



## SIMULAÇÕES EM MECÂNICA CLÁSSICA USANDO A FERRAMENTA GODOT

Alyson L. NETO<sup>1</sup>; Régis F. GONTIJO<sup>2</sup>

### RESUMO

Neste trabalho serão simulados em ambientes 2D e 3D fenômenos envolvendo mecânica clássica, incluindo lançamentos horizontais, verticais e em planos inclinados, com ou sem resistência do ar e atrito, problemas envolvendo conservação da energia e conservação do *momentum* linear e angular. A ferramenta a ser utilizada para a realização das simulações é o GODOT, uma *engine* para desenvolvimento de jogos e cenários interativos.

**Palavras-chave:** simulação, mecânica clássica, modelagem matemática

### 1. INTRODUÇÃO

A simulação de fenômenos físicos utilizando tecnologias computacionais é uma importante ferramenta para apoio didático no ensino de Física, Matemática e Ciências Exatas e Engenharias, bem como para a realização de pesquisa básica e aplicada. Há inúmeros simuladores disponíveis na internet desde a década de 1990 para apoio didático no ensino de Física, geralmente utilizando ambientes em 2D. Algumas ferramentas apresentam recursos de simulação em 3D, sendo estas em quantidade bem mais limitada, devido à maior complexidade de desenvolvimento e implementação de interfaces gráficas para tal finalidade.

A ferramenta GODOT é uma IDE voltada predominantemente para implementação de jogos e ambientes 2D e 3D. A escrita de código é feita geralmente em *gdscript*, uma linguagem própria baseada em *python*. GODOT é um ambiente orientado a objetos e multiplataforma, sendo suportado em web, Linux, BSD, Windows, Android, MacOS e IOS (LINIETSKY e MANZUR, 2024).

### 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A queda livre para pequenas alturas consiste de um movimento uniformemente variado na componente vertical  $y$  e um movimento uniforme para a componente horizontal  $x$ . As posições  $x$  e  $y$  e componente vertical da velocidade  $v_{0y}$  são apresentadas, respectivamente, nas Equação 1, 2 e 3.

$$x(t) = x_0 + vt \quad (\text{Equação 1})$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (\text{Equação 2})$$

$$v_y(t) = v_{0y} - gt \quad (\text{Equação 3})$$

1 Aluno de iniciação científica voluntária – IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes. E-mail: cleandesenhista@gmail.com.

2 Orientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: regis.gontijo@ifsuldeminas.edu.br.

Na queda com resistência do ar, a força de arrasto, em primeira aproximação, depende linearmente da velocidade, conforme a seguinte expressão para a 2ª Lei de Newton (Equação 4):

$$m \ddot{y} = -mg - k \dot{y} \quad (\text{Equação 4})$$

A solução da Equação 4 é uma velocidade vertical exponencialmente convergente com o tempo, ou seja, em algum instante atinge-se a velocidade terminal, fazendo com que a aceleração se anule pois a força de arrasto e o peso terão o mesmo módulo, porém com sinais opostos (THORNTON e MARION, 2004).

O movimento de rolamento sem deslizamento de uma esfera no plano inclinado também é uniformemente variado. Sua análise é supostamente atribuída a Galileu Galilei, apesar de haver controvérsias sobre se ele poderia ter realizado tais medidas com precisão de aproximadamente 0,1s naquela época (SHERMAN, 1974).

Um jogo de bilhar/sinuca pode ser considerado como um sistema de vários corpos interagindo entre si e também com as paredes de uma caixa. Neste problema, as variáveis a serem consideradas são as coordenadas generalizadas das partículas, como posições e velocidades ou os conjuntos formados pelas energias cinéticas e quantidades de movimento destes corpos. Havendo conservação do *momentum* linear nas interações de uma determinada partícula com uma das paredes do sistema, ocorre inversão da componente da velocidade perpendicular à superfície e manutenção da componente paralela à superfície, o que é geometricamente idêntico ao fenômeno de reflexão de uma onda (KRAPAS et al, 2007).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho utiliza-se a ferramenta GODOT, uma *engine* para desenvolvimento de jogos em 2D e 3D. Os fenômenos a serem simulados são problemas envolvendo mecânica clássica.

Cada problema a ser resolvido compreende a representação visual e algorítmica de forma interativa, incluindo os respectivos cálculos matemáticos, dentro de uma determinada precisão desejada. Considera-se também as limitações impostas em cada modelo, que podem ser informadas ao usuário final através da interface gráfica e das equações, ou por meio de um texto descritivo.

Na simulação referente à queda livre o usuário deve fornecer as condições iniciais de altura, do vetor velocidade inicial e da massa da partícula. Para o movimento com resistência do ar, deve-se implementar um parâmetro de arrasto, cujo valor pode também ser alterado pelo usuário. Porém, duas limitações serão consideradas: o fornecimento de alguns valores fixos de coeficientes de arrasto referentes a determinadas geometrias da secção reta do corpo na direção do movimento e a análise apenas de situações que não envolvam oscilações ou rotações em torno do centro de massa, o que traria grande dificuldade técnica de implementação e solução matemática. Os resultados serão mostrados de forma animada na tela e também incluem gráficos de posição, velocidade e energia

mecânica (total, potencial e cinética) em função do tempo.

Um protótipo de jogo de bilhar/sinuca demonstrará a interação de bolas individuais entre si e também com as laterais da mesa. Nesta simulação serão consideradas a conservação do *momentum* linear e da energia, inicialmente para partículas em colisões sem rotação e posteriormente envolvendo movimento combinado de rotação e translação, onde será aplicada a conservação do *momentum* angular. Energia e *momentum* serão acrescidos ao sistema em caso de acrescentar uma nova bola for lançada, apesar de esta não ser uma opção usual neste jogo. Haverá também dissipação de energia e *momentum* referentes ao atrito com as superfícies e durante sucessivos choques parcialmente inelásticos, além da redução imediata de valores finitos destas quantidades quando uma bola específica atinge uma caçapa.

Numa etapa posterior, pretende-se simular o lançamento de uma bola de raio  $R$  num plano inclinado e também com um ângulo adicional de lançamento em relação a uma linha horizontal da superfície. O fenômeno envolve movimento combinado de rotação e translação. A solução é fornecida pela aplicação de mecânica lagrangiana, através das coordenadas generalizadas da bola e respectivas forças de vínculo (LEMOS, 2007). O problema permitirá a escolha do ângulo de inclinação da mesa, o ângulo de lançamento em relação a um eixo horizontal paralelo à base da superfície, além do módulo da velocidade inicial e do ponto de lançamento. Os cálculos serão realizados desde o instante do lançamento até o que o objeto saia do plano inclinado em qualquer ponto.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A queda livre não requer grande dificuldade técnica de implementação, tendo em vista que o GODOT já fornece recursos internos para simulação de cinemática e dinâmica com determinadas forças de valores fixos para objetos derivados das classes *RigidBody2D* e *RigidBody3D*, que são corpos rígidos representados pela ferramenta e capazes de responderem à aplicação de forças externas com as respectivas condições iniciais de movimento. A ferramenta também permite ajustar a intensidade do campo gravitacional utilizando apenas propriedades intrínsecas a tais objetos.

Nos demais problemas ocorrem forças de vínculo com uma superfície de contato, além de forças de atrito nas interações com as superfícies. A ferramenta implementa um recurso interno de amortecimento, responsável pelo atrito, apesar de a documentação não estar suficientemente clara em relação ao seu uso e gerando discordâncias entre diversos usuários, conforme verificado em alguns fóruns *online*. Então, faz-se necessário implementar explicitamente uma força de atrito, onde seu coeficiente é fornecido pelo usuário através da interface.

No movimento sobre o plano inclinado foi considerado o rolamento sem deslizamento, onde atua apenas a força de atrito estático na superfície de uma esfera de densidade constante e

homogênea. O módulo da velocidade na superfície cresce linearmente com o tempo devido à atuação de apenas uma fração da aceleração da gravidade, projetada sobre o plano na direção do movimento, o que resulta em um movimento uniformemente variado. Em relação à conservação da energia mecânica, esta corresponde aos termos de energia cinética do centro de massa, energia cinética de rotação e energia potencial gravitacional.

## 5. CONCLUSÃO

O uso de ferramentas para desenvolvimento de jogos proporciona recursos bastante modernos e interativos para realizar simulações interativas de fenômenos físicos, para fins educacionais. Pode-se explorar aspectos fenomenológicos e conceituais, além de representações detalhadas de fenômenos de modo quantitativo, permitindo suplementar a carência de experimentos didáticos para alguns problemas de difícil realização em laboratórios de ensino.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- KRAPAS, S. *et al.* O Tratado sobre a luz de Huygens: implicações didáticas. In: **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte. Anais..., p.1-11, 2007. Disponível em: [https://abrapec.com/atas\\_enpec/vienpec/CR2/p323.pdf](https://abrapec.com/atas_enpec/vienpec/CR2/p323.pdf) . Acesso em: 9 set. 2024.
- LEMOS, N. **Mecânica Analítica**. 2ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.
- LINIETSKY, Juan; MANZUR, Ariel. **GODOT Engine (version 4.3)**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://docs.godotengine.org/en/4.3/about/introduction.html>. Acesso em: 9 set. 2024.
- SHERMAN, P.D. Galileo and the Inclined Plane Controversy. **The Physics Teacher**, v. 12, n. 6, p. 343-348, 1974. <https://doi.org/10.1119/1.2350421> . Acesso em: 9 set. 2024.
- THORNTON, S. T.; MARION, J. B. **Classical Dynamics of Particles and Systems**. 5th ed. Belmont, California: Brooks/Cole - Thomson learning, 2004. ISBN 0-534-40896-6.