

Computação Gráfica e Processamento Digital de Imagens

Prof. Rodrigo Martins
rodrigo.martins@francomontoro.com.br

Slides cedidos pelo Prof. Jorge Cavalcanti da UNIVASF
(UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO)

Cronograma

- Aula Inaugural / Apresentação da disciplina
- Ementa
- Objetivos
- Critérios de Avaliação
- Considerações Iniciais

Ementa

- Origem e objetivos da computação gráfica e processamento digital de imagens. Dispositivos de Entrada e Saída. Arquiteturas Gráficas. Conceitos básicos em Computação Gráfica interativa. Conversão matricial de primitivas gráficas bidimensionais: segmentos de reta, circunferências e elipses. Preenchimentos de polígonos e círculos. Recorte de primitivas e técnicas de antiserrilhado. Transformações geométricas em duas dimensões, coordenadas homogêneas e composição de transformações. Transformação Janela/Porta de-Visão. Aspectos de eficiência. Transformações em três dimensões e composição de transformação. Projeções Paralela e em Perspectiva. Mudança entre sistemas de coordenadas. Processamento de imagens: transformações lineares, realce, compressão, representação e descrição de imagens.

Objetivos

- Apresentar aos alunos um conjunto de técnicas que permitam a geração de imagens a partir de modelos computacionais de objetos reais (ou imaginários) ou de dados quaisquer coletados por equipamentos na natureza (computação gráfica).
- Apresentar aos alunos um conjunto de técnicas que permitam o tratamento da informação pictorial: desenvolvimento de técnicas, metodologias, e implementações visando a representação, processamento e comunicação de imagens.

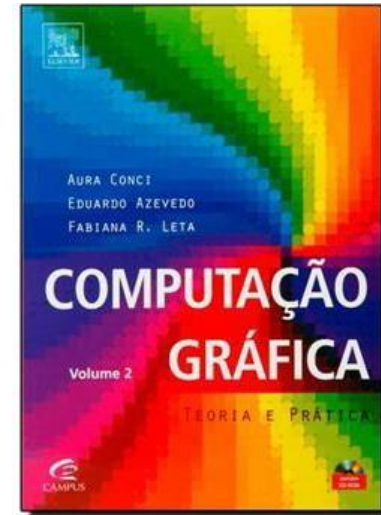
Critérios de Avaliação

- 1º Bimestre
 - Lista de exercícios valendo 3 pontos
 - Avaliação valendo 7 pontos

Critérios de Avaliação

- 2º Bimestre
 - Lista de exercícios valendo 3 pontos
 - Seminário valendo 7 pontos

Bibliografia básica



- AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura. 2003. Computação Gráfica: Teoria e Prática. Elsevier, 2003.
- GONZALEZ, R. C. e WOODZ, R. E. Processamento de Imagens Digitais. Edgard Blucher, São Paulo, 2000.
- HETEM JUNIOR, A. Fundamentos de Informática – Computação Gráfica. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1ª edição, 2006.

Bibliografia complementar

- COHEN, M. et al.; OpenGL: Uma abordagem prática e objetiva; Editora Novatec, 2006.
- MAESTRI, G. Animação Digital de Personagens. São Paulo: Quark, 1996.
- FOLEY, J. et al. Computer Graphics – Principles and Practices. Addison-Wesley, 1996.
- ROGERS, D.F. Procedural Elements for Computer Graphics, New York, McGraw-Hill, 1998.

Por que estudar Computação Gráfica?

- Quem quiser trabalhar em áreas afins:
 - Entretenimento
 - Jogos e filmes
 - Visualização
 - Simulação de fenômenos físicos
 - Arte computadorizada
 - Educação e treinamento
 - Processamento de imagens
 - Interfaces
 - Realidade virtual

Áreas de atuação

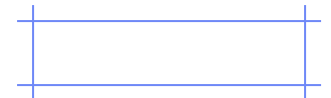
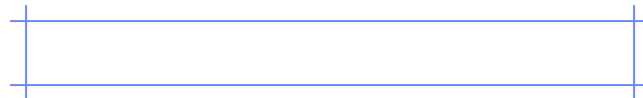
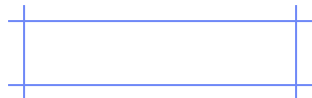
Arte	Efeitos especiais, modelagens criativas, esculturas e pinturas
Medicina	Exames, diagnósticos, estudo, planejamento de procedimentos
Arquitetura	Perspectivas, projetos de interiores e paisagismo
Engenharia	Em todas as suas áreas (mecânica, civil, aeronáutica etc.)
Geografia	Cartografia, GIS, georreferenciamento, previsão de colheitas
Meteorologia	Previsão do tempo, reconhecimento de poluição
Astronomia	Tratamento de imagens, modelagem de superfícies
Marketing	Efeitos especiais, tratamento de imagens, projetos de criação
Segurança Pública	Definição de estratégias, treinamento, reconhecimento
Indústria	Treinamento, controle de qualidade, projetos
Turismo	Visitas virtuais, mapas, divulgação e reservas
Moda	Padronagem, estamparias, criação, modelagens, gradeamentos
Lazer	Jogos, efeitos em filmes, desenhos animados, propaganda
Processamento de Dados	Interface, projeto de sistemas, mineração de dados
Psicologia	Terapias de fobia e dor, reabilitação
Educação	Aprendizado, desenvolvimento motor, reabilitação

Introdução

- Segundo a ISO (*International Organization for Standardization*):
 - *"Computação Gráfica é um conjunto de ferramentas e técnicas para converter dados para ou de um dispositivo gráfico através do computador".*
- É a área que estuda processos computacionais envolvendo modelos geométricos e imagens digitais.

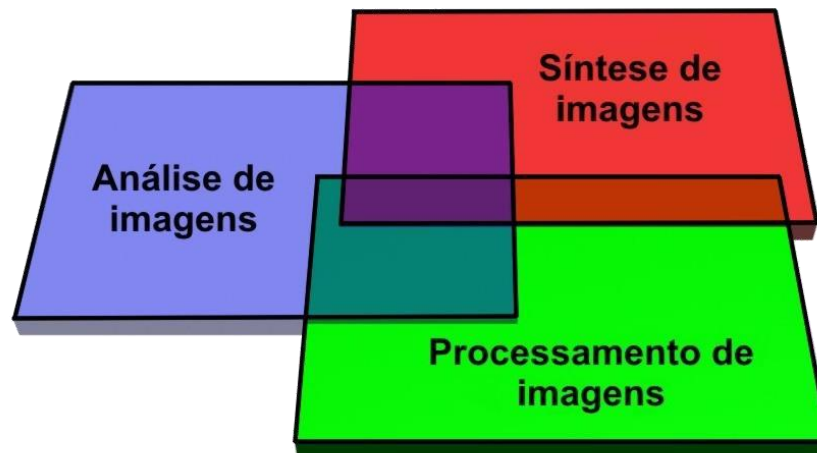
Introdução

- A representação e manipulação de imagem de dados por um computador;
- Diferentes tecnologias utilizadas para capturar, criar e manipular imagens;
- Sub-campo da computação que estuda métodos de síntese e manipulação digital de conteúdo visual.



Áreas Relacionadas

- Síntese de Imagens (Visualização Científica ou Computacional)
- Processamento de Imagens
- Análise de Imagens



Síntese de Imagens

Técnicas destinadas à criação e manipulação de imagens artificiais a partir de modelos matemáticos e geométricos. É freqüentemente confundida com a própria Computação Gráfica.

- **Criação de imagens abstratas;**
- **Visualização de modelos matemáticos;**
- **Geração de gráficos matemáticos e artísticos**
- **Edição de desenhos e simulação**

Síntese de Imagens

- Descrição de objetos tais como segmentos de reta, polígonos, poliedros, esferas, etc.; e produz uma imagem que atende a certas especificações e que pode, em última instância, ser visualizada em algum dispositivo (terminal de vídeo, plotter, impressora, filme fotográfico ..).
- As imagens em questão constituem uma representação visual de objetos bi ou tridimensionais descritos através de especificações abstratas.

Análise de Imagens

- Considera as imagens digitais e as analisa para obtenção de características desejadas.
 - **Especificação dos componentes de uma imagem a partir de sua representação visual.**
 - **Produz uma informação não pictórica da imagem a partir da própria imagem (Ex.: as primitivas geométricas que compõem a imagem, mapas térmicos, densidades).**

Processamento de Imagens

- Envolve técnicas de transformação de imagens visando melhorar a qualidade da imagem (foco, ruído, contraste)
- Utiliza técnicas de análise e síntese para manipular imagens obtidas do mundo real.
 - **Montagens de efeitos especiais**
 - **Processamento de imagens de satélites e aeronaves**
 - **Retoques de fotografias**
- O processamento de imagens parte de imagens já prontas para serem visualizadas, as quais são transferidas para o computador por mecanismos diversos - digitalização de fotos, tomadas de uma câmera ou imagens de satélite - para serem manipuladas visando diferentes objetivos.

Áreas Relacionadas

- Na última década somou-se a esse contexto a área de **Visualização de Dados**, também chamada **Visualização Computacional**, que usa técnicas de Computação Gráfica para representar informação, de forma a facilitar o entendimento de conjuntos de dados numéricos de alta complexidade.
 - Exemplos de áreas de aplicação são: visualização de imagens médicas, meteorologia, dados financeiros, dinâmica dos fluidos, dentre outras.
- Nelas, o que existe em comum é que a representação gráfica (superfícies, partículas, ícones) são geradas automaticamente a partir do conjunto de dados.
 - Ao usuário cabe definir parâmetros e atributos da imagem para melhor “navegar” seu conjunto de dados. Dessa maneira, a visualização de dados partilha de características da síntese, do processamento e da análise de dados.

Visão Computacional - VC

- Extração de informações de imagens e identificação e classificação de objetos nesta imagem.
- Aplicações: reconhecimento de pessoas, de assinaturas e de objetos; inspeção de peças em linhas de montagem; orientação de movimentos de robôs em indústrias automatizadas; etc.
- Utiliza IA (ou técnicas de tomada de decisão).

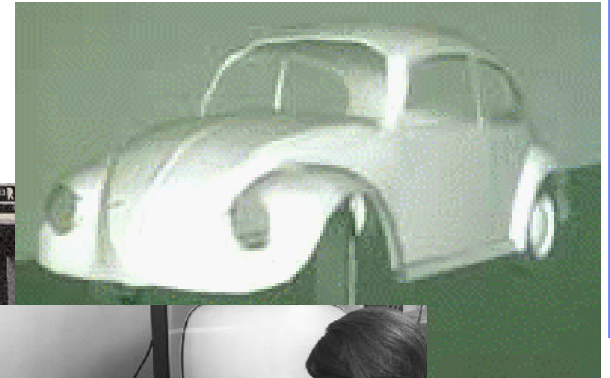
Histórico

- 1950 – Whirlwind (MIT)
 - *Equipamento com finalidades acadêmicas e, possivelmente, militares.*
- 1962 – Sketchpad
 - *Teclado e caneta ótica para desenhar.*



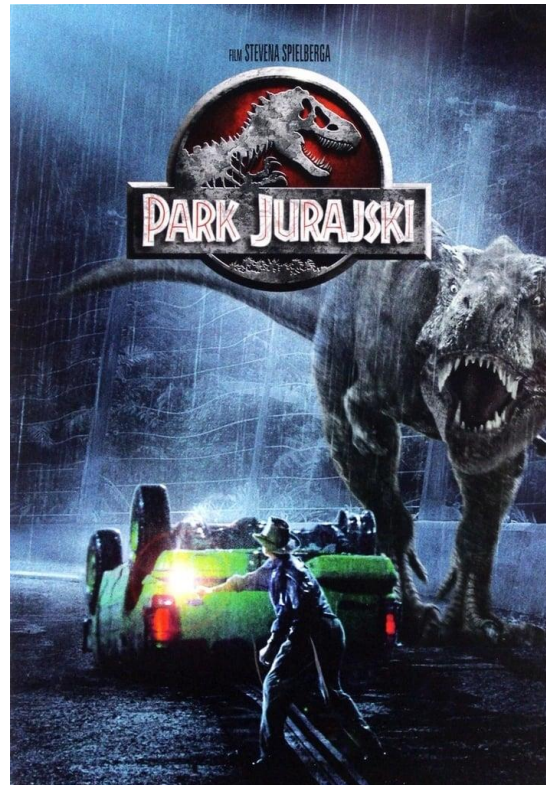
Histórico

- 1965 – Primeiros sistemas CAD/CAM
 - *Indústrias Automobilística e Aeroespacial*
- 1970 – Novos Algoritmos e CI's
 - *Livros sobre o tema.*
- 1980 – Workstations (estações de trabalho)
 - *Preços em queda e evolução dos equipamentos, maturidade dos sistemas.*
- 1990 – Evolução dos sistemas 3D
 - *Realidade virtual, multimídia, placas gráficas, API's.*
- 2000 – Popularização do PC/Web
 - *Aplicativos de fácil uso*
 - *Grandes produções da Indústria cinematográfica*



Histórico

- *Grandes produções da Indústria cinematográfica*
 - Jurassic Park, em 1993.
 - O filme marca a perfeição do fotorrealismo, nas cenas de movimentos dos dinossauros.



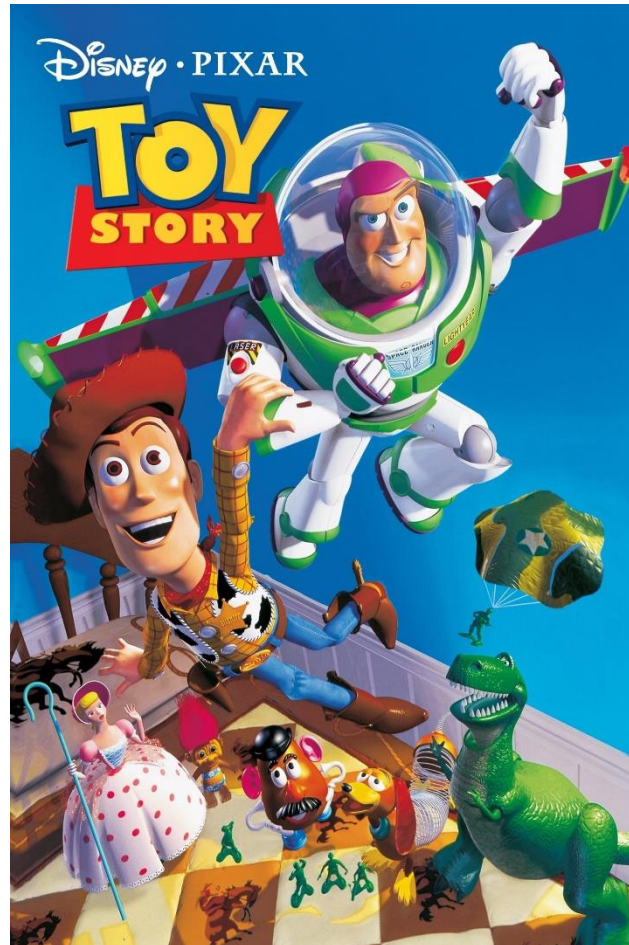
Histórico

- *Grandes produções da Indústria cinematográfica*
 - Terminator 2 com a utilização de um personagem computadorizado.



Histórico

- *Grandes produções da Indústria cinematográfica*
 - Toy Story, o primeiro longa metragem 3D, em 1995.



Histórico

- *Grandes produções da Indústria cinematográfica*
 - Em 2001, são lançados diversos sucessos de bilheteria, como Shrek. com novos métodos de síntese e animação de personagens.



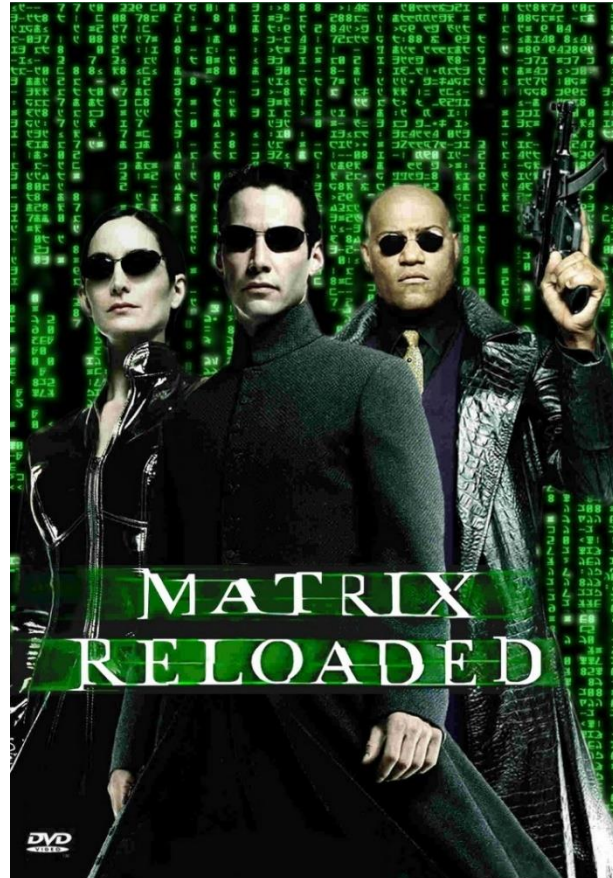
Histórico

- *Grandes produções da Indústria cinematográfica*
 - Final Fantasy, o triunfo da modelagem de personagens 3D.



Histórico

- *Grandes produções da Indústria cinematográfica*
 - Matrix Reloaded, com personagens virtuais sendo usados, dentre outras coisas, para cenas de risco.



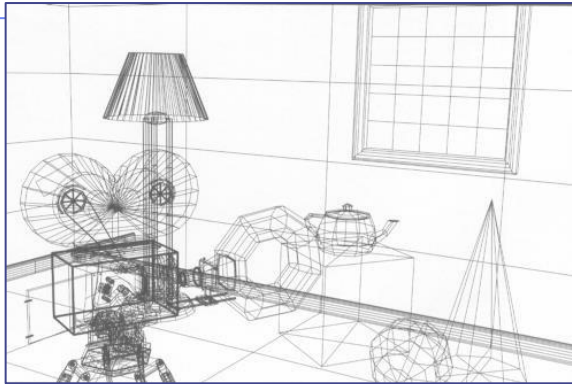
Histórico

- Na área de sistemas, surge a linguagem de programação Open GL em 1992 e as primeiras placas gráficas para PC da NVIDIA, em 1999.

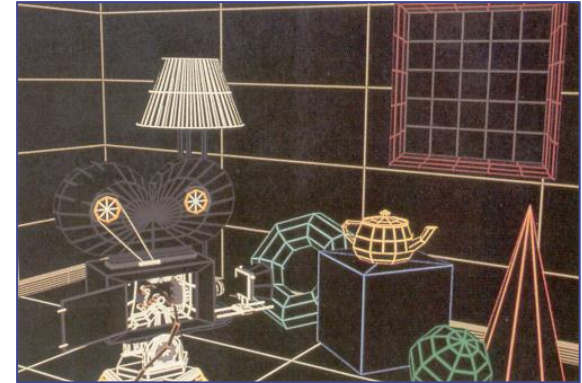
<https://youtu.be/Bex3gM1pmN0>

Histórico

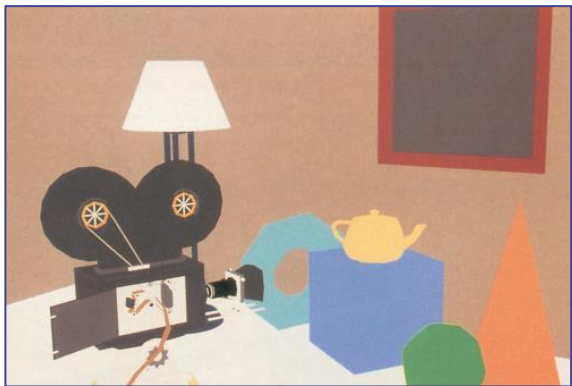
– Progressos Obtidos nos Anos 60



Visualização “malha de arame”



Cálculo de linhas visíveis



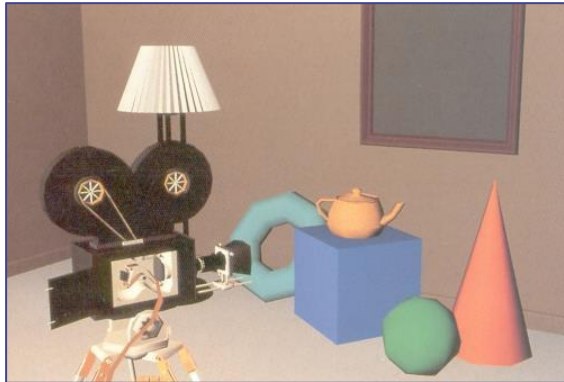
Iluminação ambiente



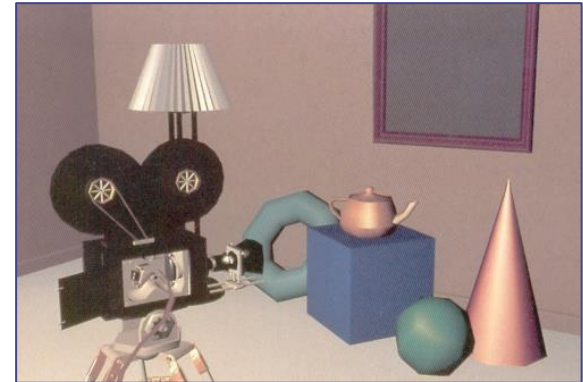
Iluminação difusa

Histórico

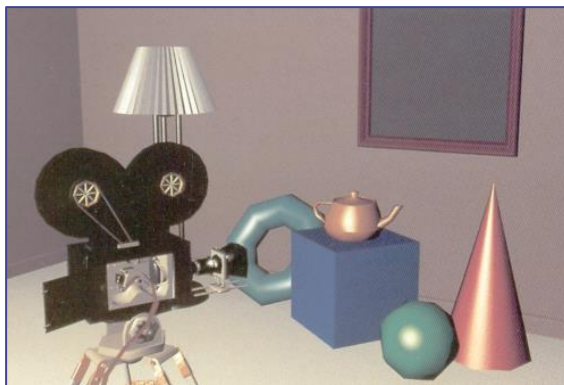
– Progressos Obtidos nos Anos 70



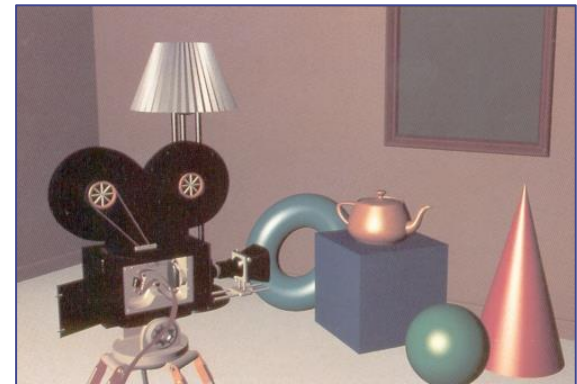
Coloração *Gouraud* difusa



Coloração *Gouraud* especular



Coloração *Phong*



Superf. curvas e col. *Phong*

Histórico

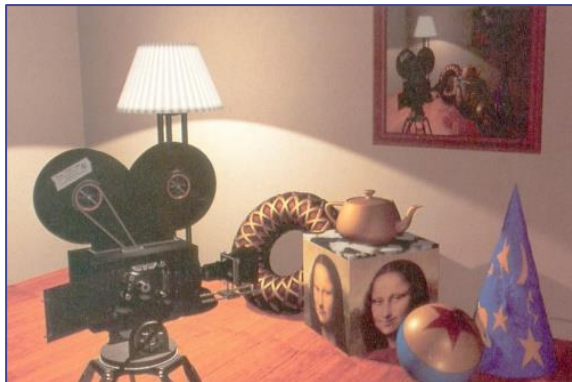
– Progressos Obtidos nos Anos 80



Modelos de iluminação



Mapeamento de texturas



Iluminação através de texturas



Reflexões através de texturas

Histórico



- Mais história em:
 - Computer Graphics Timeline:
<http://www.computerhistory.org/timeline/graphics-games/>
 - <https://www.youtube.com/user/VintageCG/videos>

Percepção Tridimensional

- Entender a forma como percebemos a profundidade em imagens 2D:
 - Evita erros na confecção da imagem
 - Possibilita uma interação amigável com objetos em ambientes virtuais
 - Limitação tecnológica que nos fará usuários de telas de computador com imagens 2D



Percepção de "espacialidade"
Capacidade de distinguir a forma,
as cores, a textura e a relação
espacial existente entre os
objetos de uma porção do mundo
real

Percepção Tridimensional

- Segundo Stuart (1996), há três categorias de estímulos visuais usados pelo cérebro para formar uma imagem 3D:
 - Informações monoculares
 - Informações óculo-motoras
 - Informações estereoscópicas



Percepção Tridimensional

- Informações monoculares
 - Inerentes à imagem formada na retina
 - Também chamada de “informações de profundidade na imagem” ou “informações estáticas de profundidade”
 - Exemplos:



Percepção Tridimensional

- Perspectiva

- Resultado da aparente diminuição dos tamanhos e das distâncias entre os objetos, à medida que o observador se distancia destes
- Largamente usado para expressar cenas 3D em superfícies planas (papel, monitor)
- Descoberta da visão estereoscópica
 - “Um olho vê a cena”

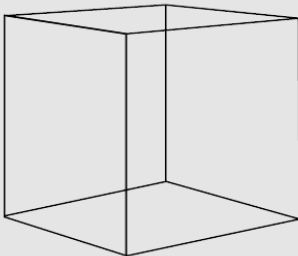
Percepção Tridimensional

- **Conhecimento Prévio do Objeto**

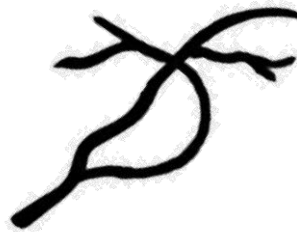
- Serve tanto para determinar a distância absoluta a partir do observador, quanto as distâncias relativas entre os objetos

Cubo

- Conhecido
- Única forma



- Conhecido
- Infinitude de Formas



Novo Objeto

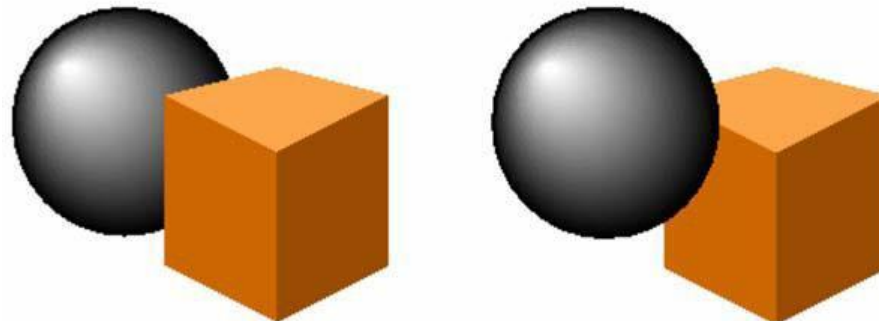
- Desconhecido
- ???



Percepção Tridimensional

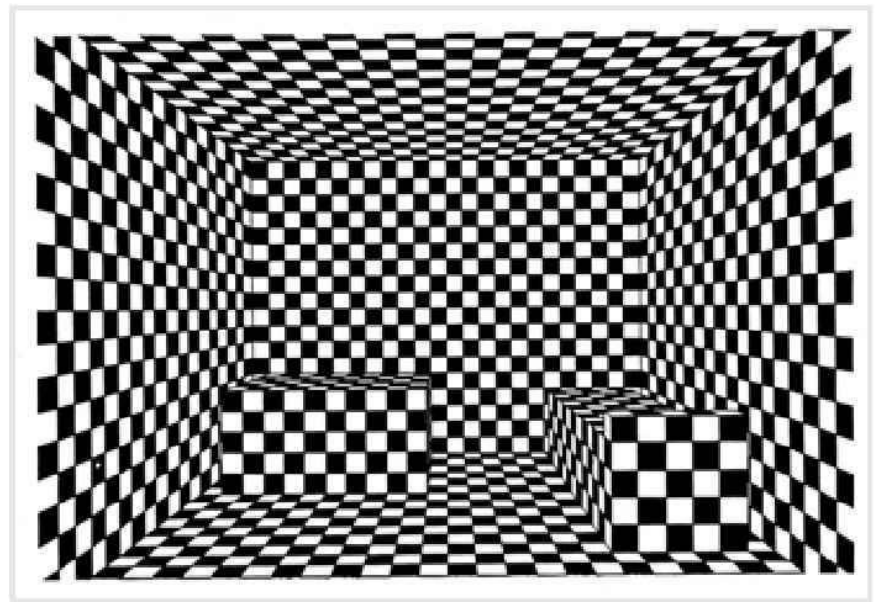
- Oclusão

- Informação da posição relativa dos objetos
- Também chamado de interposição ou interrupção de contorno
- Obstrução da visão de um objeto por um outro que está mais próximo do observador e sobre uma mesma direção de visão
 - Quando um objeto A obscurece um objeto B, o cérebro sabe que o objeto A está mais próximo do que o objeto B



Percepção Tridimensional

- Densidade das Texturas
 - Baseia-se no fato de que muitos objetos possuem em sua aparência algum tipo de padrão com uma certa regularidade
 - À medida que os padrões aparecem mais densos e menos detalhados, mais distantes estarão do observador



Percepção Tridimensional

- Densidade das Texturas (cont.)
 - Baseia-se no fato de que muitos objetos possuem em sua aparência algum tipo de padrão com uma certa regularidade
 - Percepção de Movimento: movimento de esferas



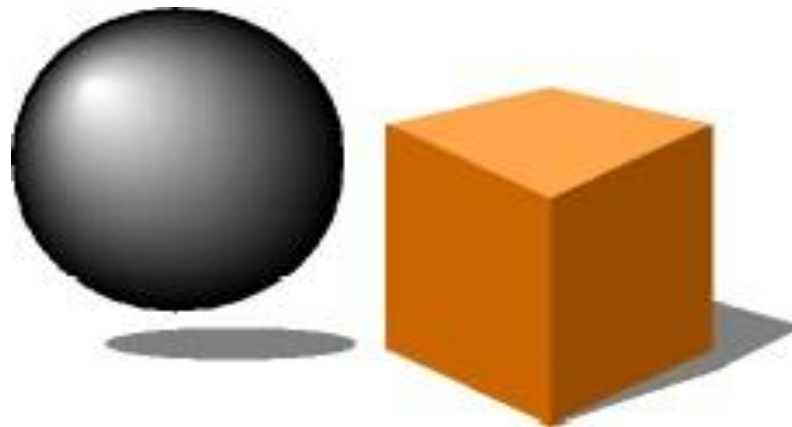
Percepção Tridimensional

- Variação da Reflexão da Luz
 - A mudança na intensidade da luz refletida ao longo de uma superfície de um objeto fornece informações sobre a forma e a curvatura da superfície desse objeto



Percepção Tridimensional

- Sombreamento
 - Efeito útil na determinação na posição de um objeto em relação a um piso abaixo dele ou na definição relativa entre objetos.



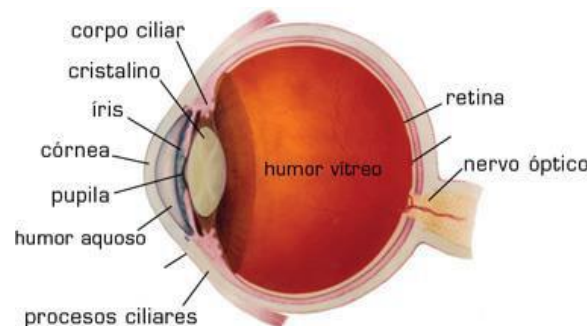
Percepção Tridimensional

- Informações ótico-motoras
 - Fornecidas pelo movimento dos olhos, produzidos pelos dois conjuntos de músculos do globo ocular
 - Tipos:



Percepção Tridimensional

- Informações Visuais Óculo-motoras – Fornecidas pelos movimentos dos olhos.
 - Acomodação
 - Os músculos ciliares dos olhos relaxam ou contraem para mudar o formato do cristalino (lente), alterando o foco dos objetos projetados na retina em função da distância deles com o observador.
 - Convergência
 - Considera o grau de rotação dos olhos ao longo do eixo da visão quando o objeto é focado, para obter informações sobre a posição e a distância.



Percepção Tridimensional

- Informações Visuais Estereoscópicas – Fornecidas pelas posições dos olhos.
 - Cada olho vê uma imagem de forma diferente (disparidade binocular).
 - A partir dessas diferenças, o cérebro calcula a distância relativas entre os objetos.
 - Capacidade explorada para aparatos que simulam realidade virtual e ambientes imersivos (estereoscopia).

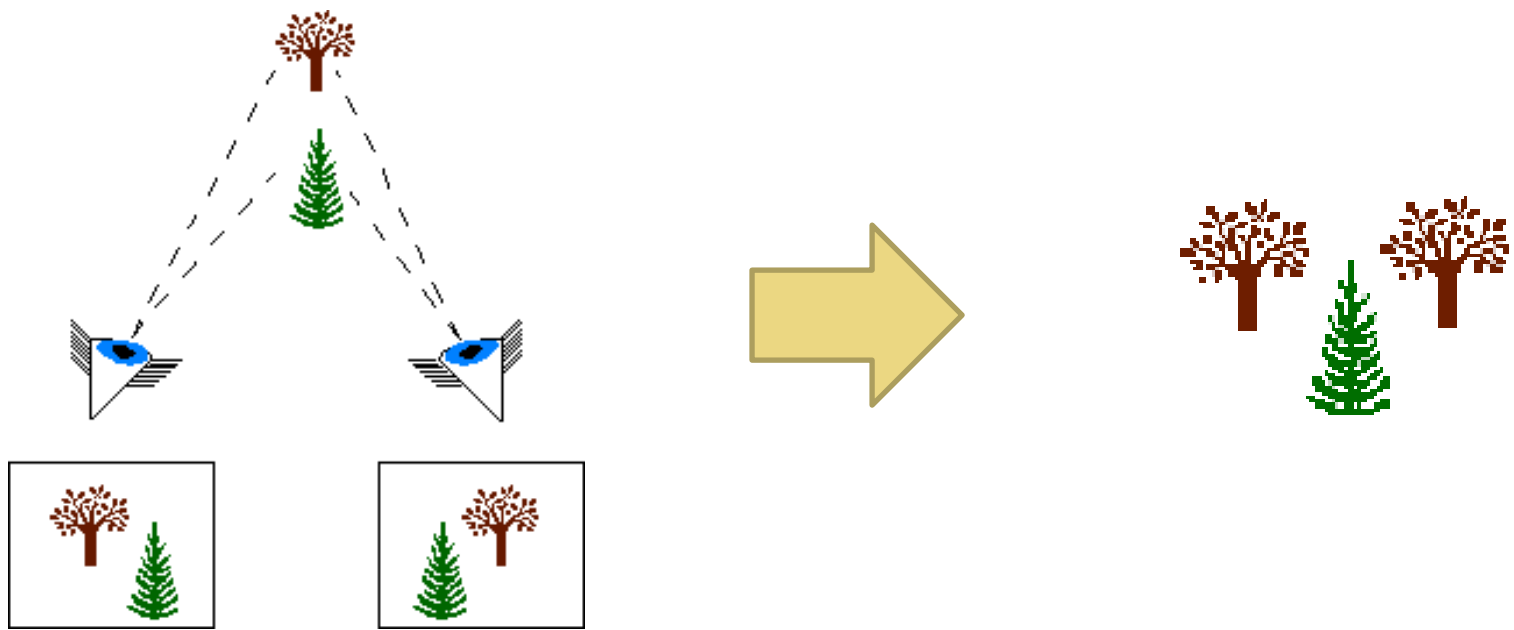
Percepção Tridimensional

- Como fornecer uma sensação de Tridimensionalidade???

**O sistema deve gerar,
ao mesmo tempo, duas
imagens diferentes,
correspondendo às
visões de cada um dos
olhos**

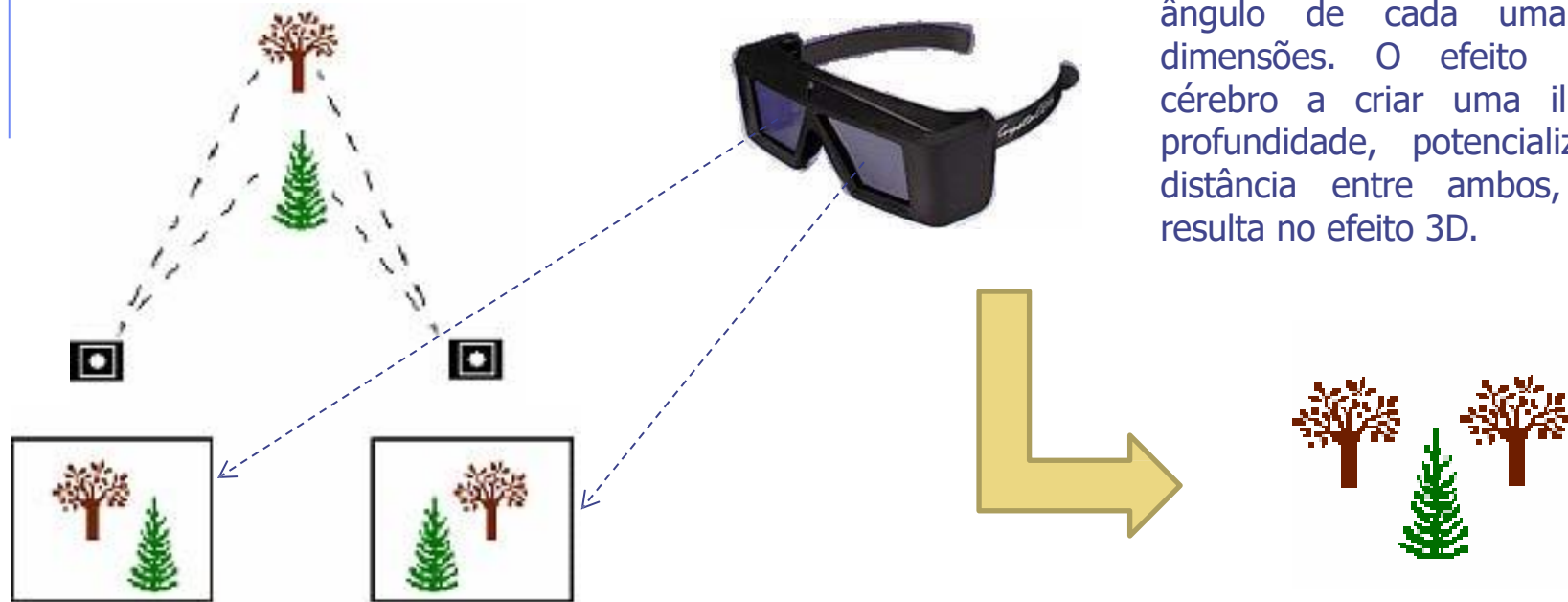
Percepção Tridimensional

- Como fornecer uma sensação de Tridimensionalidade???



Percepção Tridimensional

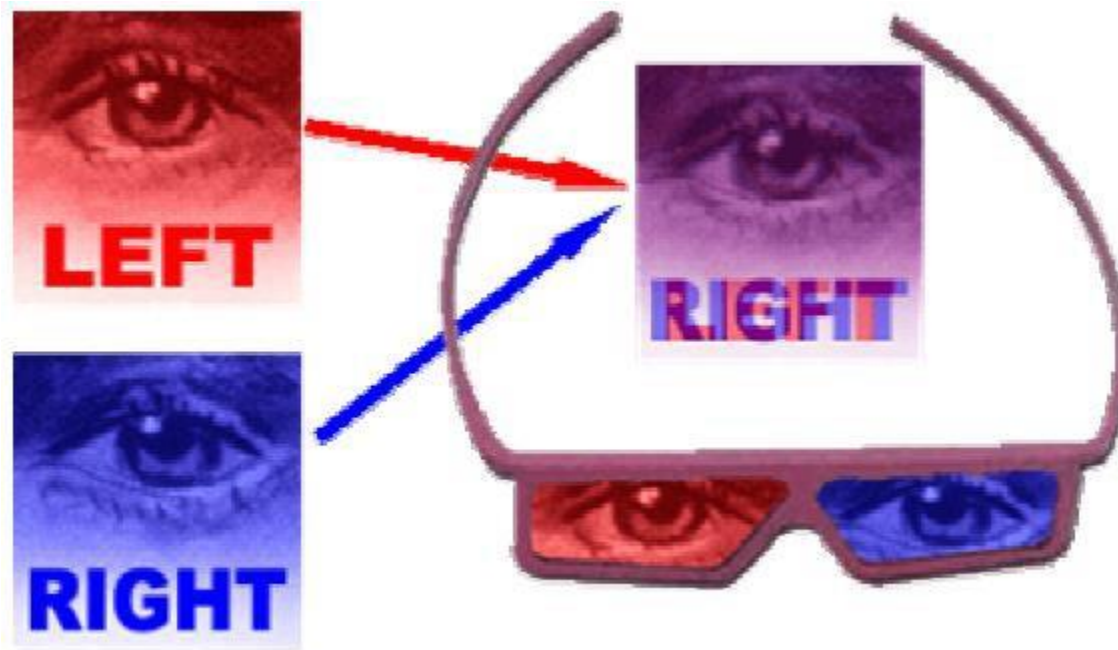
- Como fornecer uma sensação de Tridimensionalidade???

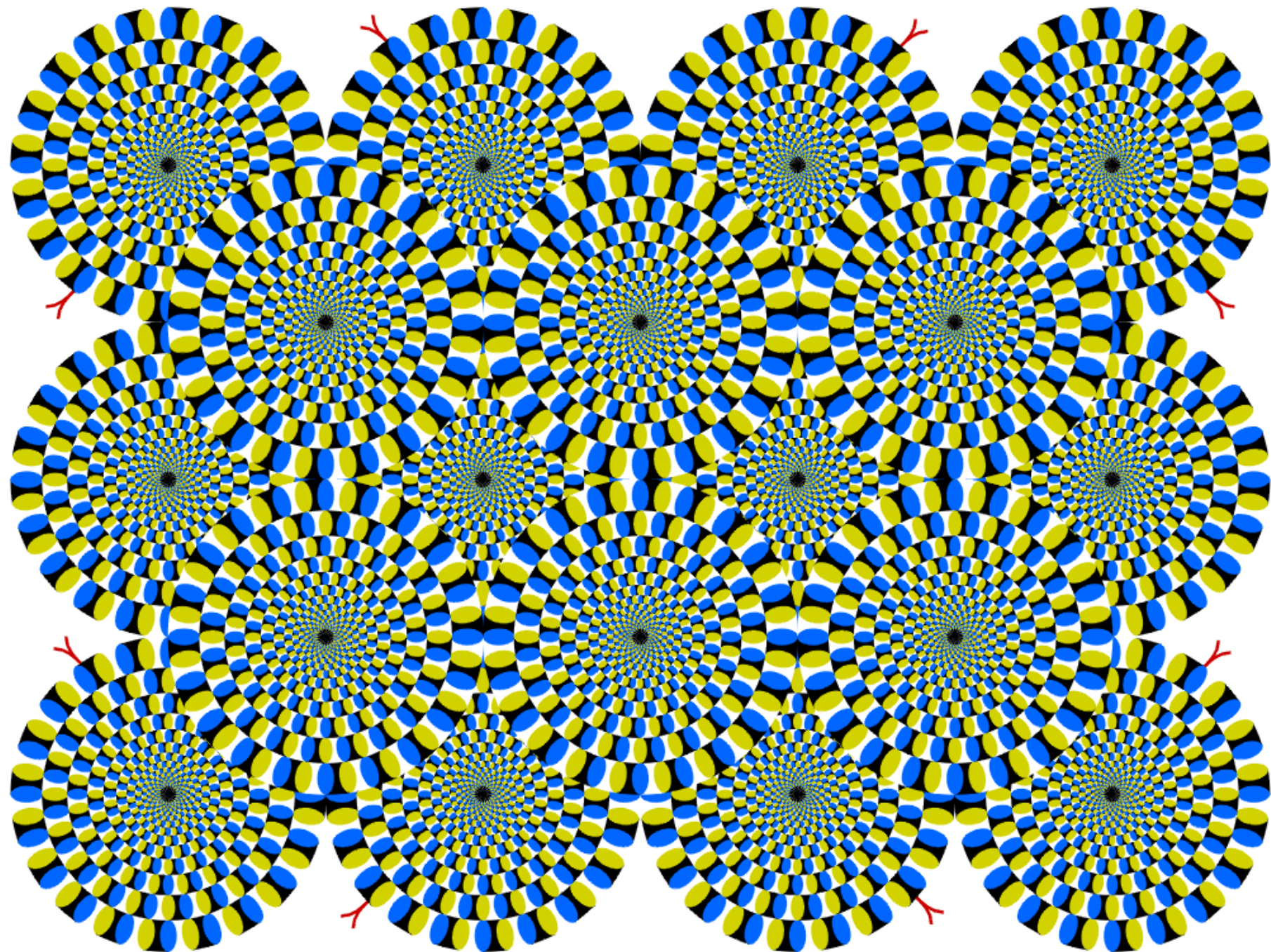


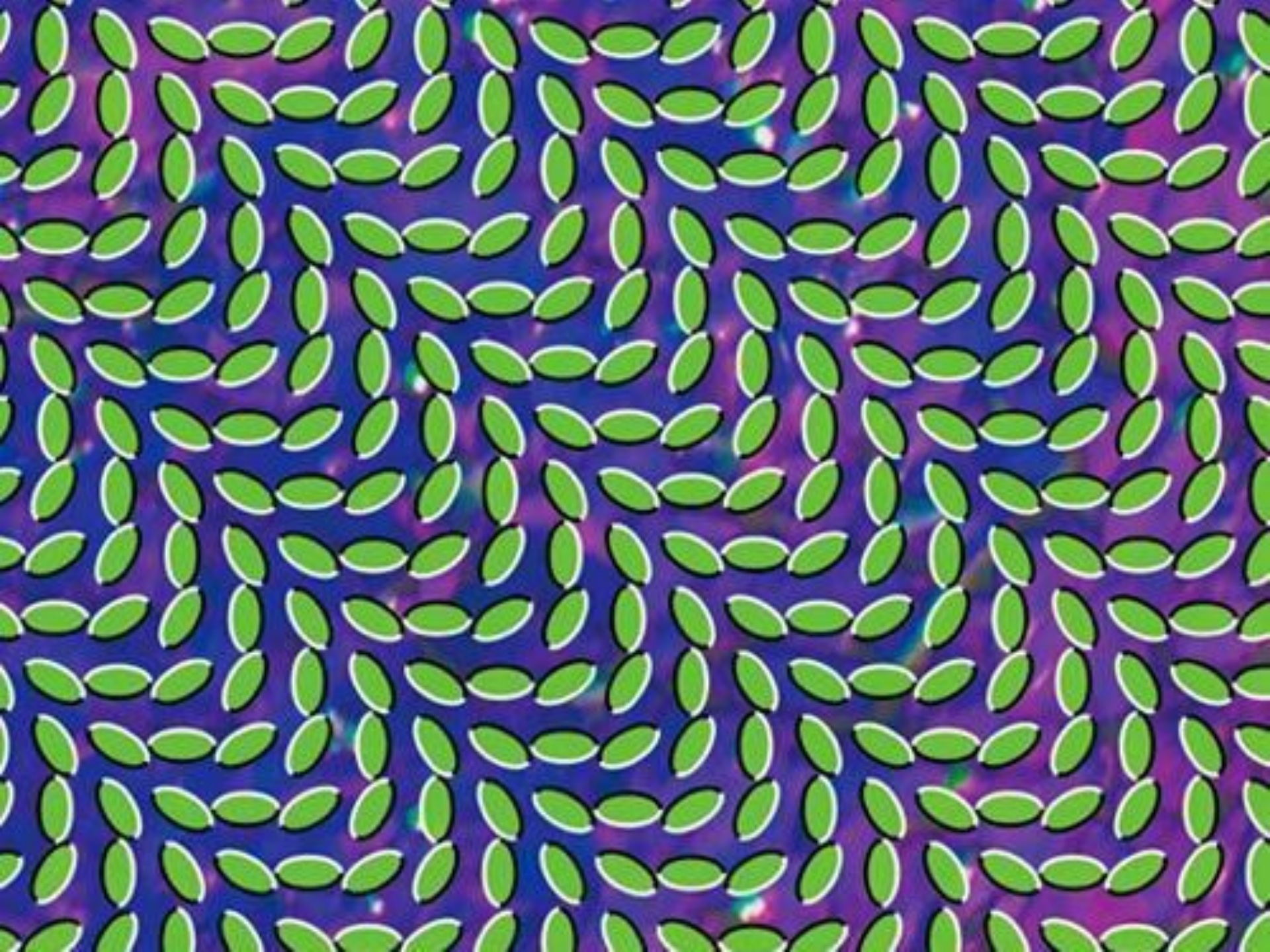
O papel dos óculos 3D é alterar o ângulo de cada uma destas dimensões. O efeito induz o cérebro a criar uma ilusão de profundidade, potencializando a distância entre ambos, o que resulta no efeito 3D.

Percepção Tridimensional

- Como fornecer uma sensação de Tridimensionalidade???







Representação vetorial e matricial de imagens

- Um vetor é basicamente um segmento de reta orientado.
- Um vetor 2D, V , como uma seta que vai da origem do sistema de coordenadas, para o ponto (x,y) , tendo assim uma direção, um sentido e um comprimento especificado.
- Podemos então calcular o comprimento do vetor pela fórmula:

$$|V| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Representação vetorial e matricial de imagens

- Um vetor 3D, definido da origem ao ponto (x,y,z) , seu comprimento seria:

$$|\mathbf{V}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Representação vetorial e matricial de imagens

- Uma matriz é um arranjo (array) de elementos em duas direções.
- Quando trabalhamos, primeiro definimos quantos elementos existem em cada direção, uma matriz 4x4, por exemplo, é do tipo:

1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

Representação vetorial e matricial de imagens

- A **representação vetorial** das imagens é principalmente empregada, em computação gráfica, para a definição e modelagem dos objetos sintéticos que serão representados pela imagem.

Representação vetorial e matricial de imagens

- Na representação vetorial das imagens, são usados como elementos básicos os pontos, as linhas, as curvas, as superfícies tridimensionais ou mesmo os sólidos que descrevem os elementos, que formam as imagens sinteticamente no computador.
- Esses elementos são denominados **primitivas vetoriais** da imagem

Representação vetorial e matricial de imagens

- A **descrição matricial** é típica das imagens digitalizadas capturadas por scanners ou utilizadas nos vídeos.
- É a forma de descrição principal na análise e no processamento de imagens. Em computação gráfica sintética, surgem nos processos de finalização (ray tracing, z-buffers).

Representação vetorial e matricial de imagens

- Na **representação matricial**, a imagem é descrita por um conjunto de células em um arranjo espacial bidimensional, uma matriz.
- Cada célula representa os pixels (ou pontos) da imagem matricial.
- Os objetos são formados usando adequadamente esses pixels.

Representação vetorial e matricial de imagens

- A figura abaixo explica melhor as formas de descrição de imagens matricial.
- Essa é a representação usualmente empregada para formar a imagem nas memórias e telas dos computadores e na maioria dos dispositivos saída gráficos (impressoras e vídeos).

0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

memória de imagem



imagem na tela

Descrição de imagens matriciais por conjunto de pixels.

Exercícios

- Pesquise e escreva uma resenha sobre o algoritmo de z-buffer.



Referências desta aula

- AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura. 2003. Computação Gráfica: Teoria e Prática. Elsevier, Vol. 2, 2007.
- Aula montada com base no material do Prof. Jorge Cavalcanti - UNIVASF.

