice dos triângulos o produto escalar entre os vetores acima mencionados, verificando-se a existência de uma mudança de sinal. Caso isso ocorra, existe um ponto na aresta cujo valor do produto escalar vale zero, obtido via interpolação linear. Os pontos assim obtidos são conectados, formando a silhueta pretendida.

Ao término do processo de análise de um cubo, determina-se por qual de suas faces a curva silhueta está saindo. Sabendo-se a face de saída é possível determinar qual deve ser o próximo cubo analisado, sem a necessidade de percorrer todo o grid. Isto significa um grande diferencial, pois há ganhos significativos em termos de velocidade de processamento [2].

Durante esta primeira etapa de processamento, os índices de todos os cubos nos quais existe silhueta são armazenados. Eles funcionam como “sementes” para a extração da silhueta quando ocorre mudança na posição do observador. Este processo também representa um diferencial, pois mantém uma extração eficiente das curvas sem acréscimo no tempo de processamento - o número de sementes geradas é menor do que o número de cubos visitados.

Para remoção das linhas silhuetas não visíveis, foi incorporado um método de oclusão baseado no conceito de oclusão implícita [3]. Abaixo, seguem dois exemplos que comparam a extração das curvas com e sem a oclusão em dados volumétricos de grande porte.



## Conclusões

O algoritmo desenvolvido permitiu a extração e visualização de silhuetas em dados volumétricos de grande porte de forma eficiente, uma vez que todas as curvas significativas foram obtidas. Além disso, o método de oclusão foi capaz de esconder as curvas invisíveis com pouco acréscimo no tempo de processamento.

## Referências

- 1- THIRION, J.-P., AND GOURDON, A. The 3d marching lines algorithm. **Graphical Models and Image Processing**, v. 58, n. 6, p. 503–509, nov.1996.
- 2- BURNS, M., KLAWE, J., RUSINKIEWICZ, S., FINKELSTEIN, A., DeCARLO, D. Line Drawings from Volume Data. **ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH)**, v.24, n.3, p. 512-518, aug. 2005.
- 3- PESCO, S., LINDSTROM, P., PASCUCCI, V., SILVA, C. Implicit Occluders. **IEEE/SIGGRAPH Symposium on Volume Visualization 2004**, Austin/Texas, October 2004, p. 47-54.