

Técnicas de Animação

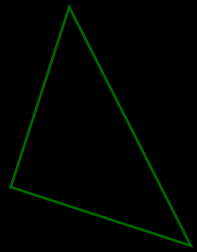
Soraia Raupp Musse

The background features a complex arrangement of overlapping green geometric shapes, including triangles, quadrilaterals, and diamonds. Some shapes are solid, while others are defined by thin green outlines. The overall composition is dynamic and abstract, set against a solid black background.

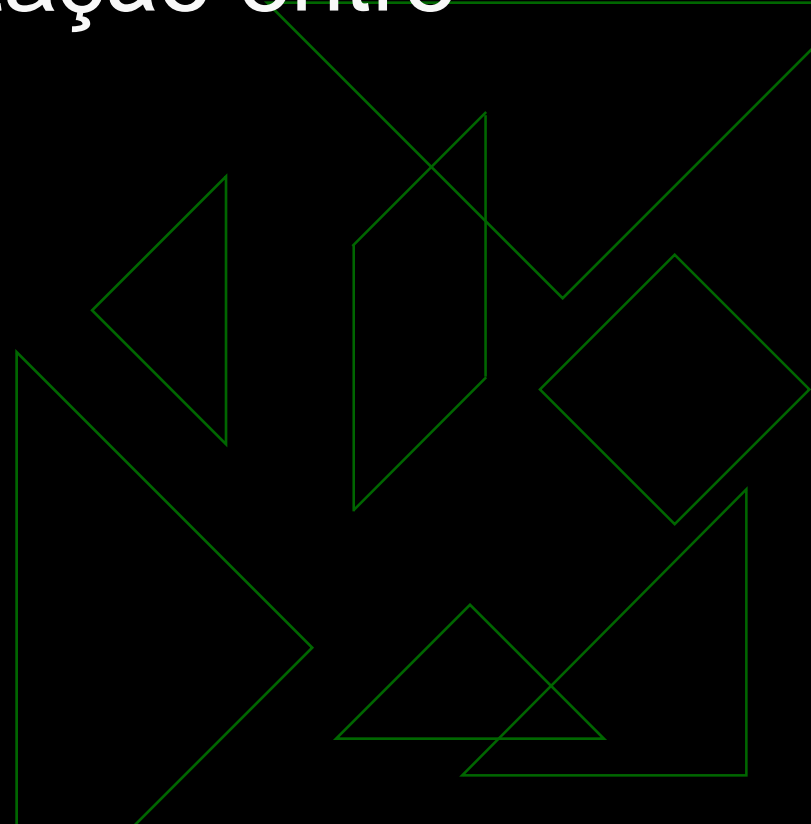
Aula passada:

Classificação de técnicas

Diferenças	Low-level	High-level
Intervenção do usuário	Muita	Pouca
Nível de abstração	Pouca	Muita
Precisão do resultado em relação ao especificado	Muita	Pouca



Como gerar movimentação entre pontos no espaço?



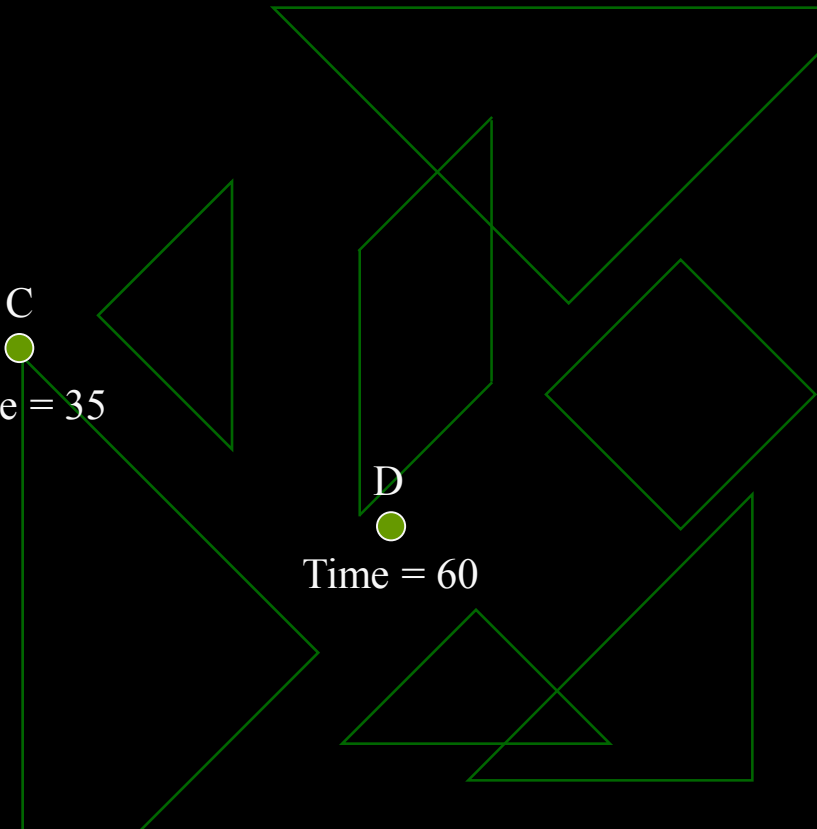
Problema: gerar uma curva SUAVE
que passe por PONTOS
específicos, em um TEMPO
designado

A
●
Time = 0

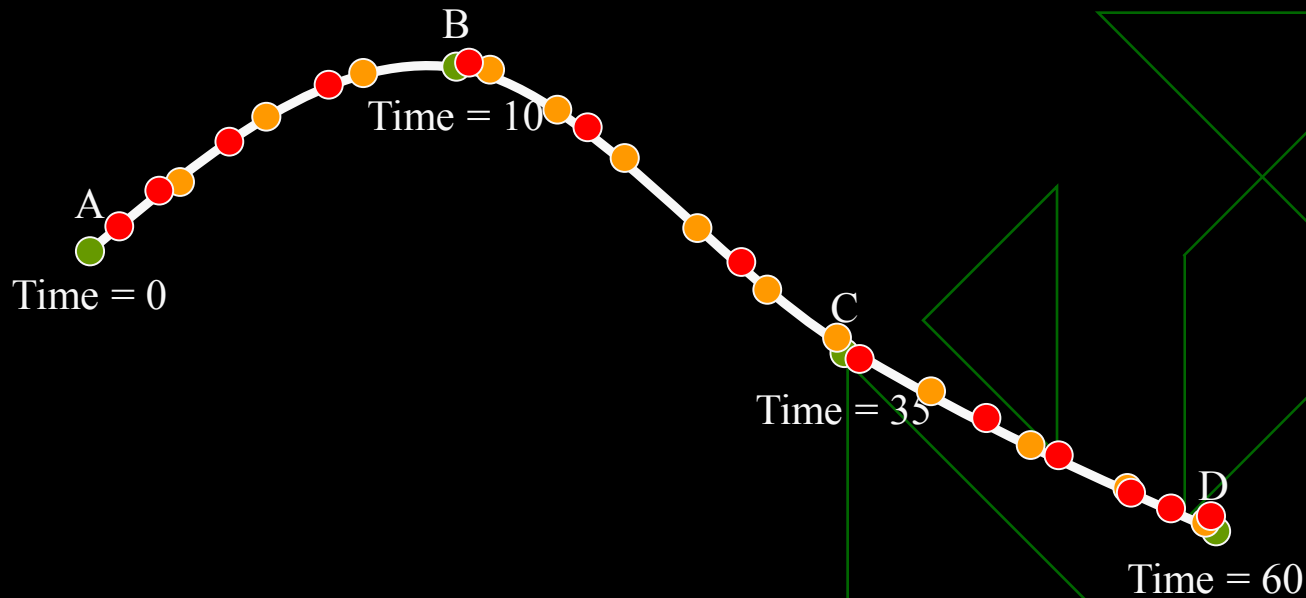
B
●
Time = 10

C
●
Time = 35

D
●
Time = 60

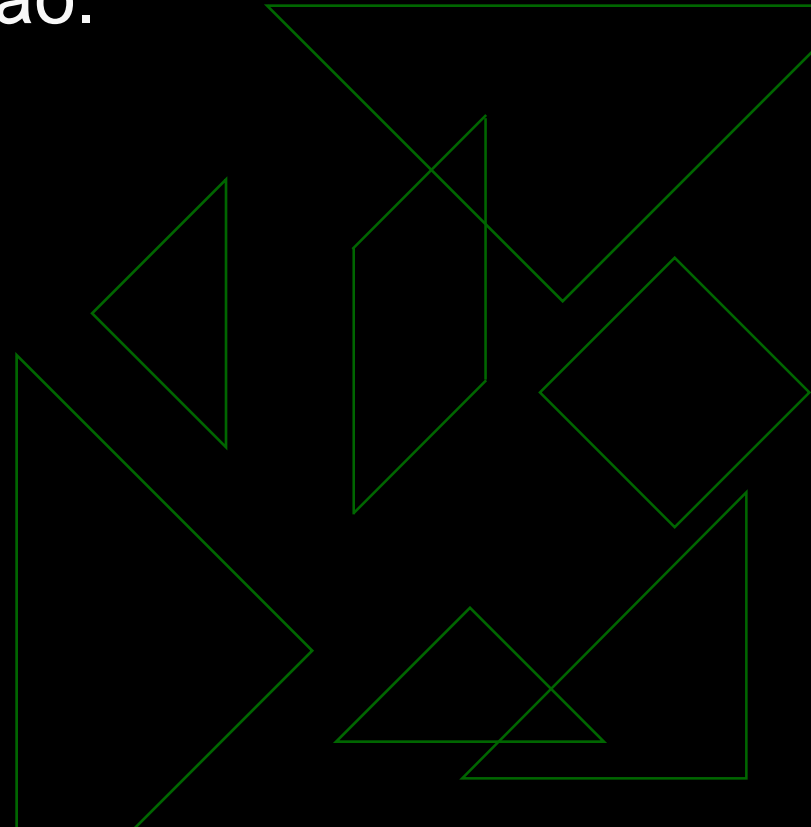


Solução: gerar uma curva no espaço, distribuindo PONTOS de maneira SUAVE e que possa variar em função do TEMPO



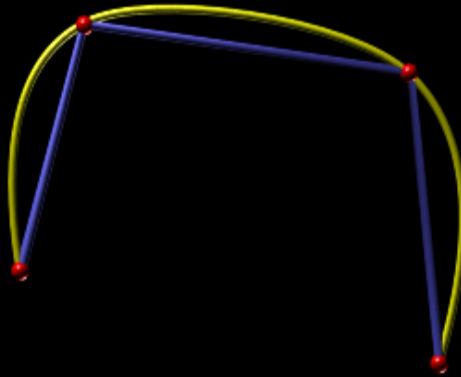
Interpolação

- Fundamento principal: interpolação de valores para gerar animação.

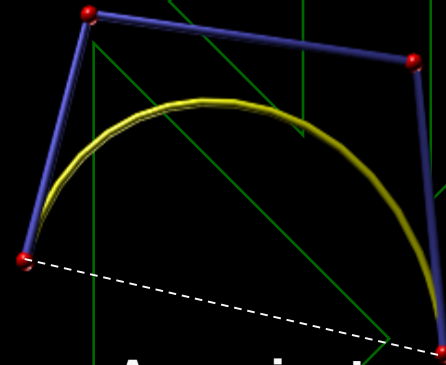


Aproximação x Interpolação

- ◆ Dado um número n de pontos para traçar uma curva:
 - *interpolar* os pontos (curva passando por todos os pontos)
 - *aproximar* os pontos (pontos definem *convex hull* da curva)

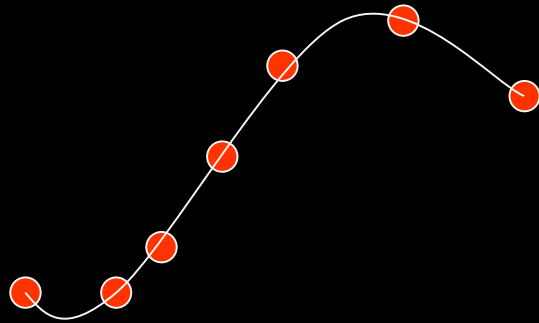


Interpolate

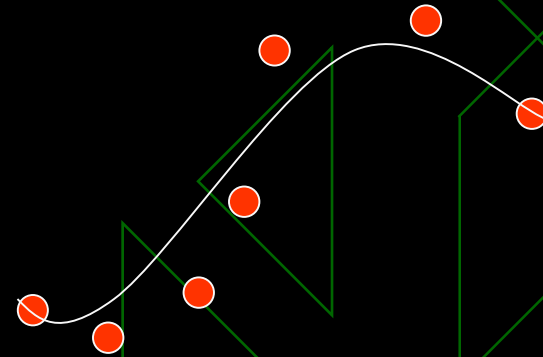


Approximate

Aproximação x Interpolação



Interpolate

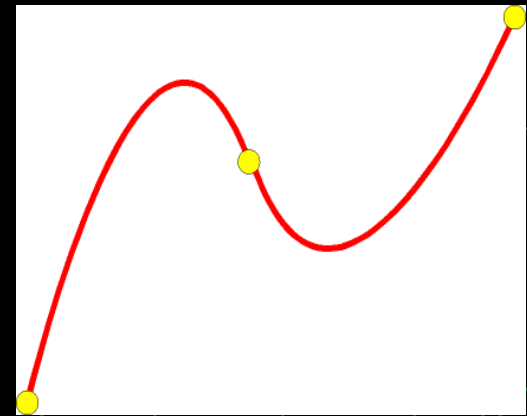


Approximate

Classificação

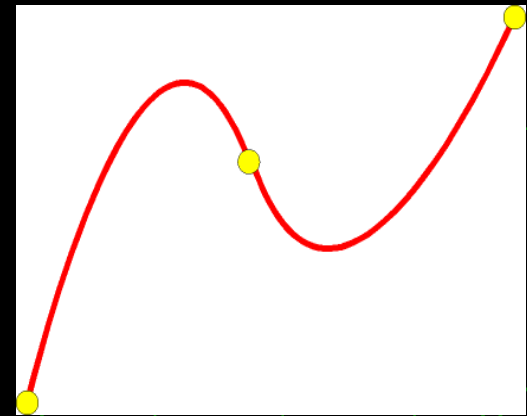
- ◆ Curvas

- apenas comprimento



Como podemos representar uma curva?

- ◆ Localização no espaço de um ponto que se move
- ◆ Como podemos descrever este conceito?



Possibilidades de Representações

- ◆ Algumas trajetórias podem ter mais de uma possibilidade de representação
- ◆ Exemplo: círculo centrado na origem com raio=1

$$x^2 + y^2 = 1$$

$$\begin{aligned}x(\theta) &= \cos \theta \\y(\theta) &= \text{sen } \theta\end{aligned}$$

Tipos de Representação (2D)

◆ Explícita

$$y = f(x)$$

$$y = 3x^2$$

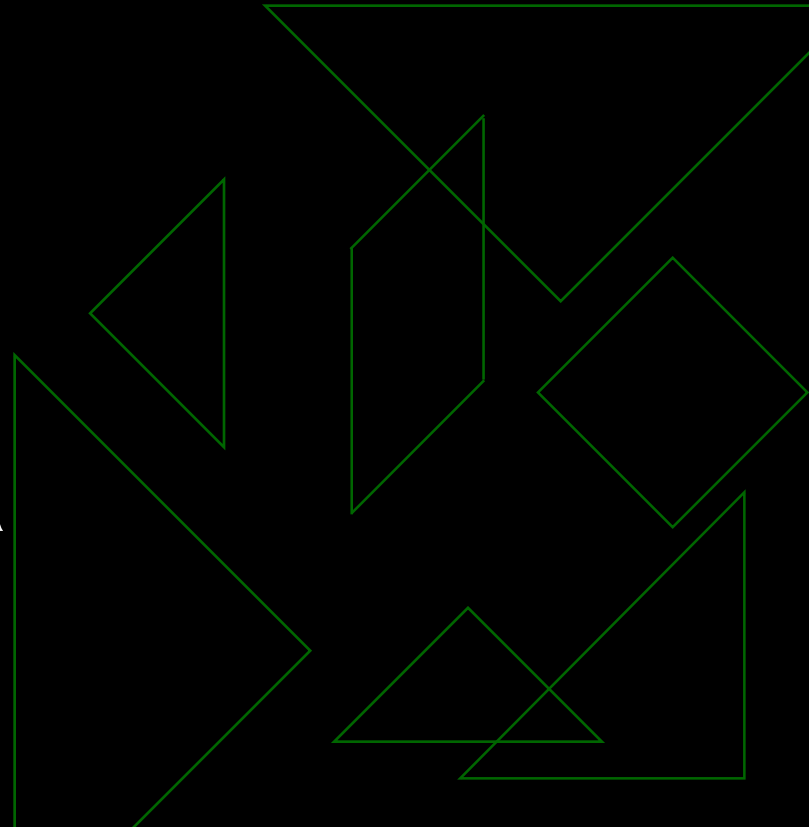
◆ Implícita

$$f(x, y) = 0$$

$$x^2 + y^2 = 0$$

Tipos de Representação (2D)

- ◆ Explícita
- ◆ Implícita
- ◆ Em ambos os casos, as representações são dependentes do sistema de coordenadas (x,y)



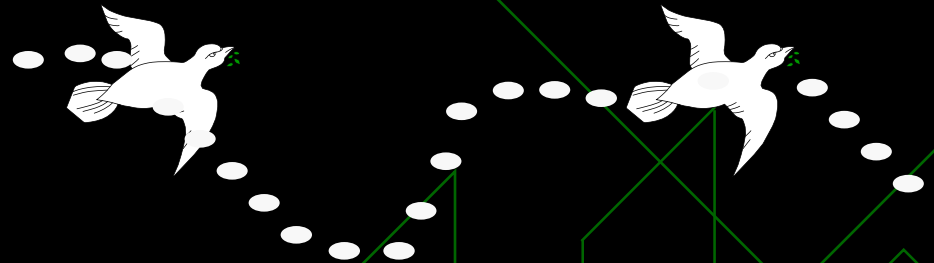
Representação Paramétrica

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

$$x(t) = t^2$$

$$y(t) = t$$



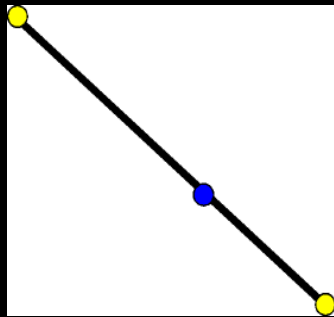
Onde está o pássaro no tempo t ?

Dependentes de t ...

Exemplo: Funções de Base

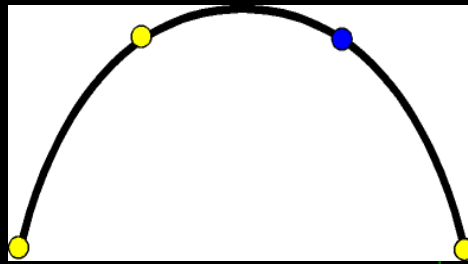
- ◆ Normalmente polinômios de grau 3
- ◆ Porque grau 3?
 - Grau 0 = nenhuma inflexão
 - Grau 4 = custo computacional

$$f(t) = at + b$$



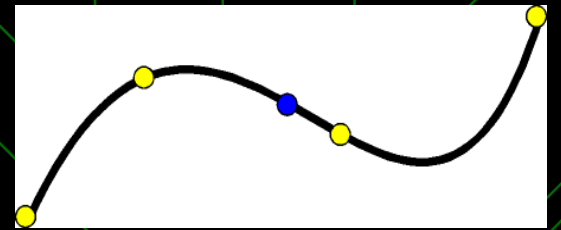
Linear

$$f(t) = at^2 + bt + c$$



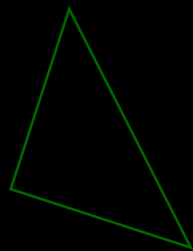
Quadratic

$$f(t) = at^3 + bt^2 + ct + d$$



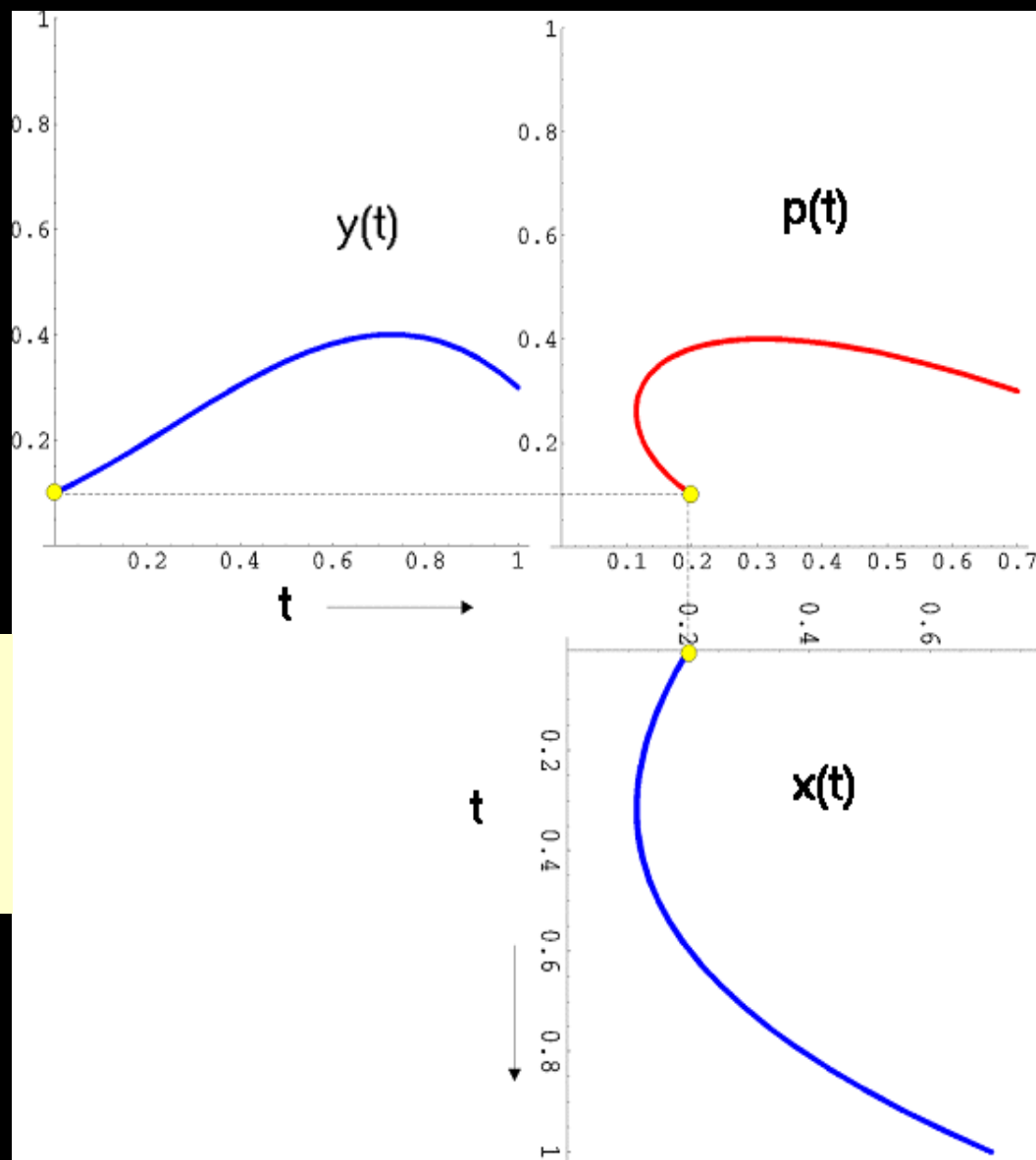
Cubic

Curvas Paramétricas Cúbicas 2D



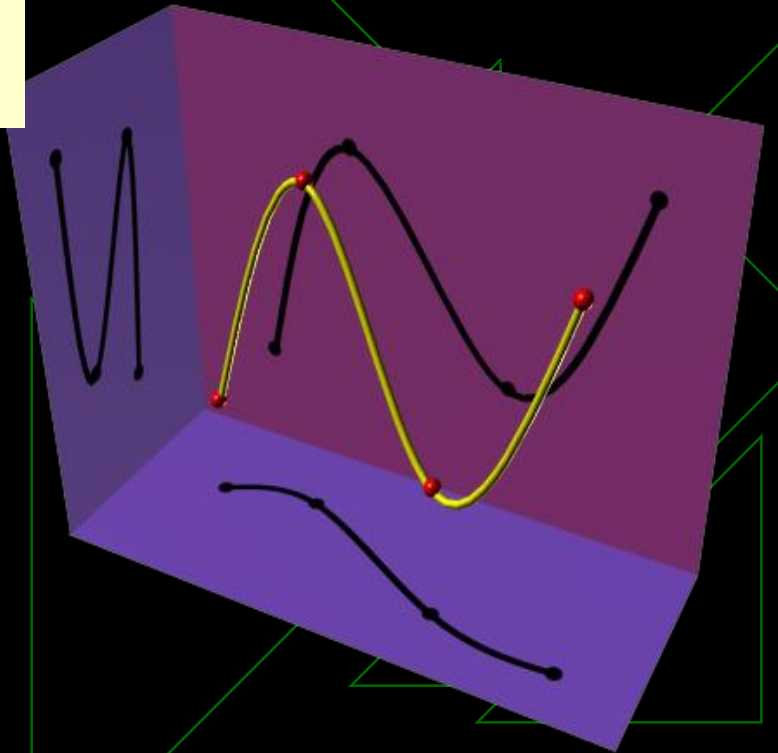
$$x(t) = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x$$

$$y(t) = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y$$



Em 3D

$$\left. \begin{aligned} x(t) &= a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x \\ y(t) &= a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y \\ z(t) &= a_z t^3 + b_z t^2 + c_z t + d_z \end{aligned} \right\}$$



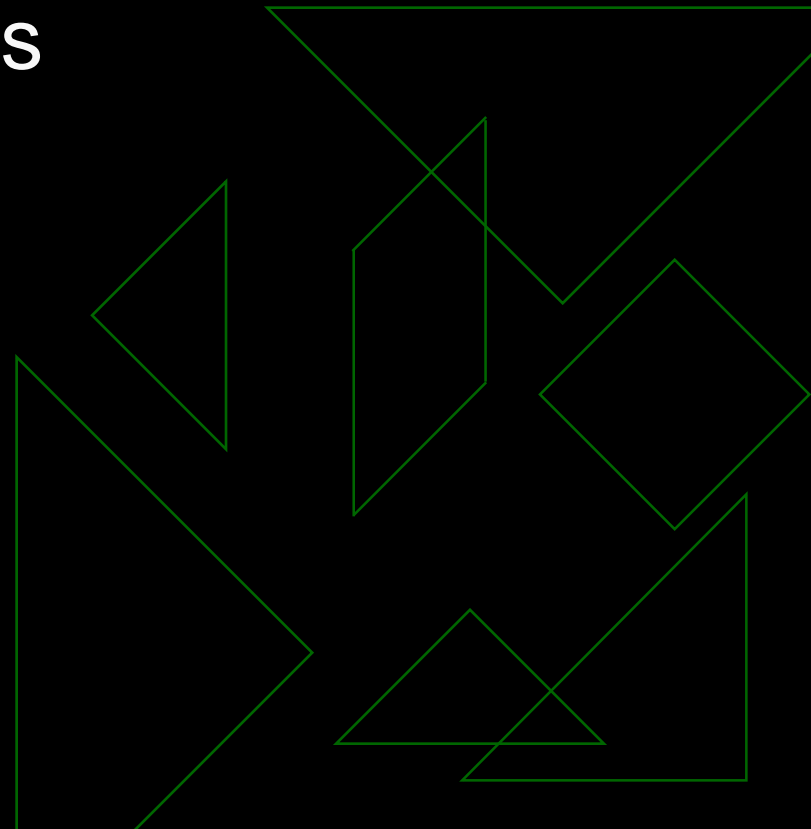
The slide features several decorative green geometric shapes, including triangles and polygons, scattered across the background. One prominent triangle is in the upper left, and several other polygons are in the lower right.

Mas, como podemos especificar os movimentos em função do tempo?

- ◆ Interpolação
- ◆ Física
- ◆ Performance driven Animation (PDA)

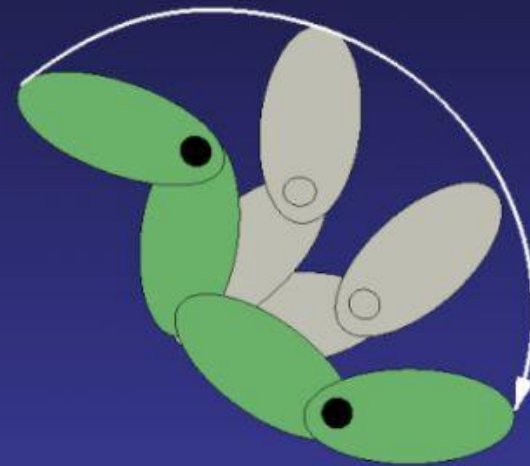
Métodos de Interpolação

- ◆ Keyframe
- ◆ Interpolação com regras
- ◆ Animation Scripts
- ◆ 3D shape interpolation
- ◆ Animação Explícita

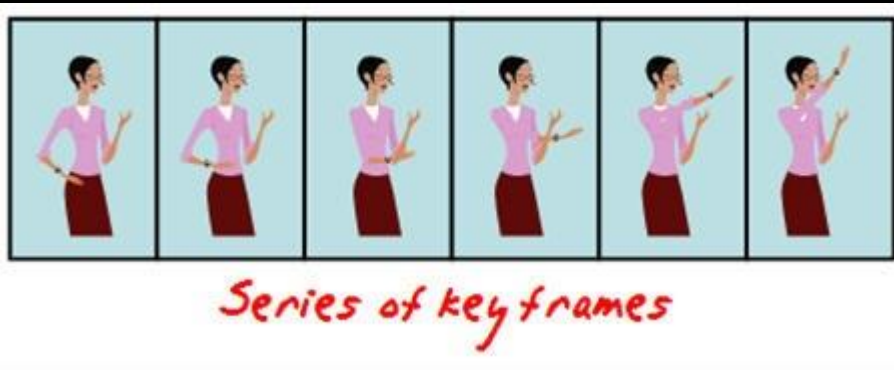
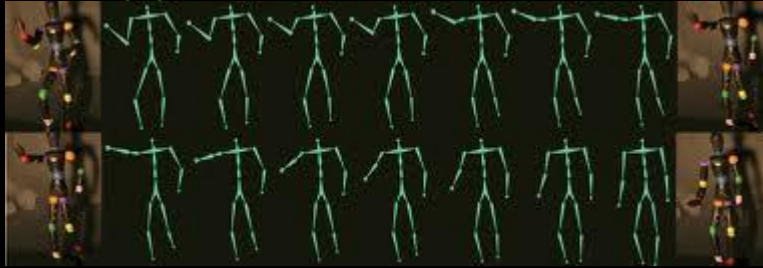


Animation Techniques

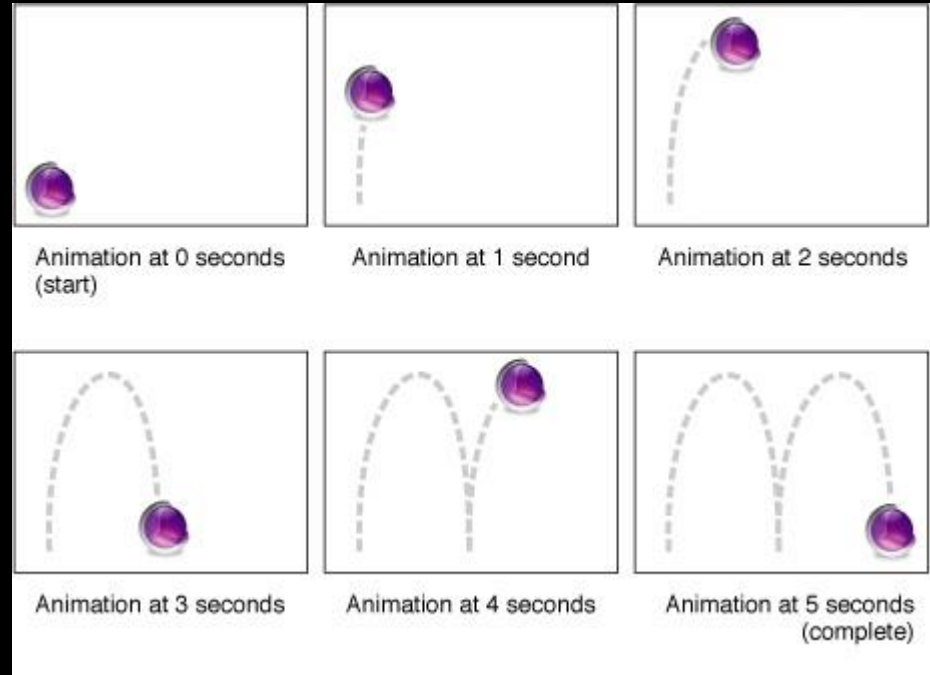
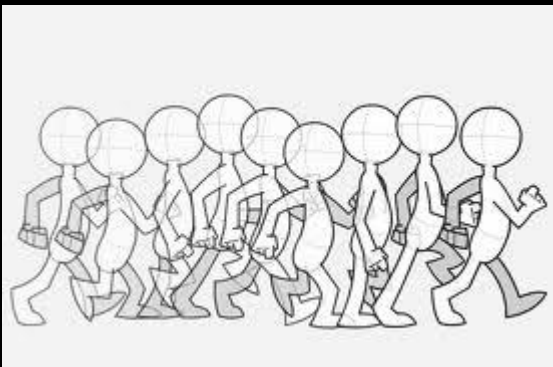
Keyframing



Keyframe



Series of keyframes



Animation at 0 seconds
(start)

Animation at 1 second

Animation at 2 seconds

Animation at 3 seconds

Animation at 4 seconds

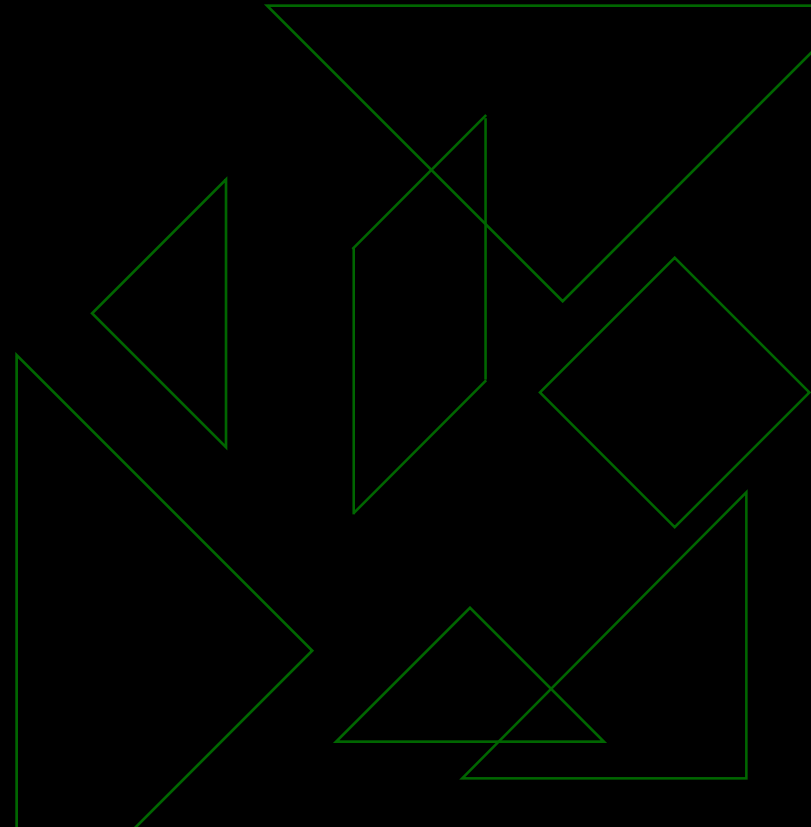
Animation at 5 seconds
(complete)

Keyframe Animation



Automatic Camera Control

- ◆ The problem of camera location
- ◆ Intelligent camera



Animation Scripts

- ◆ The **Maya Embedded Language (MEL)** is a **scripting language** used to simplify tasks in Autodesk's 3D Graphics Software **Maya**
- ◆ **MAXScript** is the built-in **scripting language** for Autodesk® **3ds Max**

Examples of Animation Scripts

```
int $c=0;
while ($c<=200) {
$c=$c+1;

polyCube -w 11;
move 0 (2*$c) -5;
setKeyframe -v 0 -t 0 -at visibility;
setKeyframe -v 1 -t (2*$c) -at visibility;

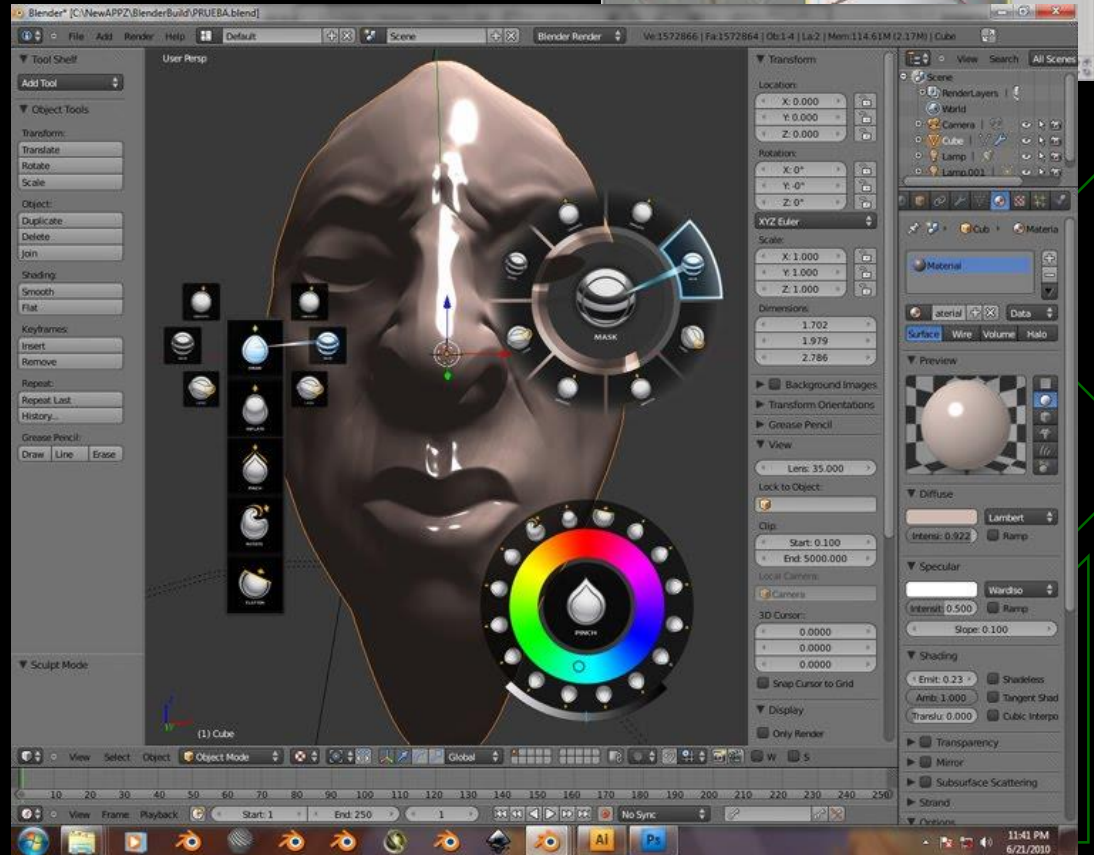
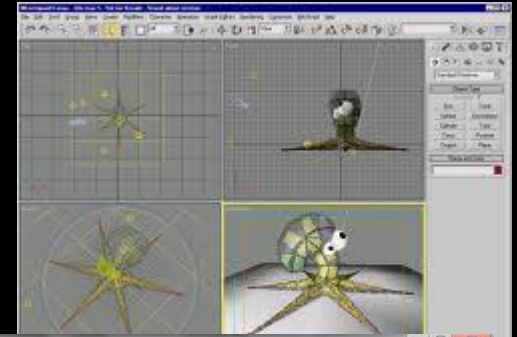
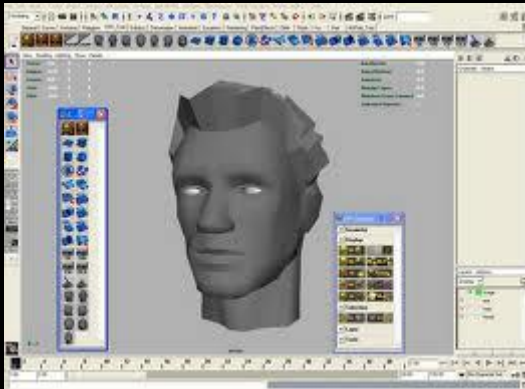
polyCube -w 11;
move 0 (2*$c) 5;
setKeyframe -v 0 -t 0 -at visibility;
setKeyframe -v 1 -t (2*$c+1) -at visibility;

polyCube -w 11;
move 5 (2*$c+1) 0;
rotate 0 90 0;
setKeyframe -v 0 -t 0 -at visibility;
setKeyframe -v 1 -t (2*$c+2) -at visibility;

polyCube -w 11;
move -5 (2*$c+1) 0;
rotate 0 90 0;
setKeyframe -v 0 -t 0 -at visibility;
setKeyframe -v 1 -t (2*$c+3) -at visibility;
}
```

Word-wrap is OFF

Interfaces Gráficas



Interface gráfica para Animação de personagens

https://www.youtube.com/watch?v=1M_oyUEOHK8

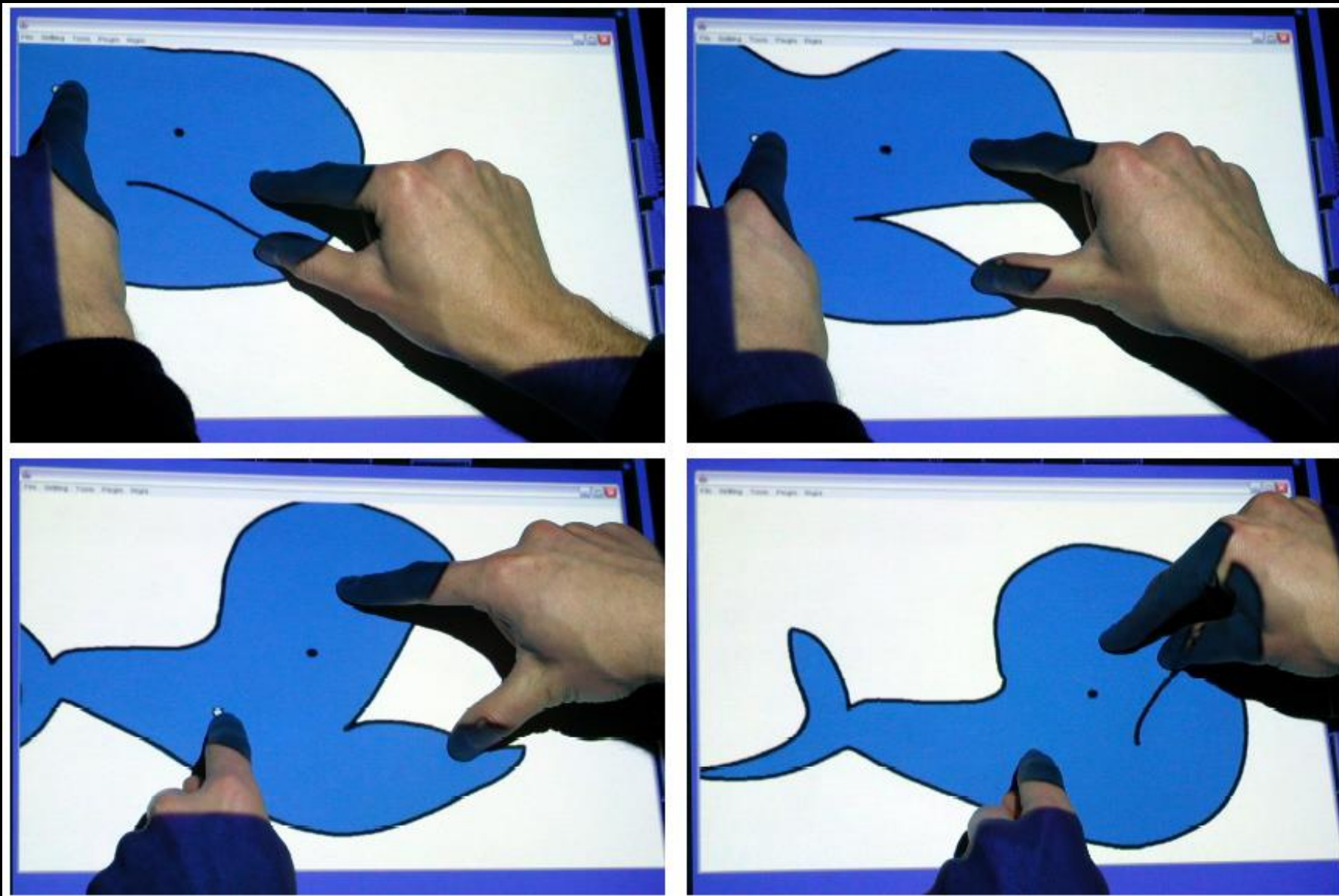
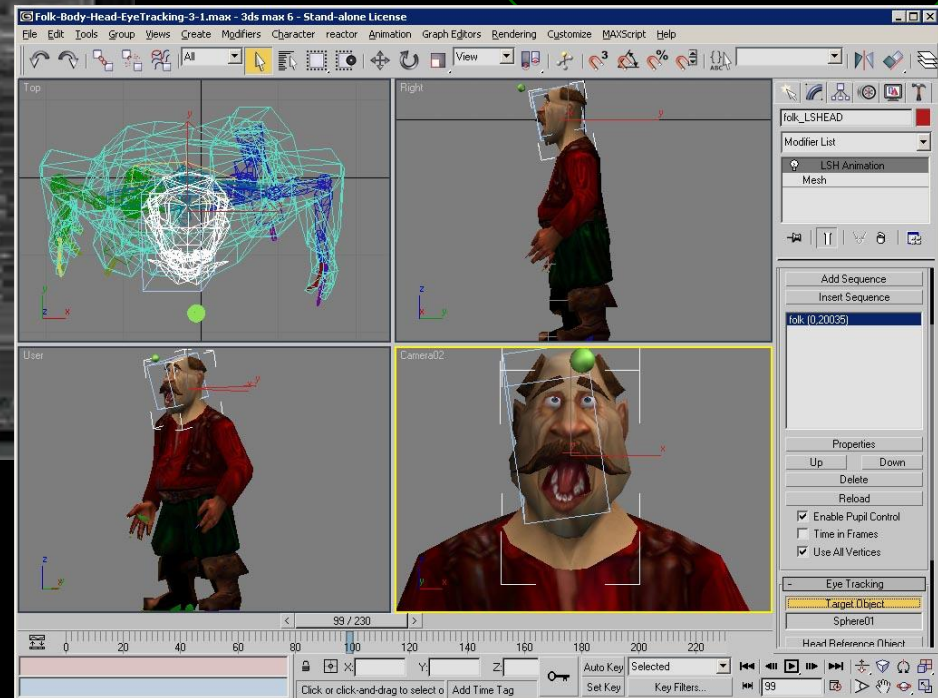


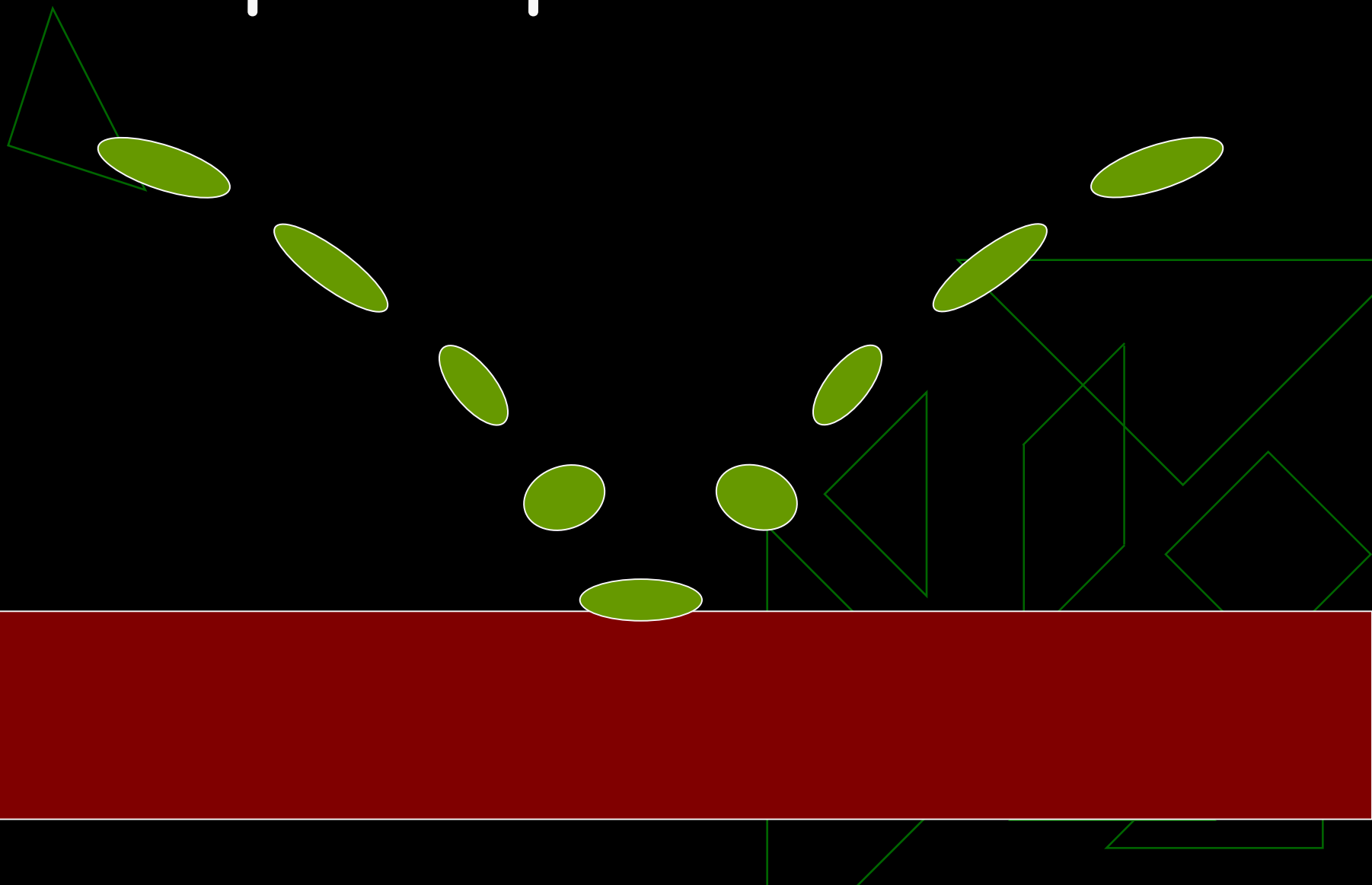
Figura 1: Manipulação da figura usando um SmartSkin. O usuário pode interativamente mover, rotacionar e deformar figuras com ambas as mãos, como se estivesse manipulando o objeto real.



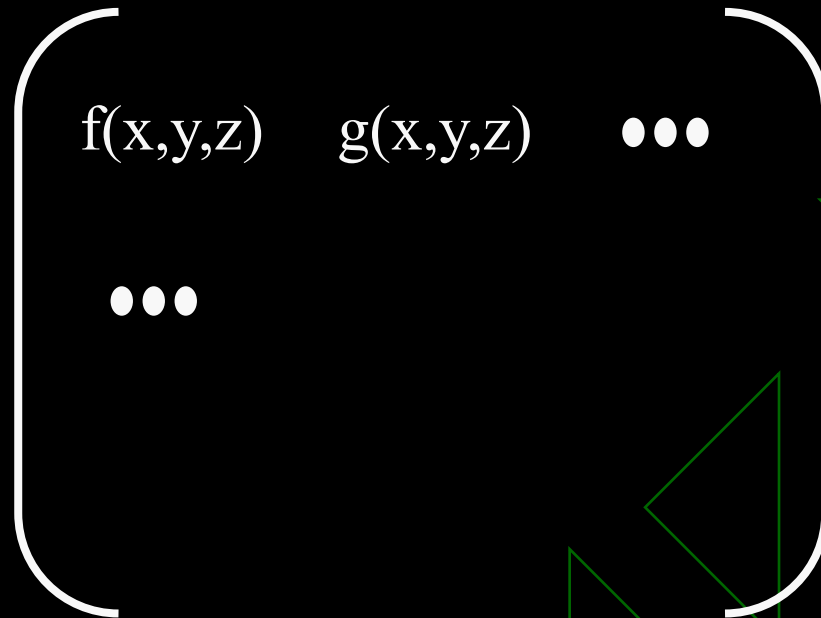
Interface gráfica para Animação de personagens



Shape interpolation

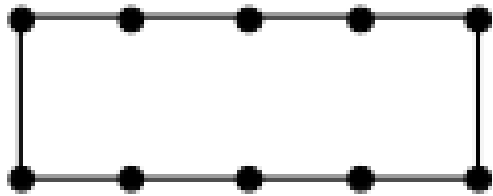


Global Deformations

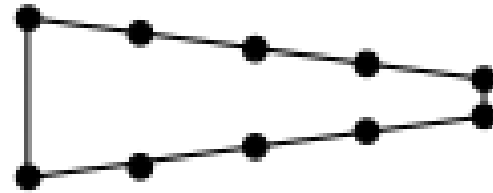

$$\begin{pmatrix} f(x,y,z) & g(x,y,z) & \dots \\ \dots & & \end{pmatrix}$$

Transformation matrix elements - functions of coordinates

Global Deformations - taper



a) original object



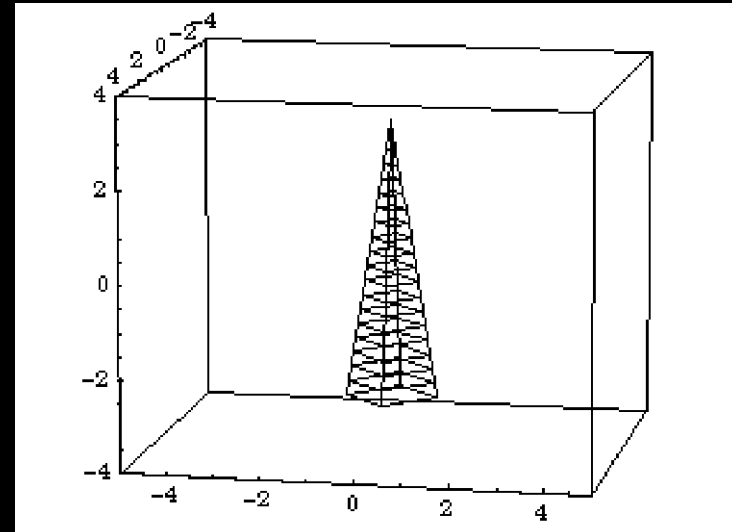
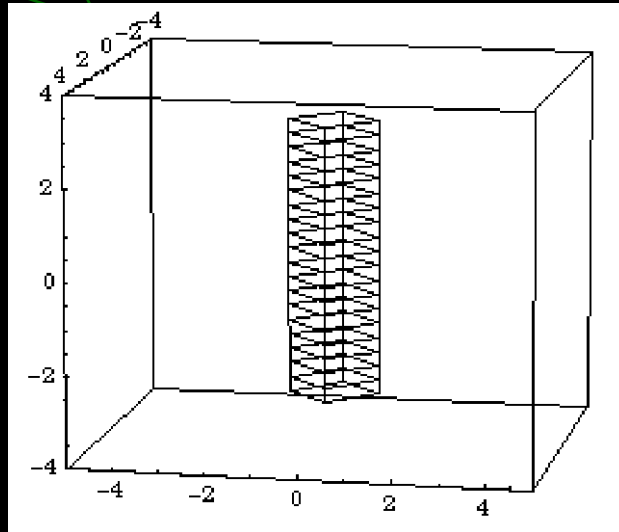
b) tapered object

$$\begin{aligned}x' &= x \\y' &= f(x)\end{aligned}$$

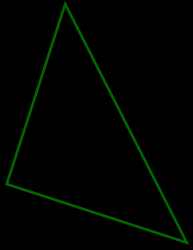
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & f(x) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$P' = M(P) \cdot P$$

Global Deformations - taper



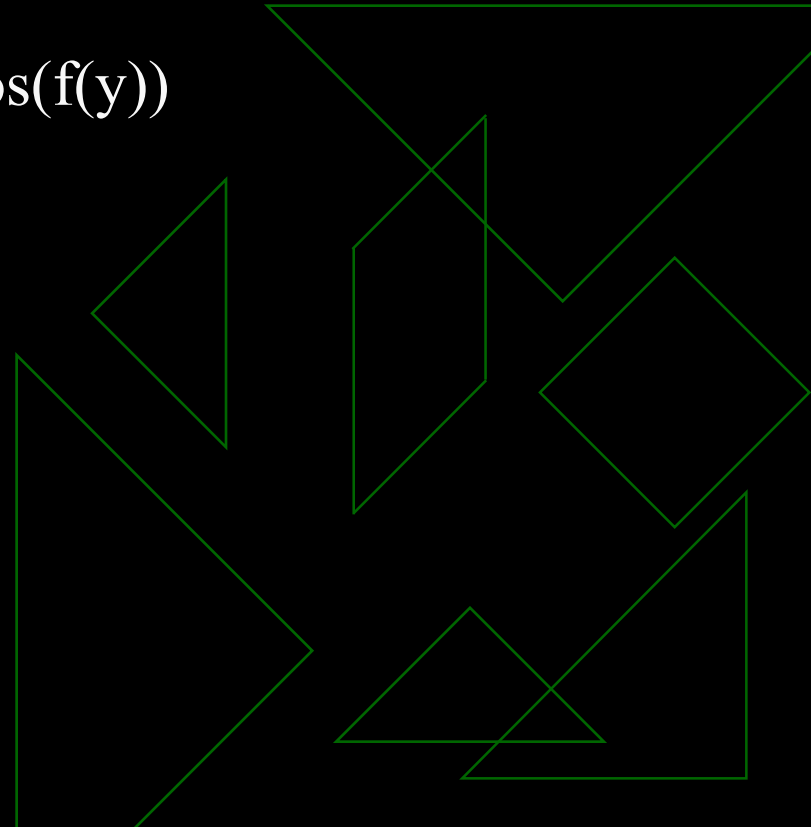
Global Deformations - twist



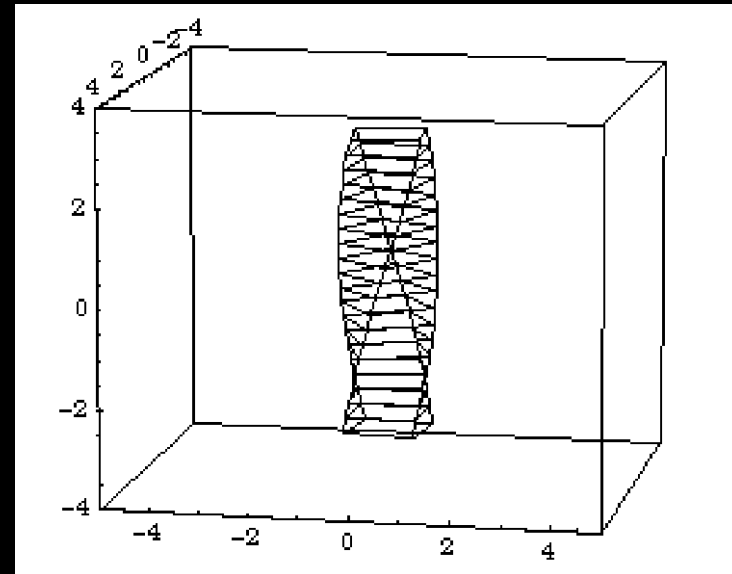
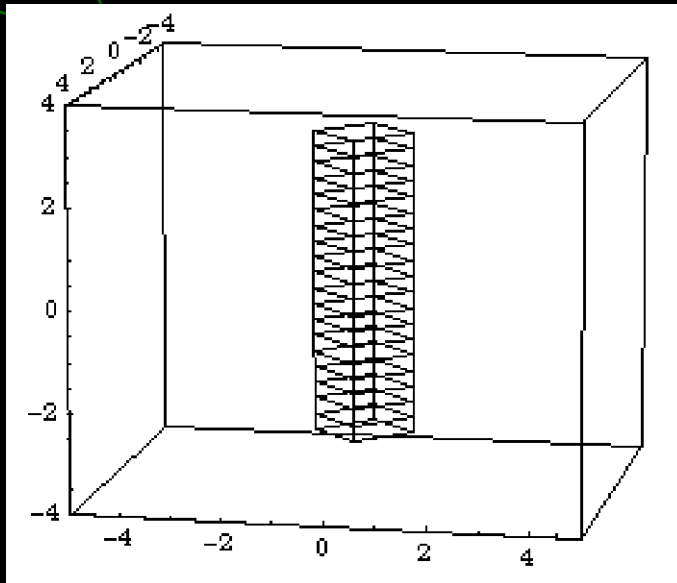
$$x' = x * \cos(f(y)) - z * \sin(f(y))$$

$$y' = y$$

$$z' = x * \sin(f(y)) + z * \cos(f(y))$$



Global Deformations - twist



Global Deformations - rotate

y_0 - center of bend
 $1/k$ - radius of bend
 y_{min} - y_{max} - bend region

$$\hat{y} = \begin{cases} y_{min} & y \leq y_{min} \\ y & y_{min} < y < y_{max} \\ y_{max} & y \geq y_{max} \end{cases}$$

$$\theta = k \cdot (\hat{y} - y_0)$$

$$C_\theta = \cos\theta$$

$$S_\theta = \sin\theta$$

$$x' = x$$

$$y' = \begin{cases} -S_\theta \cdot z - \frac{1}{k} + y_0 \\ -\left(S_\theta \cdot \left(z - \frac{1}{k}\right)\right) + y_0 + C_\theta \cdot (y - y_{min}) \\ \left(-\left(S_\theta \cdot \left(z - \frac{1}{k}\right)\right) + y_0 + C_\theta \cdot (y - y_{max})\right) \end{cases}$$

$$y_{min} \leq y \leq y_{max}$$

$$y < y_{min}$$

$$y > y_{max}$$

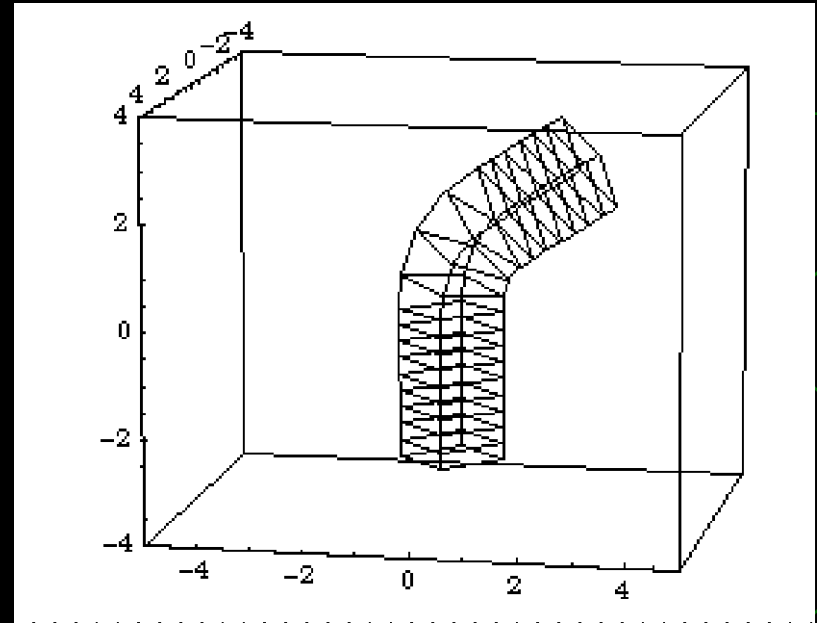
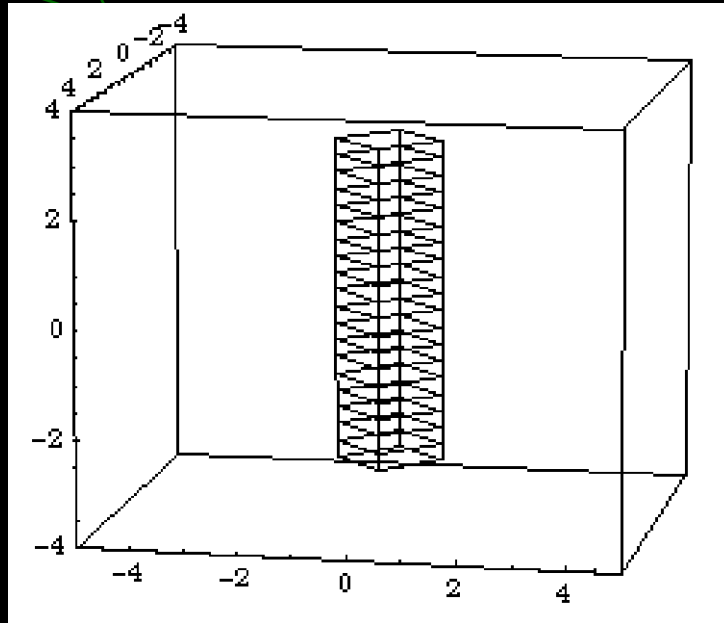
$$z' = \begin{cases} -C_\theta \cdot z - \frac{1}{k} + \frac{1}{k} \\ -\left(C_\theta \cdot \left(z - \frac{1}{k}\right)\right) + \frac{1}{k} + S_\theta \cdot (y - y_{min}) \\ \left(-\left(C_\theta \cdot \left(z - \frac{1}{k}\right)\right) + \frac{1}{k} + S_\theta \cdot (y - y_{max})\right) \end{cases}$$

$$y_{min} \leq y \leq y_{max}$$

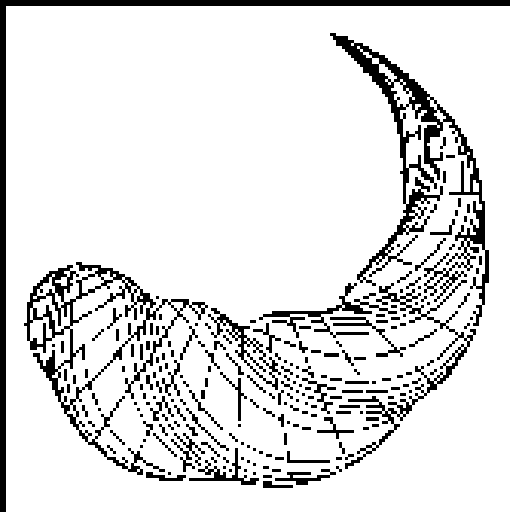
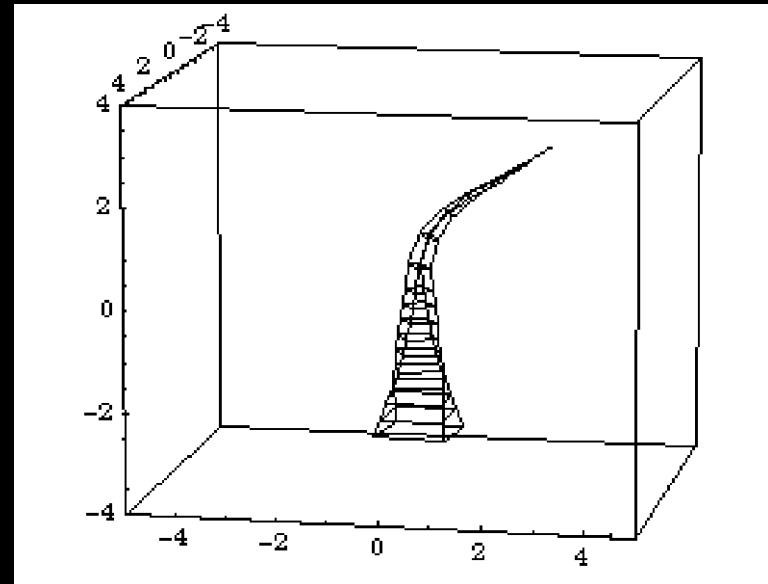
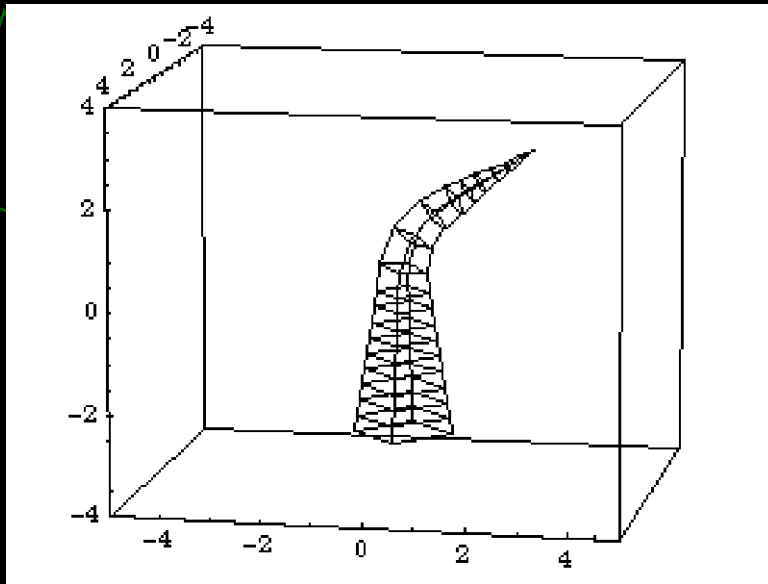
$$y < y_{min}$$

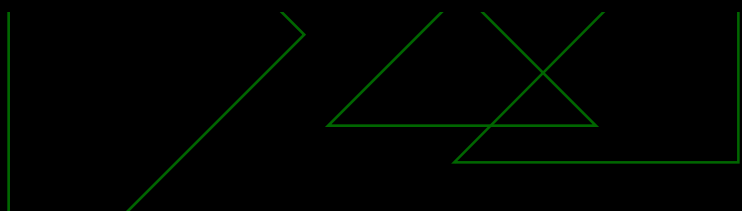
$$y > y_{max}$$

Global Deformations - rotate



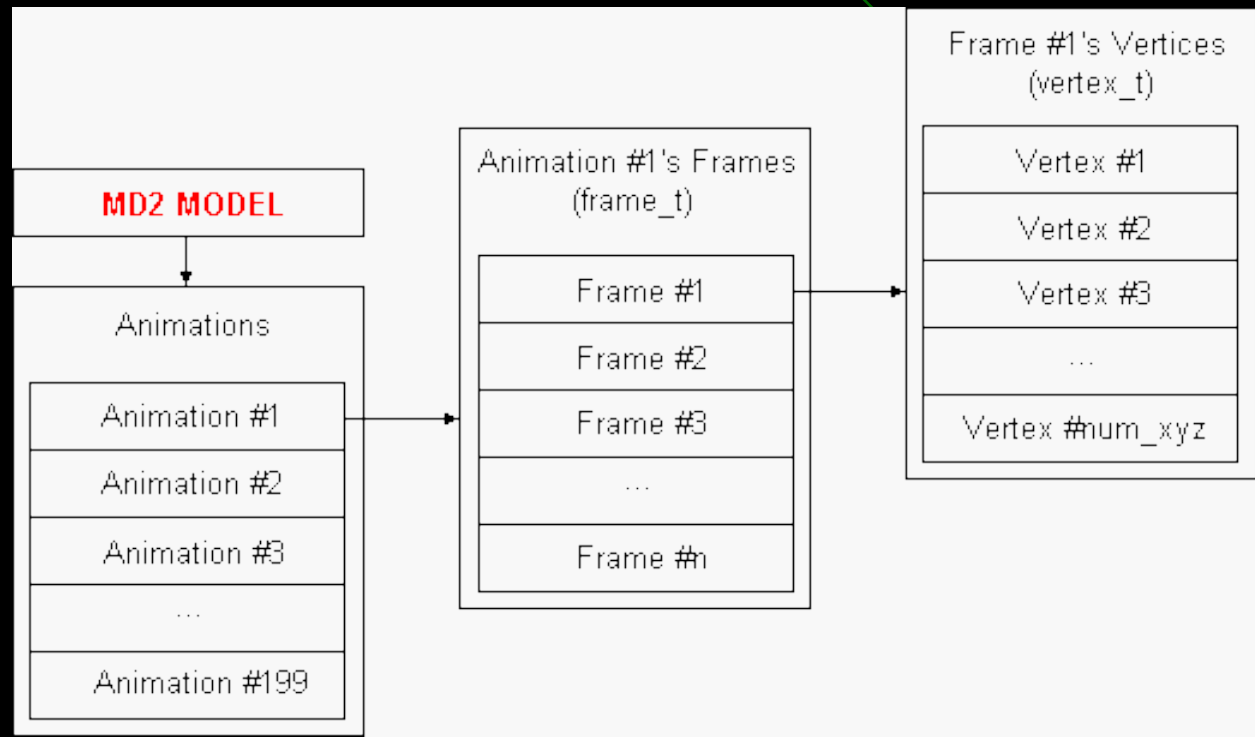
Global Deformations - compound





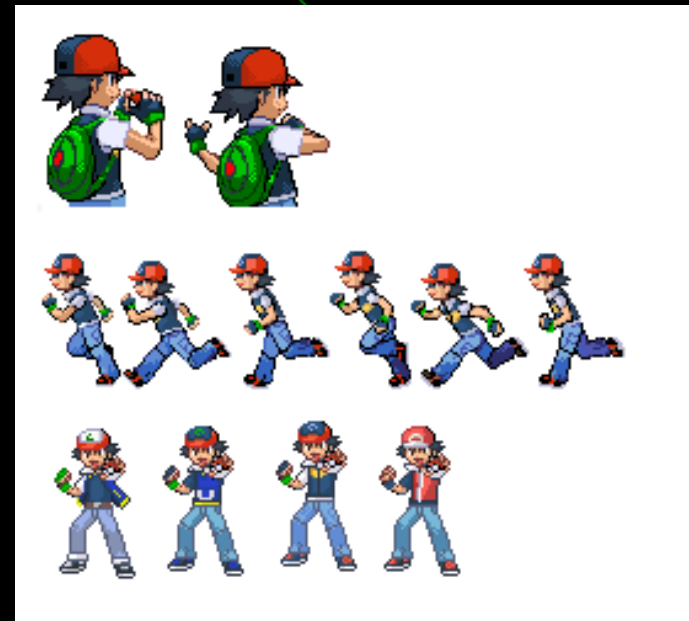
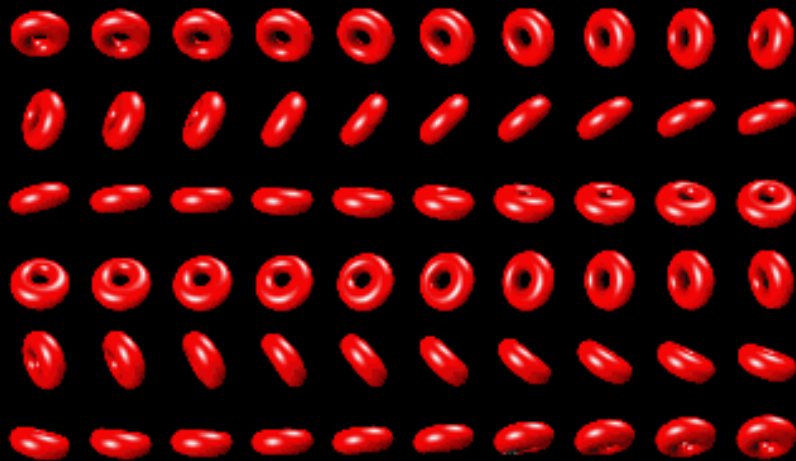
Animação Pré-processada

- ◆ Pré-processada (ex. MD2 – Quake)
 - Lista de vértices que variam em função do tempo



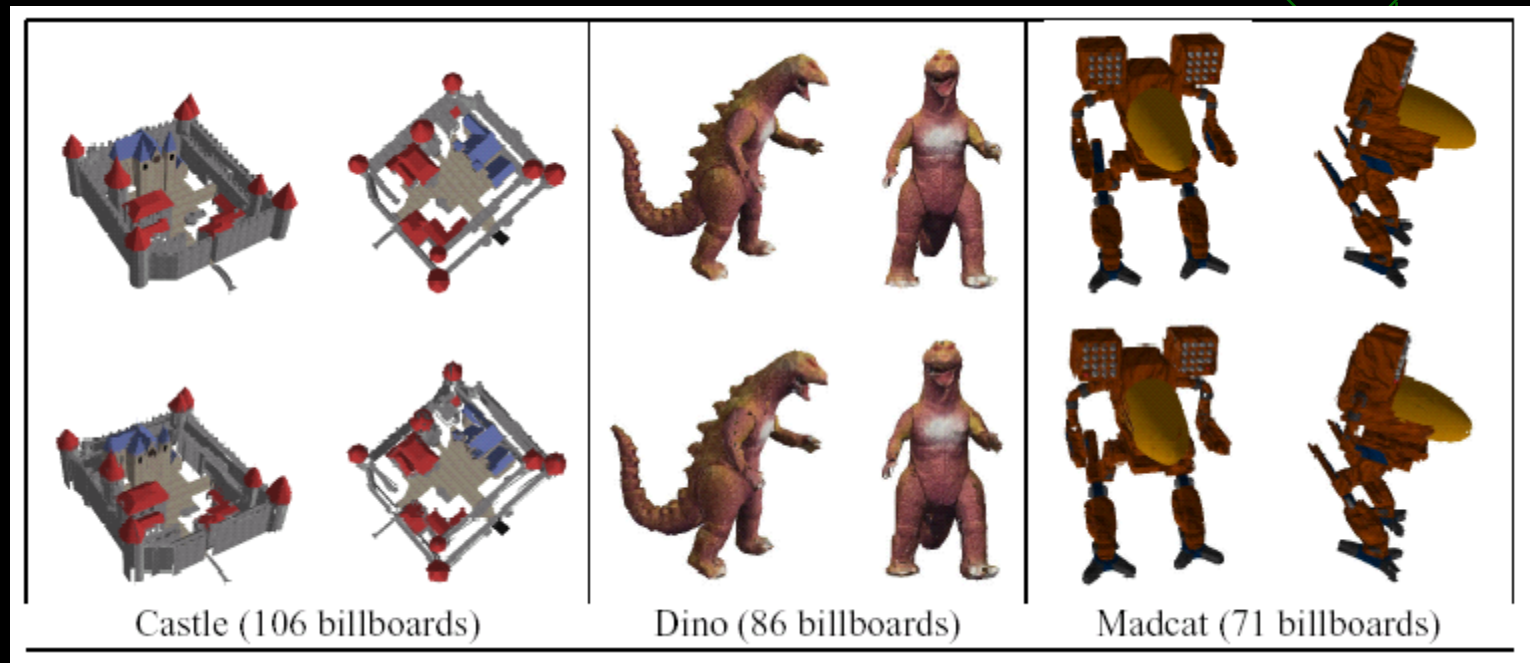
Animação Pré-processada

- ◆ Sprites e sprites animados



Animação Pré-processada

- ◆ Sprites animados
- ◆ Billboards



Animação Pré-processada

Audio-Visual Effects



Hamster

- ◆ 15,000 usable sprite frames, or 30,000 after mirroring



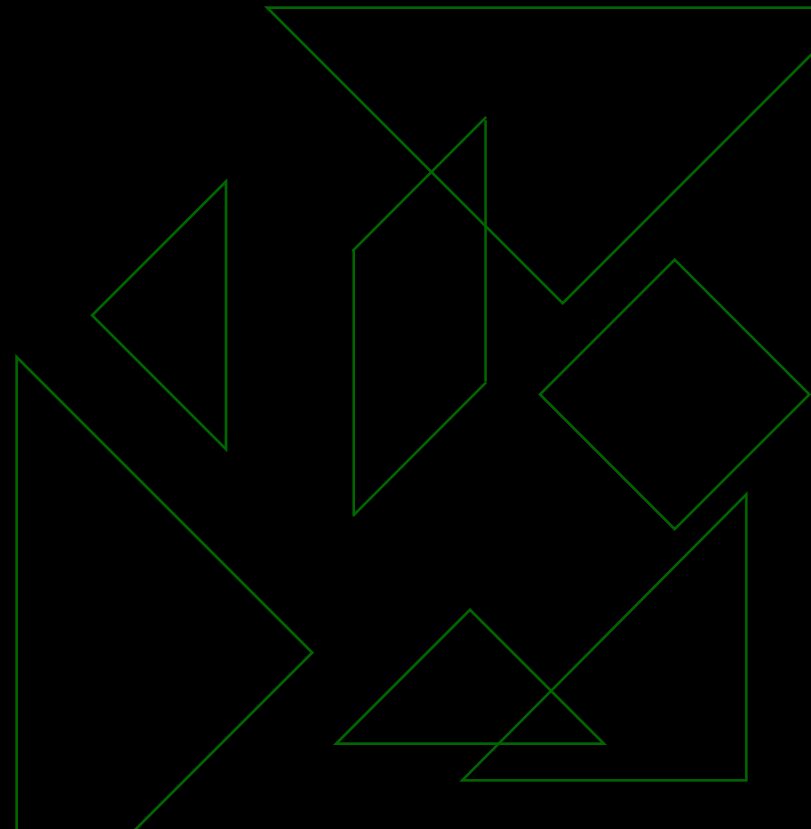


frames, or 30,000



Animação baseada em Física

- ◆ Partículas
- ◆ Corpos rígidos
- ◆ Corpos deformáveis
- ◆ Corpos articulados



Sistema material

- ◆ Composto por partículas ligadas entre si por relações
- ◆ Movimento: variação de posição e orientação



Tipos de movimento

- ◆ Movimento interno (variação de distância entre os pontos internos) – Não existe para corpos rígidos
- ◆ Movimento externo (variação de distância entre os pontos externos)

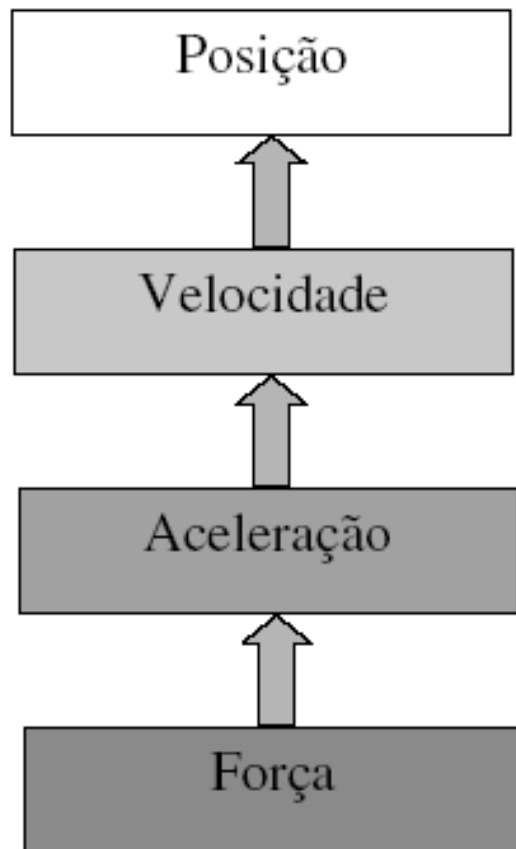
Partículas

- ◆ São corpos que não possuem dimensão
- ◆ Só possuem movimento translacional (não tem CM)



Física

- Animação → Mudança da Posição ao longo do tempo:



$$\mathbf{x} = (x, y)$$

$$\mathbf{v} = (v_x, v_y)$$
$$x = x_0 + v \cdot dt$$

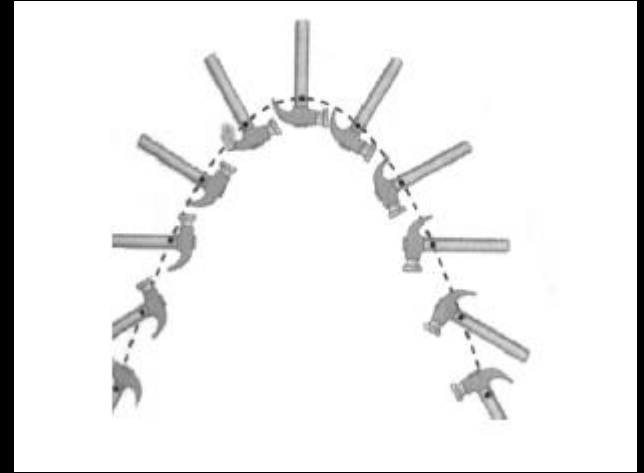
$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} = \dot{\vec{x}}$$

$$\mathbf{a} = (a_x, a_y)$$
$$v = v_0 + a \cdot dt$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \ddot{\vec{x}}$$

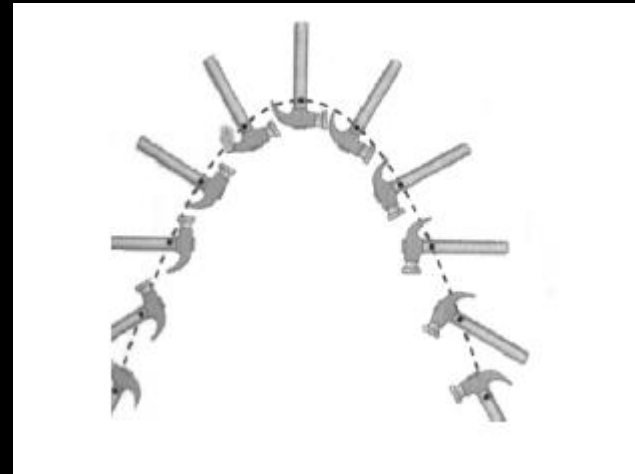
$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

Corpos rígidos



- ◆ Corpos com massa
- ◆ Possuem movimento translacional e rotacional
 - Translacional (como se houvesse somente o CM)
 - Rotacional: física considerando o torque
 - Não possui movimento interno

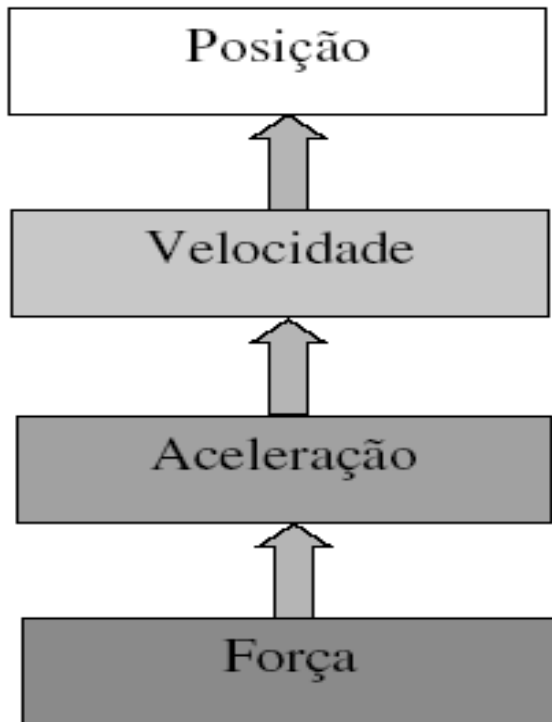
Corpos rígidos



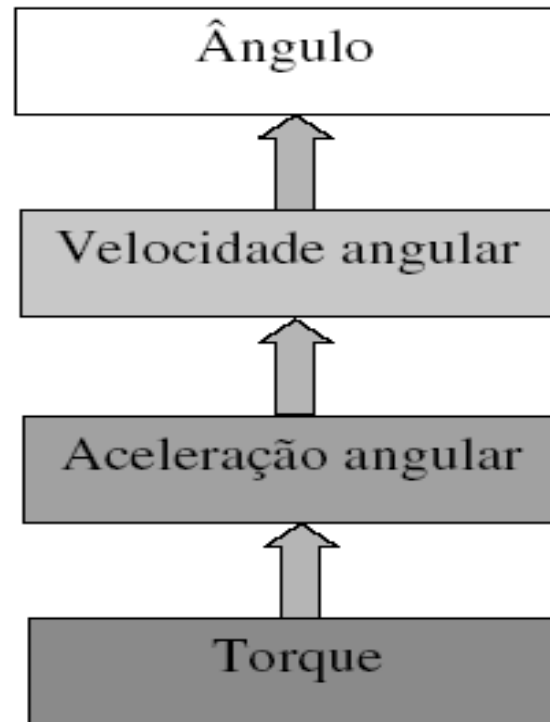
- ◆ Dados do modelo:
 - CM (vetor que descreve a localização do centro de rotação livre)
 - Dimensão (x,y,z)
 - Massa total
 - Distribuição da massa (simétrico ou não)
 - ◆ Para simétricos: calcula movimento translacional
 - ◆ Para assimétricos: calcula produto de inércia

Corpos Rígidos

Translação do
Centro de Massa



Rotação do
Corpo Rígido



$\theta(t)$

ω

$$d\theta/dt = f(\omega)$$

α

$$\omega = \omega_0 + \alpha \cdot dt$$

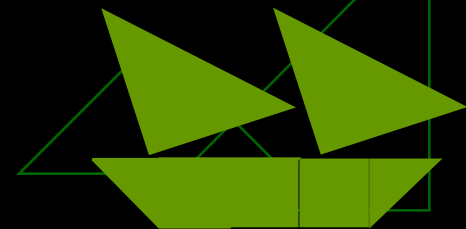
$$\tau = I \cdot \alpha$$
$$\tau = \mathbf{F} \times \mathbf{r}$$

Exemplos de Técnicas de Animação

- ◆ Motion Control
 - Cinemática, dinâmica

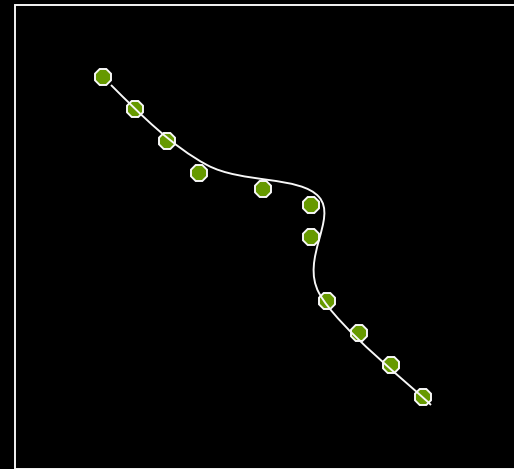
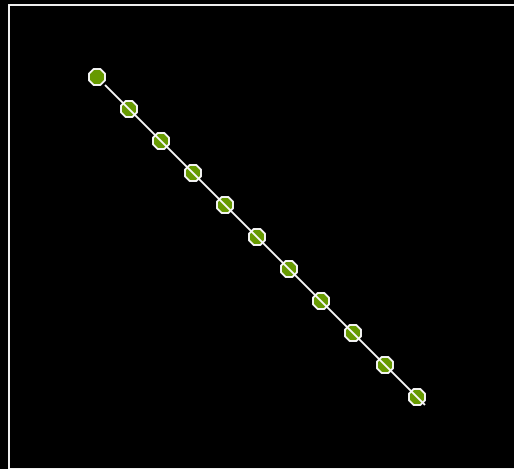


Kacic (2003)



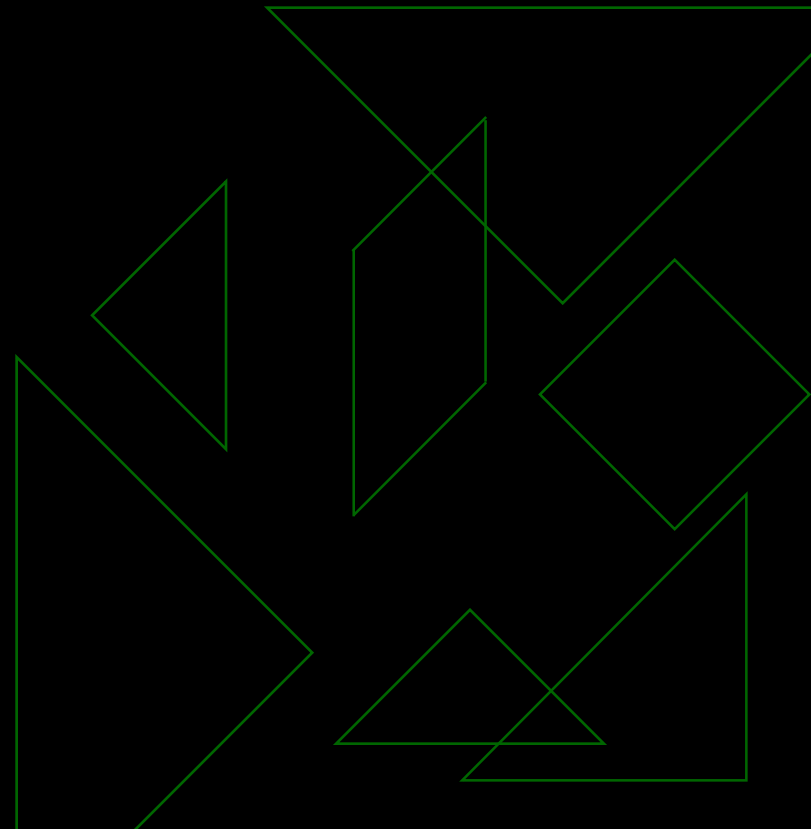
Técnicas de Animação

Corpos deformáveis



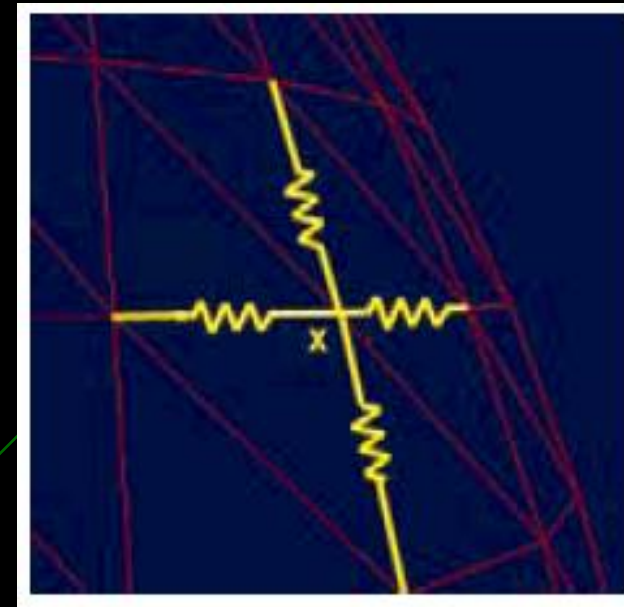
Corpos flexíveis

- ◆ Formado por partículas com 3 DOFs translacionais
- ◆ Existe movimento interno
- ◆ Métodos:
 - Deformação física



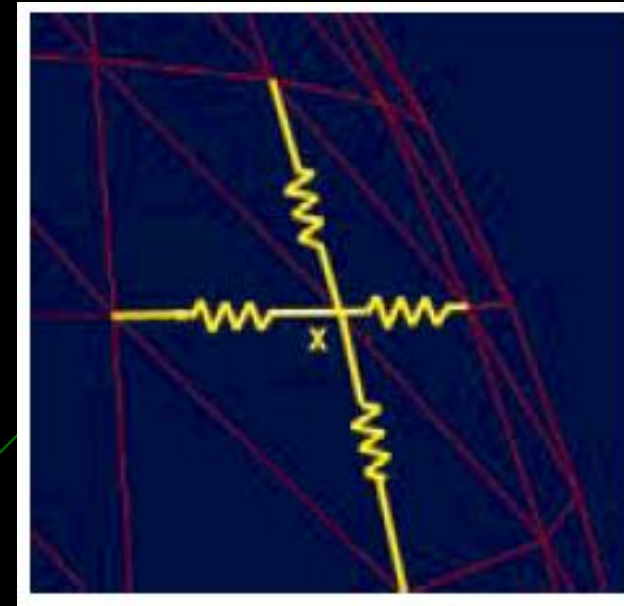
Deformação física: Sistemas Massa-mola

- ◆ Cada vértice representa um ponto de massa
- ◆ Cada aresta representa uma mola
- ◆ O comprimento de repouso das molas corresponde ao comprimento da aresta no instante inicial
- ◆ Atribui-se uma massa a um objeto e esta é distribuída entre seus pontos
- ◆ As constantes das molas também são atribuídas pelo usuário (normalmente usa-se uma única)



Sistemas Massa-mola

- ◆ Forças externas são aplicadas ao objeto globalmente (gravidade, vento, etc.) ou a um vértice específico (forças específicas), forçando seu deslocamento individual
- ◆ •Problemas:
 - *o efeito da aplicação de uma força externa se propaga lentamente pelo objeto (Δt)*
 - *Número de vértices e comprimento das arestas influenciam no resultado final*
 - *Distribuição dos vértices também influencia*



Sistema Massa-mola: exemplo

◆ Instante t0

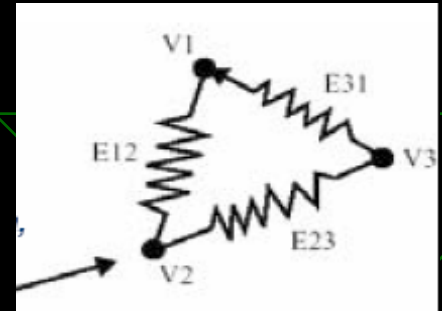
- A força momentânea F é aplicada sobre $V2$
- Calcula-se a aceleração em $V2$ e, em seguida, a velocidade e nova posição em $V2$

◆ Instante t1

- $V2$ sofre força das molas $E12$ e $E23$
- $V1$ sofre força da mola $E12$
- $V3$ sofre força da mola $E23$

◆ Instante t2

- $V2$ sofre força de $E12$ e $E23$
- $V1$ sofre força de $E12$ e $E31$
- $V3$ sofre força de $E23$ e $E31$



$$F_{\text{MOLA}i} = -km \cdot (P_f - P_r)$$

* $-km$ = elasticidade da mola

* P_f = Ponto de extremidade fixa

* P_r = Ponto de repouso

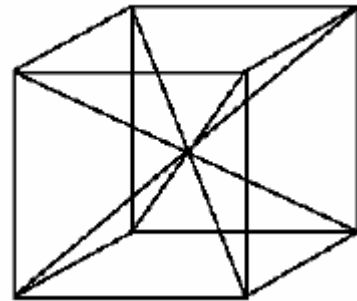
Amortecedores:

- ◆ Cria uma força na direção oposta a força gerada pela mola e é proporcional a velocidade.

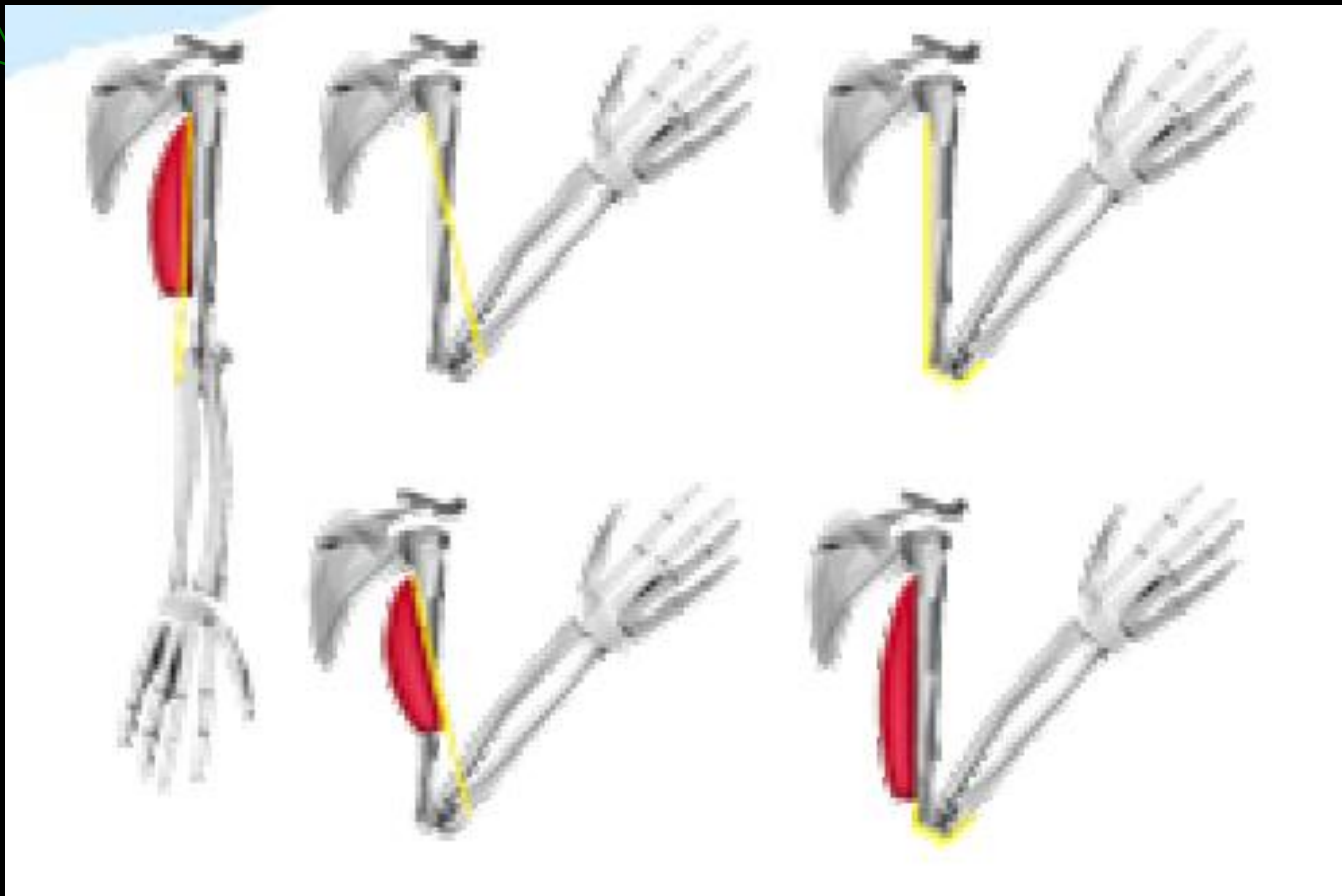


$$F_i^{\text{damper}} = -k_d \cdot v_i(t)$$

- ◆ Podem ser usados como uma forma de controlar o volume de um sólido

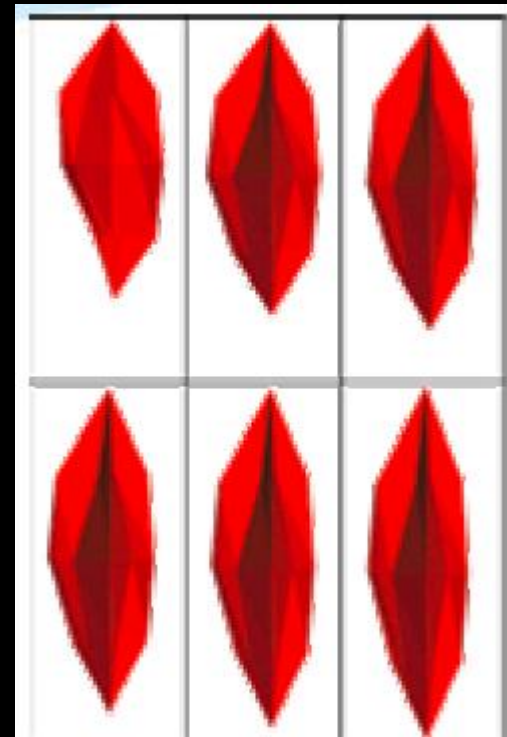
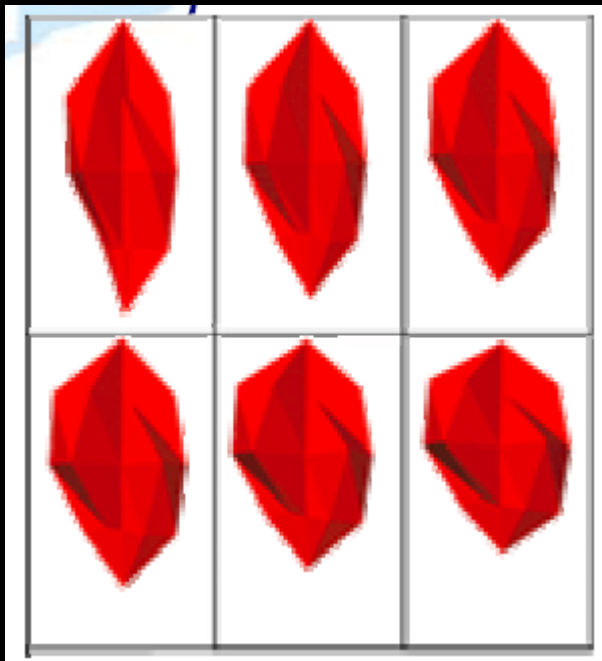


Exemplo em Músculos:



Exemplo de modelo completo de forças

◆ $F_{\text{result}} = F_{\text{grav}} + F_{\text{ext}} + F_{\text{elast}} + F_{\text{curvatura}} + F_{\text{colisão}} + F_{\text{restrição}} + F_{\text{atrito}}$



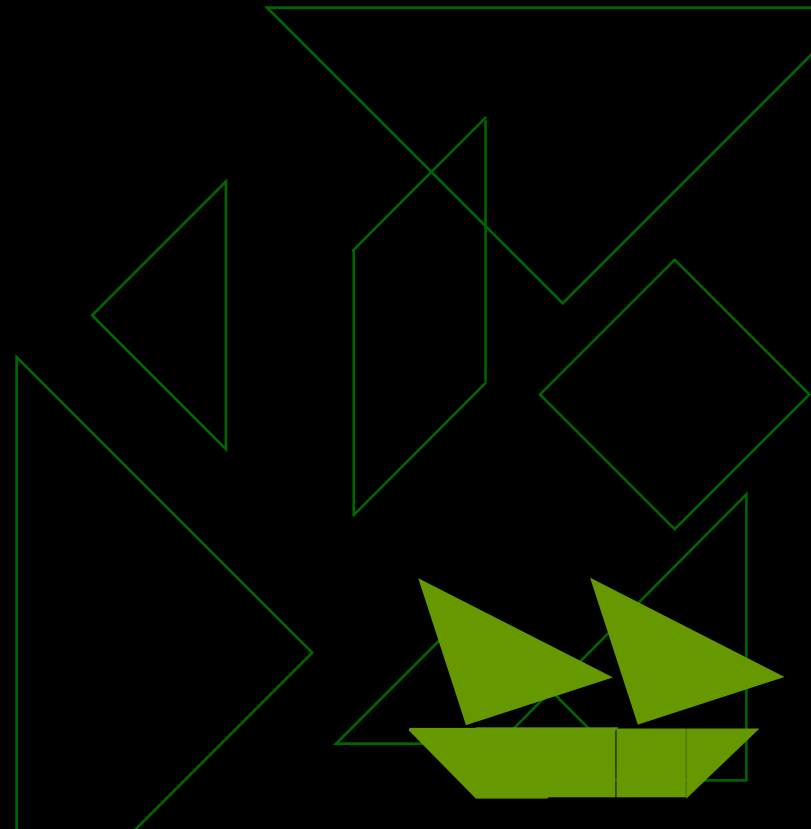
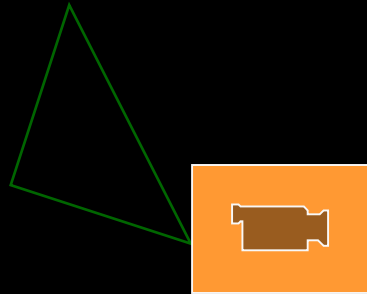
Técnicas de Animação

Superfícies Flexíveis

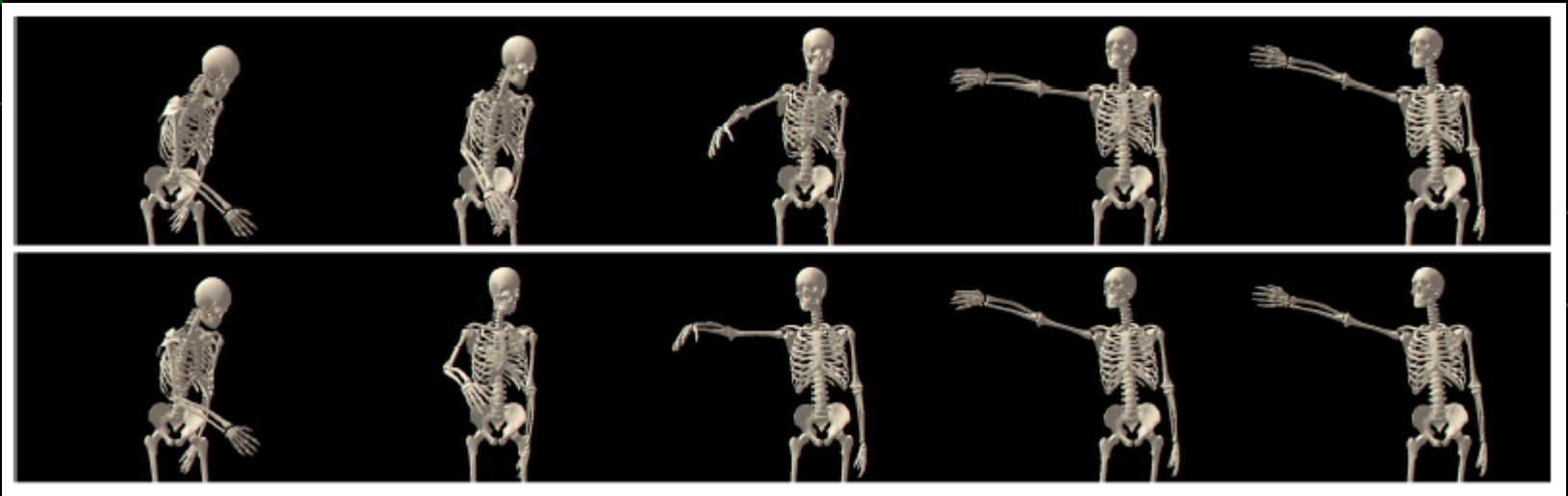


A Bela e a Fera

Técnicas de Animação



Corpos Articulados



Vídeo: TwistSequence

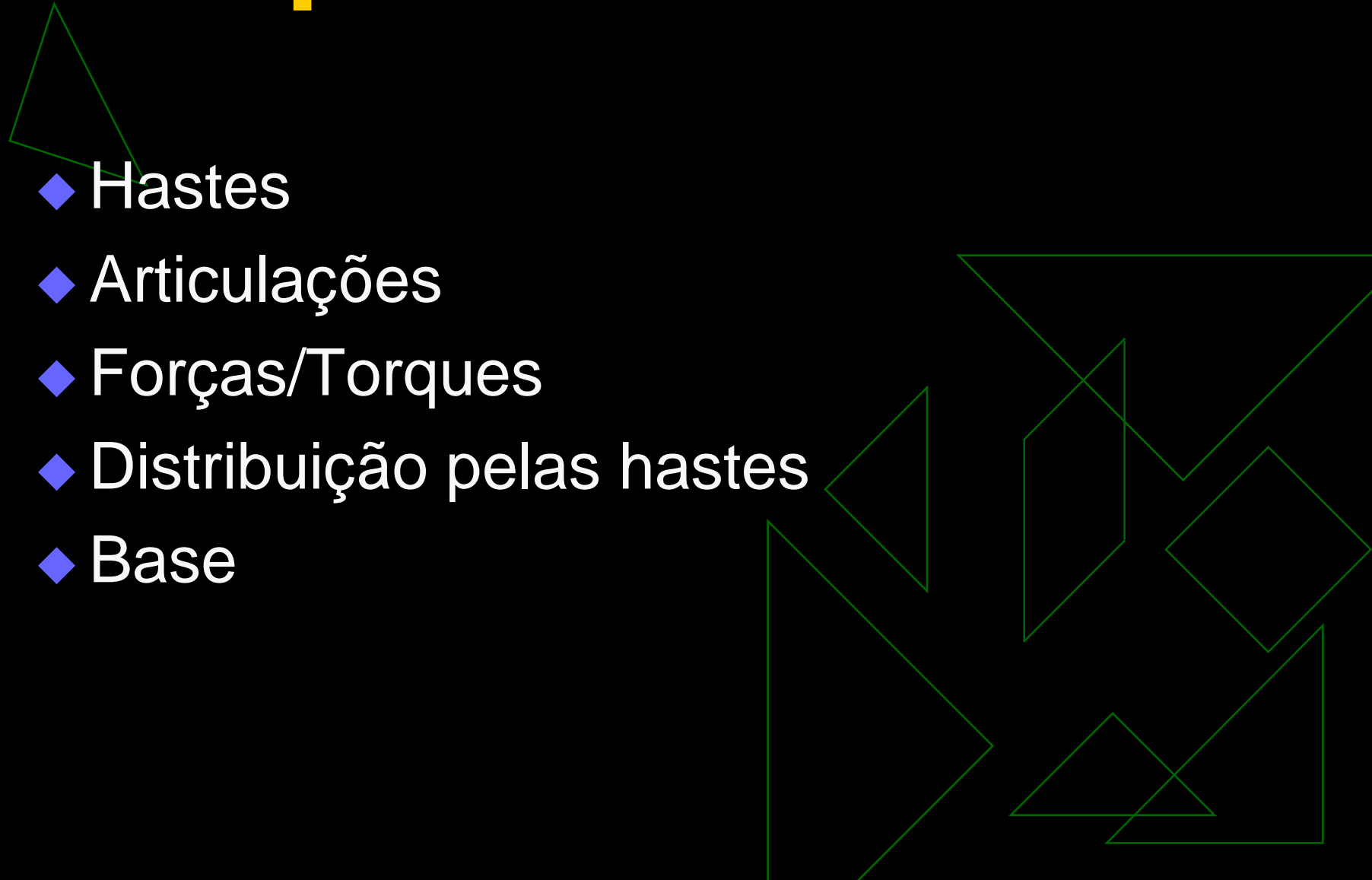
Customização de captured motion



Twist (2003)

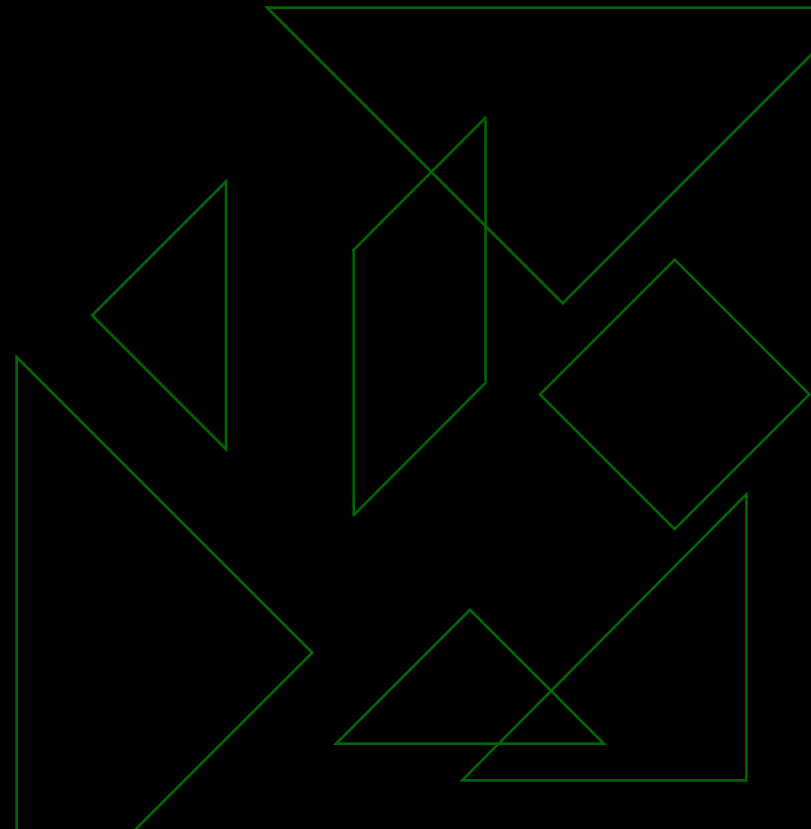
Corpos Articulados

- ◆ Hastes
- ◆ Articulações
- ◆ Forças/Torques
- ◆ Distribuição pelas hastes
- ◆ Base



Corpos Articulados

- ◆ Sistema livre
- ◆ Sistema Vinculado
- ◆ Vínculos:
 - Internos
 - Externos



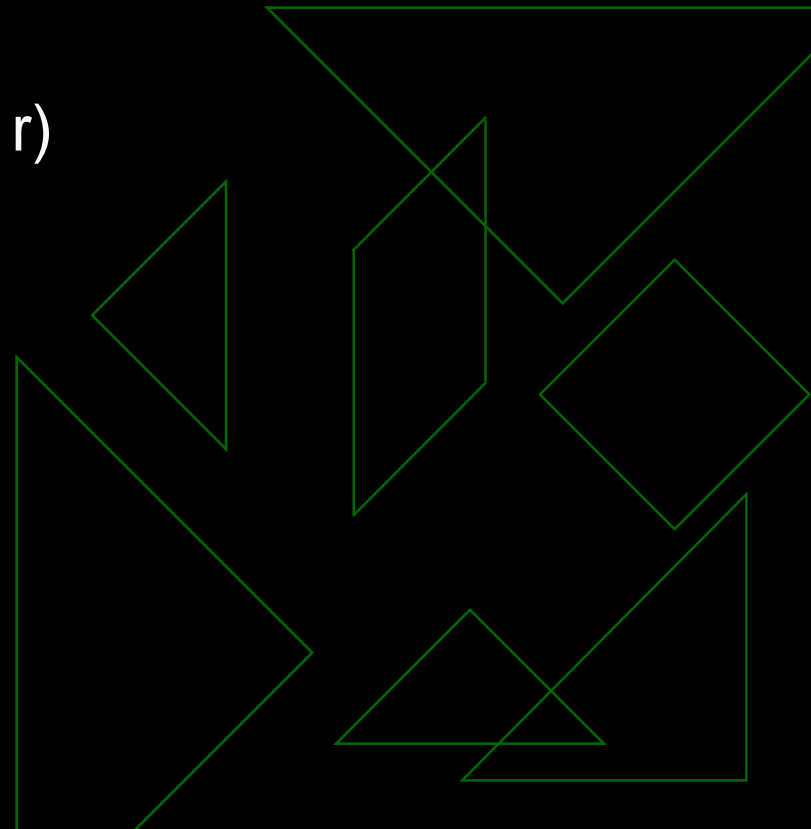
Corpos Articulados

- ◆ Tipos de vínculos:
 - Vínculos translacionais
 - ◆ Apoio simples (1 DOF t)
 - ◆ Apoio duplo (2 DOF t)
 - ◆ Livre (3 DOF t)
 - ◆ Sem translação (0 DOF t)



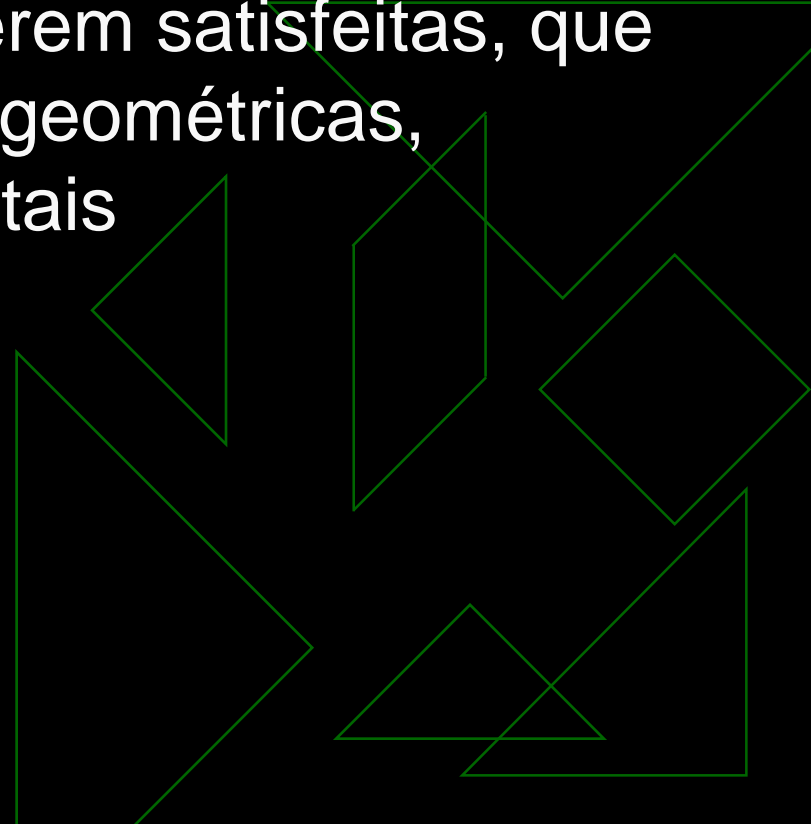
Corpos Articulados

- ◆ Tipos de vínculos:
 - Vínculos rotacionais
 - ◆ Rotação simples (1 DOF r)
 - ◆ Rotação dupla (2 DOF r)
 - ◆ Livre (3 DOF r)
 - ◆ Sem rotação (0 DOF r)



Corpos articulados

- ◆ Método baseado em restrição
 - Conjunto de regras a serem satisfeitas, que estabelecem restrições geométricas, físicas ou comportamentais



Corpos articulados: Física

◆ Cinemática

■ Cinemática direta:

- ◆ Tem velocidade inicial e calcula variação de posição
- ◆ Dificuldade de controle

■ Cinemática inversa:

- ◆ Tem posição final e calcula velocidade inicial
- ◆ Melhor controle, mas pode possuir infinitas soluções

Corpos articulados: Física

◆ Dinâmica

■ Dinâmica direta:

- ◆ Especifica força e calcula torque, acelerações angulares e lineares, velocidades e deslocamentos

■ Dinâmica inversa:

- ◆ Tem posição final e calcula força inicial

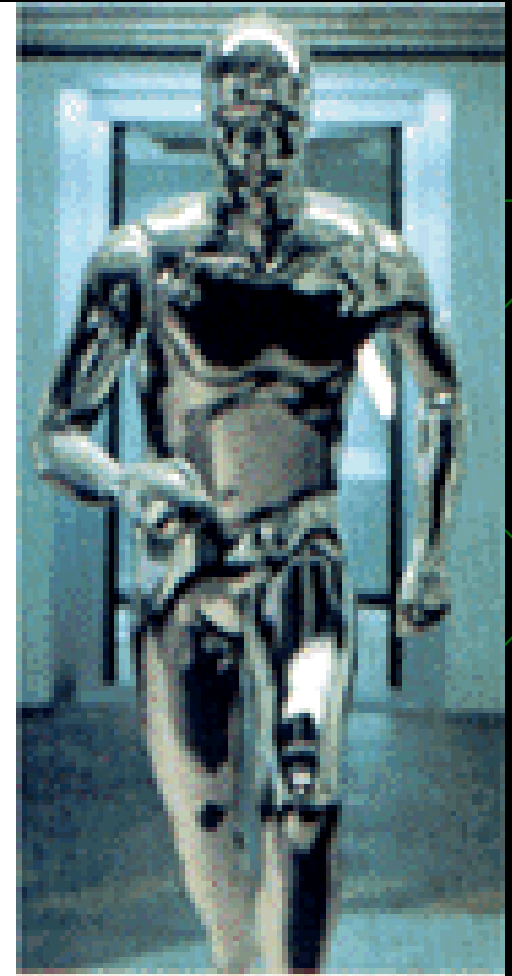
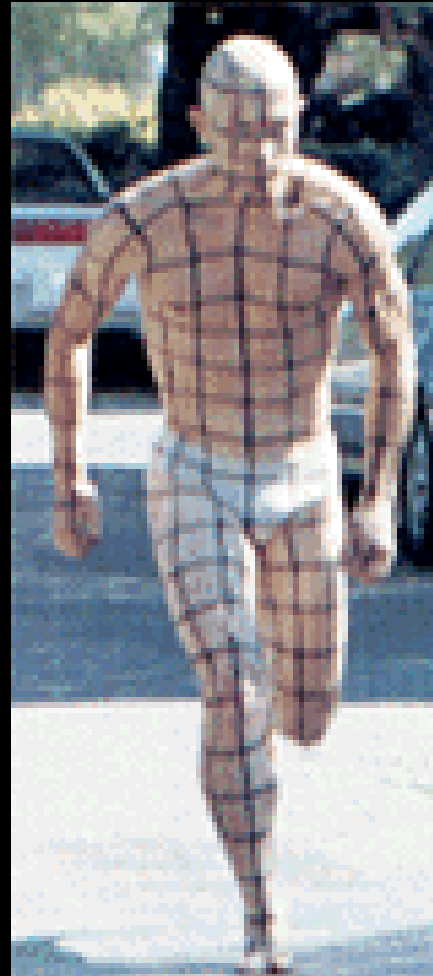
■ Princípio das reações vinculares:

- ◆ Para construir o vínculo, anulando os movimentos que não se deseja
 - Ex: If $F_x \neq 0$ && $DOF_x = 0$
 - ◆ Then $F_x = 0$

PDA

- ◆ Rotoscopia

Terminator II (1991)



PDA

- ◆ Motion Capture



PDA in faces

- ◆ Performance-driven
 - Captura de pessoas reais
 - ◆ MOCAP
 - ◆ Visão Computacional
 - Com ou sem marcadores
 - Uma ou mais câmeras

