



# Computação Gráfica

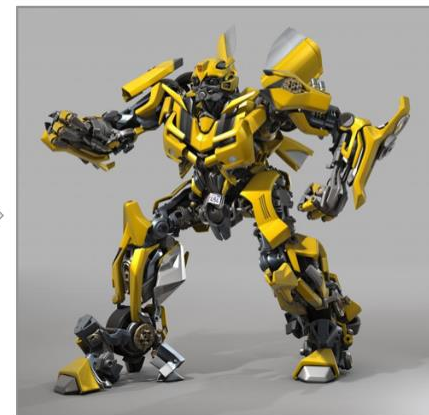
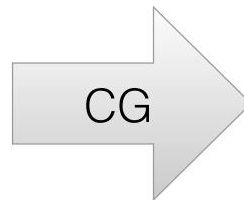
Aula 01 – Introdução

Prof. Jean R. Ponciano

# Computação Gráfica (CG): O que é?

- Subárea da Ciência da Computação
- Técnicas para a geração, exibição, manipulação e interpretação de modelos de objetos e de imagens utilizando o computador
- Converter dados em imagens

|   |      |         |     |
|---|------|---------|-----|
| 1 | OFF  |         |     |
| 2 | 5    | 2       | 0   |
| 3 | -1.0 | 0.5     | 0.0 |
| 4 | 0.0  | 0.0     | 0.0 |
| 5 | 1.0  | 0.0     | 0.0 |
| 6 | 1.0  | 1.0     | 0.0 |
| 7 | 0.0  | 1.0     | 0.0 |
| 8 | 3    | 0       | 1 4 |
| 9 | 4    | 1 2 3 4 |     |



Dados

Imagem





**ILM: Behind the Magic in Marvel Studios' The Avengers:**

[https://www.youtube.com/watch?v=MnQLjZSX7xM&ab\\_channel=IndustrialLight%26Magic](https://www.youtube.com/watch?v=MnQLjZSX7xM&ab_channel=IndustrialLight%26Magic)



# Computação Gráfica

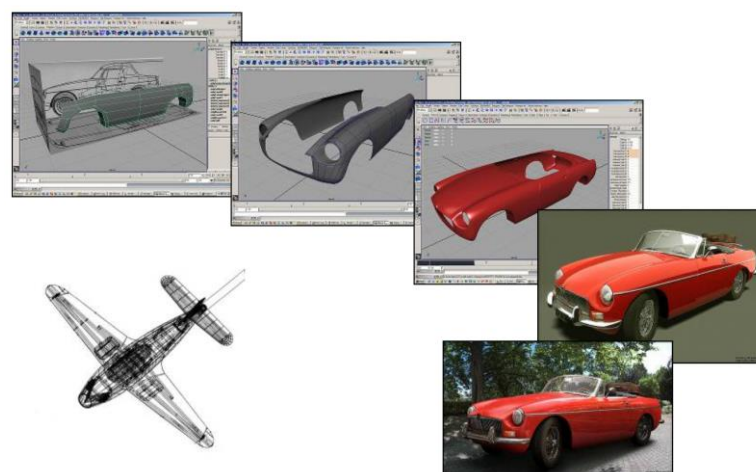
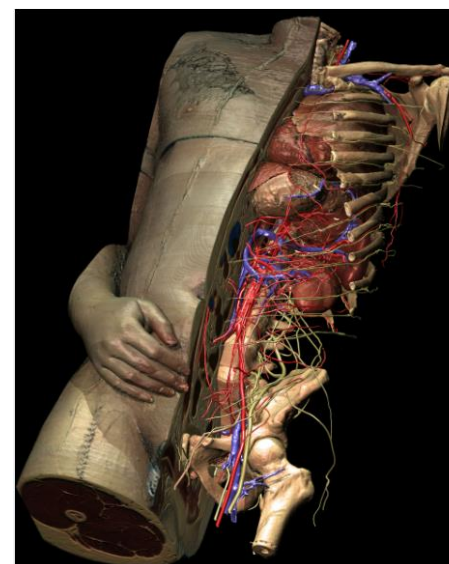
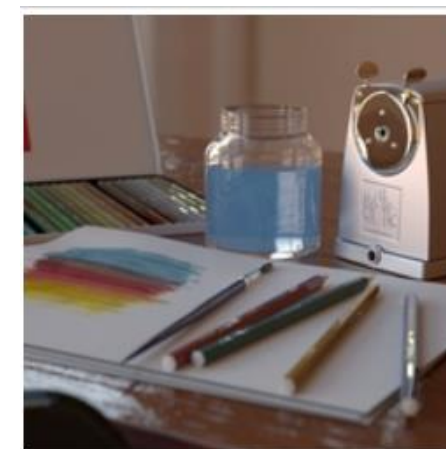
- Não é só no lazer/entretenimento
  - Ciência
  - Engenharia
  - Arquitetura
  - Medicina
  - Arte
  - Publicidade
  - ...



# Computação Gráfica

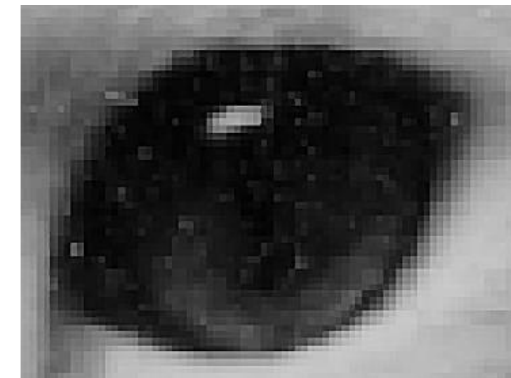
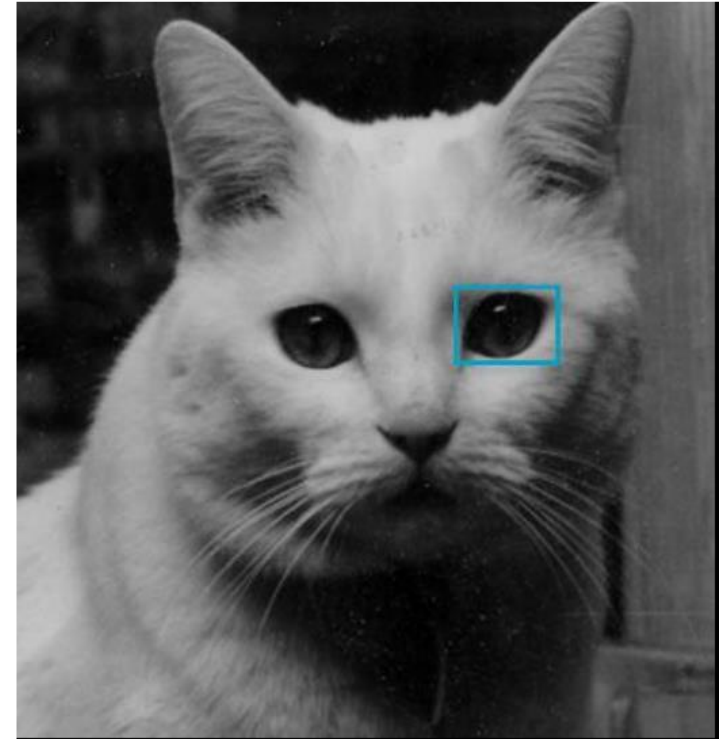
- Não é só no lazer/entretenimento

- Ciência
- Engenharia
- Arquitetura
- Medicina
- Arte
- Publicidade
- ...

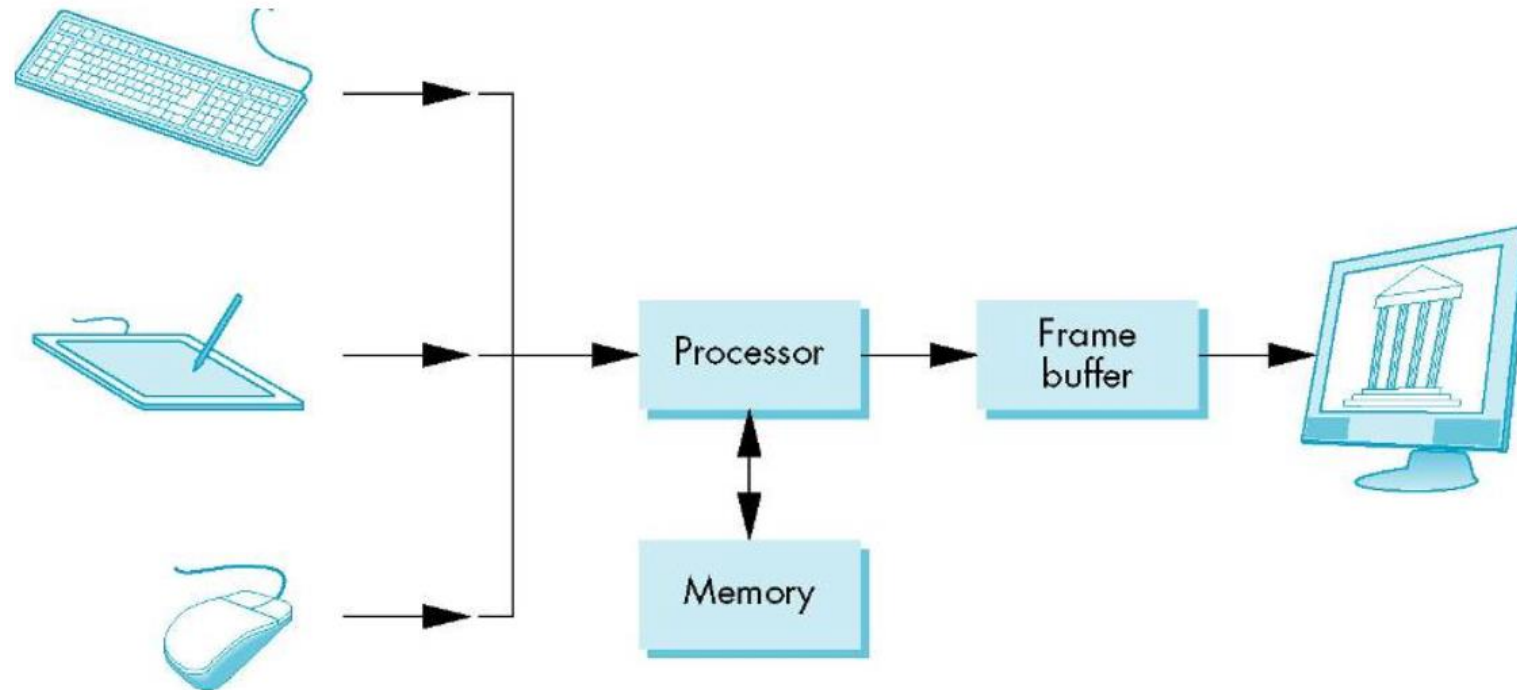


# Pixels

- CG = “Converter dados em imagens”
- Imagens são formadas por pixels
- O pixel (*picture element*) é o menor elemento da imagem
- Cada pixel pode ter uma cor (por ex, RGB).
- Quanto maior a quantidade de pixels, melhor a representação da imagem
- Informação do pixel está no **frame buffer**



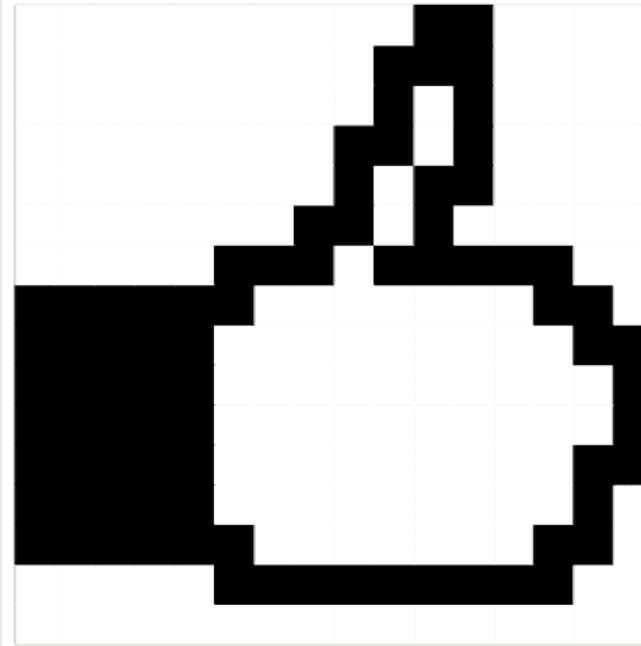
# Pixel e o Frame Buffer



# Pixels – Imagens Matriciais

- Quando falamos em pixel, em geral estamos falando de imagens matriciais.

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0
1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

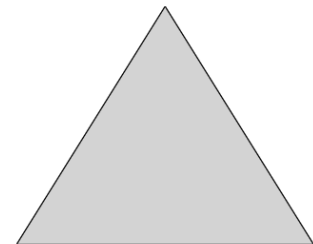




# Imagens Vetoriais

- Formadas por elementos geométricos
  - Pontos, curvas, linhas e polígonos
- Cálculo matemático com posicionamento, tamanho e forma do objeto
- Podem ser transformadas sem distorção

```
<svg width="250" height="210">  
  <path d="M125 0 L0 200 L250 200 Z" stroke="black" fill="none" />  
</svg>
```



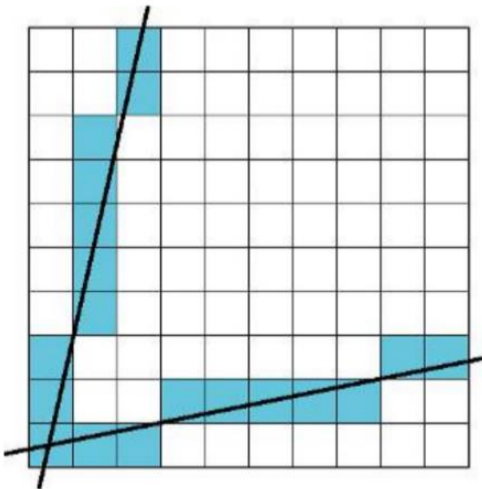
# Imagens Vetoriais

- Como exibir uma imagem vetorial?
  - Dispositivos específicos. Por exemplo:
    - Display caligráfico
    - Plotadores
- Desuso (tecnologia mecânica/analógica)



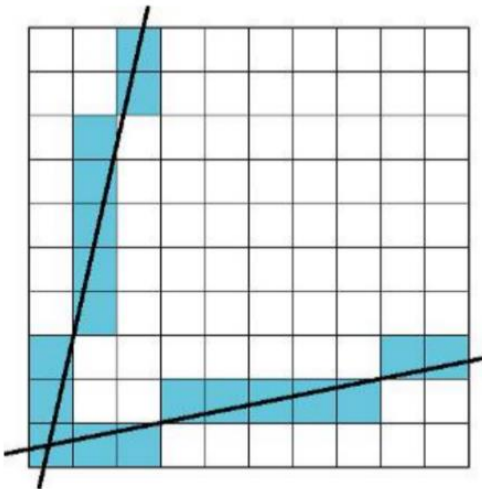
# Imagens Matriciais vs Vetoriais

- Como exibir uma imagem vetorial em um dispositivo de imagem matricial? Por ex: impressoras e monitores
- Técnicas de Rasterização (*rastering*)

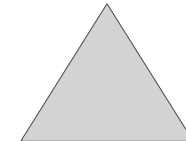


# Imagens Matriciais vs Vetoriais

- Como exibir uma imagem vetorial em um dispositivo de imagem matricial? Por ex: impressoras e monitores
- Técnicas de Rasterização (*rastering*)



```
<svg width="250" height="210">  
  <path d="M125 0 L0 200 L250 200 Z" stroke="black" fill="none" />  
</svg>
```

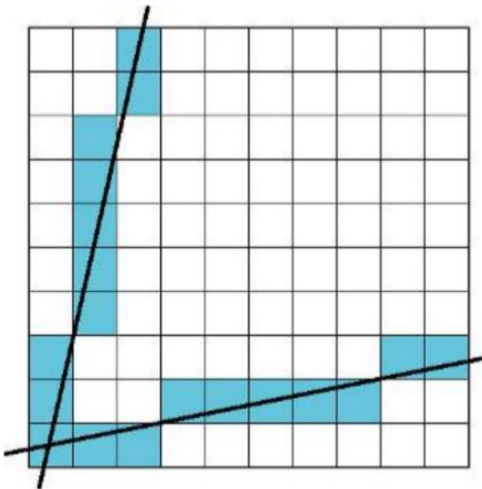


Rigorosamente falando, essa imagem também é matricial. O código SVG é convertido em comandos da API gráfica e a GPU então renderiza a imagem que vemos (rasterização).



# Imagens Matriciais vs Vetoriais

- Como exibir uma imagem vetorial em um dispositivo de imagem matricial?
- Técnicas de Rasterização (*rastering*)

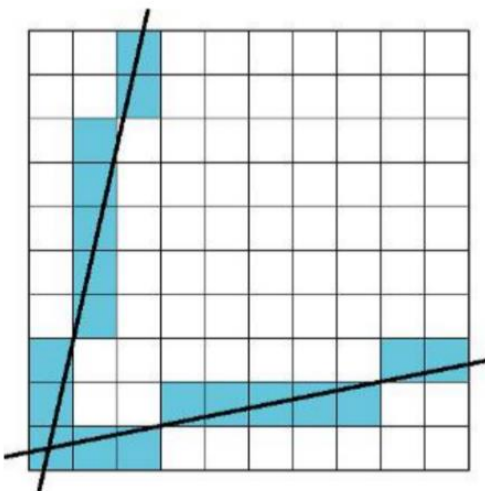


## Técnicas anti-serrilhado



# Imagens Matriciais vs Vetoriais

- Como exibir uma imagem vetorial em um dispositivo de imagem matricial?
- Técnicas de Rasterização (*rastering*)



Técnicas anti-serrilhado



Veremos algumas dessas técnicas em aulas futuras



# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos



# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos
- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena





# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos
- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena



# Síntese de Imagens

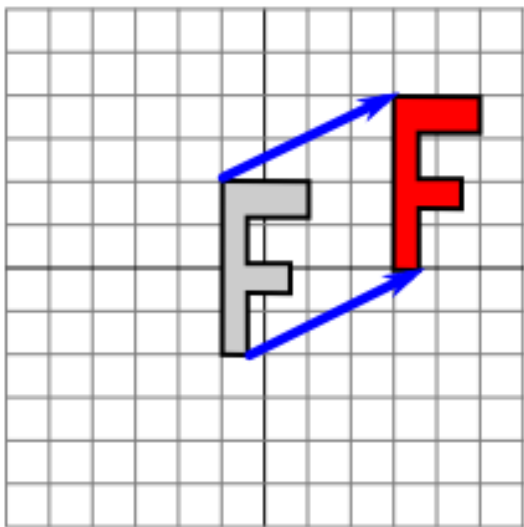
- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos
- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena

# Transformações Geométricas

- Quando precisamos mover ou modificar objetos

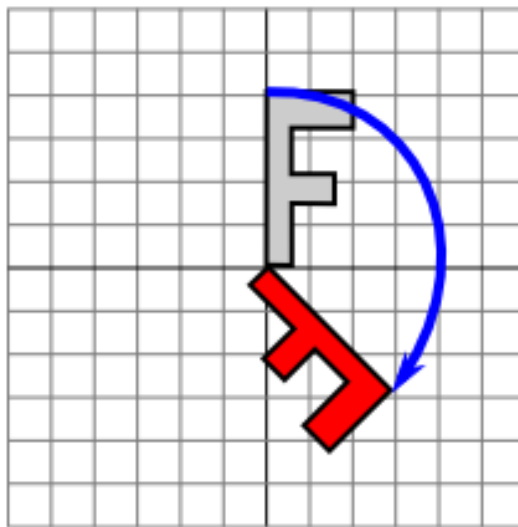
## Translação:

Desloca pontos com distância e direção fixas.



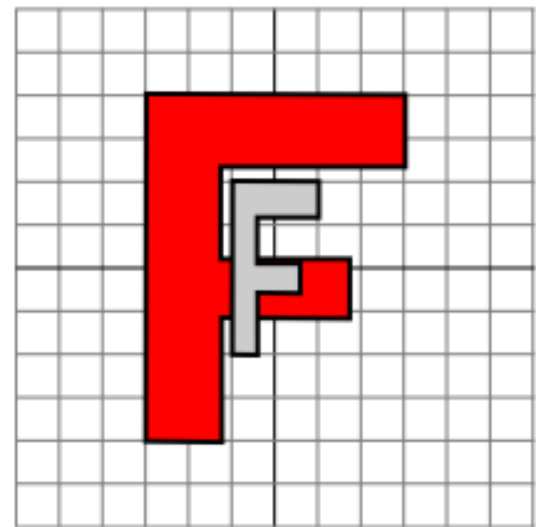
## Rotação:

Desloca pontos ao redor de um eixo



## Escala:

Desloca pontos para alterar o tamanho



# Transformações Geométricas

- Quando precisamos mover ou modificar objetos

## **Translação:**

Desloca pontos com distância e direção fixas.

## **Rotação:**

Desloca pontos ao redor de um eixo

## **Escala:**

Desloca pontos para alterar o tamanho

Teremos aulas específicas para estudar as Transformações Geométricas!



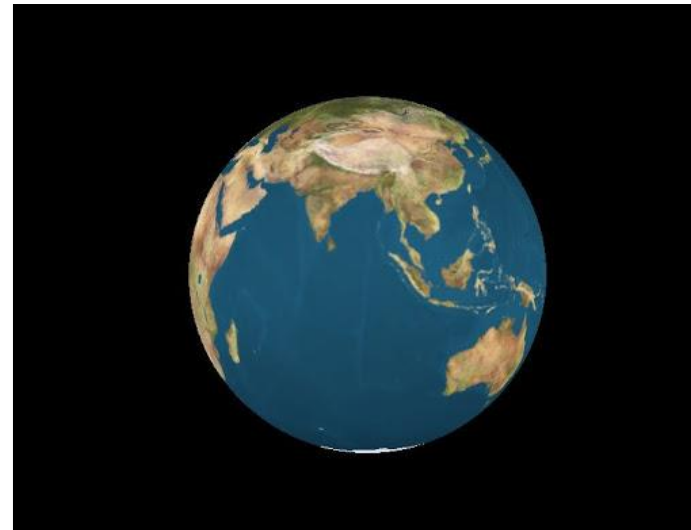
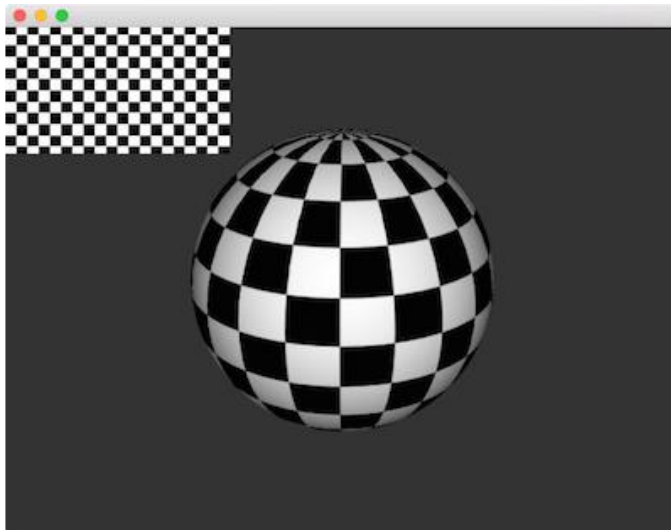


# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos
- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena

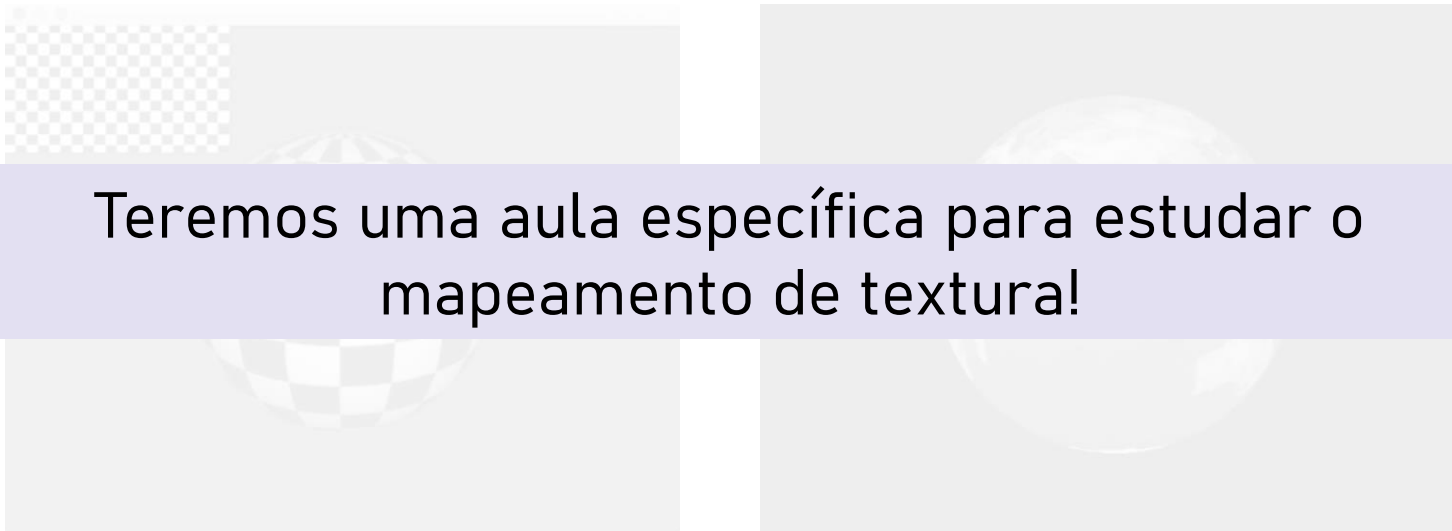
# Texturas

- Cores e tonalização de superfícies nem sempre funcionam bem para representar os objetos que queremos
  - Madeira, concreto, granito, grama, etc.
- A solução é **mapear uma imagem** na superfície do objeto
  - Mapas de textura



# Texturas

- Cores e tonalização de superfícies nem sempre funcionam bem para representar os objetos que queremos
  - Madeira, concreto, granito, grama, etc.
- A solução é **mapear uma imagem** na superfície do objeto
  - Mapas de textura



Teremos uma aula específica para estudar o mapeamento de textura!



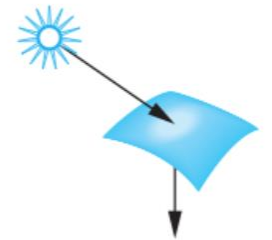
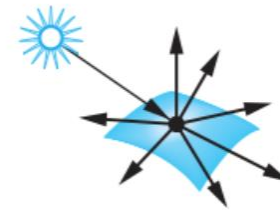
# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos
- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena



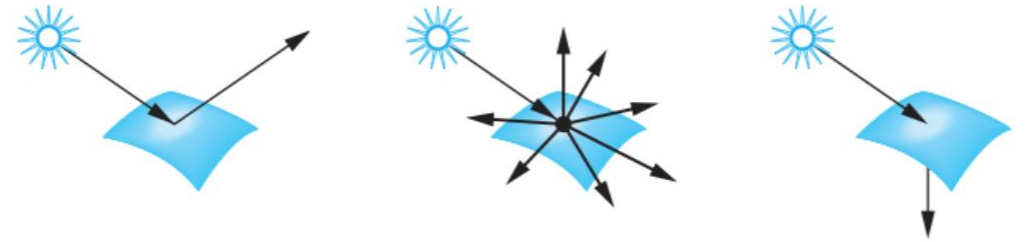
# Iluminação

- Visibilidade de superfícies
- Efeitos de luz (reflexões, transparências, sombras, etc.)



# Iluminação

- Visibilidade de superfícies
- Efeitos de luz (reflexões, transparências, sombras, etc.)



Teremos aulas específicas para estudar os Modelos de Iluminação!

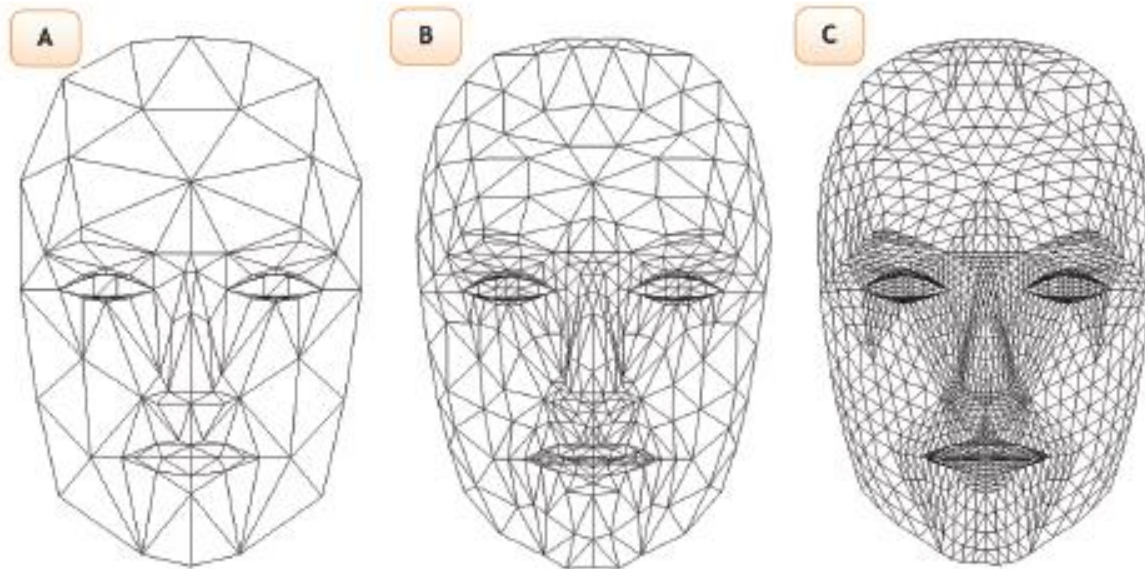


# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos
- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena

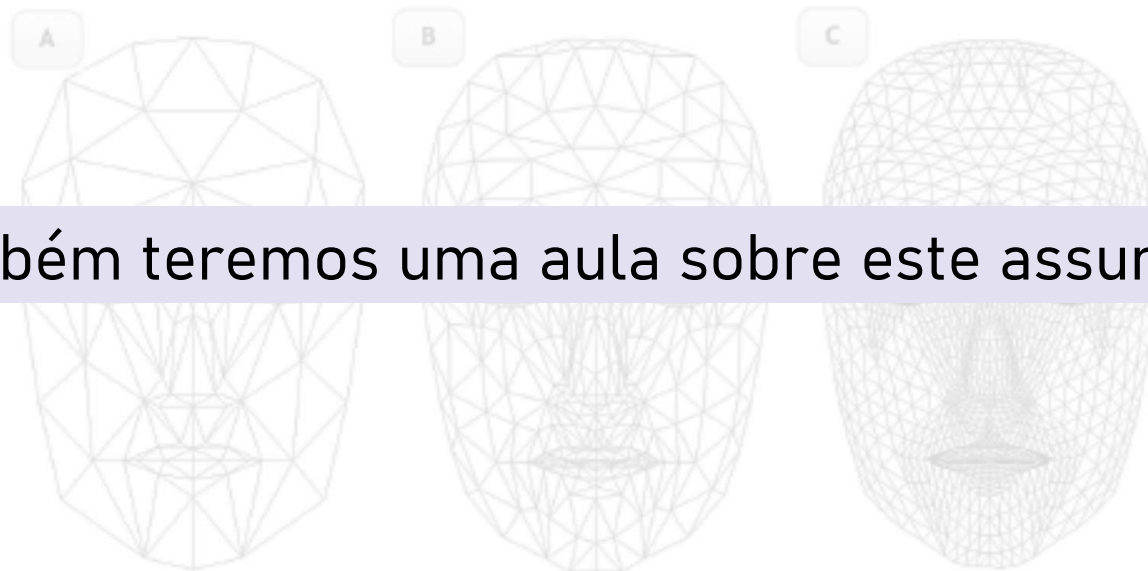
# Malhas

- Triangulação de superfícies
  - Importante para a visualização delas



# Malhas

- Triangulação de superfícies
  - Importante para a visualização delas



Também teremos uma aula sobre este assunto!



# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos
  - Informações geométricas
  - Informações sobre os materiais (texturas)
  - Informações sobre a fonte de luz e o observador
  - Poligonização: aproximação da descrição geométrica usando malha de faces poligonais, como triângulos
- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena



# Síntese de Imagens

- **Modelagem:** criação de uma representação dos objetos

Teremos várias aulas nesse tópico:

- Pipeline de visualização
- Modelos de iluminação e remoção de superfícies ocultas
- Etc.

poligonais, como triângulos

- **Rendering:** apresentação dos objetos modelados
  - Geração de uma imagem (ou sequência de imagens) a partir das representações (modelos)
  - Simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena



# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação



# Áreas Relacionadas

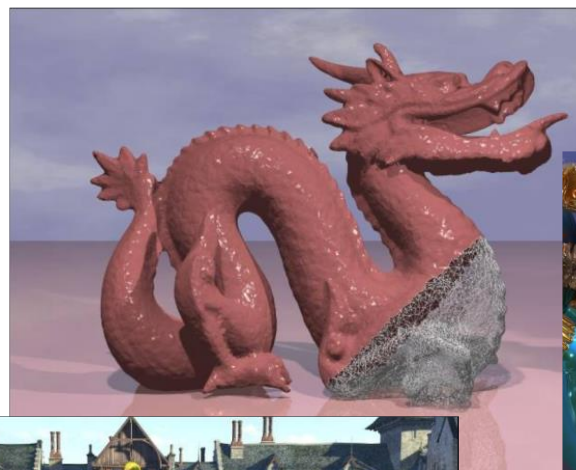
- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

Foco na síntese de imagens  
(modelagem e renderização).  
Objetivo: “mundo” 3D no computador

# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

Foco na síntese de imagens  
(modelagem e renderização).  
Objetivo: “mundo” 3D no computador





# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

Objetivo:

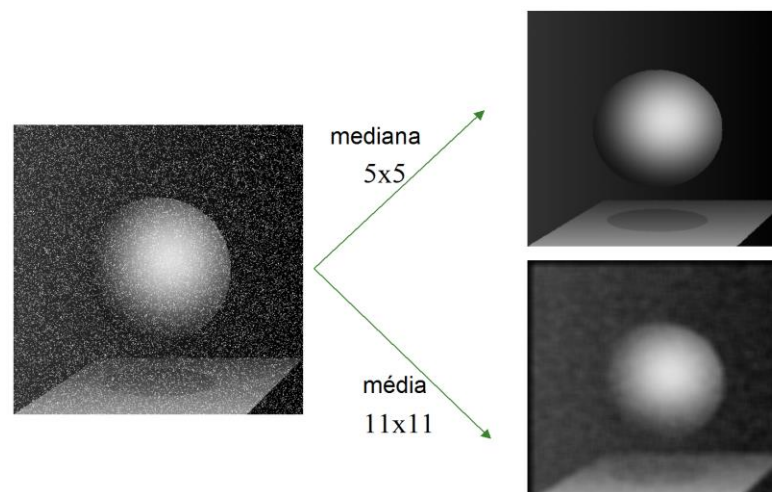
- 1) Melhorar características visuais (reduzir ruído, aumentar brilho, eliminar distorções)
- 2) Extrair elementos de interesse

# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

Objetivo:

- 1) Melhorar características visuais (reduzir ruído, aumentar brilho, eliminar distorções)
- 2) Extrair elementos de interesse



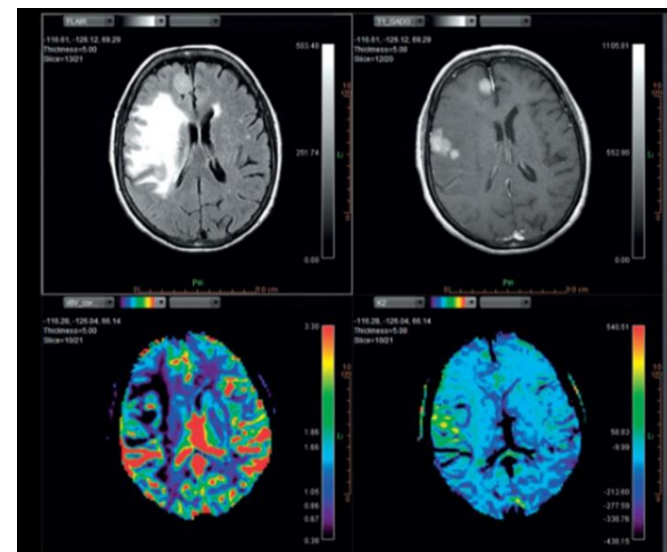


# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

Objetivo:

- 1) Melhorar características visuais (reduzir ruído, aumentar brilho, eliminar distorções)
- 2) Extrair elementos de interesse



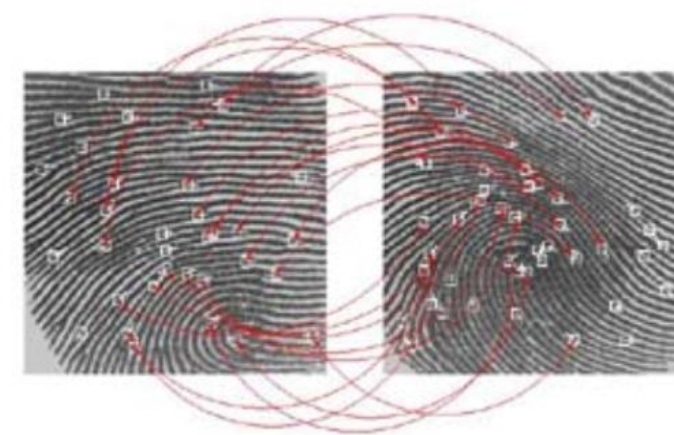
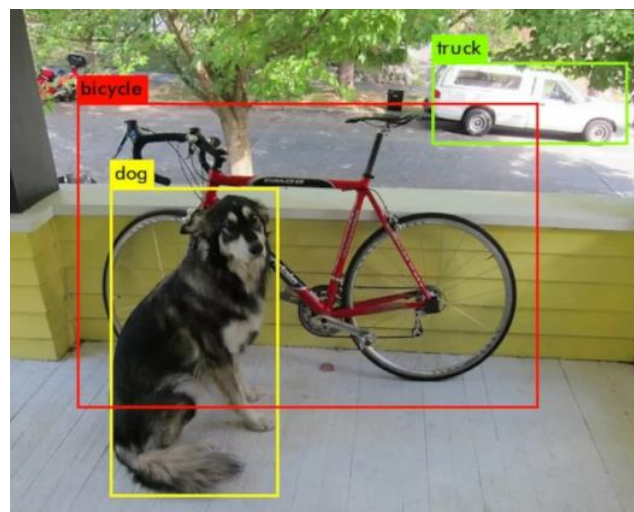
# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

Objetivo:

Colocar “sentido” na visão da máquina

- Detecção de Objetos
- Reconhecimento de Padrões



# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

Objetivo:

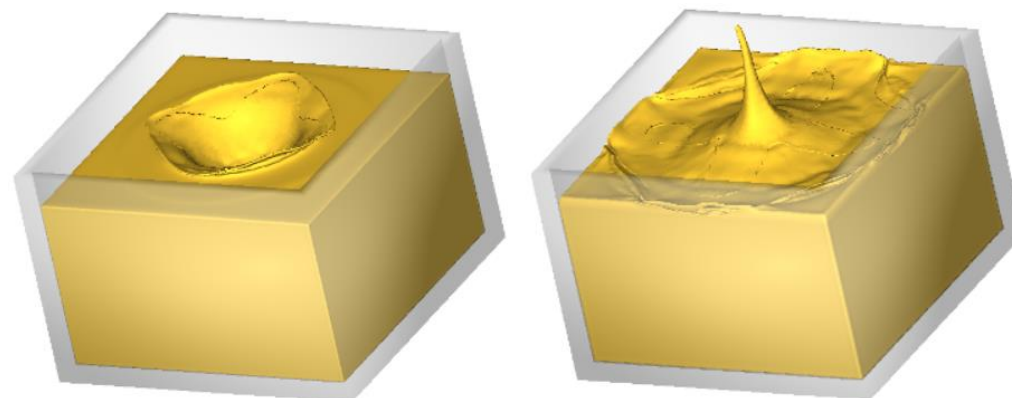
Usa CG para representar dado/informação e facilitar o entendimento de fenômenos complexos nos dados

CG para representar visualmente  
+ Análise pelo usuário para obter *insights*

# Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação

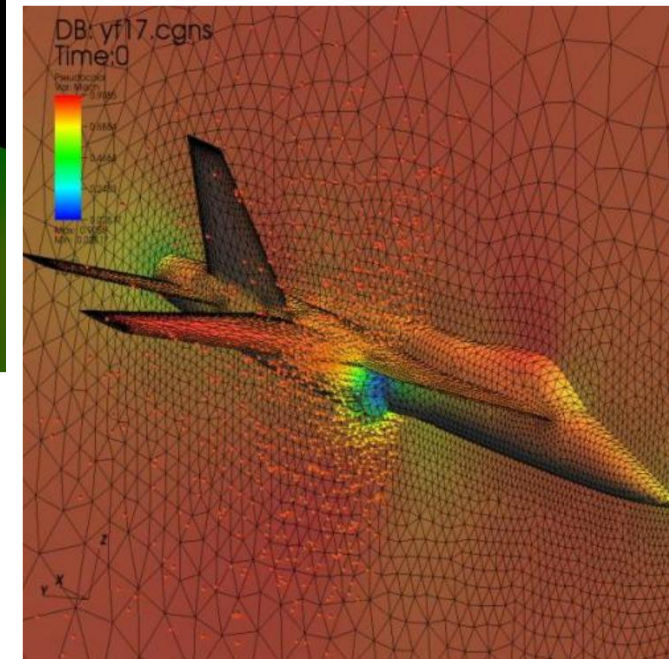
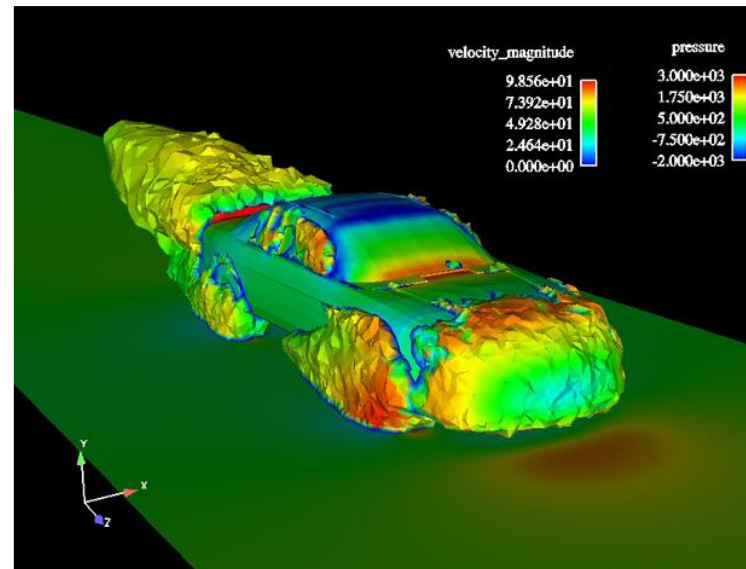
Geometria do modelo determinada pelo domínio



# Áreas Relacionadas

Geometria do modelo determinada pelo domínio

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação





# Áreas Relacionadas

Geometria do modelo determinada pelo criador da visualização

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Computacional
- Visualização
  - Visualização científica
  - Visualização de informação





# Perfil da Disciplina – Critérios de Avaliação

- Dois ou três trabalhos práticos
  - $T$  = Nota dos trabalhos práticos (média aritmética)
- Duas provas
  - $P$  = Nota obtida nas provas (média aritmética)
- **Nota final  $N = 0.5 * P + 0.5 * T$**
- **Aprovação:  $N \geq 5.0$**
- **Requisito:  $P \geq 5$  e  $T \geq 5$** 
  - **Caso contrário,  $N = \min(P, T)$**



# Perfil da Disciplina – Critérios de Avaliação

- Dois ou três trabalhos práticos
  - $T$  = Nota dos trabalhos práticos (média aritmética)
- Duas provas
  - $P$  = Nota obtida nas provas (média aritmética)
- **Nota final  $N = 0.5 * P + 0.5 * T$**
- **Aprovação:  $N \geq 5.0$**
- **Requisito:  $P \geq 5$  e  $T \geq 5$** 
  - **Caso contrário,  $N = \min(P, T)$**

Trabalhos iguais ou muito semelhantes: nota zero **para todos**.

Datas das provas (tentativa):

**P1 = 25/09**

**P2 = 04/12**

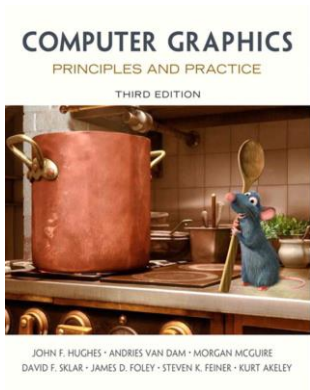


# Perfil da Disciplina – Recursos

- Plataforma e-Disciplinas [<https://edisciplinas.usp.br>]
  - Avisos e outros (canal oficial de comunicação)
  - Repositório de material e entrega de atividades
- Atendimento extra-classe
  - [jeanponciano@icmc.usp.br](mailto:jeanponciano@icmc.usp.br)
  - Sala 4139 (ICMC Bloco 4): enviar email agendando antes.
- Monitor (em breve maiores informações)

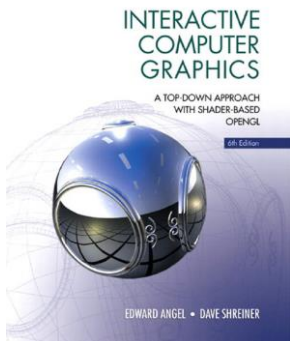
# Perfil da Disciplina – Livros

- Conteúdo Teórico e Fundamentos



Hughes, J. F., Van Dam, A., Foley, J. D., McGuire, M., Feiner, S. K., Sklar, D. F. & Akeley, K. (2014). Computer graphics: principles and practice. Pearson Education.

- Conteúdo Prático (OpenGL e Shaders)



Angel, E., & Shreiner, D. (2012). Interactive computer graphics: a top-down approach with shader-based OpenGL. Boston: Addison-Wesley.



# Perfil da Disciplina – Livros

- Bibliografia Complementar

- Introduction to Computer Graphics. Version 1.3, August 2023, David J. Eck.  
<https://math.hws.edu/graphicsbook/>
- Computação Gráfica. Harlen Batagelo, Bruno Marques. UFABC, 2021.  
<https://www.brunodorta.com.br/cg/>



# Bibliografia

- Essa aula foi baseada no seguinte material:
  - Introdução à Computação Gráfica, Slides de Ricardo Marcacini (2024) e Maria Cristina (2019).
  - Introduction to Computer Graphics. Version 1.3, August 2023, David J. Eck.  
<https://math.hws.edu/graphicsbook/>
  - Computação Gráfica. Harlen Batagelo, Bruno Marques. UFABC, 2021.  
<https://www.brunodorta.com.br/cg/>