

**MODELAGEM DE OBJETOS  
POR SUPERFÍCIES PARAMÉTRICAS -  
UMA IMPLEMENTAÇÃO**

***Rosane Minghin***  
(SCE-ICMŠC-USP-SC)

***Clésio Luis Tozzi***  
(DCA-FEE-UNICAMP)

Página em branco na versão original impressa.

MODELAGEM DE OBJETOS POR SUPERFICIES PARAMETRICAS  
- UMA IMPLEMENTACAO

Minghim, Rosane  
(SCE - ICMSC - USP - CP 668 - 13560 - São Carlos - SP)

Tozzi, Clésio Luis  
(DCA - FEE - UNICAMP - CP 6101 - 13081 - Campinas - SP)

The interface aspects of a system for surface modeling are discussed in the context of numerical methods for mathematical surface representation. A control mesh is used for data input and a visualization program with hidden-lines removal for output. Even spending much time for visualization the system works satisfactorily.

## 1. INTRODUCAO

Em computação gráfica, uma possibilidade de modelagem de objetos consiste na utilização de funções matemáticas que ajustam superfícies por pontos definidos no espaço tridimensional de coordenadas, aqui chamados de métodos matemáticos de modelagem.

Tais métodos matemáticos de representação permitem a construção de objetos de forma flexível, e são uma alternativa de modelagem bastante útil, em especial trabalhando em conjunto com outras técnicas convencionais de representação de sólidos [Ca 85].

Este trabalho apresenta a modelagem matemática [Ba 84] e descreve aspectos de interface com sistemas computacionais que utilizam tais modelos, bem como uma implementação de alguns desses aspectos em um Sistema de Modelagem de Superfícies (SMS), realizada como parte do trabalho [M1 90].

## 2. OS MÉTODOS NUMÉRICOS DE MODELAGEM

Dentre os métodos numéricos de representação de superfícies, aqueles de maior uso em aplicações de síntese de imagens são o de Bézier e B-spline. Ambos são baseados na combinação de pontos de controle no espaço por funções base. O conjunto de pontos de controle, para superfícies, é chamado malha de controle. A formulação dos métodos para curvas e superfícies é ilustrado na fig. 1. O conjunto das funções base  $F_i$  identifica o método que está sendo utilizado. A forma do objeto durante a modelagem é definida pelo posicionamento dos pontos de controle e pela idéia do comportamento do método em si com relação àqueles pontos (fig. 1). O SMS implementa a modelagem por Bézier e por B-spline.

Assim, a interface para a modelagem de objetos por métodos matemáticos implica em permitir ao projetista a introdução e manipulação das malhas de controle, bem como a visualização dos resultados obtidos em cada alteração dos dados. O objetivo final é permitir sucessivas alterações da malha até a produção da forma desejada para o objeto.

O SMS trata desses aspectos da interface da maneira apresentada nos próximos parágrafos.

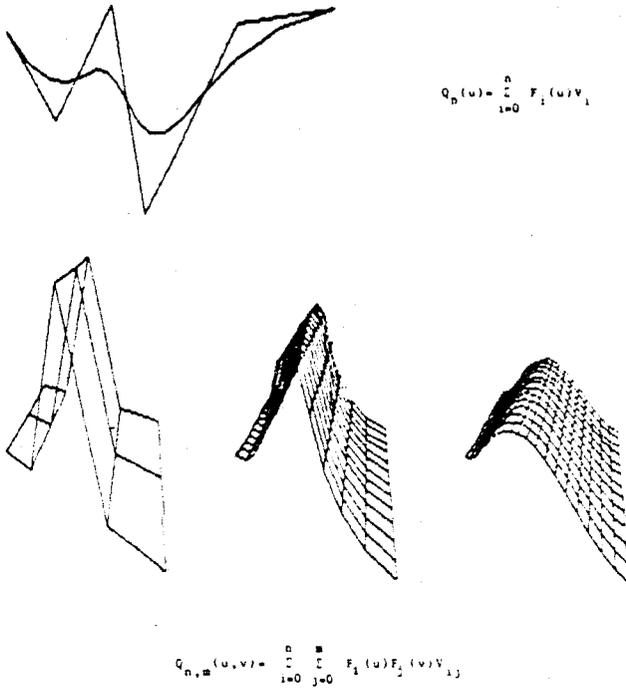


Fig. 1 a Curva definida numericamente, com respectivas malha de controle e equação geral.  
 b Malha de controle para uma superfície com duas possíveis superfícies resultantes e equação geral correspondente.

### 3. A ENTRADA DOS DADOS

A princípio, o projetista tem a idéia geral do objeto que deseja representar. A relação entre a malha de controle que define a superfície de tal objeto e a forma final é intuitiva ao usuário, uma vez que os métodos citados suavizam os pontos da malha, acompanhando seu formato geral. Mesmo um usuário com pouca prática pode projetar formas por esses métodos utilizando-se de uma interface adequada.

O módulo de interface de entrada de dados do SMS, discute de

uma série de funções que visa tornar disponíveis as operações básicas de edição de dados tridimensionais (pontos no espaço) utilizando-se de dispositivo gráfico bidimensional (vídeo monocromático), e teclado, procurando respeitar regras básicas de manipulação de um diálogo homem/máquina [Ma 85].

A partir desse programa o usuário pode introduzir a malha de controle, na ordem de variação dos valores dos parâmetros.

O programa trabalha com um sistema de telas fixas (fig. 2). O usuário tem as projeções ortogonais dos planos xy e xz, sobre as quais um cursor caminha a incrementos constantes (definidos pelo usuário). Assim o usuário deve possuir uma visão da projeção ortogonal da malha que está fornecendo. Uma outra janela mostra os menus de opções de funções disponíveis. A última janela apresenta a perspectiva da malha. A fig. 3 mostra uma sequência de operações possíveis de introdução de dados.

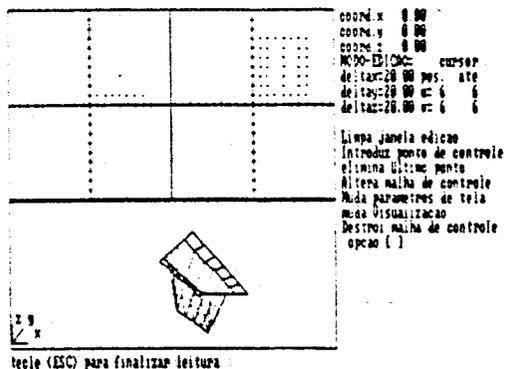


Fig. 2 Possível tela inicial do programa de introdução de dados

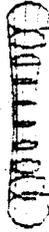
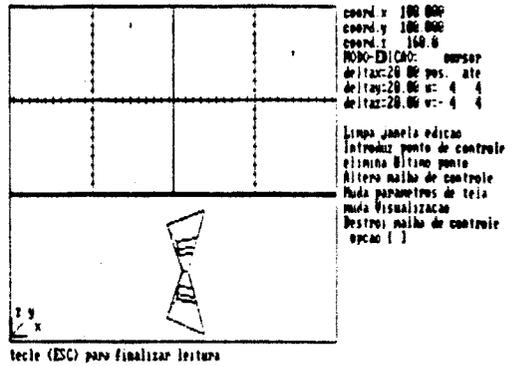
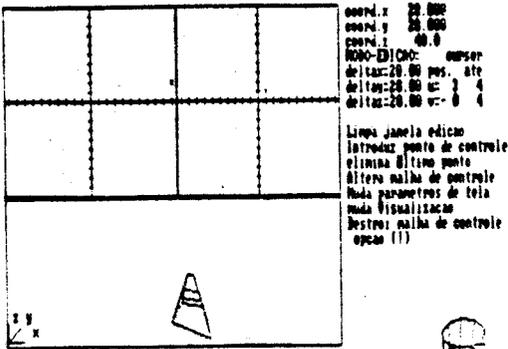


Fig. 3 a Introdução de uma malha de controle, fase intermediária  
 b Introdução de uma malha de controle, fase final.  
 c Avaliação da malha projetada na fig 3b.

Outro aspecto importante no auxílio à modelagem é a possibilidade de alterar os pontos já introduzidos (fig. 4).

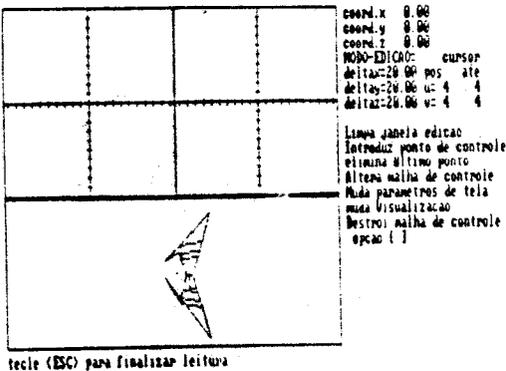
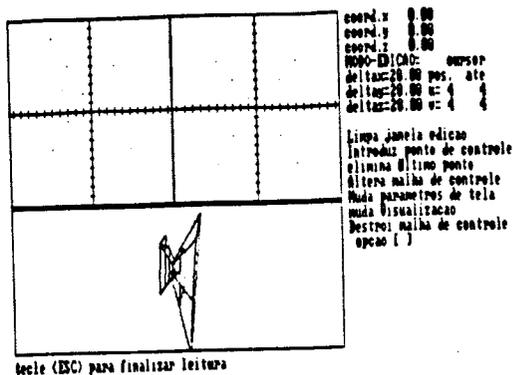


Fig. 4 a Modificação da malha de controle da fig. 3  
 b Avaliação da superfície correspondente à fig. 4a

Como a malha resultante é apresentada constantemente, na tela, em perspectiva, é de interesse ao usuário poder modificar a visualização da malha, que pode ser alterada durante a edição, através de rotações, translacões e mudanças de escala, para permitir melhor observação e identificação da forma (fig 5).



tecle (ESC) para finalizar leitura

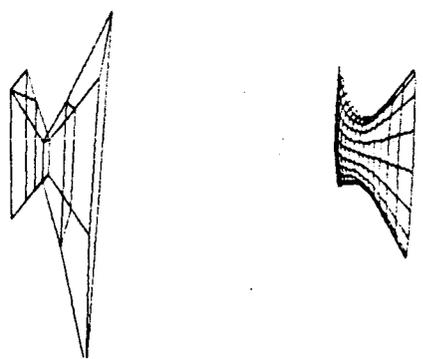


Fig. 5 a Modificação da visualização da malha da fig 3  
b Superfície da malha da fig. 5a.

Um outro aspecto importante no projeto do objeto é a visualização das superfícies geradas, cujo tratamento dado pelo SMS é apresentado a seguir.

#### 4. A APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

As duas técnicas usuais de apresentação de superfícies paramétricas são:

- "lofting" - são apresentadas "linhas" da superfície em uma única direcção de variação dos parâmetros.

- quadriculado - são visualizadas linhas nas duas direcções de variação dos parâmetros, formando uma rede de pontos sobre a superfície.

Entretanto, durante o projeto de uma forma, um usuário necessita reconhecer com precisão o objeto. Assim, é de interesse gerar a imagem com algum tratamento, em especial com a retirada de linhas/superfícies escondidas, pois sem nenhum processamento a imagem pode ficar confusa (fig. 6).



Fig. 6 a Superfície gerada sem tratamento de linhas escondidas  
b Superfície da Fig. 6a com tratamento de linhas escondidas

Um tratamento inicial mais simples da retirada de linhas escondidas, implementado pelo SMS, consiste em se evitar o cruzamento de linhas na tela. Entretanto, esse tipo de procedimento limita o conjunto de superfícies possíveis de serem apresentadas. Outros métodos, mais elaborados, suprimem tais limitações.

Um desses métodos considera cada conjunto de quatro segmentos adjacentes do quadriculado como um quadrilátero. Um ponto é visível se nenhum quadrilátero do objeto/cena puder escondê-lo. Por ser um procedimento exaustivo, seria computacionalmente inviável se, para cada ponto a ser verificado, se necessitasse conferir todos os quadriláteros. Assim, em [Oh 83] é apresentado um algoritmo baseado nesse princípio, e que realiza uma série de procedimentos de otimização do tempo de processamento da imagem, como uma evolução do algoritmo dado em [Gr 78]. O objetivo dessa otimização é reduzir o número de quadriláteros a serem verificados para cada ponto. Assim, realiza uma subdivisão do espaço do objeto em paralelepípedos, registrando, para cada paralelepípedo, os quadriláteros do objeto/cena que pertencem àquela região. Dessa forma, só é necessário verificar os quadriláteros pertencentes aos paralelepípedos que estão entre o ponto verificado e o observador. Além disso, em cada paralelepípedo os quadriláteros são ordenados pelo valor da máxima coordenada  $y$  projetada. Se o ponto verificado possuir coordenada  $y$  maior que a do quadrilátero, nem ele nem os demais do mesmo paralelepípedo poderão escondê-lo. Neste caso, a verificação é continuada para os demais paralelepípedos. Tais otimizações, somadas a outras de

menor porte, reduzem muito o número de quadriláteros que precisam ser conferidos, acelerando o processo. O SMS implementa esse algoritmo.

A vantagem do segundo método sobre o primeiro citado, diz respeito ao domínio dos objetos, isto é, pode-se apresentar quaisquer superfícies matemáticas, mesmo as fechadas. Além disso, permite apresentar cenas com vários objetos e a técnica de apresentação de cada um é por quadriculado, em contrapartida ao outro método, que apresenta por "lofting".

O resultado do tratamento de linhas escondidas pode ser observado nas figuras 7 e 8.

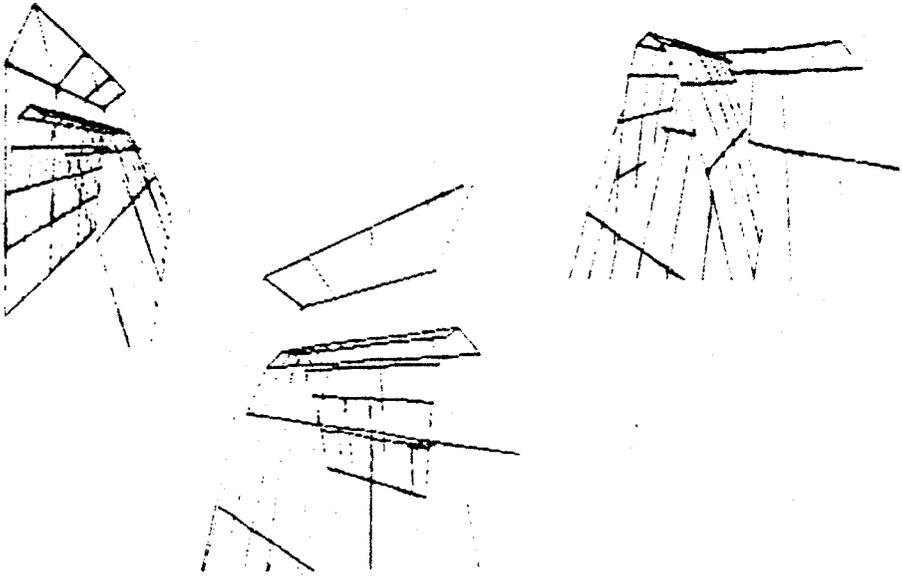


Fig. 7 a Malha de controle e superfície de Bézier correspondente  
b Malha de controle e superfície de Bézier correspondente  
c Cena composta pelas superfícies de 7a e 7b

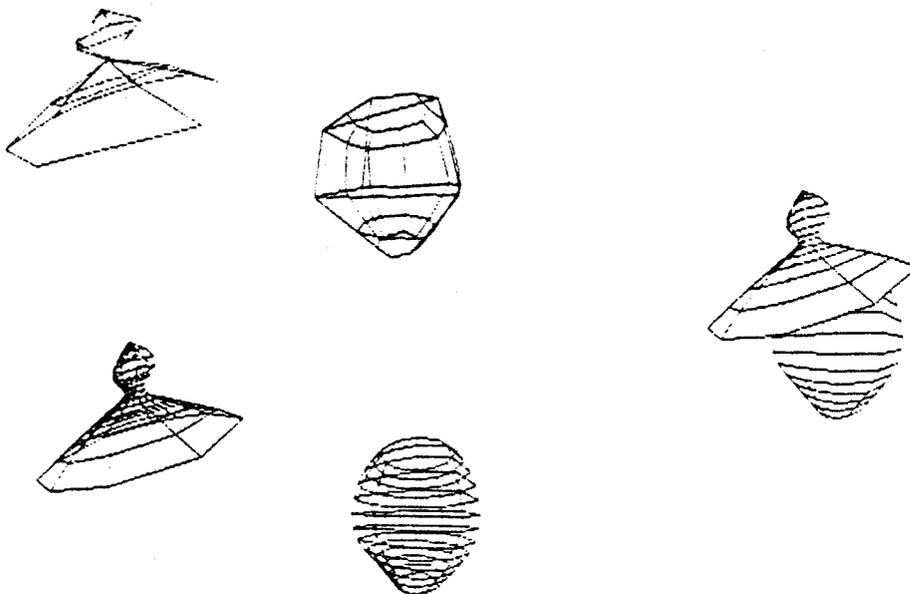


Fig. 3 a Malha de controle  
 b Superfície B-spline correspondente à malha de 3a  
 c Malha de controle  
 d Superfície B-spline correspondente à malha de 3c  
 e Cena composta com as superfícies de 3b e 3d.

### 5. CONCLUSOES

A modelagem por superfícies definidas através de equações matemáticas representa uma alternativa na definição de objetos [Ro 83] que, em uso conjunto com outras técnicas de modelagem imprime flexibilidade em termos do número de formas diferentes que é capaz de representar. A figura 3 é um exemplo de objeto cuja definição por outras técnicas seria difícil ou impossível. Além disso, tais objetos podem ser armazenados com relativamente pouca memória, já que, para uma superfície, tudo o que precisa ser armazenado são os pontos de controle. A recuperação de uma superfície pode ser feita pela reavaliação dos seus pontos.

Além da modelagem em si, o SMS cuida dos aspectos de interface com o usuário. O programa de introdução de malha de controle possui um conjunto de funções básicas necessárias de manipulação dos dados de malhas de controle. Numa aplicação específica, como um CAD de qualquer natureza, ainda que seja necessário providenciar outras funções de interface, aquelas fundamentais já estão disponíveis. O método utilizado para visualização admite superfícies com qualquer constituição, além de ser geral para qualquer formato de superfície. Permite ainda a constituição de cenas com mais de um objeto. O número de objetos de uma cena é limitado apenas pela quantidade de memória disponível, uma vez que se utiliza alocação dinâmica de variáveis para armazenar os objetos.

Mesmo com a otimização do processo de retirada de linhas escondidas, o tempo de processamento de uma cena sequer razoável em termos de quantidade de informação é muito elevado com o objetivo de aplicações interativas. Máquinas mais rápidas, em especial com possibilidades de processamento paralelo permitiriam um grande avanço em velocidade e a utilização desse sistema em projeto interativo de formas.

#### BIBLIOGRAFIA

- [Ba 84] Barsky, B. A. - "A description and Evaluation of various 3-D Models" - IEEE CG&A, - jan 84 p38-51.
- [Ca 85] Casale, M. S.; Stanton, E. L.; "An Overview of Analytic Solid Modeling" - IEEE CG&A, fev. 85, p 45-56.
- [Gr 78] Griffiths, J. G. - "A Surface Display Algorithm" - Computer Aided Design - vol. 10, no. 1, jan 1978, p.65-73.

- [Ma 85] Maquirre, M. C. - "A Review of Human Factors Guidelines and Techniques for the Design of Graphical Human-computer Interfaces" - Comput. & Graphics, vol. 9, no. 3, 1985, p 221-235.
- [Ml 90] Mingim, R. - MODELAGEM DE OBJETOS POR SPLINES - Dissertação de Mestrado apresentada na Faculdade de Engenharia Elétrica da UNICAMP - jan. 90.
- [Oh 83] Ohno, Y. - "A hidden line elimination method for curved surfaces" - Computer Aided Design, vol 15, no. 4, p 209-216.
- [Ro 83] Rogers, D. F.; Satterfield, S. G.; Rodriguez, F. A. - "Ship Hulls, B-Spline Surfaces and CAD/CAM" - IEEE CG&A - dez. 1983, p 37-45.