

PyParticles

Simulador Numérico de Partículas

Bismarck Gomes Souza Júnior

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 10 de novembro de 2016

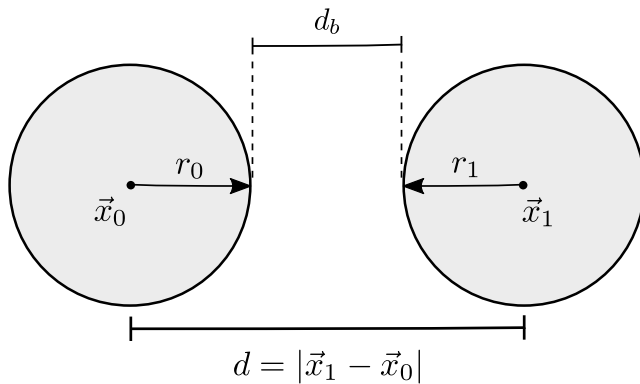
Sumário

- 1 Formulação Matemática
- 2 Metodologia Numérica
- 3 Modelagem Computacional
- 4 Exemplos Práticos

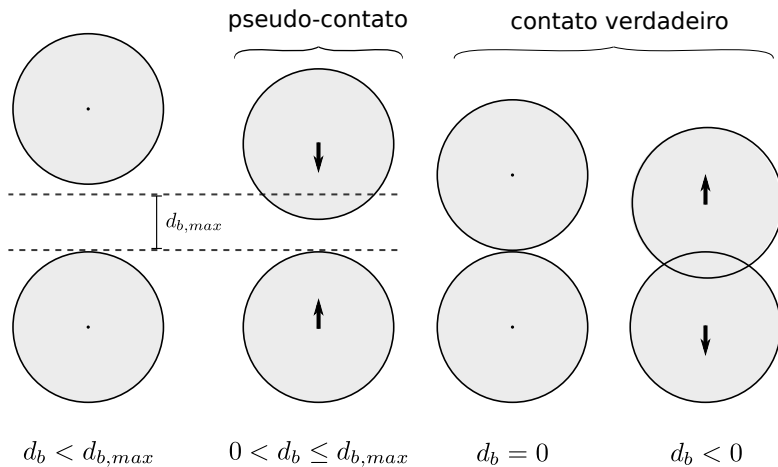
Sumário

- 1 **Formulação Matemática**
 - Definições
 - Tipos de Contato
 - Forças no Contato
 - Força Resultante
- 2 Metodologia Numérica
- 3 Modelagem Computacional
- 4 Exemplos Práticos

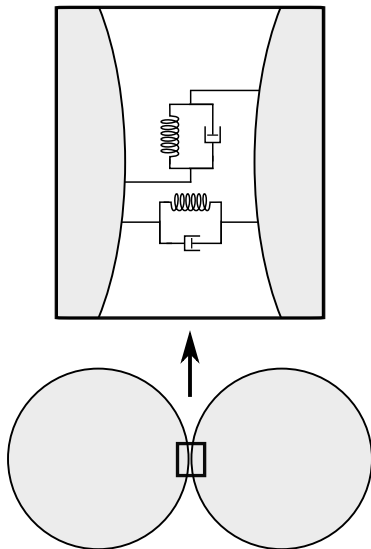
Definições



Tipos de Contato



Forças no Contato



Forças no Contato

Força Normal

$$\vec{F}_n = \hat{n} |\vec{F}_n|$$

Vetor normal

$$\hat{n} = \frac{\vec{x}_1 - \vec{x}_0}{|\vec{x}_1 - \vec{x}_0|}$$

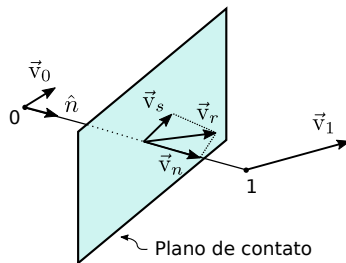
Módulo da força

$$|\vec{F}_n| = \begin{cases} -k_{nr}d_b & , d_b < 0 \\ +k_{na}d_b & , 0 < d_b < d_{b,max} \\ 0 & , d_b > d_{b,max} \end{cases}$$

Forças no Contato

Força Cisalhante

$$\vec{F}_s = k_s \vec{v}_s \Delta t_c \quad || \quad \vec{F}_s = \mu \left| \vec{F}_n \right| \frac{\vec{F}_s}{\left| \vec{F}_s \right|}$$



Forças no Contato

Força de Amortecimento Normal

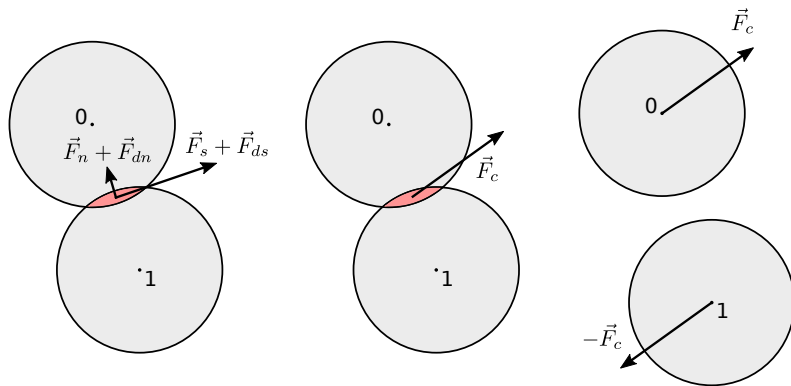
$$\vec{F}_{dn} = -2\beta_n \vec{v}_n \sqrt{m_c k_n}$$

Força de Amortecimento Cisalhante

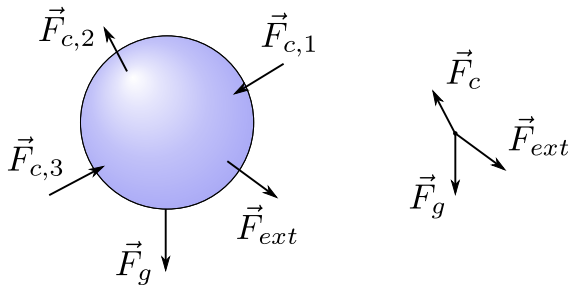
$$\vec{F}_{ds} = -2\beta_s \vec{v}_s \sqrt{m_c k_n}$$

$$m_c = \frac{m_0 m_1}{m_0 + m_1}$$

Forças no Contato



Força Resultante

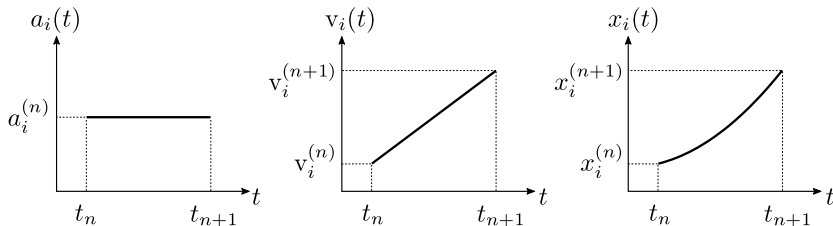


$$\vec{F}_R = m\vec{a} = \vec{F}_c + \vec{F}_g + \vec{F}_{ext}$$

Sumário

- 1 Formulação Matemática
- 2 Metodologia Numérica
 - Deslocamento das Partículas
 - Aceleração das Partículas
 - Velocidade das Partículas
 - Busca de Contatos
- 3 Modelagem Computacional
- 4 Exemplos Práticos

Deslocamento das Partículas

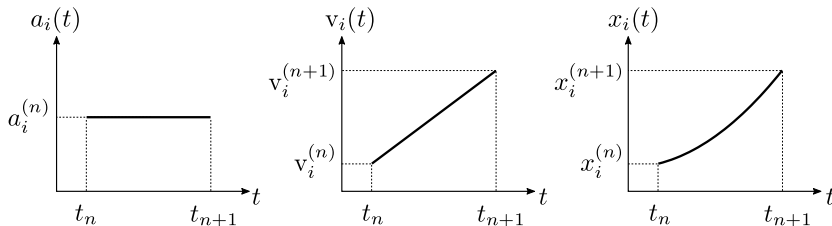


$$\ddot{x}(t) = a$$

$$\dot{x}(t) - \dot{x}(t_n) = a(t_n) \cdot (t - t_n)$$

$$\vec{x}^{(n+1)} = \vec{x}^{(n)} + \vec{v}^{(n)} \Delta t + \frac{1}{2} \vec{a}^{(n)} (\Delta t)^2$$

Deslocamento das Partículas

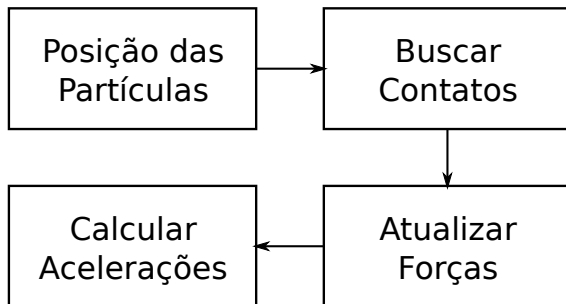


$$\ddot{x}(t) = a$$

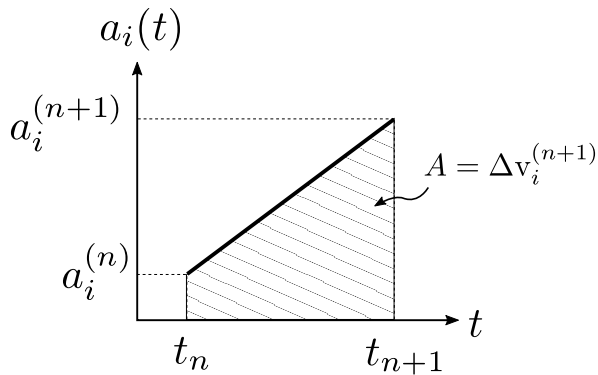
$$\dot{x}(t) - \dot{x}(t_n) = a(t_n) \cdot (t - t_n)$$

$$\vec{x}^{(n+1)} = \vec{x}^{(n)} + \vec{v}^{(n)} \Delta t + \frac{1}{2} \vec{a}^{(n)} (\Delta t)^2$$

Aceleração das Partículas

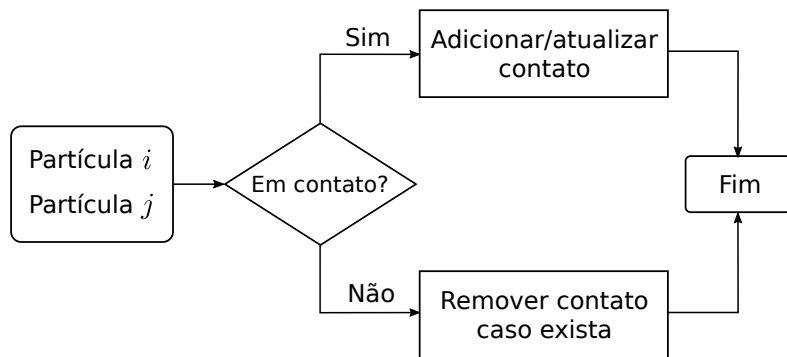


Velocidade das Partículas



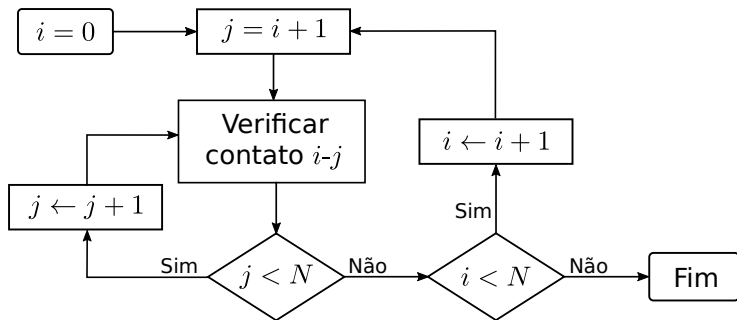
$$\vec{v}^{(n+1)} = \vec{v}^{(n)} + \Delta \vec{v}^{(n+1)}$$

Verificação de Contatos



$$d_b = |\vec{x}_1 - \vec{x}_0| - r_1 - r_0 < d_{b,max}$$

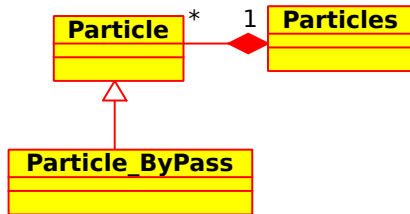
Busca de Contatos



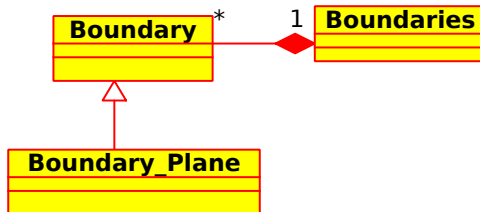
Sumário

- 1 Formulação Matemática
- 2 Metodologia Numérica
- 3 Modelagem Computacional**
 - Partículas
 - Fronteiras
 - Contatos
 - Forças
 - Simulador
- 4 Exemplos Práticos

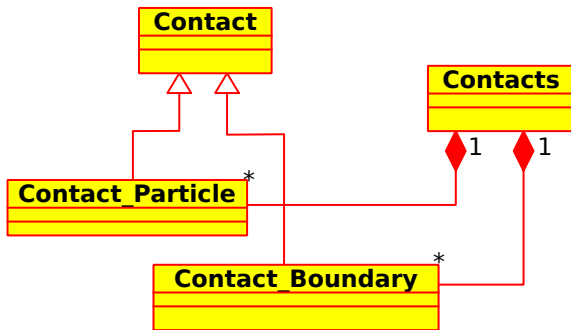
Partículas



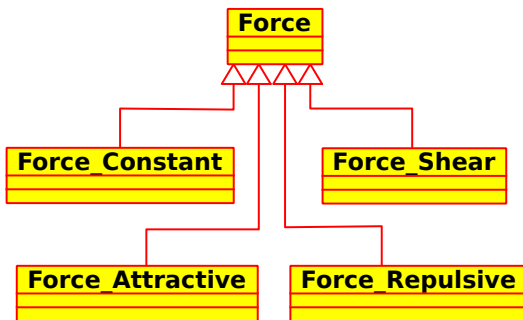
Fronteiras



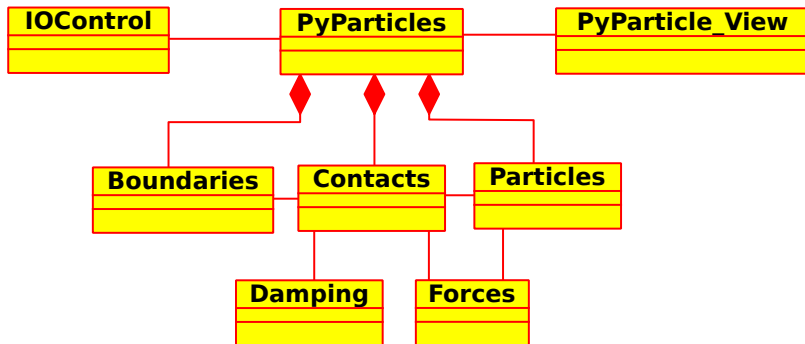
Contatos



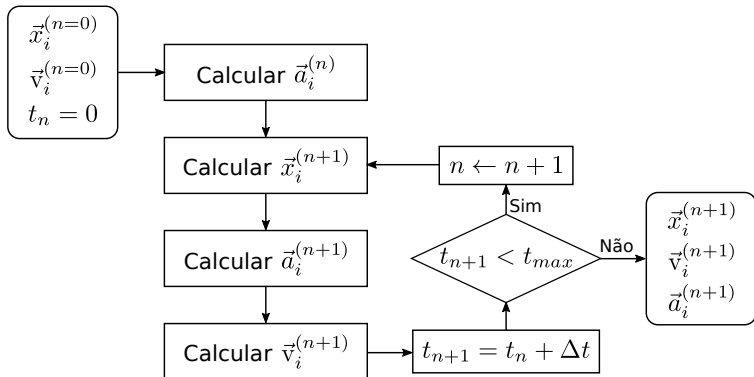
Forças



Simulador



Fluxograma de Execução



Sumário

- 1 Formulação Matemática
- 2 Metodologia Numérica
- 3 Modelagem Computacional
- 4 Exemplos Práticos**

Exemplos Práticos

