

Computação Gráfica

Cenário e Histórico

Maria Cristina F. de Oliveira
Rosane Minghim
ICMC - USP

Visão Geral

- Introdução à Computação Gráfica e áreas relacionadas
- Histórico
- Aplicações
- Perfil da disciplina
- Bibliografia

2

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

3

Sistema Gráfico

- dispositivo de exibição gráfico
 - Tecnologia matricial: matriz de pixels
- imagens geradas ou representadas no computador
- 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

4

Áreas Relacionadas

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

5

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

6

Bíscaro et al., 2005



7

http://hof.povray.org/Villarceau_Circles-CSG.html



© 2004 Tor Olav Kildemoen

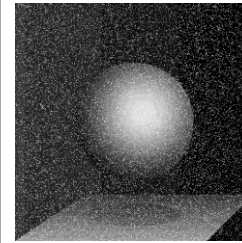
8

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'

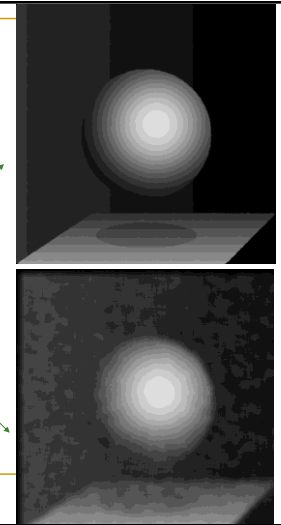
9

Exemplo



mediana
5x5

média
11x11

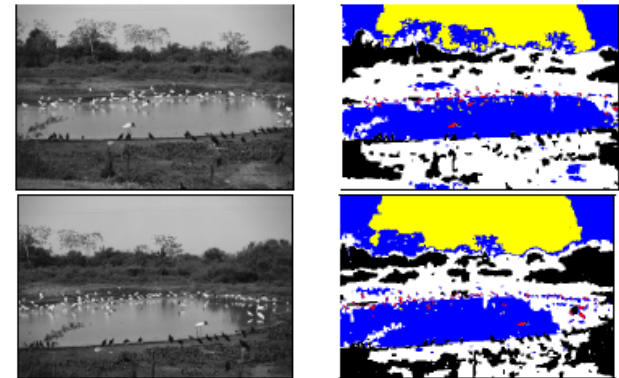


Exemplo



11

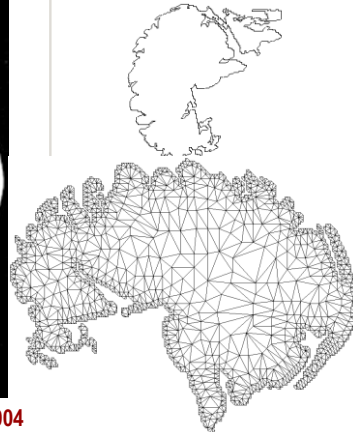
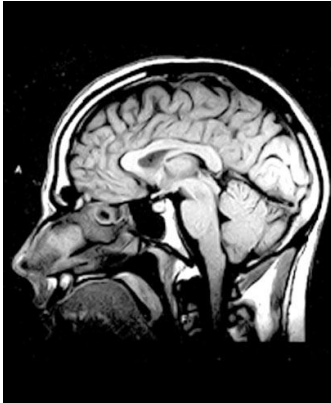
Exemplo



André Balan, 2004

12

Exemplo



Liziér et al., 2004

Visão Artificial



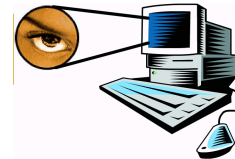
Colocar "o sentido"
da visão na máquina

14

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

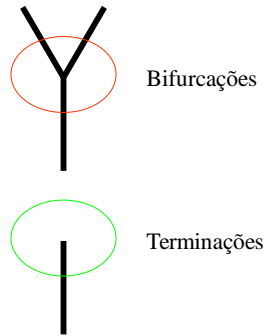
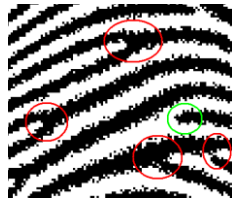
15



Exemplo: um sistema de visão para reconhecer digitais

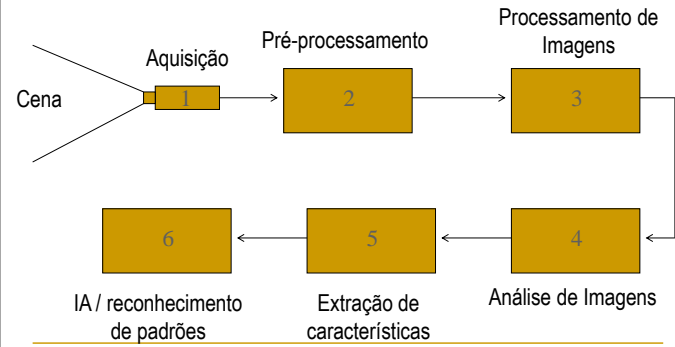


Reconhecimento de Digitais - padrões



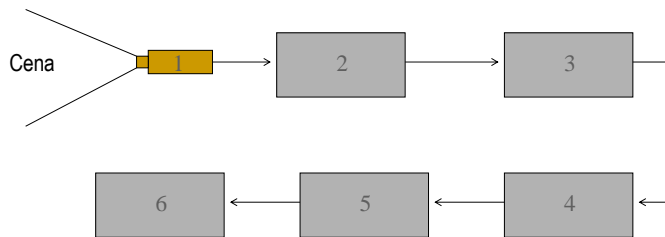
17

Típico sistema de visão



18

Passo 1 - Aquisição



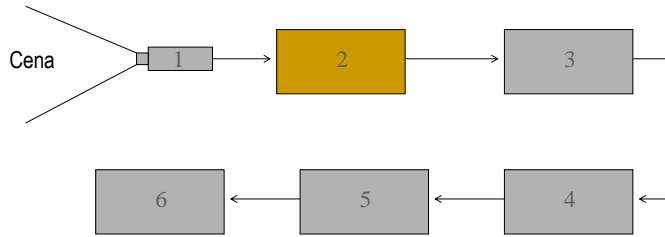
19

Aquisição



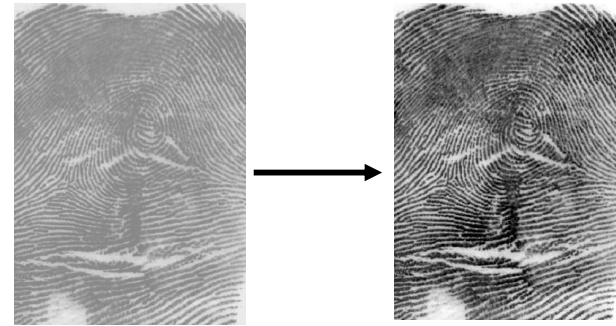
20

Passo 2 - Pré-processamento



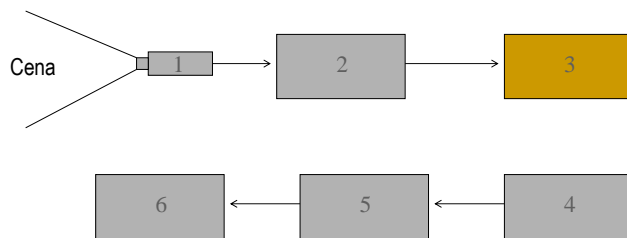
21

Pré-processamento



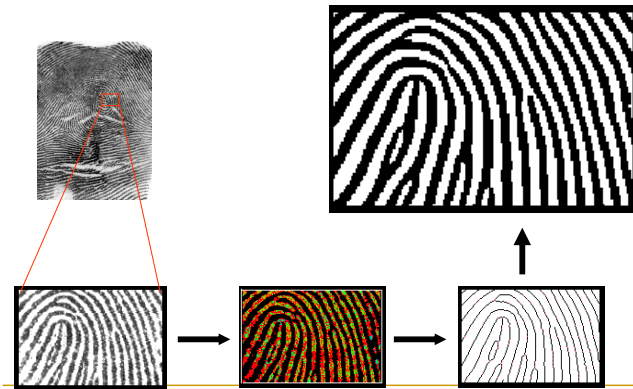
22

Passo 3 - Processamento de Imagens



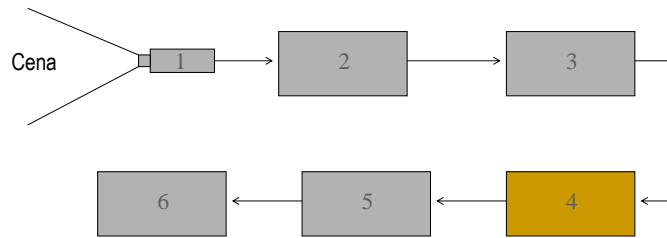
23

Processamento de Imagens



24

Passo 4 - Análise de Imagens

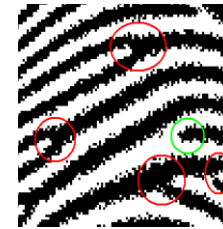


25

Análise de Imagem

1- Procurar todos e marcar:

- bifurcações
- terminações

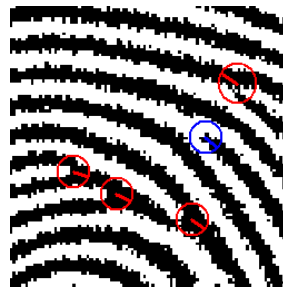


26

Análise de Imagem

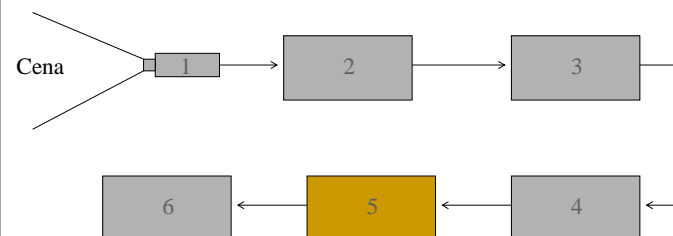
2 - Determinar as orientações:

- bifurcações
- terminações



27

Passo 5 - Extração de Características



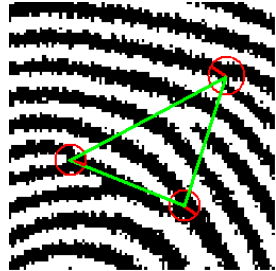
28

Extração de Características: Modelo Matemático

Modelo Matemático

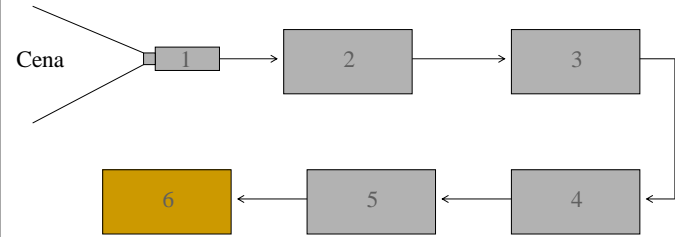
- Semelhança de Triângulos

Combinar as marcações 3 a 3



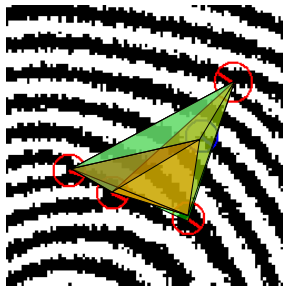
29

Passo 6 - IA / Reconhecimento de padrões

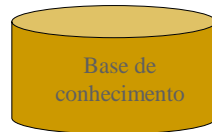


30

IA / Reconhecimento de padrões

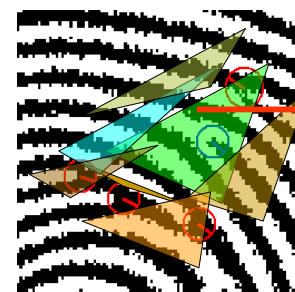


Armazenar o modelo matemático de todos os triângulos

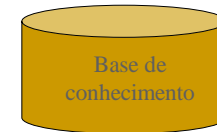


31

IA / Reconhecimento de padrões

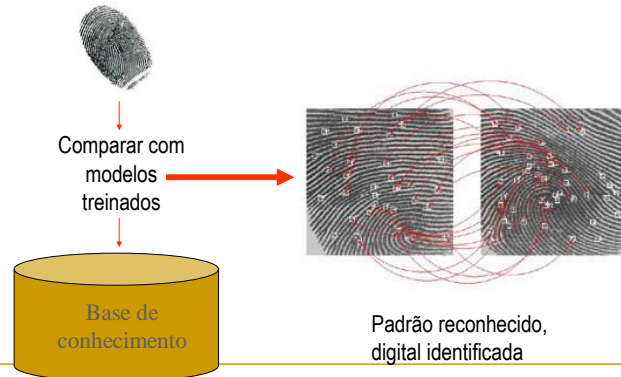


Armazenar o modelo matemático de todos os triângulos



32

IA / Reconhecimento de padrões



33

Visualização Computacional

- técnicas da CG 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

34

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

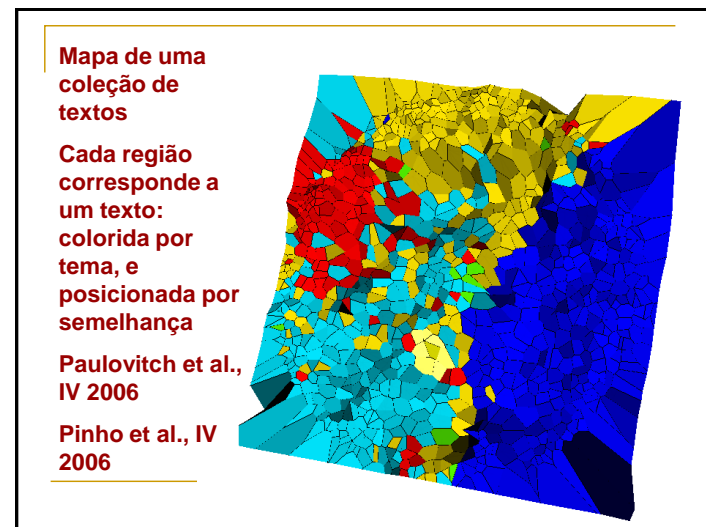
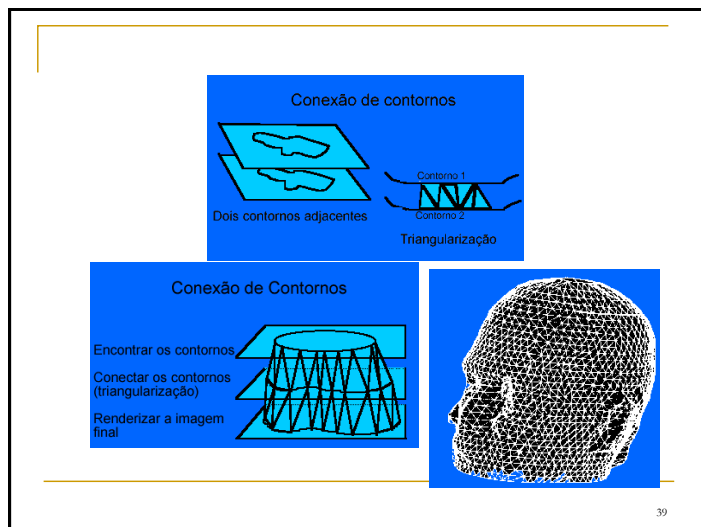
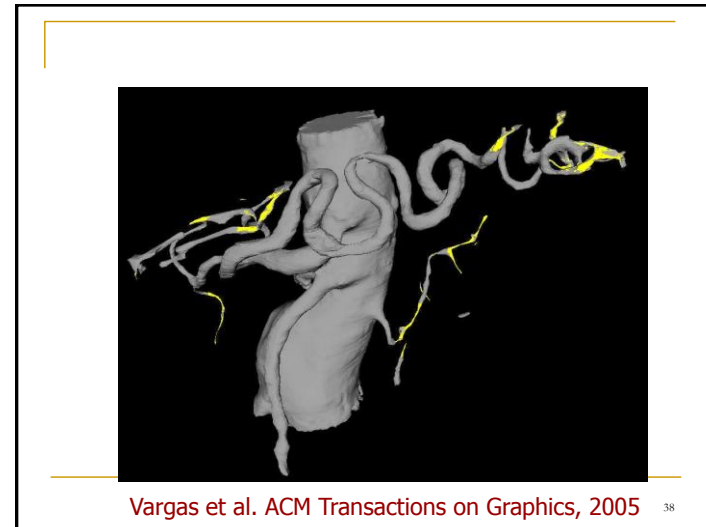
A Visualização é útil na medida em que amplia a nossa capacidade de executar essas e outras tarefas cognitivas

35

Visualização

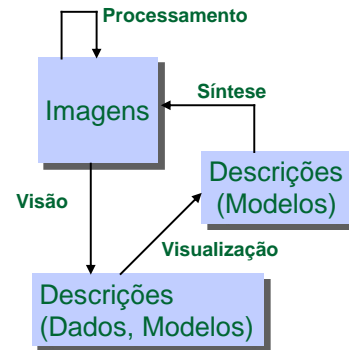
- Visualização Científica
- Visualização de Informação

36



Relacionamento entre as áreas

Áreas de pesquisa completas que interagem entre si, compartilham técnicas e algoritmos, mas têm o seu próprio conjunto de técnicas e algoritmos



41

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 exibir figuras!
 - interação por caneta ótica (selecionar, apontar, desenhar)

42



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

43

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!)

44

CRT - vetorial

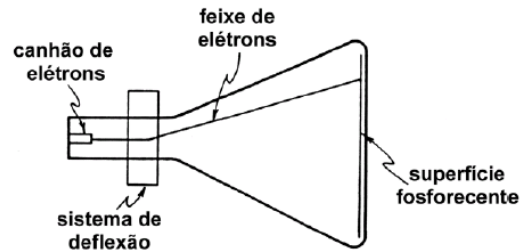


Figura 2.1: Estrutura interna de um CRT.

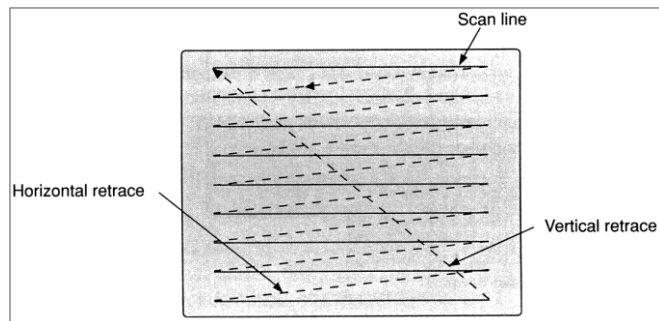
45

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

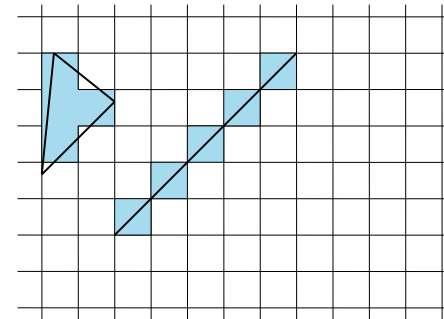
46

CRT - matricial



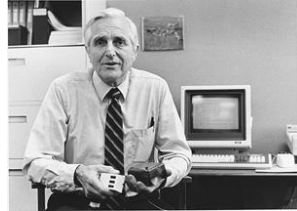
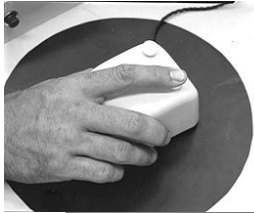
47

Aliasing



48

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



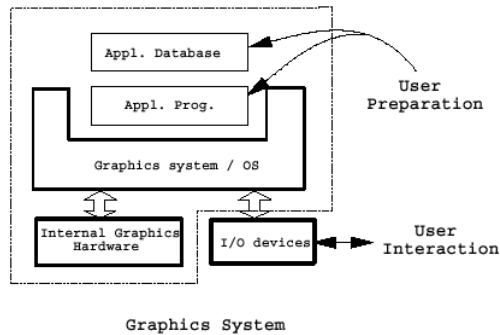
49

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

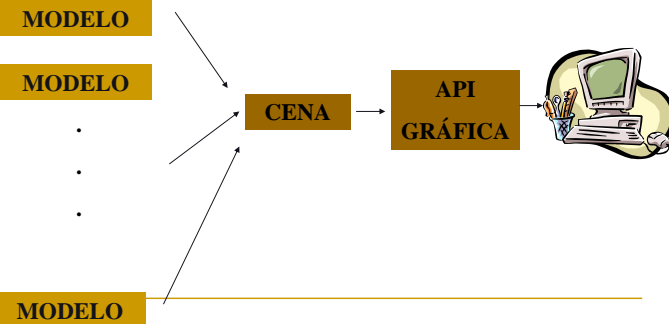
50

Sistema Gráfico



51

Sistema Gráfico – a rede para exibição gráfica



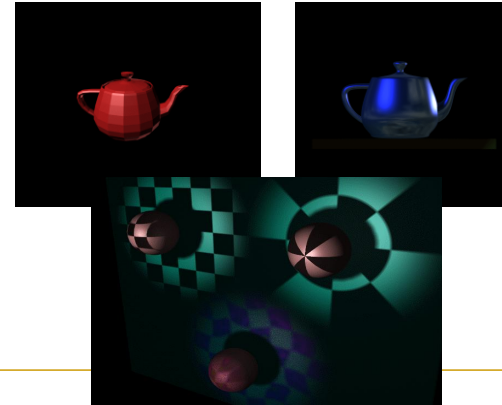
52

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

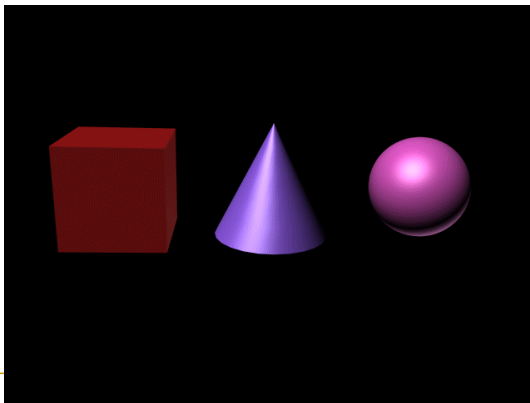
53

Síntese de Imagens



54

Síntese de Imagens



55

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'

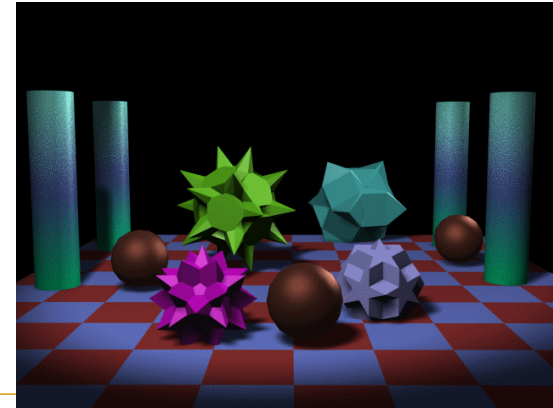
56

Histórico

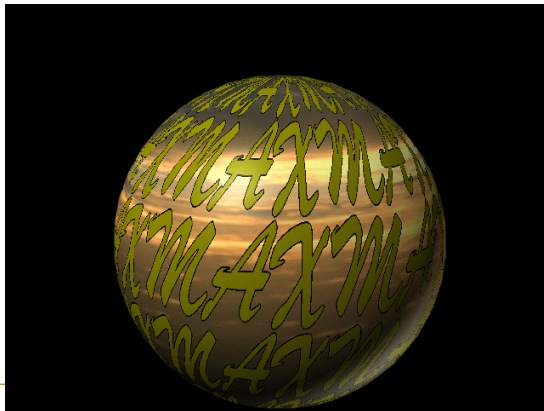
■ Década de 90

- 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

57



58



59

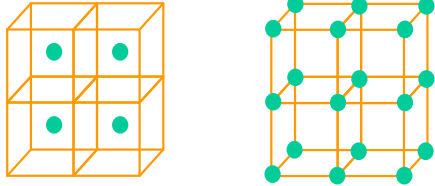
Histórico

■ 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

60

Voxels vs. células



Organização de dados escalares em *voxels* (esquerda), ou células (direita), em grade regular

Voxels: valores escalares constantes em cada elemento

Células: valores escalares definidos nos vértices da célula; valor em outros pontos determinado por interpolação

Rendering Volumétrico Direto



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

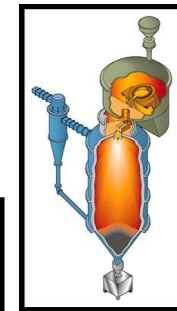
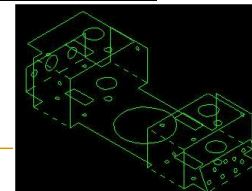
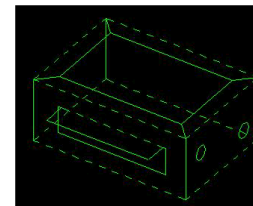
62

Aplicações

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

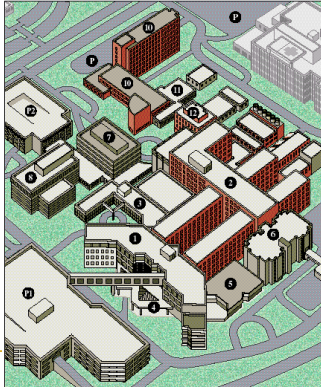
63

CAD - Computer Aided Design



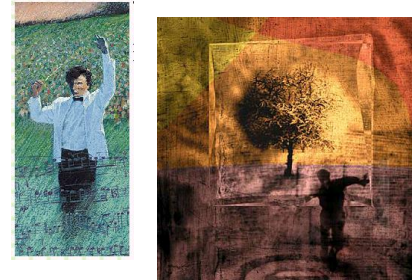
64

CAD - Computer Aided Design



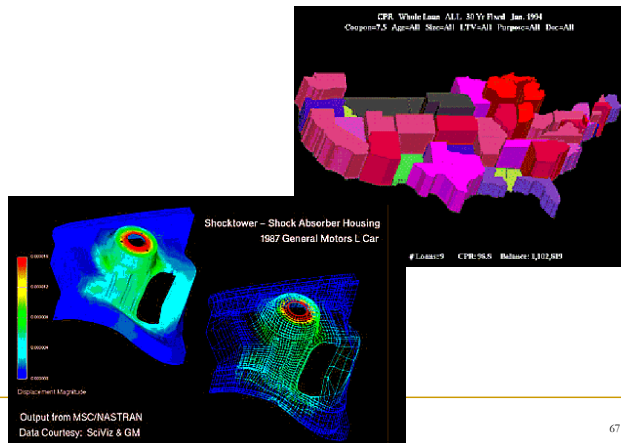
65

Arte por Computador



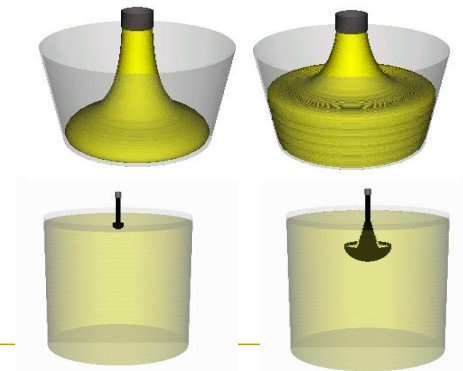
66

Visualização



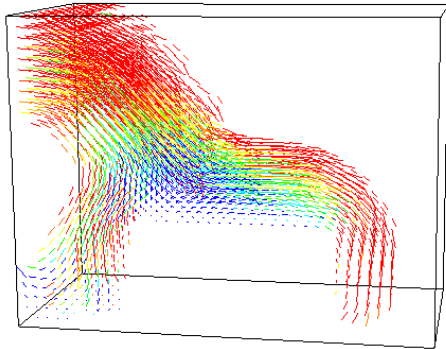
67

Visualização



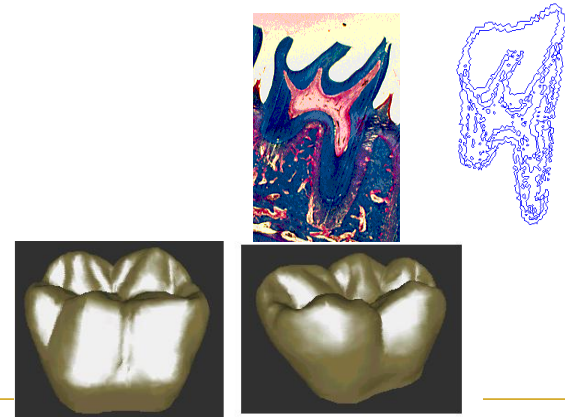
68

Visualização



69

Visualização



70



71

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 modelagem 3D e *rendering*
 - Patches bicúbicos e representação por fronteiras
 - Modelos clássicos de iluminação e remoção de superfícies ocultas

72

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)