

# Computação Gráfica

## Introdução

*UniverCidade - Prof. Ismael H F Santos*

## Considerações Gerais

- **Objetivo:** *Discutir os principais conceitos e os princípios básicos dos Sistemas Gráficos e a Programação em OpenGL.*
- **A quem se destina :** *Alunos e Profissionais que desejem aprofundar seus conhecimentos sobre Computação Gráfica e suas aplicações.*

## Bibliografia

- *Computação Gráfica Volume 1. Jonas Gomes e Luiz Velho. Instituto de Matemática Pura e Aplicada – IMPA.*
- *Introdução a Computação Gráfica - Paulo Roma*
  - <http://www.lcg.ufrj.br/compgraf1/downloads/apostila.pdf>
  - <http://www.lcg.ufrj.br/compgraf1/downloads/apostila.ps.gz>
- *Notas do Curso ministrado na Universidade de Maryland pelo Prof. David Mount*
  - <ftp://ftp.cs.umd.edu/pub/faculty/mount/427/427lects.ps.gz>
  - <http://www.lcg.ufrj.br/~esperanc/CG/427lects.ps.gz>
- *Apostila Fundamentos da Imagem Digital – Antonio Scuri*
- *Computer Graphics: Principles and Practice, Second Edition. James Foley, Andries van Dam, Steven Feiner, John Hughes. Addison-Wesley.*
- *OpenGL Programming Guide, 2nd Edition. Mason Woo, Jackie Neider, Tom Davis. Addison Wesley.*

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - [ismael@tecgraf.puc-rio.br](mailto:ismael@tecgraf.puc-rio.br)

3

## Bibliografia OpenGL

- *OpenGL® Programming Guide, 2nd Edition. Mason Woo, Jackie Neider, Tom Davis. Addison Wesley.*
  - <http://www.lcg.ufrj.br/redbook>
- *Manual de referência online*
  - <http://www.lcg.ufrj.br/opengl>
- *Sítio oficial do OpenGL*
  - [www.opengl.org](http://www.opengl.org)

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - [ismael@tecgraf.puc-rio.br](mailto:ismael@tecgraf.puc-rio.br)

4

## Conteúdo do Curso

- Introdução
- Gráficos vetoriais e matriciais
- Dispositivos gráficos
- Programação gráfica com OpenGL
- Geometria
- Câmeras e projeções
- Modelagem geométrica
- Cor
- Iluminação local e global
- Colorização (*shading*)
- Visibilidade
- Recorte
- Rasterização
- Mapeamentos
  - Textura
  - Rugosidade
  - Ambiente
- Técnicas sobre imagens
  - Dithering
  - Quantização de cores
  - Codificação

## Aplicações

- Desenho Assistido por Computador (CAD)
- Desenho Geométrico Assistido por Computador (CAGD)
- Sistemas de Informações Geográficas (GIS)
- Visualização Científica
- Visualização Médica
- Educação
- Entretenimento

## Áreas de atuação dos profissionais de CG

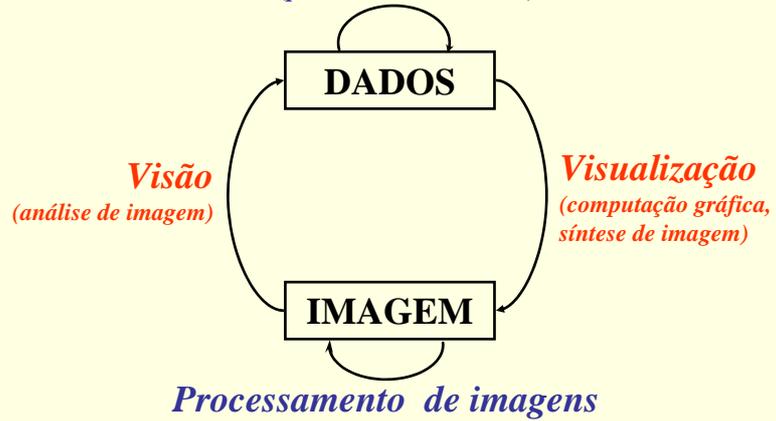
- Entretenimento
    - Televisão
    - Filmes
    - Jogos
  - CAD / CAM
    - Engenharia
    - Arquitetura
    - Design
  - Visualização Científica
    - Medicina
    - Biologia
    - Matemática
    - Petróleo
- Editoração Eletrônica
  - Ilustração
  - Layout de Página
  - Processamento de Imagens
  - Visão Computacional
  - Efeitos para Vídeo
  - Reconhecimento de Padrões
  - Projeto de Interfaces
  - Sistemas de Gerenciamento de Interface
  - Sistemas de Janela
  - Toolkits
  - Realidade Virtual

## Disciplinas relacionadas

- **Computação**
  - Algoritmos
  - Estruturas de Dados
  - Métodos Numéricos
- **Matemática**
  - Geometria,
  - Álgebra Linear
- **Física**
  - Ótica
  - Mecânica
- **Psicologia**
  - Percepção
- **Artes**

# Computação Gráfica

*Modelagem de dados*  
(processamento de dados)

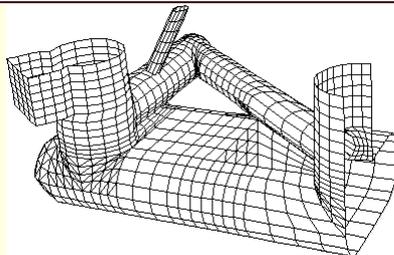


April 05

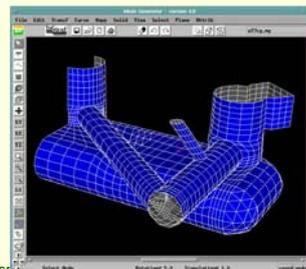
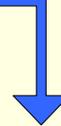
Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

9

# Modelagem de Dados



(visualização)

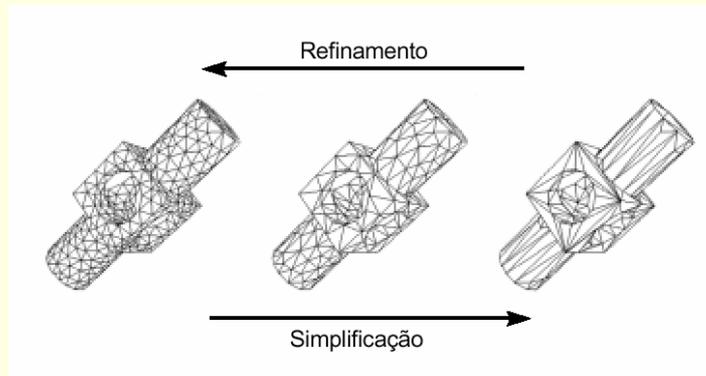


April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

10

# Modelagem de Dados



April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

11

# Visualização



2D

x

3D



12

# Visualização



**Real Time**

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@te

TecGraf®

# Visualização

## ■ Cinema



April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

14

# Visualização

## ■ Jogos



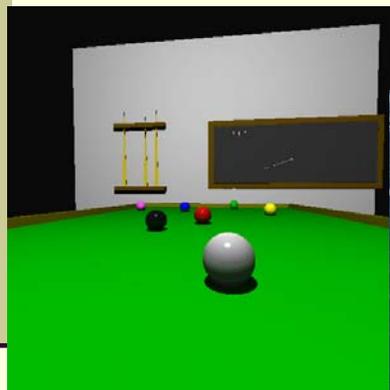
April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tegraf.puc-rio.br

15

# Visualização

## RayTracing



TecGraf®

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tegraf.puc-rio.br

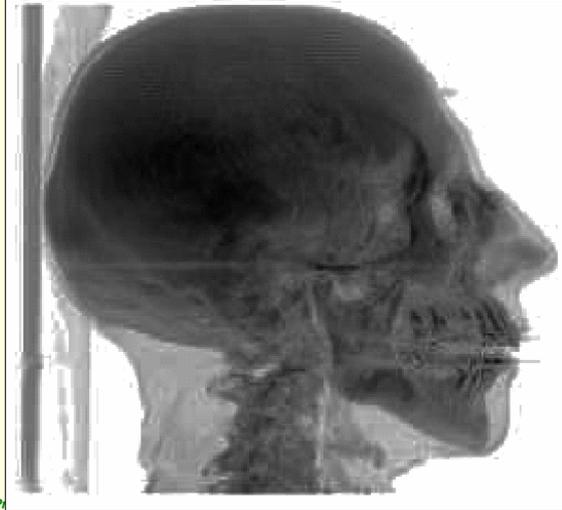
16

# Visualização

## Visualização Volumétrica (voxel)

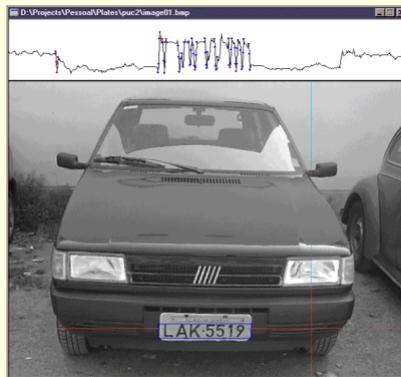


April 05



Pi

# Visão Computacional



LAK 5519

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

18

# Processamento de Imagens



# Processamento de Imagens



# Processamento de Imagens



April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - [ismael@tecgraf.puc-rio.br](mailto:ismael@tecgraf.puc-rio.br)

21

# Realidade Aumentada



<http://www.tecgraf.puc-rio.br/juizvirtual>

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - [ismael@tecgraf.puc-rio.br](mailto:ismael@tecgraf.puc-rio.br)

22

# Representações Gráficas

- Gráficos “Vetoriais”
  - Representados por coleções de objetos geométricos
    - Pontos
    - Retas
    - Curvas
    - Planos
    - Polígonos
- Gráficos “Matriciais”
  - Amostragem em grades retangulares. Matriz (m,n) onde cada elemento é uma estrutura de dados associada à cor e outros componentes da imagem.
  - Tipicamente, imagens digitais
    - Matrizes de “pixels”
    - Cada pixel representa uma cor
  - Dados volumétricos
    - Imagens médicas
    - Cada pixel representa densidade ou intensidade de algum campo

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

23

# Representações Vetoriais

- Permitem uma série de operações sem (quase) perda de precisão
  - Transformações lineares / afim
  - Deformações
- Por que “quase”? Estruturas de dados utilizam pontos e vetores cujas coordenadas são números reais
  - É necessário usar aproximações
    - Representação em ponto-flutuante
    - Números racionais
- Complexidade de processamento =  $O(n^{\circ} \text{vértices} / \text{vetores})$
- Exibição
  - Dispositivos vetoriais
  - Dispositivos matriciais (requer amostragem, i.e., rasterização)

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

24

## Representações Matriciais

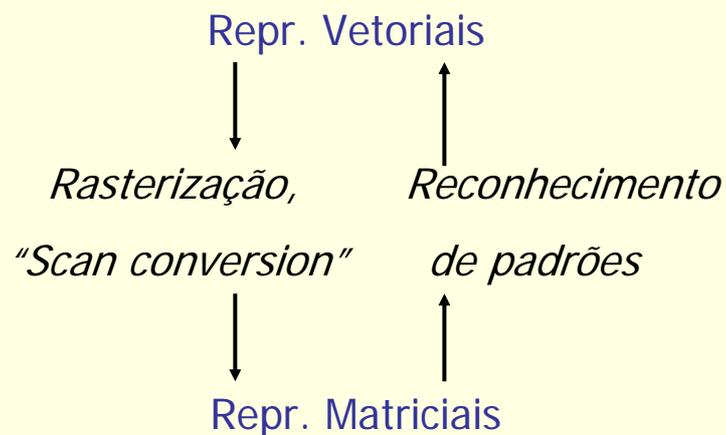
- Representação flexível e muito comum
- Complexidade de processamento =  $O$  (nº de pixels)
- Muitas operações implicam em perda de precisão (reamostragem)
  - Ex.: rotação, escala
  - Técnicas para lidar com o problema
    - Ex.: técnicas anti-serrilhado (*anti-aliasing*)
- Exibição
  - Dispositivos matriciais
  - Dispositivos vetoriais (requer uso de técnicas de reconhecimento de padrões)

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

25

## Conversão entre representações



April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

26

# Dispositivos Gráficos

- Dispositivos vetoriais
  - Terminais gráficos vetoriais (obsoletos)
  - Traçadores (plotters)
  - Dispositivos virtuais
    - Ex.: Linguagens de descrição de página (HPGL / Postscript)
    - Rasterização implícita
- Dispositivos Matriciais
  - Praticamente sinônimo de dispositivo gráfico
  - Impressoras, *displays*, *scanners*, *frame grabber*

April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

27

# Displays

- Resolução espacial
  - Tipicamente de 640x480 até 1600x1200
  - Tendência de aumento
- Resolução no espaço de cor
  - Monocromático (preto e branco)
    - Praticamente restrito a PDAs e equipamentos de baixo custo
  - Tabela de cores
    - Cada pixel é representado por um número (tipicamente 8 bits – de 0 a 255) que indexa uma tabela de cores (tipicamente RGB 24 bits)
    - Poucas (ex.: 256) cores simultâneas mas cada cor pode ser escolhida de um universo grande (ex.:  $2^{24}$ )
    - Problema da quantização de cores
  - RGB
    - Cor é expressa por quantidades discretas de vermelho (*red*), verde (*green*) e azul (*blue*)
    - Tipicamente 24 bits (8 bits para cada componente)
    - Quando o número de bits não é divisível por 3, a resolução do azul costuma ser menor que das outras 2 componentes

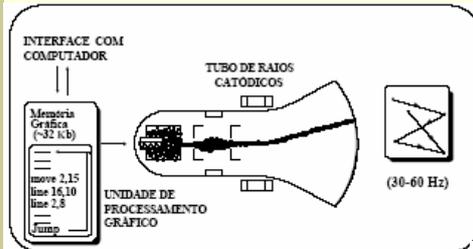
April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

28

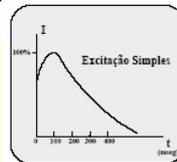
# Dispositivos Vetoriais (1960...1985)

## ■ Dispositivo Vetoriais de Retraçamento



Disp. Vetoriais de Retraçamento

### Comportamento do Fósforo



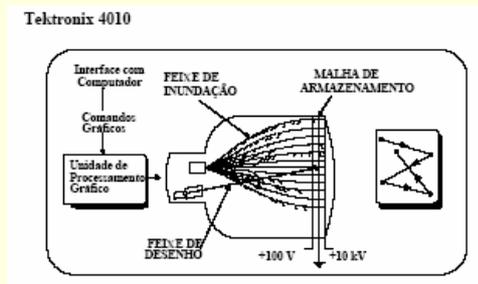
April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

29

# Dispositivos Saída Vetorial (1970...1985)

## ■ Tektronix 4010



April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

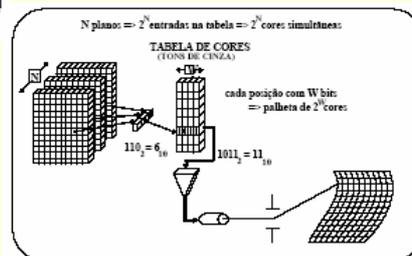
30

## Dispositivos de Saída Matricial (1980...)

### ■ Displays Monocromáticos com 2 níveis (1 bit/pixel)



### ■ Planos de bits com tabelas de tons de cinza



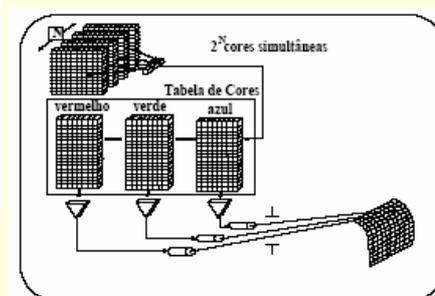
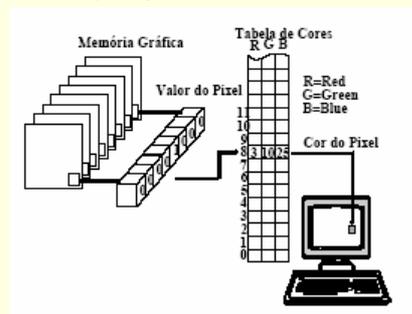
April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

31

## Dispositivos de Saída Matricial (1980...)

### ■ Displays Coloridos – Tabela de Cores



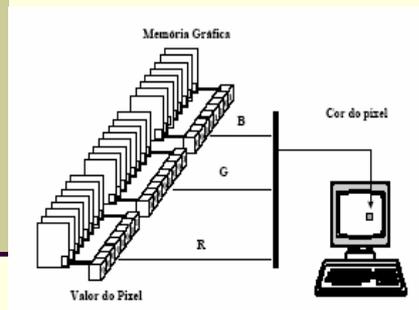
April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tecgraf.puc-rio.br

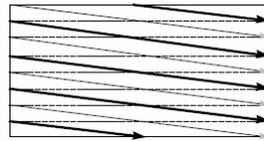
32

## Dispositivos de Saída Matricial (1980...)

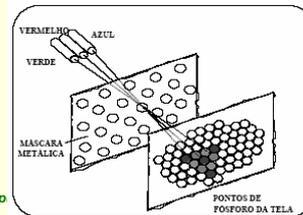
### ■ Displays Coloridos



Varredura (interlaced e non-interlaced)



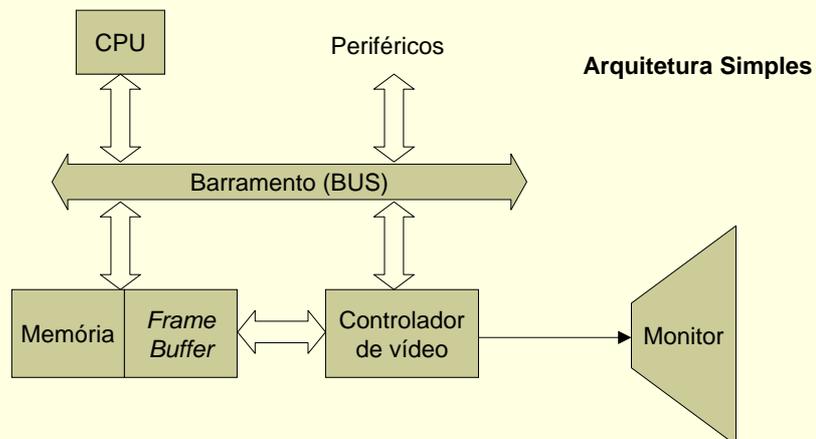
Pixel Colorido



April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tegraf.p

## Arquitetura de Sistemas Gráficos

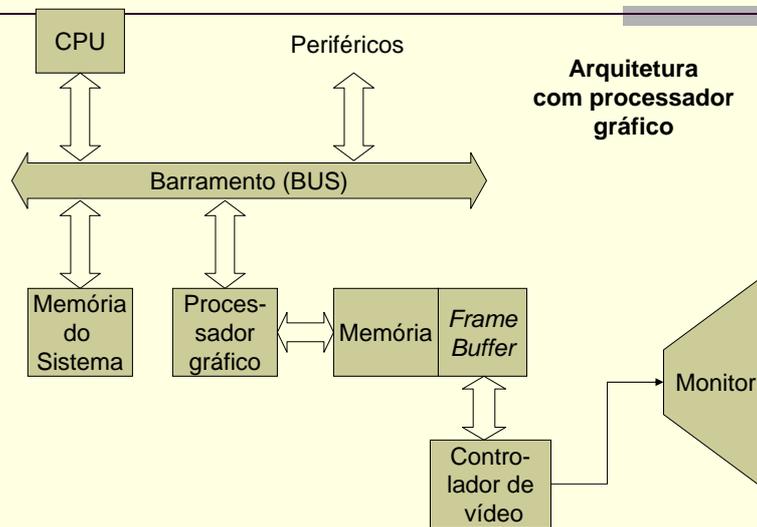


April 05

Prof. Ismael H. F. Santos - ismael@tegraf.puc-rio.br

34

## Arquitetura de Sistemas Gráficos



## Processador (acelerador) gráfico

- Hardware especializado
- Uso de paralelismo para atingir alto desempenho
- Alivia a CPU do sistema de algumas tarefas, incluindo:
  - Transformações
    - Rotação, translação, escala, etc
  - Recorte (clipping)
    - Supressão de elementos fora da janela de visualização
  - Projeção (3D → 2D)
  - Mapeamento de texturas
  - Rasterização
  - Amostragem de curvas e superfícies paramétricas
    - Geração de pontos a partir de formas polinomiais
- Normalmente usa memória separada da do sistema
  - Maior banda

# Programação Gráfica

- **À primeira vista: basta desenhar**
  - Uma subrotina para desenhar cada tipo de objeto
- **Mas ...**
  - Como fazer interação?
  - Como estruturar a cena?
  - Como controlar os atributos dos objetos?
  - Como resolver problemas de visibilidade?
  - Como suportar diversos dispositivos gráficos?
  - Como fazer programas independentes dos sistemas operacionais?
- **Ferramentas:**
  - APIs gráficas (ex.: OpenGL, PHIGS, Java3D)
  - Camadas de interface com o S.O. / sistema de janelas