

Computação Gráfica

Áreas Relacionadas, Cenário e Histórico

Maria Cristina F. de Oliveira
Rosane Minghim
ICMC - USP

Visão Geral

- Introdução à Computação Gráfica e áreas relacionadas
- Computação Visual, aplicações
- Histórico
- Perfil da disciplina
- Bibliografia

Computação Gráfica

- Sub-área da Ciência da Computação
 - Técnicas para a geração, exibição, manipulação e interpretação de modelos de objetos e de imagens utilizando o computador
 - Modelos e imagens criados a partir de dados do mundo real ⇒ converter dados em imagens
- Usuários em disciplinas diversas
 - Ciência, engenharia, arquitetura, medicina, arte, publicidade, lazer (cinema, jogos, ...)
 - Enorme gama de aplicações

Sistema Gráfico

- dispositivo de exibição gráfico
 - Tecnologia matricial: imagem como matriz de pixels
- capacidade de gerar, armazenar e exibir imagens
- sistemas altamente interativos
 - usuário controla o conteúdo, a estrutura e a aparência dos objetos e imagens visualizadas na tela, usando dispositivos de interação
 - forte relação com HCI - Interação Usuário Computador

Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Artificial
- Visualização Computacional

Computação Gráfica

- síntese de imagens
- técnicas para gerar representações visuais a partir de especificações geométricas e de atributos visuais dos seus componentes
 - modelagem e rendering
- objetivo: 'mundo' 3D no computador
- cena descrita em termos de sua geometria e atributos visuais para o 'rendering', até obter matriz de pixels



Processamento de Imagens

- técnicas de transformação de imagens descritas como 'matriz' de pixels
- objetivo
 - melhorar características visuais (aumentar contraste, melhorar foco, reduzir ruído, eliminar distorções)
 - extrair elementos de interesse; ou mesmo 'transformar' a imagem, criando efeitos visuais
- cena: matriz de 'pixels'

9

Exemplo

mediana 5x5

média 11x11

10

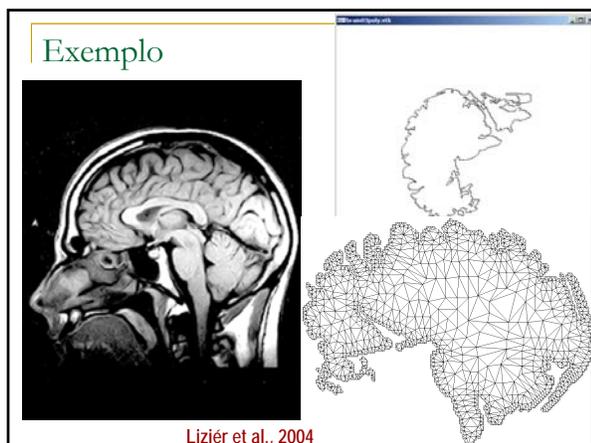
Exemplo

11

Exemplo

André Balan, 2004

12



Visão Artificial

- Problema extremamente complexo
 - Visão envolve inteligência...
- Ponto de partida é o problema mais simples de analisar imagens
 - técnicas para extrair informações de imagens
 - objetivos: p.ex., extrair modelos geométricos, ou implementar no computador tarefas que requerem habilidade visual
 - informação não pictórica obtida da imagem
 - por exemplo, obter primitivas geométricas que descrevem elementos contidos na imagem, ou reconhecer padrões

15

Visão Artificial

- Problema mais específico: identificar de padrões em imagens: *pattern recognition*
- "Dadas algumas amostras de sinais complexos e a correta decisão sobre estas, tome automaticamente decisões para um conjunto de futuras amostras" – Ripley.
- "O processo de dar nomes w a observações x " – Schurmann.
- "PR lida sempre com a pergunta: O que é isso?" - Morse

Exemplos

- Inspeção, detecção de objetos, classificação imagens
- Reconhecimento de Caracteres p/ seleção de correspondências em correio, scanners (OCR)
- Diagnóstico assistido por computador: imageamento médico
- Reconhecimento de fala: classificação de fonemas gravados a partir de microfone.

Exemplo: um sistema para reconhecer digitais

Reconhecimento de Digitais - padrões

The diagram shows a grayscale fingerprint image on the left with several points of interest circled in red and green. On the right, a schematic shows a 'Y' shape with a red circle around the top vertex labeled 'Bifurcações' (Bifurcations) and a vertical line with a green circle around its bottom end labeled 'Terminações' (Terminations).

19

Típico sistema de visão (RP)

The flowchart shows a sequence of six steps: 1. Aquisição (Acquisition), 2. Pré-processamento (Pre-processing), 3. Processamento de Imagens (Image Processing), 4. Análise de Imagens (Image Analysis), 5. Extração de características (Feature Extraction), and 6. IA / reconhecimento de padrões (AI / pattern recognition). The flow starts with 'Cena' (Scene) entering step 1, and proceeds through steps 2, 3, 4, 5, and 6 in a linear fashion.

20

Passo 1 - Aquisição

This diagram highlights the first step of the vision system, 'Aquisição' (Acquisition), which is shown in a yellow box. It is preceded by 'Cena' (Scene) and followed by steps 2, 3, 4, 5, and 6, which are shown in gray boxes.

21

Aquisição

The image shows a grayscale fingerprint being scanned, representing the acquisition phase of the system.

22

Passo 2 - Pré-processamento

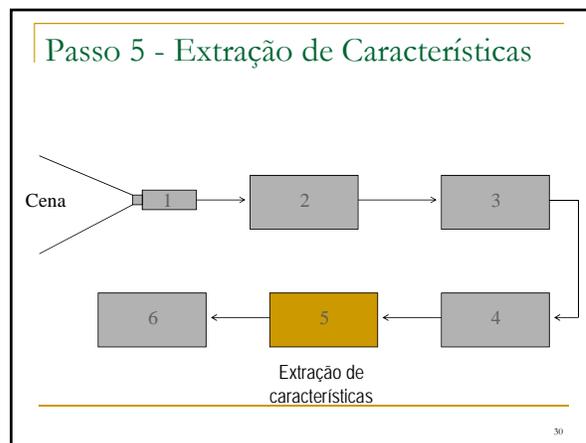
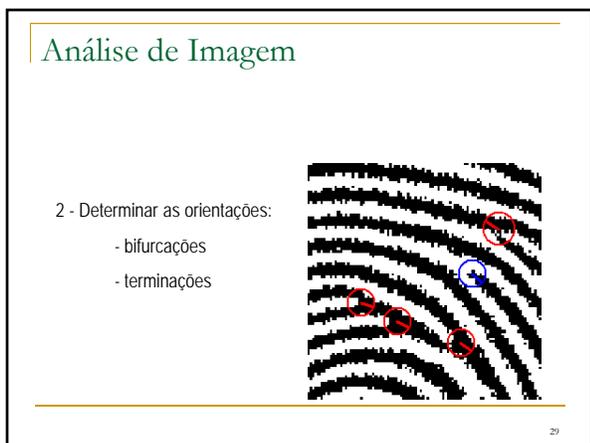
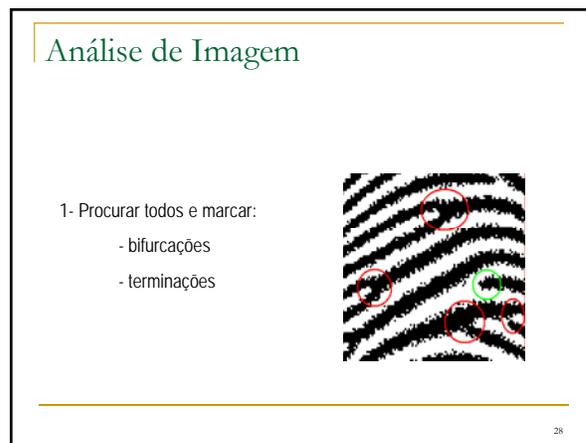
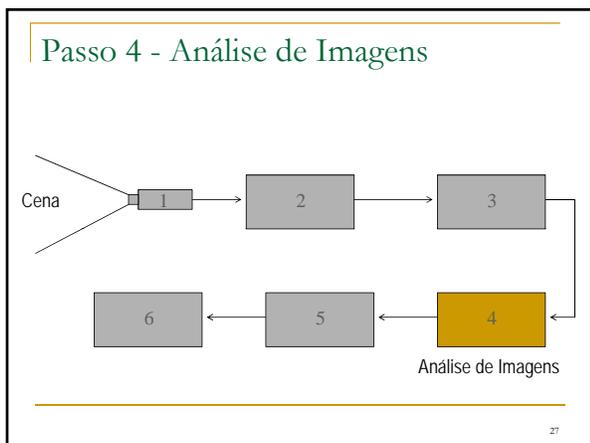
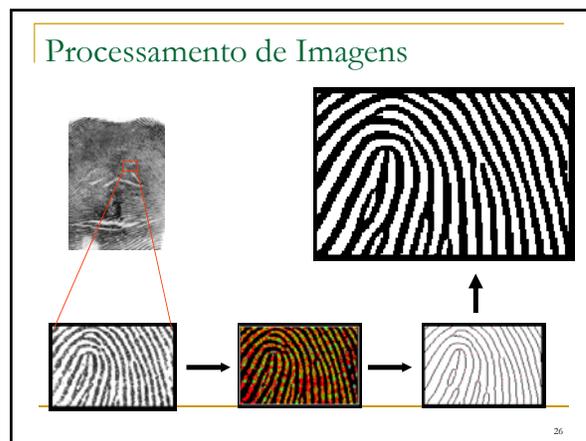
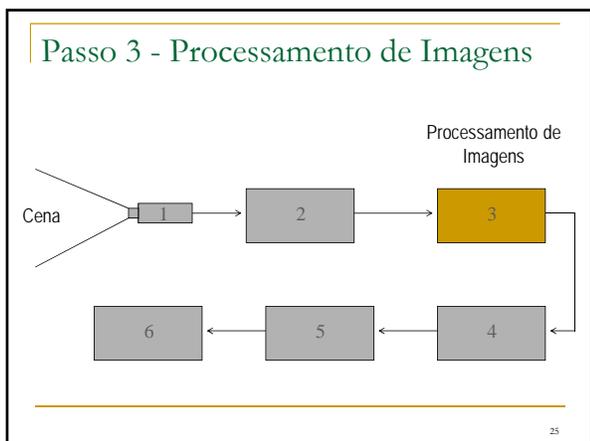
This diagram highlights the second step of the vision system, 'Pré-processamento' (Pre-processing), which is shown in a yellow box. It is preceded by 'Cena' (Scene) and step 1, and followed by steps 3, 4, 5, and 6, which are shown in gray boxes.

23

Pré-processamento

The image shows the result of the pre-processing step, where the fingerprint image has been enhanced to make the ridges and valleys more distinct.

24

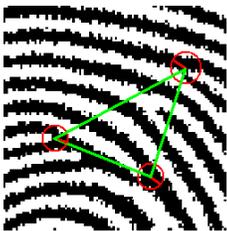


Extração de Características: Modelo Matemático

Modelo Matemático

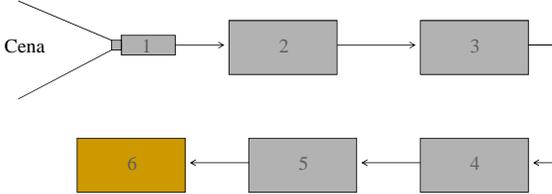
- Semelhança de Triângulos

Combinar as marcações 3 a 3



31

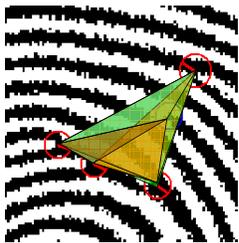
Passo 6 - IA / Reconhecimento de padrões



IA / reconhecimento de padrões

32

IA / Reconhecimento de padrões

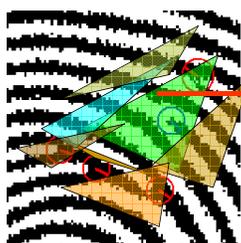


Armazenar o modelo matemático de todos os triângulos

Base de conhecimento

33

IA / Reconhecimento de padrões

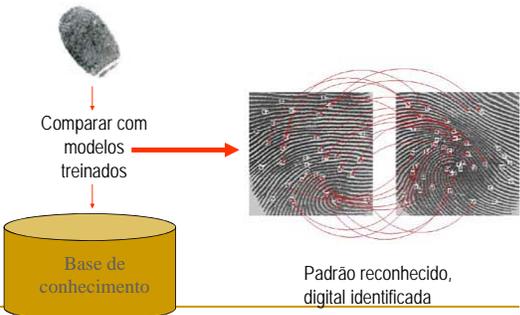


Armazenar o modelo matemático de todos os triângulos

Base de conhecimento

34

IA / Reconhecimento de padrões



Comparar com modelos treinados

Base de conhecimento

Padrão reconhecido, digital identificada

35

Visualização Computacional

- técnicas da CG/PR para representar dado/informação: representações gráficas de dados, numéricos ou não
- objetivos: facilitar o entendimento de fenômenos complexos e a exploração de diferentes cenários
- síntese para gerar as representações visuais, análise (pelo usuário) para extrair informações

36

Visualização

Hamming 1973: "the purpose of computation is insight, not numbers"

Card et al. 1999: "the purpose of visualization is insight, not pictures"

Principais objetivos desse "insight": descoberta, verificação de hipóteses, tomada de decisões, explicação

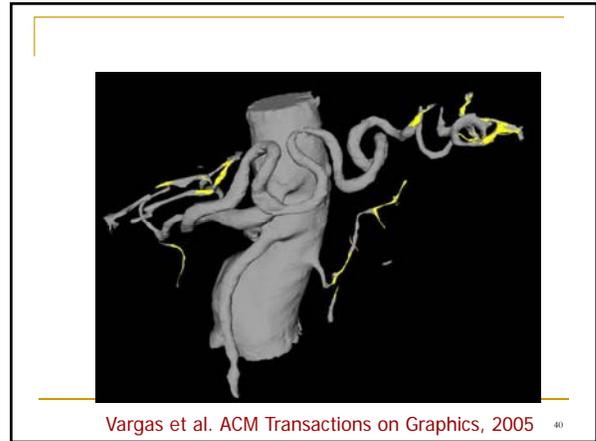
A Visualização é útil na medida em que amplia a nossa capacidade de executar essas e outras tarefas cognitivas

37

Visualização

- Visualização Científica
- Visualização de Informação

38



Visualização

Simulação de escoamento de fluidos
A. Castelo et al.

41

Conexão de contornos

Conexão de contornos

Dois contornos adjacentes

Conexão

Triangulação

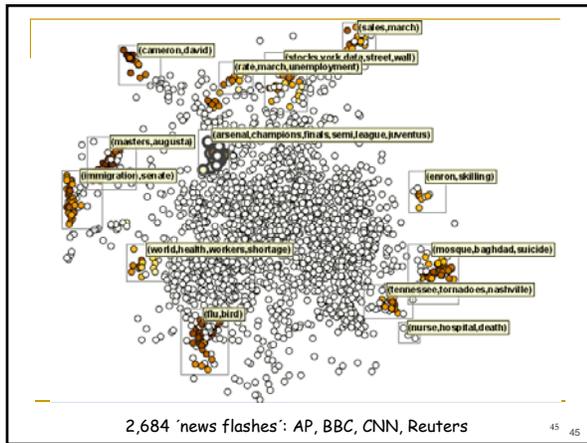
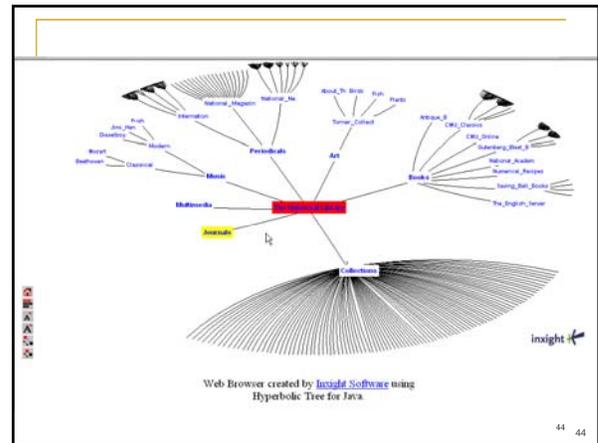
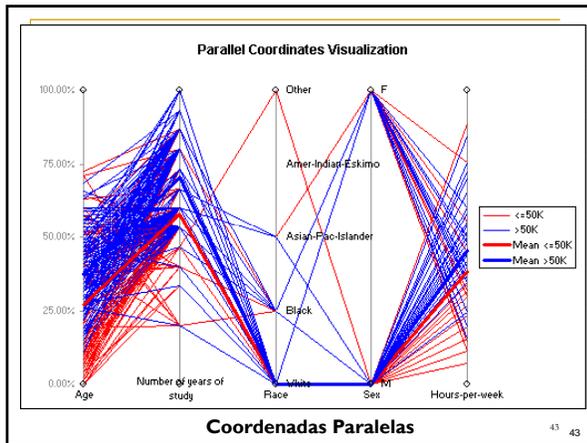
Conexão de Contornos

Encontrar os contornos

Conectar os contornos (Triangulação)

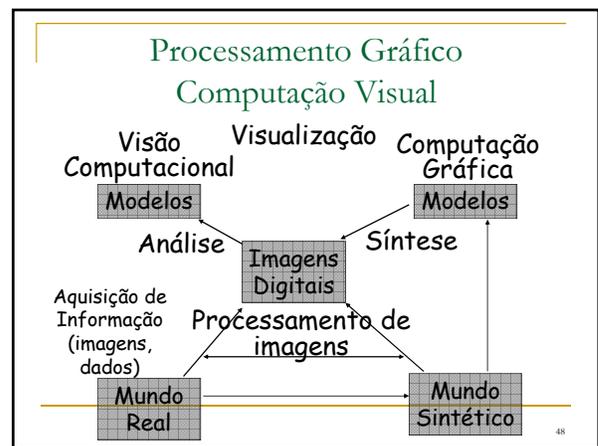
Renderizar a imagem final

42



■ Vídeo PEx-Image

46 46



Perfil da disciplina

- Ênfase em síntese de imagens
- Fundamentos
 - algoritmos de conversão matricial
 - transformações geométricas, sistemas de coordenadas, transformações entre sistemas
 - *pipeline* de visualização
- Técnicas clássicas de representação de objetos 3D e *rendering*
 - representação por fronteiras e patches bicúbicos
 - Modelos clássicos de iluminação e remoção de superfícies ocultas

49

- Parte 2: histórico

50

Histórico

- (1963) Sketchpad
 - Ivan Sutherland apresenta o sistema que vinha desenvolvendo p/ seu Ph.D. no MIT
 - Programa p/ desenho e manipulação de elementos geométricos na tela de um monitor de vídeo (primitivas gráficas 2D)
 - Entrada via caneta ótica (light pen), saída no monitor de vídeo (tecnologia vetorial)
 - Primeira tentativa de usar um monitor de vídeo como dispositivo de interação, bem como de usar o computador para gerar e exibir figuras!
 - interação por caneta ótica (selecionar, apontar, desenhar)

51



Ivan Sutherland na console do TX-2, exibindo o Sketchpad (MIT, 1963)
 Fonte: http://www.cc.gatech.edu/classes/cs6751_97_fall/projects/abowd_team/ivan/ivan.html

52

Histórico (dispositivos vetoriais)

- Primórdios
 - ❖ Dispositivos de Exibição
 - natureza analógica: *vector graphics*
 - imagens formadas pelo desenho de segmentos de reta (traçado de contornos)
 - tecnologia cara
 - ausência de cores
 - ❖ primeiros programas de CAD
 - ❖ contexto: pouca interação com o usuário, uso restrito (equipamento caro!)

53

CRT - vetorial

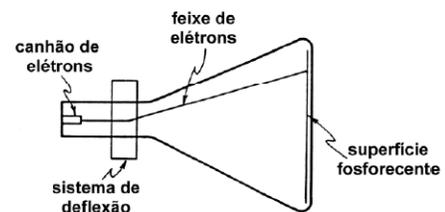


Figura 2.1: Estrutura interna de um CRT.

54

Histórico

- Década de 80
 - disseminação de aplicativos
 - evolução do hardware
 - surgimento da tecnologia matricial (raster graphics)
 - imagens formadas por matrizes de pontos, ou pixels: picture elements
 - baixo custo, uso de cores, áreas preenchidas
 - aliasing
 - aumento da capacidade de processamento
 - melhores dispositivos de interação: mouse (1968), ...
 - novos paradigmas em HCI: janelas

CRT - matricial

Aliasing

Pixels

Cada pixel corresponde a uma pequena área da imagem – armazenados no frame buffer

Fonte: E. Angel, Interactive Computer Graphics

Pixels e o Frame Buffer

Sistema gráfico matricial – raster

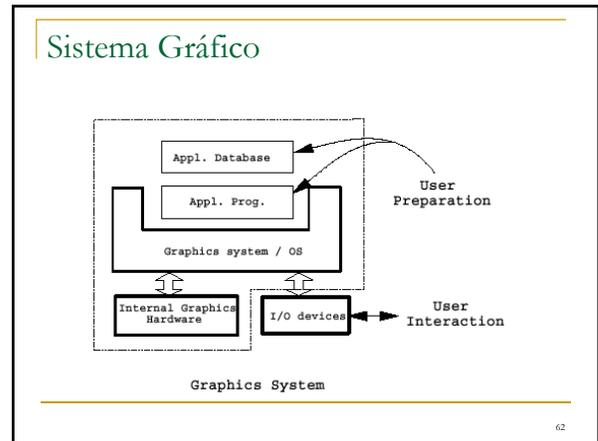
Fonte: E. Angel, Interactive Computer Graphics

<http://sloan.stanford.edu/mousesite/>

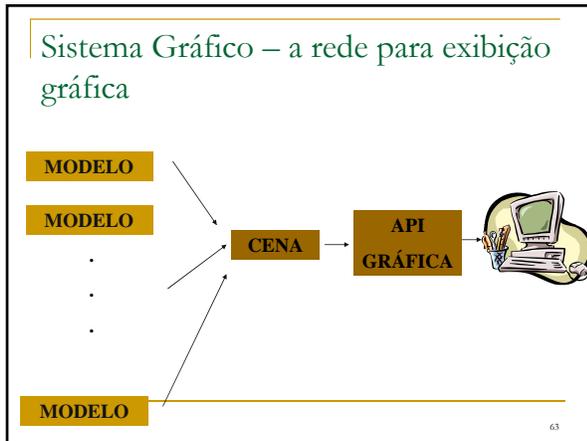
Histórico

- Década de 80
 - Pacotes gráficos
 - portabilidade (independência de dispositivo)
 - reutilização
 - APIs: GKS, PHIGS, OpenGL
 - Padrões: especificação de uma interface para os programadores de aplicativos independente do S.Op. e do sistema gerenciador de janelas.
 - Computação Gráfica 3D
 - Principais representações gráficas 3D: baseadas em descrições geométricas das superfícies dos objetos

61



62

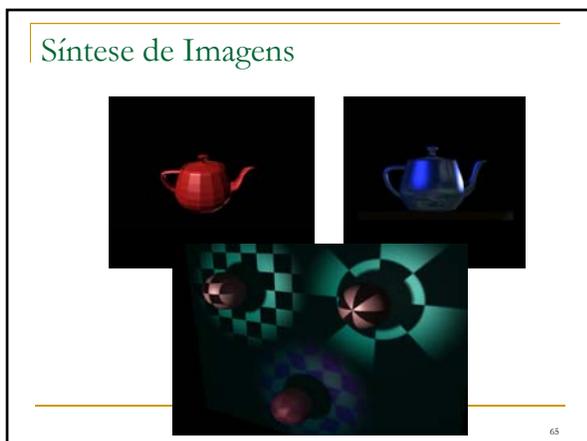


63

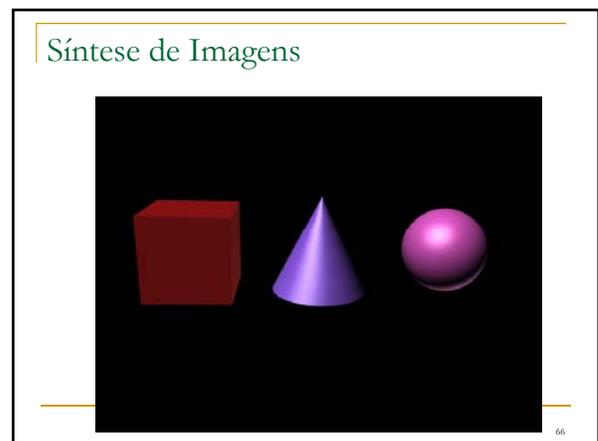
Histórico: (síntese de imagens)

- Técnicas para criar 'mundos 3D' no computador
 - Modelagem: criação de uma representação dos objetos
 - informações geométricas
 - informações sobre os materiais
 - informações sobre a fonte de luz e o observador
 - Rendering (e animação): apresentação dos objetos
 - geração de uma imagem (ou uma seqüência delas) a partir das representações (modelos)
 - poligonização: aproximação da descrição geométrica por uma malha de faces poligonais (planares), como triângulos
 - simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena

64



65



66

Histórico

- Marcos históricos – LucasFilm, Pixar
 - Ed Catmull, University of Utah
 - Patches bicúbicos (representação de superfícies), z-buffer (remoção de superfícies ocultas), mapeamento de texturas – início da década de 70.
 - Loren Carpenter, Boeing
 - Modelagem por fractais – montanhas, nuvens, água... – início da década de 80
 - Robin Cook, Cornell University
 - Novo modelo de reflexão de luz, mais realista, shade trees ('linguagem' para rendering) - década de 80.
 - Pixar's RenderMan
 - Oscar em março de 2001 'for significant advancements to the field of motion picture rendering'

67

- **ACM Bulletin Service**
Today's Topic: ACM Fellow Ed Catmull Receives Oscar for Contributions to Computer Graphics
February 25, 2009

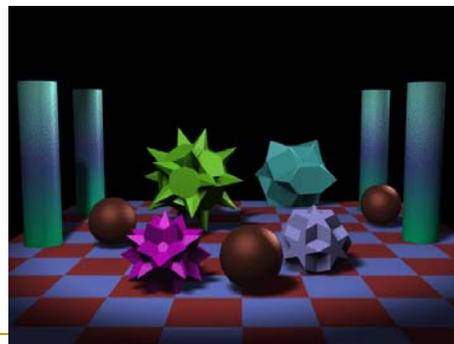
- ACM Fellow Ed Catmull was presented with an Oscar statuette ... by the Board of Governors of the Academy of Motion Picture Arts and Sciences. ...
- In addition to being a noted computer scientist, Catmull is co-founder of Pixar Animation Studios and president of Walt Disney and Pixar Animation Studios. He is also widely regarded as a leading innovator by the ACM SIGGRAPH community for his key contributions to fundamental computer graphics concepts.
- <http://www.siggraph.org/>

68

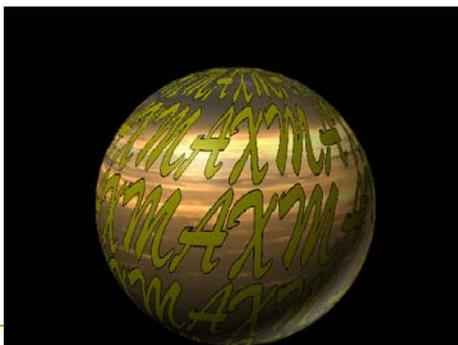
Histórico

- Década de 90
 - gama de técnicas estabelecidas em Síntese de Imagens
 - estratégias clássicas de modelagem: por fronteira, CSG, octrees, ...
 - estratégias para descrição de modelos: varredura, formulações matemáticas para definição interativa de curvas e superfícies (B-splines, NURBS, ...)
 - estratégias alternativas de modelagem: fractais, partículas, ...
 - estratégias de rendering sofisticadas: ray tracing, radiosidade, modelos físicos de iluminação, mapeamento de textura...
 - áreas relacionadas também amadureceram

69



70

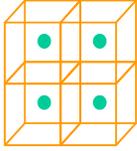


Histórico

- Década de 90
 - Consolidação da Visualização Computacional como disciplina
 - conceito de voxels: volume elements
 - Computação Gráfica Volumétrica
 - modelos gráficos utilizando voxels (ou tetraedros) como primitivas
 - cena: descrita como um volume de voxels ou tetraedros
 - altíssimos requisitos de memória e processamento
 - futuro: rendering de superfícies x rendering volumétrico?
 - Realidade Virtual
 - mundos virtuais
 - interação imersiva

72

Voxels



Voxels: volume elements
Cada voxel associado a um valor escalar
Rendering volumétrico

Rendering Volumétrico Direto



Modelo gerado por DVR: *ray casting* no *Visualization Toolkit*
Gerado por Danilo Medeiros Eler

74

Aplicações

- Engenharia e arquitetura: CAD:Computer Aided Design
- Arte por Computador
- Visualização: medicina, odontologia, meteorologia, dinâmica de fluidos, ...
- Entretenimento – jogos e cinema
- Educação e treinamento
- Software para geração de apresentações, ...

75

Bibliografia

- Hearn, D. Baker, M. P. Computer Graphics with OpenGL, Prentice Hall, 2004.
- Foley, J. et. al - Introduction to Computer Graphics, Addison-Wesley, 1993.
- Computer Graphics Comes of Age: An Interview with Andries van Dam. CACM, vol. 27, no. 7. 1982
- The RenderMan – And the Oscar Goes to... IEEE Spectrum, vol. 38, no. 4, abril de 2001.
- Apostilas da disciplina Computação Gráfica
- Curso da ACM SIGGRAPH (on line)

76