

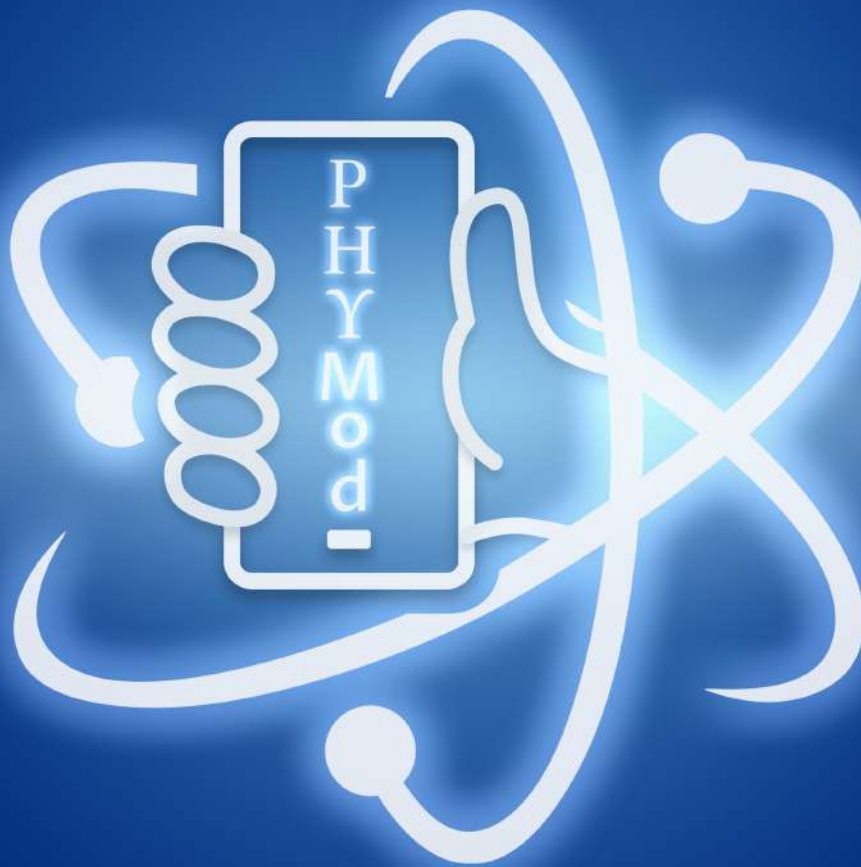


**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



# PHYSICAL MODELER

## Dando “vida” às suas equações



**Esp. Maurício Ribeiro Gonçalves**  
**Orientadora Dra. Regina Lélis de Sousa**  
**Coorientador Dr. Matheus Pereira Lobo**

**Maurício Ribeiro Gonçalves**

Licenciado em Física pela Universidade Estadual do Maranhão  
Especialista em Ensino de Matemática e Física pelo Centro Universitário  
Internacional UNINTER  
Mestrando em Ensino de Física pela Universidade Federal do Norte do Tocantins

**Dra . Regina Lélis de Sousa**

Licenciada em Física pela Universidade Federal de São João Del-Rei  
Mestra em Física e Química de Materiais pela Universidade Federal de São João  
Del-Rei  
Doutora em Física pela Universidade de São Paulo  
Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo

**Dr. Matheus Pereira Lobo**

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo  
Mestre em Física pela Universidade de São Paulo  
Doutor em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Pós-Doutor em Álgebra pela Tampere University, TAU, Finlândia

# PHYSICAL MODELER

Dando “vida” às suas equações

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS**  
**POLO 61**

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

**Araguaína - TO**  
**2024**

# PHYSICAL MODELER

## Dando “vida” às suas equações

**Maurício Ribeiro Gonçalves**

Orientação Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Lélis de Sousa  
Coorientação Prof. Dr. Matheus Pereira Lobo

Produto de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Norte do Tocantins no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Araguaína - TO  
2024

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pois sem ele nada é possível.

Agradeço a minha esposa Kaline dos Santos Silva, por ter me incentivado a realizar a prova seletiva do mestrado e por ter me ajudado de todas as maneiras possíveis, inclusive neste produto educacional.

A minha irmã Edilana Ribeiro Gonçalves, que contribuiu com o design gráfico do aplicativo, do produto educacional, logotipo e mascote do produto educacional.

A minha família que me deu total apoio desde o início e ajudam em diversos momentos.

Agradeço a minha orientadora Professora Doutora Regina Lélis de Sousa por aceitar meu convite de orientação, por me incentivar no desenvolvimento do produto e por ser uma amiga em momentos de necessidade.

Agradeço ao Professor Doutor Matheus Pereira Lobo por aceitar realizar a coorientação deste trabalho e contribuir com sua visão de mundo.

Agradeço ao corpo docente do Programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do polo 61 Araguaína TO, pela contribuição em minha formação acadêmica.

Agradeço ao Professor Jean Carlos Andrade Arruda, gestor da Escola na qual foi aplicado o produto educacional, por atender ao meu pedido e ajustar os horários de aulas para que eu pudesse realizar este estudo.

Expresso minha gratidão a todos meus colegas de trabalho do referido centro de ensino, por terem me dado apoio durante o curso de mestrado.

Agradeço à Professora Doutora Pâmela Gonçalves Barreto Troncão pelo apoio para na obtenção da bolsa de estudos e por ter incentivado não somente a mim, mas, toda a turma de mestrandos 2022 a persistirem até o final do curso.

Agradeço à Sociedade Brasileira de Física (SBF), por ter desenvolvido o programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) de forma a proporcionar a qualificação de nós docentes da Educação Básica.

Agradeço ao corpo docente da Universidade do Norte do Tocantins Polo de Araguaína por ter me acolhido e contribuído em minha formação acadêmica.

E por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) de Código de Financiamento 001 pelo apoio financeiro, pois sem este não seria possível a realização deste projeto.

# Apresentando o Produto

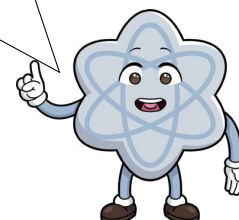


Olá, meu nome é Modelinho! Neste produto educacional, apresentaremos a metodologia de ensino do Arco de Maguerez, que, acompanhada do aplicativo *Physical Modeler*, poderá estimular o entusiasmo dos estudantes pelo aprendizado da Física.

## Unidades Deste Produto



Este produto está dividido em quatro unidades: Recursos Tecnológicos Digitais na Prática Educacional; Da Teoria à Experimentação; Metodologias de Ensino; Simulação Interativa.



Na Unidade I, apresentaremos as definições de TDICs e explicaremos o funcionamento básico do app *Physical Modeler*.



## Tópicos da Unidade I

A collage of various digital technology icons including a smartphone, a laptop, a tablet, a speech bubble, a home icon, and a network of nodes, all in shades of blue and white.

### 1. AS TDICs NA EDUCAÇÃO

#### 1.1 TDICs

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação são um conjunto diversificado e em constante evolução de cursos que desempenham um papel fundamental na sociedade para a educação.

### 2. O APP PHYSICAL MODELER

#### 2.1 A inspiração

A maioria das ideias sobre algum novo produto surge da necessidade de inovação ou atualização de algum método ou serviço, e para este app não foi diferente. Por meio de um design inovador, o app foi desenvolvido para facilitar o aprendizado de física.

## Tópicos da Unidade II

A collage of four physics topics: 3. Movimento de Queda (free fall), 4. Movimento no Plano Inclinado (motion on an inclined plane), 5. Oscilador Harmônico Amortecido (damped harmonic oscillator), and 6. Pêndulo Simples (simple pendulum). Each topic is accompanied by a small image and a brief description.

### 3. MOVIMENTO DE QUEDA

#### 3.1 Queda livre

Quando um corpo é deixado em repouso a uma certa altura, ele começa a cair sob a ação da gravidade. Este movimento é chamado de queda livre.

### 4. MOVIMENTO NO PLANO INCLINADO

As estruturas da Terra "Ondas da Terra" nos apresentam com o que é conhecido como movimento que ocorre quando um corpo se move sobre um plano inclinado sob a influência da gravidade e da força de atrito.

### 5. OSCILADOR HARMÔNICO AMORTECIDO

O oscilador harmônico é um modelo fundamental na física e descreve um movimento periódico em torno de uma posição de equilíbrio. Quando o sistema é deslocado da posição de equilíbrio, ele retorna a ela com uma amplitude que diminui ao longo do tempo.

### 6. PÊNDULO SIMPLES

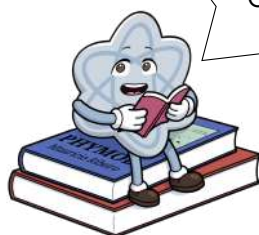
O pêndulo simples é um sistema físico composto por uma massa presa a um fio inextensível e sem massa, suspenso a partir de um ponto fixo. O comportamento do pêndulo simples é governado pelas leis da física, especificamente pelas equações do movimento harmônico simples, objeto de estudo do capítulo 5.

Quando o pêndulo é deslocado da posição de equilíbrio, ele retorna a ela com uma amplitude que diminui ao longo do tempo.

Nesta unidade, abordamos quatro tópicos da Mecânica Clássica que têm como objetivo demonstrar, por meio de modelagem, o funcionamento das leis e funções Físicas.



A Unidade III aborda as metodologias de ensino que embasam este produto. Explicamos de modo sucinto as principais características da metodologia e no final apresentamos como elas se relacionam.



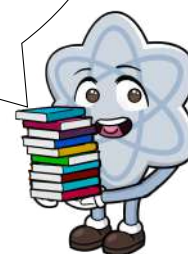
## Tópicos da Unidade III

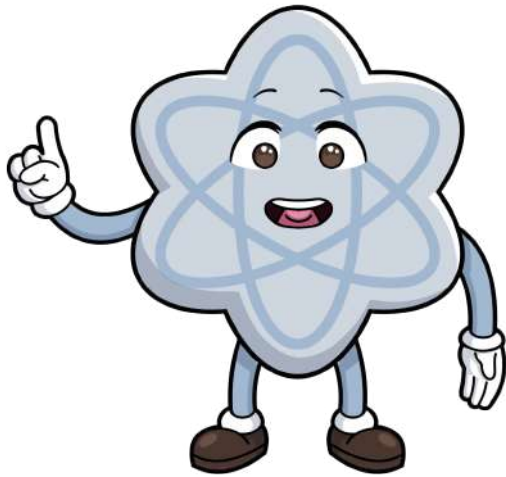


## Tópicos da Unidade IV



Nesta unidade, explicamos como a metodologia do Arco de Maguirez com o auxílio do app *Physical Modeler* pode promover a aprendizagem significativa para os estudantes. O conteúdo inclui um tutorial sobre a aplicação de projetos simples para serem aplicados em sala de aula.





Caro leitor!  
Gostaria de compartilhar  
que todas as imagens de  
capa presentes em cada  
capítulo foram criadas com  
o auxílio da Inteligência Arti-  
ficial (IA) e o design gráfico  
deste avatar e do app foram  
desenvolvidos por Edilana  
Ribeiro Gonçalves<sup>1</sup>.  
Boa leitura do material!



# LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 1.1</b>	Programadoras operam o primeiro computador eletrônico da história, o ENIAC.	<b>20</b>
<b>Fig. 1.2</b>	Logo do CERN	<b>22</b>
<b>Fig. 1.3</b>	Captura de tela da página inicial do CERN apresentando o Grande Colisor de Hádrons (LHC) do CERN.	<b>22</b>
<b>Fig. 1.4</b>	Logo do GeoGebra.	<b>23</b>
<b>Fig. 1.5</b>	Captura de tela do GeoGebra Classic contendo a representação gráfica de uma equação do segundo grau e uma função afim.	<b>24</b>
<b>Fig. 1.6</b>	Logo do PhET	<b>25</b>
<b>Fig. 1.7</b>	Captura de tela do site da plataforma PhET INTERACTIVE SIMULATIONS demonstrando algumas simulações de Física.	<b>26</b>
<b>Fig. 1.8</b>	Logo do <i>software TRACKER</i> .	<b>27</b>
<b>Fig. 1.9</b>	Captura de tela da simulação realizada no <i>Tracker Video Analysis</i> apresentada no vídeo de um YouTuber designado de "Douglas Brown".	<b>28</b>
<b>Fig. 1.10</b>	Tela de abertura do Modellus.	<b>29</b>
<b>Fig. 1.11</b>	Captura de tela da tela do Modellus ao executar a simulação do pêndulo de onda.	<b>30</b>
<b>Fig. 1.12</b>	Logo do aplicativo Physics at School.	<b>31</b>
<b>Fig. 1.13</b>	Simulação da geração de corrente contínua executado no site do Physics at School.	<b>32</b>
<b>Fig. 1.14</b>	Logo do aplicativo FísicaMaster.	<b>33</b>
<b>Fig. 1.15</b>	Tela inicial do aplicativo Física Master.	<b>34</b>

<b>Fig. 2.1</b>	Compilado de imagens para as telas do app Physical Modeler. . . . .	<b>37</b>
<b>Fig. 2.2</b>	Criando o arquivo . . . . .	<b>39</b>
<b>Fig. 2.2</b>	Escrevendo a equação e configurando a partícula. . . . .	<b>39</b>
<b>Fig. 2.2</b>	Acrescentando-se novas informações a partícula. . . . .	<b>40</b>
<b>Fig. 2.2</b>	Inserção de uma nova função. . . . .	<b>40</b>
<b>Fig. 2.2</b>	Reconfigurando as coordenadas da partícula. . . . .	<b>41</b>
<b>Fig. 2.2</b>	Configurando o aplicativo . . . . .	<b>41</b>
<b>Fig. 2.3</b>	Configurando a exibição do gráfico e tabela. . . . .	<b>42</b>
<b>Fig. 2.4</b>	Adicionando texto fixo. . . . .	<b>43</b>
<b>Fig. 2.5</b>	Adicionando texto dinâmico. . . . .	<b>44</b>
<b>Fig. 2.6</b>	Mudando a cor da partícula. . . . .	<b>45</b>
<b>Fig. 2.7</b>	Acrescentando segmentos de retas. . . . .	<b>46</b>
<b>Fig. 2.9</b>	Cercando o modelo. . . . .	<b>47</b>
<b>Fig. 2.8</b>	Determinando dimensão dinâmica para o segmento de reta. . . . .	<b>47</b>
<b>Fig. 3.1</b>	Imagem de um copo em queda livre. . . . .	<b>50</b>
<b>Fig. 3.2</b>	Representação de dois paraquedistas em pleno salto. . . . .	<b>52</b>
<b>Fig. 3.3</b>	Tela de entrada para as funções do app PHYSICAL MODELER com as equações digitadas. . . . .	<b>55</b>
<b>Fig. 3.4</b>	Compilado de imagens apresentando as configurações básicas para modelagem do movimento de queda livre. . . . .	<b>56</b>
<b>Fig. 3.5</b>	Compilado de imagens apresentando as telas de simulação e gráfico do movimento de queda livre. . . . .	<b>57</b>
<b>Fig. 4.1</b>	Plano inclinado com uma massa ligada por um fio ideal a outra massa que encontra-se pendurada paralelo ao cateto vertical oposto do ângulo evidenciado. . . . .	<b>59</b>
<b>Fig. 4.2</b>	Decomposição das forças que atuam na esfera $A$ , de massa $m$ sobre um plano inclinado de ângulo $\theta$ . . . . .	<b>60</b>

<b>Fig. 4.3</b>	Decomposição do vetor aceleração resultante em termos do sistema de eixo cartesiano $x$ e $y$ sobre o plano inclinado. . . . .	<b>61</b>
<b>Fig. 4.4</b>	Representação de um trenó de bobsled em movimento. . . . .	<b>62</b>
<b>Fig. 4.5</b>	Decomposição da velocidade resultante sobre os eixos $x$ e $y$ . . . . .	<b>63</b>
<b>Fig. 4.6</b>	Corpo de massa $m$ sobre plano inclinado com atrito. . . . .	<b>64</b>
<b>Fig. 4.7</b>	Representação de um carrinho de rolimã de madeira. . . . .	<b>65</b>
<b>Fig. 4.8</b>	Representação 2 de um carrinhos de rolimã. . . . .	<b>65</b>
<b>Fig. 4.9</b>	Captura de tela do ambiente das equações do movimento sobre o plano inclinado inseridas no app PHYSICAL MODELER . . . . .	<b>67</b>
<b>Fig. 4.10</b>	Compilado de imagens para o passo a passo de como inserir os elementos gráficos da simulação “Plano inclinado”. . . . .	<b>68</b>
<b>Fig. 4.10</b>	Continuação do passo a passo da inserção de elementos gráficos. . . . .	<b>68</b>
<b>Fig. 5.1</b>	Oscilador ou sistema massa mola . . . . .	<b>70</b>
<b>Fig. 5.2</b>	Representação do funcionamento de um amortecedor em expansão. . . . .	<b>71</b>
<b>Fig. 5.3</b>	Oscilador massa mola amortecido . . . . .	<b>73</b>
<b>Fig. 5.4</b>	Representação de como deve ficar a inserção das informações necessárias para simulação do movimento da partícula no app PHYSICAL MODELER . . . . .	<b>75</b>
<b>Fig. 5.5</b>	Compilado de imagens para simulação do oscilador harmônico realizado no app Physical Modeler. . . . .	<b>76</b>
<b>Fig. 6.1</b>	Pêndulo simples em sua posição de equilíbrio. . . . .	<b>79</b>
<b>Fig. 6.2</b>	Trajetória do pêndulo devido a ação da força resultante. . . . .	<b>79</b>
<b>Fig. 6.3</b>	Representação de um relógio de pêndulo de parede. . . . .	<b>81</b>
<b>Fig. 6.4</b>	Representação de um relógio de coluna. . . . .	<b>82</b>
<b>Fig. 6.5</b>	Representação da posição da partícula do pêndulo simples sobre o plano cartesiano. . . . .	<b>84</b>
<b>Fig. 6.6</b>	Compilado de imagens do app PHYSICAL MODELER . . . . .	<b>85</b>
<b>Fig. 6.7</b>	Compilado de imagens contendo a tela de simulação e gráfico do app <i>Physical Modeler</i> . . . . .	<b>86</b>

<b>Fig. 7.1</b> Etapas do Arco de Maguerez. ....	<b>89</b>
<b>Fig. 8.1</b> Mapa conceitual resumido da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. ....	<b>91</b>
<b>Fig. 10.1</b> Folha de caderno amassada e não amassada. ....	<b>106</b>
<b>Fig. 10.2</b> Esquema de um experimento simples de um oscilador massa mola para demonstração. ....	<b>115</b>

# SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	<b>16</b>
---------------------------	-----------

## **RECURSOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS NA PRÁTICA EDUCACIONAL**

<b>1</b>	<b>As TDICs na Educação</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1</b>	<b>TDICs</b> .....	<b>18</b>
1.1.1	Mas, afinal de contas, o que são essas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação? .....	19
<b>1.2</b>	<b>Alguns exemplos de TDICs Aplicados ao ensino de Física</b> .....	<b>21</b>
1.2.1	CERN's CMS VR .....	21
1.2.2	GeoGebra .....	23
1.2.3	PhET Interactive Simulations .....	25
1.2.4	Tracker Video Analysis .....	27
1.2.5	Modellus .....	29
1.2.6	Physics at School .....	31
1.2.7	FísicaMaster – Física Básica .....	33
<b>2</b>	<b>O app Physical Modeler</b> .....	<b>35</b>
<b>2.1</b>	<b>A inspiração</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2</b>	<b>Conhecendo o app</b> .....	<b>36</b>
2.2.1	Desenvolvendo a primeira simulação .....	38
2.2.2	Personalizando a simulação .....	42
2.2.2.1	Inserindo textos .....	43
2.2.2.2	Mudando a cor da partícula .....	45

2.2.2.3	Incluindo segmentos de retas .....	45
---------	------------------------------------	----

## II

## DA TEORIA À EXPERIMENTAÇÃO

<b>3</b>	<b>Movimento de queda .....</b>	<b>50</b>
3.1	Queda livre .....	50
3.2	Movimento de Queda com atrito quadrático .....	53
<b>4</b>	<b>Movimento no Plano Inclinado .....</b>	<b>59</b>
4.1	Plano inclinado sem atrito .....	60
4.1.1	Aceleração sobre o plano .....	60
4.1.2	Velocidade sobre o plano inclinado sem atrito .....	62
4.1.3	Posição sobre o plano inclinado sem atrito .....	63
4.2	Plano inclinado com atrito .....	64
<b>5</b>	<b>Oscilador Harmônico Amortecido .....</b>	<b>70</b>
5.1	Conhecendo o sistema massa mola .....	70
5.1.1	Oscilador Harmônico Amortecido .....	73
<b>6</b>	<b>Pêndulo Simples .....</b>	<b>78</b>
6.1	Movimento do pêndulo simples sem atrito .....	79
6.2	Movimento do pêndulo simples com atrito .....	82

## III

## METODOLOGIAS DE ENSINO

<b>7</b>	<b>O Arco de Maguerez .....</b>	<b>89</b>
7.1	O que é o Arco de Maguerez? .....	89
7.1.1	Etapas do Arco de Maguerez .....	89
<b>8</b>	<b>Aprendizagem Significativa .....</b>	<b>91</b>
8.1	Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel .....	91
8.2	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira .....	92
8.3	Facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica .....	93

<b>9</b>	<b>A união de duas teorias</b> .....	<b>97</b>
9.1	Etapa I do Arco .....	98
9.2	Etapa II do Arco .....	99
9.3	Etapa III do Arco .....	99
9.4	Etapa IV do Arco .....	100
9.5	Etapa V do Arco .....	100
9.6	Implicações Transformadoras na Educação Contemporânea .....	101

## **IV**

### **SIMULAÇÃO INTERATIVA: GERANDO APRENDIZAGENS SIGNIFICATIVAS COM O PHYSICAL MODELER**

<b>10</b>	<b>Aplicando a Sequência Didática</b> .....	<b>104</b>
10.1	Projeto I: Queda Livre .....	105
10.2	Projeto II: Movimento Sobre Rampas .....	108
10.3	Projeto III: O Balanço do Pêndulo .....	112
10.4	Projeto IV: A Oscilação das Molas .....	114
<b>11</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	<b>118</b>
	<b>Referências</b> .....	<b>120</b>
	Artigos de periódicos .....	120
	Artigos de anais de conferência .....	121
	Capítulo de livro .....	121
	Dissertações de Mestrado .....	121
	Livros .....	121
	Teses de Doutorado .....	122
	Referências Online .....	122
	<b>Índice Remissivo</b> .....	<b>124</b>
	<b>Appendices</b> .....	<b>125</b>
	<b>Apêndice Primeiro</b> .....	<b>126</b>

# APRESENTAÇÃO

**M**uitos são os desafios que nós, professores, enfrentamos em sala de aula para conseguirmos algum resultado no que diz respeito ao ensino de Física na educação básica. Esses desafios abrangem desde a dificuldade do estudante em interpretar o enunciado de problemas físicos até a falta de equipamentos laboratoriais, essenciais para um ensino com enfoque significativo e para a introdução ao *modus operandi* da Ciência, bem como a demonstração da teoria por meio de experimentos.

**N**a tentativa de minimizar estes problemas, esse produto educacional foi desenvolvido com foco em aplicar as novas tecnologias em sala de aula, com o intuito de despertar o interesse nos discentes para esta que é considerada por diversos alunos como sendo a disciplina mais difícil de ser compreendida. Utilizando a **Metodologia do Arco de Maguerez** juntamente com a **Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica** de Marco Antonio Moreira, tratamos alguns conceitos básicos de Mecânica Clássica, com o auxílio do aplicativo Physical Modeler desenvolvido pelo próprio autor, em duas turmas regulares do ensino médio.

**P**ara contextualizar, este manual foi desenvolvido a partir da dissertação de mestrado elaborada no âmbito do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MN-PEF), conduzido pelo Polo 61 da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), de título "Physical Modeler e o Arco de Maguerez: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem", de autoria dada por Maurício Ribeiro Gonçalves sob orientação da Professora Dra. Regina Lélis de Sousa.

**E**ntenda-se que não temos a intenção de solucionar todos os problemas relacionados ao Ensino de Física, tampouco o intuito de fornecer uma ferramenta que possa ser aplicada em todos os tópicos da disciplina. Mas, com este projeto almejamos direcionar o ensino de Física pelo caminho tecnológico e inspirar o máximo de colegas professores a seguirem por essa trajetória, de modo a incentivar a atualização, desenvolvimento e aplicação de aplicativos voltados para o ensino de Física e metodologias de ensino. Dessa forma, juntos, poderemos proporcionar uma verdadeira aprendizagem aos nossos estudantes no ensino de Física.

**F**inalizando, gostaria de expressar minha gratidão pelo interesse e apoio contínuo. Este projeto representa não apenas uma iniciativa individual, mas também um convite à comunidade educacional para explorar novos horizontes no ensino de Física.

Atenciosamente  
Maurício Ribeiro Gonçalves



# Unidade I

## RECURSOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS NA PRÁTICA EDUCACIONAL

### TEMAS ABORDADOS NESTA UNIDADE

<b>1</b>	<b>As TDICs na Educação</b>	<b>18</b>			
1.1	TDICs	18	1.2.6	Physics at School	31
1.1.1	Mas, afinal de contas, o que são essas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação?	19	1.2.7	FísicaMaster – Física Básica	33
1.2	Alguns exemplos de TDICs Aplicados ao ensino de Física	21	<b>2</b>	<b>O app Physical Modeler</b>	<b>35</b>
1.2.1	CERN's CMS VR	21	2.1	A inspiração	35
1.2.2	GeoGebra	23	2.2	Conhecendo o app	36
1.2.3	PhET Interactive Simulations	25	2.2.1	Desenvolvendo a primeira simulação	38
1.2.4	Tracker Video Analysis	27	2.2.2	Personalizando a simulação	42
1.2.5	Modellus	29	2.2.2.1	Inserindo textos	43
			2.2.2.2	Mudando a cor da partícula	45
			2.2.2.3	Incluindo segmentos de retas	45



# 1. AS TDICs NA EDUCAÇÃO

## 1.1 TDICs

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) representam um conjunto diversificado e em constante evolução de ferramentas e recursos que desempenham um papel cada vez mais crucial em diversas esferas da sociedade contemporânea. Para [Anjos e Silva \(2018\)](#), enquanto a globalização e a digitalização transformam os processos de comunicação, produção, comércio e interação social, as TDICs também estão revolucionando a maneira como a educação é concebida, facilitando a pesquisa científica e impactando as práticas profissionais em campos variados.

No contexto educacional, as TDICs têm demonstrado um potencial significativo para enriquecer a experiência de ensino e aprendizagem. Acessibilidade, flexibilidade e interatividade são algumas das características marcantes dessas tecnologias, que podem promover uma abordagem mais personalizada e centrada no estudante. Plataformas de aprendizagem on-line, aplicativos educativos, simulações interativas e recursos multimídia possibilitam a exploração de conceitos de forma dinâmica, aumentando a compreensão e o engajamento dos alunos.

"A utilização correta e orientada das tecnologias digitais em ambientes escolares fortalece o processo de criação e produção inovadora no processo ensino aprendizagem, proporcionando para as crianças a apropriação e construção de novos conhecimentos nas diversidades da vida, sem exceções." (AULER; PIOVEZANA, 2022, p. 58)

A ascensão das TDICs também está remodelando as práticas de pesquisa científica. Comunidades científicas em todo o mundo agora podem colaborar virtualmente, compartilhando dados, análises e resultados em tempo real. Isso não apenas acelera o progresso da pesquisa, mas também permite a participação de cientistas de diversas partes do globo, enriquecendo a diversidade de perspectivas. Além disso, as TDICs desempenham um papel crucial na coleta e análise de dados, permitindo a manipulação de grandes conjuntos de informações e a aplicação de algoritmos complexos para extrair *insights* significativos.

### 1.1.1 Mas, afinal de contas, o que são essas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação?

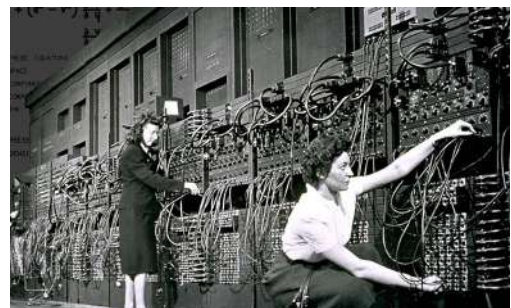
Segundo Anjos e Silva (2018), dispositivos eletrônicos e tecnológicos tais como: Computadores; *Tablets*; *Smartphones* e demais tecnologias desenvolvidas antes daquilo que o autor chama de "fenômeno digital na sociedade contemporânea", são classificados como Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e englobam uma variedade de itens maior como: Vídeos; *Softwares*; Aplicativos; Imagens; Console e Jogos virtuais, entre outros. Mas, para Valente (2014), estes itens são denominados como Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação ou simplesmente **TDICs**.

As origens das TDICs remontam ao desenvolvimento dos primeiros computadores eletrônicos, na década de 1940. Com a criação do ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*), vide Fig. 1.1, em 1945 (WEIK, 1961), emergiu uma ferramenta pioneira capaz de processar informações de forma rápida e precisa. Contudo, a massificação das TDICs teve início nas décadas seguintes, com o advento da internet e a popularização dos computadores pessoais (KENSKI, 2003).

A década de 1960 testemunhou o surgimento da ARPANET, a precursora da internet moderna (LUKASIK, 2010), desenvolvida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Esse marco abriu caminho para a revolução na comunicação global e estabeleceu as bases para o desenvolvimento das TDICs. A evolução constante dos dispositivos eletrônicos, combinada com o surgimento da *World Wide Web* (**www**) na década de 1990, catalisou uma transformação radical na maneira como as informações são acessadas e compartilhadas (CASTELLS, 2002).

O advento das TDICs impactou profundamente a sociedade em diversas esferas. Na educação, por exemplo, as TDICs introduziram novas possibilidades de ensino e aprendizagem, como a modalidade de ensino a distância e o acesso a conteúdos educacionais on-line (PRENSKY, 2001a,b). Além disso, as TDICs revolucionaram a forma como as pessoas se comunicam, permitindo a conexão instantânea através de redes sociais e aplicativos de mensagens.

**Figura 1.1:** Programadoras operam o primeiro computador eletrônico da história, o ENIAC.



Fonte: ARL Technical Library / U.S. Army

Nos dias de hoje, as TDICs continuam a evoluir em ritmo acelerado. A proliferação de dispositivos móveis, como smartphones e tablets, trouxe a conectividade constante para o cotidiano das pessoas (ANDERSON, 2015). Além disso, tecnologias emergentes, como inteligência artificial e realidade virtual, estão transformando a maneira como interagimos com o mundo digital e físico.

Nos âmbitos profissionais, as TDICs têm impactado desde a comunicação até a gestão de projetos. A videoconferência, por exemplo, possibilita reuniões e colaborações sem a necessidade de presença física, facilitando a interação entre equipes distribuídas geograficamente. Plataformas de gerenciamento de projetos baseadas em nuvem permitem o acompanhamento eficiente de tarefas, prazos e recursos, aumentando a eficácia e a produtividade das equipes de trabalho.

No ambiente educacional, no que se refere ao ensino de Física e Matemática, as TDICs têm o potencial de simplificar a compreensão de conceitos complexos, fornecendo representações visuais e interativas que auxiliam os estudantes na visualização e manipulação de fenômenos abstratos. Além disso, as TDICs podem oferecer oportunidades para a prática ativa, permitindo que os estudantes experimentem simulações de situações do mundo real, apliquem teorias em cenários práticos e testem hipóteses de forma virtual.

## 1.2 Alguns exemplos de TDICs Aplicados ao ensino de Física

A integração das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no ensino da Física tem proporcionado uma revolução significativa na maneira como os conceitos complexos dessa disciplina são abordados e compreendidos. Neste contexto, diversas ferramentas e recursos tecnológicos têm surgido para enriquecer a experiência de aprendizado dos estudantes, tornando-a mais interativa, acessível e envolvente.

Portanto, apresentaremos alguns exemplos notáveis de TDICs destinados para o ensino da Física, destacando como essas ferramentas podem contribuir para a melhoria do processo educacional e para uma compreensão mais profunda dos princípios físicos.

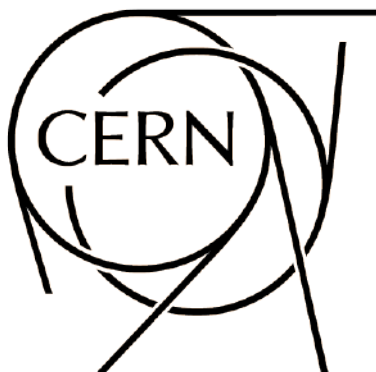
Entre essas TDICs, estão o *CERN's CMS VR*, *Geogebra*, *PhET Interactive Simulations*, *Tracker Video Analysis*, *Modellus*, *Physics at School* e o *Master – Física Básica*, cada um trazendo abordagens únicas para auxiliar tanto estudantes quanto educadores na exploração de conceitos da Física de maneira inovadora.

### 1.2.1 CERN's CMS VR

O [CERN](#), Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, é um dos centros de pesquisa científica mais proeminentes e renomados do mundo, dedicado ao estudo da física de partículas e à compreensão das leis fundamentais que regem

o universo. Fundado em 1954, o CERN é uma organização intergovernamental sediada em Genebra, Suíça, e conta com a colaboração de diversos países membros.

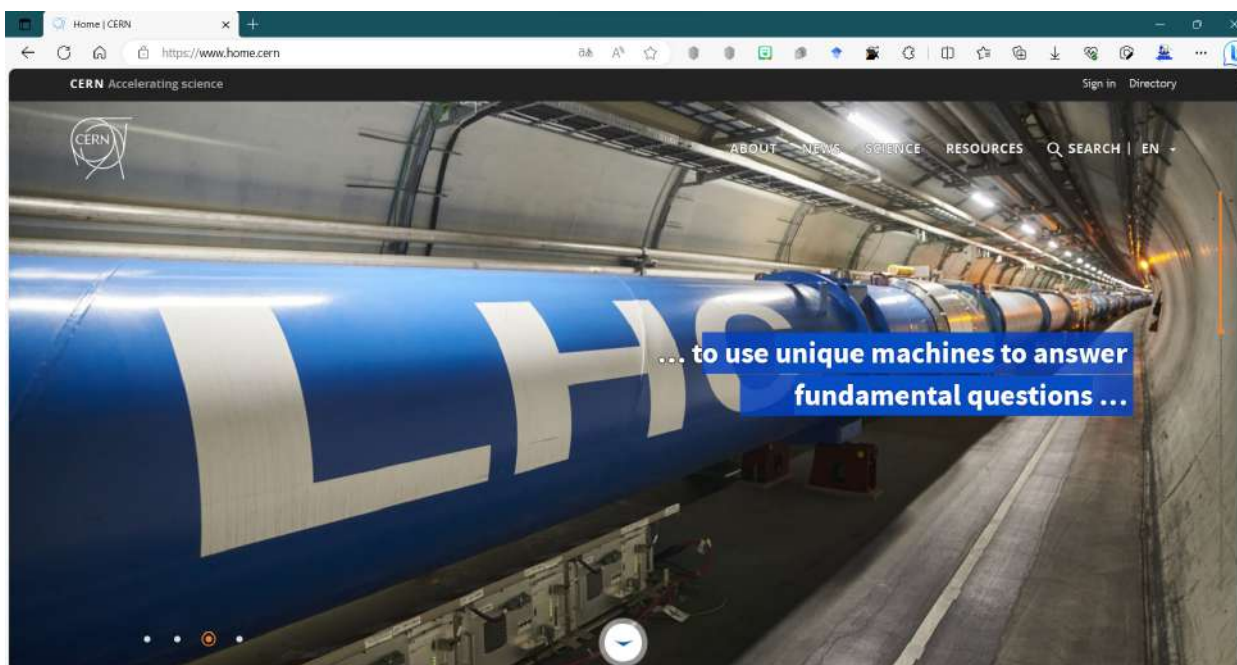
**Figura 1.2:** Logo do CERN



Fonte: [visit.cern](https://visit.cern)

Uma das realizações mais notáveis do CERN é o Grande Colisor de Hádrons (LHC, *Large Hadron Collider*), um acelerador de partículas de alta energia construído em um túnel circular de 27 quilômetros de circunferência, localizado sob a fronteira entre a Suíça e a França, vide [Fig. 1.3](#). O LHC é uma das máquinas científicas mais complexas já construídas, foi projetada para colidir partículas subatômicas a velocidades próximas à da luz, permitindo aos pesquisadores investigar as propriedades fundamentais da matéria e da energia ([CERN, 2023b](#)).

**Figura 1.3:** Captura de tela da página inicial do CERN apresentando o Grande Colisor de Hádrons (LHC) do CERN.



Fonte: [www.home.cern](https://www.home.cern)

De modo a colaborar com suas descobertas em nível global, a CERN disponibilizou vários vídeos<sup>1</sup> em seu canal no *YouTube* focados no tema “Acelerador de partículas”. Destinado ao mais variado público que tenha interesse em

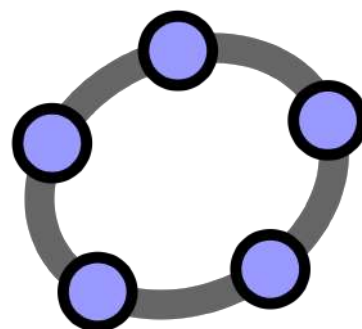
<sup>1</sup>Link para acessar o CERN: <https://visit.cern/vr>.

conhecimento científico, foram disponibilizados vídeos que falam sobre o funcionamento do acelerador de partículas e suas descobertas. Alguns desses vídeos podem ser assistidos em 360° com auxílio de um óculos VR (realidade virtual) ou simplesmente usando o giroscópio do *smartphone*.

## 1.2.2 GeoGebra

*GeoGebra* é um software dinâmico que permite manipular objetos matemáticos para todos os níveis de educação. Disponível de forma gratuita<sup>2</sup> para *iOS*, *Android*, *Windows*, *Mac*, *Chromebook* e *Linux*, este *software* reúne geometria, álgebra, planilhas, gráficos, estatísticas e cálculos em uma única plataforma. Além disso, o *GeoGebra* oferece uma plataforma on-line com mais de 1 milhão de recursos gratuitos criados pela comunidade em vários idiomas. Esses recursos podem ser facilmente compartilhados através da plataforma de colaboração *GeoGebra Tarefa*, na qual o progresso dos alunos pode ser monitorado em tempo real (GEOGEBRA, 2023).

**Figura 1.4:** Logo do GeoGebra.



Fonte: [geogebra.org](https://www.geogebra.org)

A história desta aplicação está ligada ao desejo de criar uma plataforma que facilitasse o ensino e a aprendizagem de Matemática, tornando os conceitos matemáticos mais acessíveis e visuais para estudantes e professores.

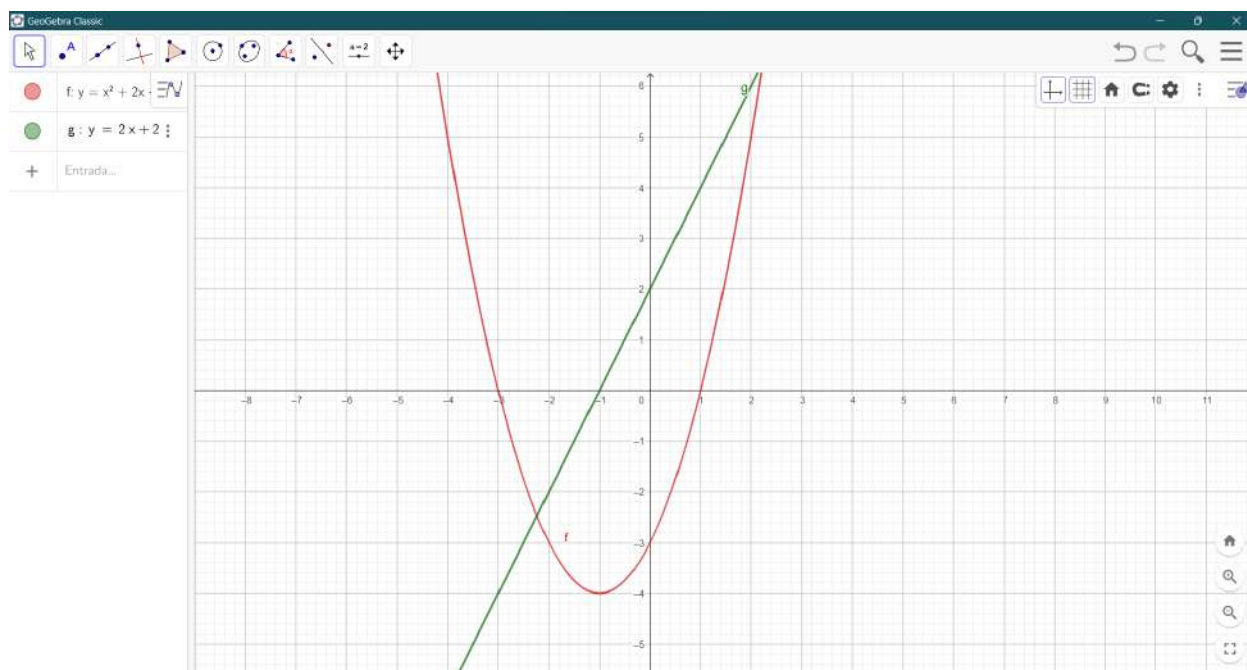
Segundo Holanda Filho e Cruz (2019), Markus Hohenwarter começou a desenvolver o *GeoGebra* enquanto era estudante de doutorado na Universidade de Salzburgo de 2001 a 2002, na Áustria. Ele estava interessado em criar uma ferramenta que integrasse geometria e álgebra de forma interativa. A primeira versão pública do *GeoGebra* foi lançada em 2002. Ela continha recursos básicos de geometria e álgebra e foi disponibilizada gratuitamente para uso educacional.

<sup>2</sup>Link para a página de download do Geogebra: <https://www.geogebra.org/download>.

Ao longo dos anos, o *GeoGebra* passou por várias atualizações e expansões de recursos. Novas funcionalidades foram adicionadas, como planilhas e gráficos, tornando-o uma ferramenta mais abrangente para o ensino de Matemática e Ciências. O *GeoGebra* rapidamente ganhou popularidade entre professores e alunos em todo o mundo. Uma comunidade ativa de usuários começou a se formar, compartilhando recursos e construções matemáticas (HOLLANDA FILHO; CRUZ, 2019).

O *GeoGebra* expandiu-se para dispositivos móveis e lançou uma versão baseada na web, tornando-o ainda mais acessível e versátil. A versão 5.0 trouxe uma revisão significativa da interface do usuário e adicionou recursos avançados, incluindo cálculo simbólico. Atualmente o *software* continua a ser desenvolvido e aprimorado com novas versões. Além disso, uma versão chamada *GeoGebra Classic* foi mantida para atender às necessidades daqueles que preferem a interface mais antiga como apresentada na Fig. 1.5.

**Figura 1.5:** Captura de tela do GeoGebra Classic contendo a representação gráfica de uma equação do segundo grau e uma função afim.



Fonte: Autoria própria.

A inserção desse programa na educação causou impacto notável no ensino de Matemática em todo o mundo, oferecendo uma maneira interativa e dinâmica de explorar conceitos matemáticos. Sua acessibilidade e versatilidade fizeram dele uma ferramenta valiosa em sala de aula e em ambientes de aprendi-



dizado on-line. Além disso, sua comunidade ativa de usuários continua a contribuir com recursos e compartilhar conhecimento, enriquecendo ainda mais sua utilidade no campo da educação.

### 1.2.3 PhET Interactive Simulations

O PhET *Interactive Simulations*, frequentemente referido como PhET<sup>3</sup>, é uma plataforma educacional que oferece uma coleção de simulações interativas em Ciências, Matemática, Física e outras disciplinas. Criado pela Universidade do Colorado Boulder, o PhET é uma ferramenta de ensino altamente respeitada que tem sido amplamente utilizada por educadores e alunos em todo o mundo. Aqui estão alguns aspectos científicos relevantes sobre o PhET:

**Figura 1.6:** Logo do PhET



**Fonte:**

<https://phet.colorado.edu>

1. **Objetivo Educacional:** A plataforma foi desenvolvida com o propósito de enriquecer o processo de ensino e aprendizagem de conceitos nas áreas científicas e matemáticas. O foco central recai nas simulações interativas, permitindo aos alunos explorar, experimentar e visualizar fenômenos complexos num ambiente virtual.

2. **Base Científica:** Cada simulação presente na plataforma é criada a partir de princípios científicos robustos. A elaboração destes modelos ocorre em estreita colaboração com especialistas nas respectivas áreas, garantindo a precisão e a representação fidedigna dos fenômenos observados na natureza.

3. **Aprendizado Ativo:** O PhET promove o engajamento ativo dos alunos, possibilitando que manipulem variáveis, questionem e observem as implicações de suas ações. Esta abordagem facilita o desenvolvimento de um entendimento profundo dos conceitos, indo além da mera memorização.

---

<sup>3</sup>Esta plataforma pode ser acessada pelo link: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/), para download no Windows e macOS acesse o link: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/offline-access](https://phet.colorado.edu/pt_BR/offline-access), para Android: [https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.colorado.phet.androidApp&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.colorado.phet.androidApp&hl=en_US) e IOS: <https://apps.apple.com/us/app/phet-simulations/id1134126831>

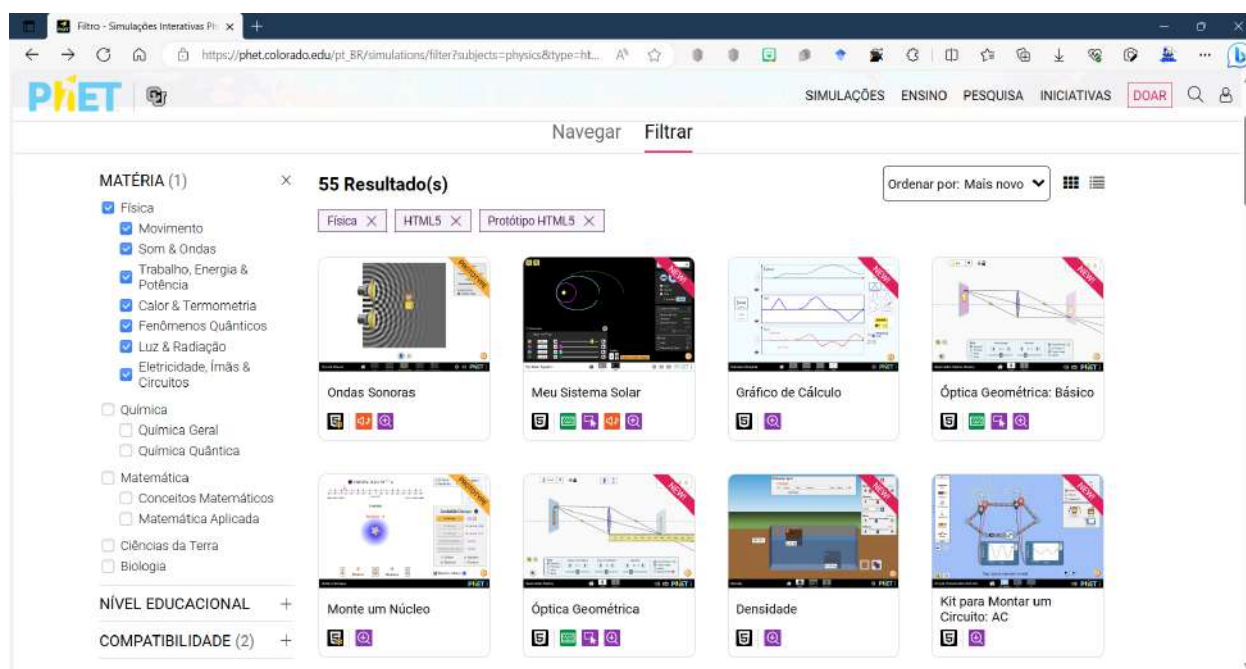
4. **Pesquisa Educacional:** As simulações PhET são frequentemente incorporadas em pesquisas acadêmicas focadas na eficácia do ensino e da aprendizagem. Isso resulta na formação de uma sólida base de evidências científicas que apoiam a efetividade dessas simulações como instrumentos educacionais.

5. **Acessibilidade:** Notavelmente, o PhET é uma ferramenta de acesso aberto e gratuito, tornando-se acessível a qualquer pessoa com acesso à internet. Além disso, sua tradução para diversos idiomas amplia seu alcance e utilidade em escala global.

6. **Customização Educacional:** Educadores podem personalizar o uso das simulações PhET de acordo com as necessidades de sua sala de aula. Eles podem criar atividades específicas e cenários de aprendizado que se alinhem com os objetivos de ensino.

7. **Ampla Gama de Tópicos:** A plataforma oferece simulações abrangendo uma vasta gama de campos de estudo, que incluem Física, Química, Biologia, Matemática e muito mais. Essa diversidade a torna uma ferramenta versátil e aplicável em múltiplas disciplinas científicas, vide [Fig. 1.7](#).

**Figura 1.7:** Captura de tela do site da plataforma PhET INTERACTIVE SIMULATIONS demonstrando algumas simulações de Física.



Fonte: Autoria própria.

Em síntese, o PhET *Interactive Simulations*, como plataforma educacional, se destaca por sua abordagem científica sólida, oferecendo uma contribuição significativa ao ensino e à aprendizagem em disciplinas científicas e matemáticas. Sua influência na educação é amplamente reconhecida e respaldada por pesquisas acadêmicas relacionadas à pedagogia e ao processo de aprendizagem.

Sendo uma plataforma que produz objetos de aprendizagem embasados cientificamente, o PhET *Interactive Simulations* desempenha um papel significativo na promoção do ensino e da aprendizagem de ciências e matemática, permitindo que os alunos explorem conceitos complexos por meio de simulações interativas baseadas em princípios científicos sólidos. Seu impacto na educação é amplamente reconhecido e respaldado por pesquisas científicas sobre pedagogia e aprendizado.

## 1.2.4 Tracker Video Analysis

**Figura 1.8:** Logo do *software TRACKER*.



Fonte: [physlets.org/tracker/](https://physlets.org/tracker/)

Segundo [Lurdes da Rosa Ortiz \(2018\)](#), o *Tracker*<sup>4</sup> é um software gratuito de código aberto desenvolvido por Douglas Brown, professor do Cabrillo College, localizado em Santa Cruz, Califórnia, Estados Unidos. O software é utilizado para análise de imagens e vídeos e foi criado em colaboração com a comunidade global conhecida como *Open Source Physics*. Esta comunidade contribui de forma gratuita com conceitos físicos, linhas de programação e, o mais importante, com seu tempo e dedicação. O *Tracker* é desenvolvido utilizando bibliotecas Java, o que o torna compatível com diversos sistemas operacionais, contanto que os *drives* para executar o Java estejam instalados.

Esta ferramenta, quando utilizada adequadamente, tem o potencial de elevar as experiências laboratoriais a um novo nível. Comparado aos métodos tradicionais que dependem de sensores, o *Tracker* tem a capacidade de coletar

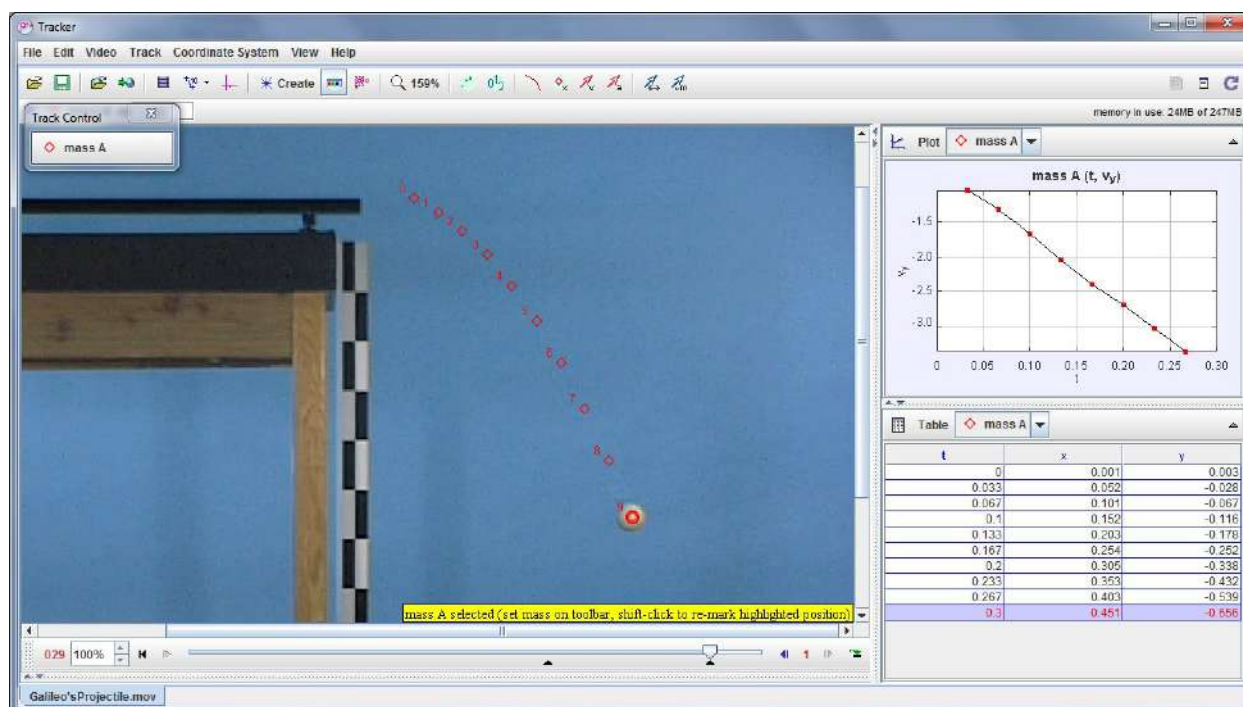
<sup>4</sup>Link para baixar o Tracker Video Analysis: <https://physlets.org/tracker/>

um maior número de pontos de dados. Isso, por sua vez, reduz significativamente as chances de erro, proporcionando uma interpretação mais precisa da Física e da realidade que nos cerca.

A análise de vídeo com o *Tracker* envolve o rastreamento de objetos em movimento nos vídeos, capturando informações cruciais, como posição, velocidade e aceleração ao longo do tempo como apresentado na [Fig. 1.9](#). Esse processo baseia-se em princípios matemáticos e físicos fundamentais, como a cinemática, que descreve o movimento de objetos sem considerar as causas subjacentes.

Pesquisadores em Física e áreas correlatas têm se beneficiado enormemente do *Tracker Video Analysis*. A precisão e a flexibilidade do *Tracker* tornam-no uma ferramenta indispensável para coletar dados experimentais em uma ampla variedade de contextos científicos.

**Figura 1.9:** Captura de tela da simulação realizada no *Tracker Video Analysis* apresentada no vídeo de um YouTuber designado de "Douglas Brown".



Fonte: <https://youtu.be/n4Eqy60yYUY?si=KZ2UWjs8sEVRHnAJ>

Além de seu valor na pesquisa, o *Tracker Video Analysis* desempenha um papel significativo na educação em Ciências. Podendo ser utilizado para criar atividades interativas e envolventes, permitindo que os alunos explorem concei-

tos complexos de Física através da análise de vídeos do mundo real. Isso tem potencial de proporcionar uma abordagem prática e visual para o ensino e auxiliar os estudantes a desenvolverem habilidades de resolução de problemas bem como desenvolvimento da habilidade de pensamento crítico.

Integrar o *Tracker* em metodologias educacionais é uma abordagem eficaz para promover a aprendizagem ativa. Os estudantes podem trabalhar com vídeos autênticos, coletar dados e realizar análises, colaborando em projetos que fomentam a investigação científica. Essa abordagem alinha-se com estratégias pedagógicas contemporâneas, que enfatizam a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem.

O *Tracker Video Analysis* destaca-se como uma ferramenta valiosa tanto para a pesquisa científica quanto para o ensino da Física. Sua capacidade de analisar movimentos complexos de maneira precisa e acessível o torna uma escolha preferencial em laboratórios de pesquisa bem como em atividades em salas de aula. A integração do Tracker nas metodologias educacionais pode ampliar as possibilidades de envolvimento dos alunos e contribuir para uma compreensão mais profunda dos princípios físicos.

### 1.2.5 Modellus

A Modelagem Matemática e Científica desempenha um papel essencial na compreensão e na resolução de problemas complexos nas áreas de Ciência e Engenharia. O *Modellus* surge como uma ferramenta computacional de destaque, oferecendo recursos avançados para a construção e a análise de modelos matemáticos que representam uma ampla gama de fenômenos naturais e processos científicos.

**Figura 1.10:** Tela de abertura do Modellus.

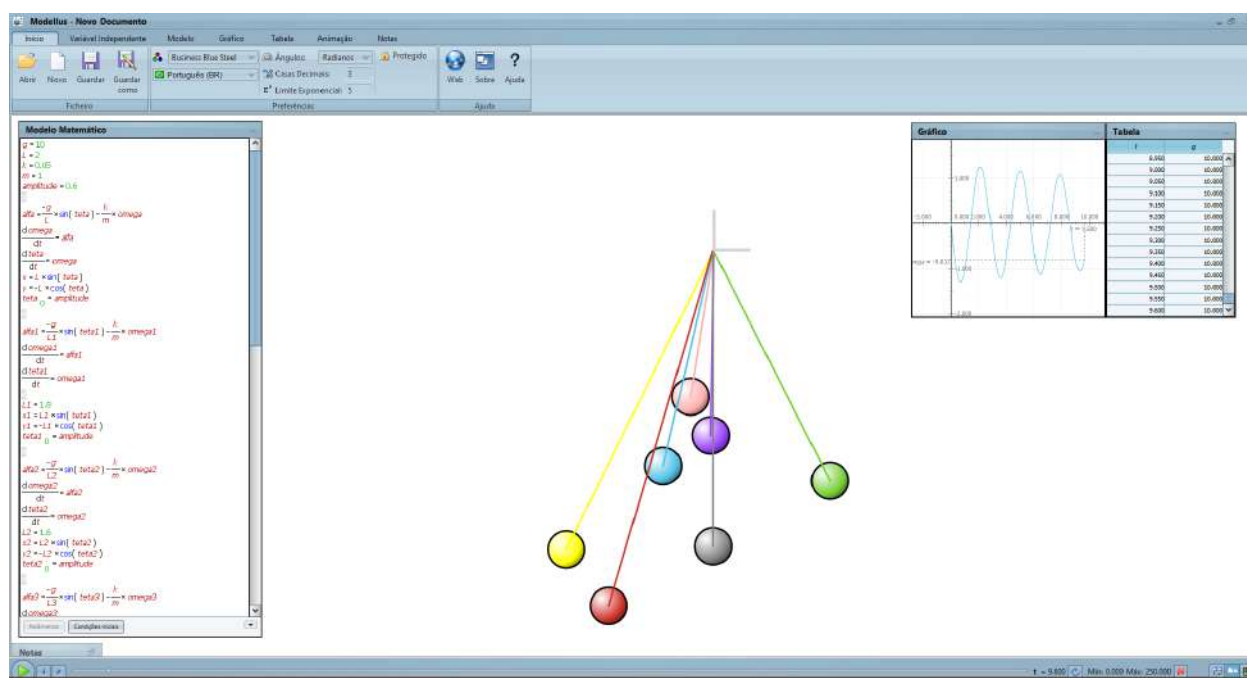


**Fonte:** Autoria própria.

Desenvolvido pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade

Nova de Lisboa e coordenado e aprimorado por uma equipe liderada pelo Professor Vitor Duarte Teodoro, o *Modellus* é um software gratuito que permite aos usuários criar modelos matemáticos interativos Andrade (2016), incluindo equações diferenciais, sistemas dinâmicos e simulação numérica. Essa base sólida torna o *Modellus* uma ferramenta poderosa para a representação e a análise de fenômenos complexos que podem ser descritos matematicamente (UFRGS, 2009).

**Figura 1.11:** Captura de tela da tela do Modellus ao executar a simulação do pêndulo de onda.



Fonte: Autoria própria.

Atualmente o *software* encontra-se disponível em alguns poucos sites. A versão 4.01 que pode ser baixada em uma página do Instituto federal do Rio Grande do Norte<sup>5</sup> e a versão X, que é a mais atual, pode ser localizada em uma rápida busca no *Google Search*<sup>6</sup> em alguns sites hospedeiros.

Pesquisadores em diversas disciplinas científicas utilizam o *Modellus* para investigar e compreender fenômenos naturais e sistemas complexos. Por exemplo, na Física, o *Modellus* pode ser empregado para simular o comportamento de partículas subatômicas, modelar sistemas físicos complexos e prever resultados experimentais. Da mesma forma, na Biologia, ele pode ser usado para criar

<sup>5</sup>Link para baixar: <https://docente.ifrn.edu.br/alessandrrolim/informatica-aplicada-a-fisica/software-modellus-4.01/view>

<sup>6</sup>Este site é um mecanismo de busca do *Google* permite que os usuários pesquisem informações na web usando palavras-chave e fornece resultados relevantes.

modelos de dinâmicas populacionais, evolução e interações ecológicas.

Além de seu valor na pesquisa científica, o *Modellus* desempenha um papel significativo na educação matemática e científica. Educadores o utilizam para criar ambientes de aprendizagem interativos, nos quais os estudantes podem explorar e experimentar com modelos matemáticos em tempo real. Isso permite que os alunos compreendam conceitos complexos de maneira mais tangível e intuitiva.

Conforme mencionado anteriormente, o *Modellus* é uma ferramenta computacional versátil e poderosa para a modelagem matemática e científica. Sua base teórica sólida, sua aplicabilidade em pesquisa e sua capacidade de enriquecer a educação o tornam uma escolha valiosa para cientistas, educadores e estudantes. Ao permitir a criação e a análise de modelos matemáticos interativos, o *Modellus* impulsiona a compreensão e a resolução de problemas em ciência e engenharia, contribuindo para avanços significativos nas diversas áreas do conhecimento.

## 1.2.6 Physics at School

**Figura 1.12:** Logo do aplicativo Physics at School.



Fonte: Google Play

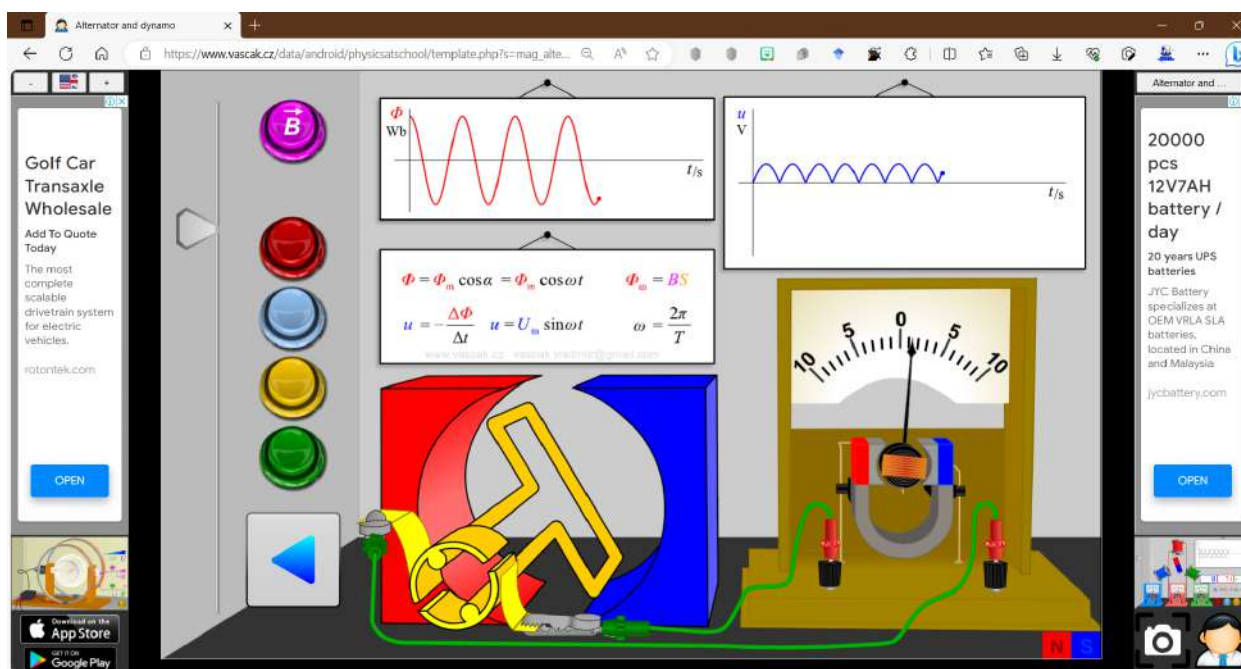
O *Physics at School* é um software de ensino disponível para os sistemas operacionais *IOS*, *Android* e *Windows*. A versão para android conta com duas vertentes, sendo uma paga e outra gratuita, de modo que essa última deve-se assistir algum comercial conforme acessa-se as simulações para liberar seu uso. As versões destinadas para computador e *Iphone* são pagas, devendo realizar uma compra única para ter acesso a todas as simulações sem o incômodo de comerciais na tela.

Desenvolvido pelo professor Vladimir Vaščák a aplicação conta com mais de trezentas simulações de Física podendo, também, ser utilizado por meio de

acesso a rede de internet<sup>7</sup>, empregando para tal fim um navegador de forma gratuita.

As simulações são bem didáticas e coloridas como apresentada na Fig. 1.13. Geralmente, cada simulação apresenta um botão verde que inicia a representação simulada do experimento, um amarelo que pausa a simulação e um vermelho que tem a função de parar e reiniciar as configurações da simulação. Algumas versões de simulações podem apresentar outras cores para os botões como no caso do botão azul claro que aparece na Fig. 1.13 e que se destina a realizar pequenos avanços na simulação. No caso específico (ver Fig. 1.13), o botão rosa tem a função de ativar as linhas do vetor campo magnético.

**Figura 1.13:** Simulação da geração de corrente contínua executado no site do Physics at School.



Fonte: [https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag\\_alternator&l=en](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_alternator&l=en)

Quase sempre as simulações são acompanhadas das respectivas equações associadas ao fenômeno físico estudado. Em outras situações, apresentam um gráfico ou tabela com os valores calculados do experimento podendo até mesmo apresentar ambos simultaneamente.

<sup>7</sup> Acesse o site por meio do link: <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php>



## 1.2.7 FísicaMaster – Física Básica

Física *Master* é um aplicativo disponível para Android<sup>8</sup> e iOS<sup>9</sup>. Desenvolvido por Carlo Terracciano, ele contém vários tópicos da Física que vão da Mecânica Clássica até a Mecânica Quântica.

O aplicativo possui uma conteúdo explicativo conciso e claro sobre os tópicos de Física disponíveis em sua base de dados. O app apresenta fórmulas de Física, exemplos resolvidos, simulação de conversa sobre alguns temas, lista de exercícios e calculadora própria.

Ao escolher um tópico que se deseja estudar, o app exibirá uma breve descrição do conteúdo e, quando disponível na base de dados, ele apresenta também a modelagens matemáticas referentes ao tema em fonte destacada e com tamanho maior que do texto exibido.

Os exercícios são realizados em formato de *QUIZ*<sup>10</sup> composto por cinco questões de múltipla escolha. Ao escolher a alternativa incorreta no *quiz*, o app apresentará a resposta correta e o link para a próxima questão, caso o usuário acerte a questão, o app o parabeniza e passa para a próxima questão.

Um dos grandes destaques do aplicativo é a possibilidade de resolver problemas de Física por meio de uma calculadora específica. Esta funcionalidade se aplica a alguns temas da Física presentes no app tais como Cinemática, Dinâmica, Termodinâmica e Dinâmica dos Fluidos.

Para que o usuário possa realizar os cálculos desejados, ele deve selecionar, dentre as opções de variáveis exibidas na tela, conforme o tema proposto,

<sup>8</sup>Link para baixar no Android: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.terracciano.physics\\_master&hl=pt\\_BR&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.terracciano.physics_master&hl=pt_BR&gl=US).

<sup>9</sup>Link para baixar no IOS: <https://apps.apple.com/br/app/fisica-master-calculadora/id1453430489>.

<sup>10</sup>Um “quiz” é uma atividade ou jogo de perguntas e respostas, frequentemente utilizado para testar o conhecimento ou a compreensão de um tópico específico por meio de uma série de questões. Os quizzes podem ser usados para fins educacionais, entretenimento, avaliações de aprendizado e muito mais.

**Figura 1.14:** Logo do aplicativo Física-Master.



Fonte: Google Play.

aquelas que devem ser incluídas no cálculo. Após a escolha, ele deve selecionar a variável que se quer calcular. O resultado apresentado é de uma equação em função da variável selecionada. Para o cálculo numérico, é necessário inserir o valor de cada variável.

**Figura 1.15:** Tela inicial do aplicativo Física Master.



**Fonte:** Autoria própria.

ferramentas para de disseminação de conhecimento.

Possuindo abordagens distintas, cada uma das TDICs apresentadas possuem seus próprios objetivos de propagação do conhecimento, podendo, em alguns casos, possuir semelhanças de abordagens como o *Physics at School* com o *PhET Interactive Simulations* que apresentam simulações prontas em suas plataformas para que o usuário, por meio de poucos cliques, possa apreciar a execução de dados relativos à fenômenos físicos. O *Geogebra* e *Modellus* apresentam certo grau de semelhança quanto a forma de executar simulações, destaca-se, por exemplo, a necessidade de inserir uma equação que servirá de modelo para a simulação. Sendo assim, por possuir diferentes características de abordagens educacionais, ambas as plataformas contribuem como poderosas



Neste capítulo falamos sobre as TDICs e citamos alguns estudos de plataformas e recursos didáticos atribuídos ao ensino de Física. É importante destacar que estes exemplos não são os únicos existentes, mas são necessários para uma reflexão metodológica da aprendizagem.



## 2. O APP PHYSICAL MODELER

### 2.1 A inspiração

A maioria das ideias sobre algum novo produto surge da necessidade de inovação ou atualização de algum método ou serviço, e para este app não foi diferente. Por meio de um dos projetos que executei em uma escola do interior do Maranhão para turmas de ensino médio, a ideia deste projeto começou a nascer.

No ano de 2019, ao notar que alguns estudantes possuíam notável potencial de desenvolvimento intelectual para área do saber de ciências exatas e da natureza, resolvi tentar expandir a visão dos alunos iniciando um grupo de estudo focando na compreensão mais aprofundada das aulas de Física, indo além das aulas teóricas e repetitivas.

Fiz o convite a dez estudantes para iniciarmos um grupo de estudo aos sábados, cujo foco principal seria compreender melhor as equações de movimento por meio de um software de modelagem. Os estudantes concordaram e ficaram empolgados com o projeto. A escola dispunha de apenas nove computadores fornecidos pelo Ministério da Educação em 2010, de modo que, após nove anos, essas máquinas encontravam-se em dificuldades consideráveis no que tange à execução de programas (*softwares*) mais atuais.

No primeiro dia do nosso encontro, levei uma versão do *Modellus* para ser instalado no sistema operacional Linux. Por possuir baixo conhecimento sobre esse sistema operacional tive um problema que foi a incompatibilidade do instalador com o sistema operacional da máquina. Ao realizar uma rápida pesquisa percebi que haviam diferentes distros do linux e que, em algumas situações, os programas não eram compatíveis com todas as distros disponíveis.

Com esta problemática em mãos e com a intenção de apresentar o programa de simulação, que em minha opinião é um excelente software educacional, resolvi buscar algum emulador que pudesse ser instalado na máquina e executar o *Modellus*. Uma outra possibilidade seria um programa semelhante que pudesse ser instalado em celulares. Com isso surgiu a ideia de buscar algum emulador para o sistema operacional *Android* que pudesse executar o *Modellus*, já que este era o mais comum sistema operacional dos aparelhos celulares dos estudantes.

Sem muito sucesso em minhas buscas, o projeto de grupo de estudos foi finalizado devido a problemática da incapacidade de operacionalizar o uso do *Modellus*, também pela ausência de outros recursos que pudessem dinamizar as aulas. No entanto, devido a esta difícil experiência, surgiu a ideia de desenvolver um aplicativo de modelagem que fosse capaz de receber as equações de movimento e realizar a simulação deste movimento por meio de uma partícula representacional, utilizando os aparelhos *smartphones* dos discentes. Essa abordagem permitiria contornar o sério problema do número reduzido de computadores, bem como a desatualização dessas máquinas.

## 2.2 Conhecendo o app

O aplicativo *Physical Modeler* foi desenvolvido pelo professor Maurício Ribeiro Gonçalves durante a realização do curso de Mestrado em Ensino de Física (MNPEF) no Polo 61 e vinculado à Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). Ele estará disponível na *PlayStore* a partir da primeira quinzena de Junho

de 2024<sup>1</sup>.

O aplicativo *Physical Modeler* apresenta quatro telas de recursos, sendo uma para execução das simulações, outra para a inserção das equações, uma para visualização gráfica e a última para exibir uma tabela de valores.

**Figura 2.1:** Compilado de imagens para as telas do app Physical Modeler.



Fonte: Autoria própria.

A codificação do app foi construída a partir do zero, de modo que este possa realizar cálculo por meio de equações, plotagem de gráficos, geração de tabela além de ser possível simular o movimento de partículas por meio de funções do espaço dependentes do tempo.

Ao abrirmos o aplicativo, nos deparamos com a **tela inicial**, conforme indicado na [Fig. 2.1a](#). Esta tela apresenta três botões, sendo: **Novo Arquivo** destinado a criar novos projetos; **Continuar onde parou** para retomar o último projeto trabalhado e **Ver arquivos salvos** que possibilita abrir e editar projetos anteriores.

A tela de **Simulação**, apresentada na [Fig. 2.1b](#), é destinada à inserção de partículas e ferramentas matemáticas que receberão as equações de movimento. Essa tela apresenta dois botões, sendo um para partículas que poderá ser selecionado pelo usuário para realizar sua simulação e o outro, intitulado ferramentas, dispõe no momento de uma ferramenta para a segmento de reta e para inserção de textos.

<sup>1</sup>O aplicativo foi desenvolvido inicialmente apenas para a plataforma *Android*. Para baixa-lo, deve-se buscar, utilizando como chave de pesquisa, seu nome “Physical Modeler”.

O ambiente **Equação**, de acordo com o que está apresentado na [Fig. 2.1c](#), foi construído para receber funções que se comunicam entre si. Por meio das equações digitadas nesta tela, é possível desenvolver as simulações bem como gerar gráficos e tabelas dos valores.

Para que o ambiente **Gráfico** (ver [Fig. 2.1d](#)) possa funcionar, é necessário que o ambiente de equações possua funções válidas. Assim, ao clicar em qualquer uma das áreas que apresentam o tempo  $t$ , abrirá uma lista suspensa de funções que foram digitadas anteriormente para serem selecionadas. Escolhendo a função desejada, basta clicar no botão *Play* (▶) e observar o gráfico sendo desenhado em função do tempo.

O ambiente **Tabela**, conforme indicado na [Fig. 2.1e](#), apresenta praticamente as mesmas configurações que o ambiente gráfico, necessitando possuir equações previamente digitadas para o funcionamento. Esta tela apresenta diferentes campos, sendo que a primeira opção de preenchimento automático é a grandeza tempo. Podemos alterar estes campos por meio da escolha de outra grandeza física para a qual se deseja verificar os valores no decorrer do tempo.

### 2.2.1 Desenvolvendo a primeira simulação

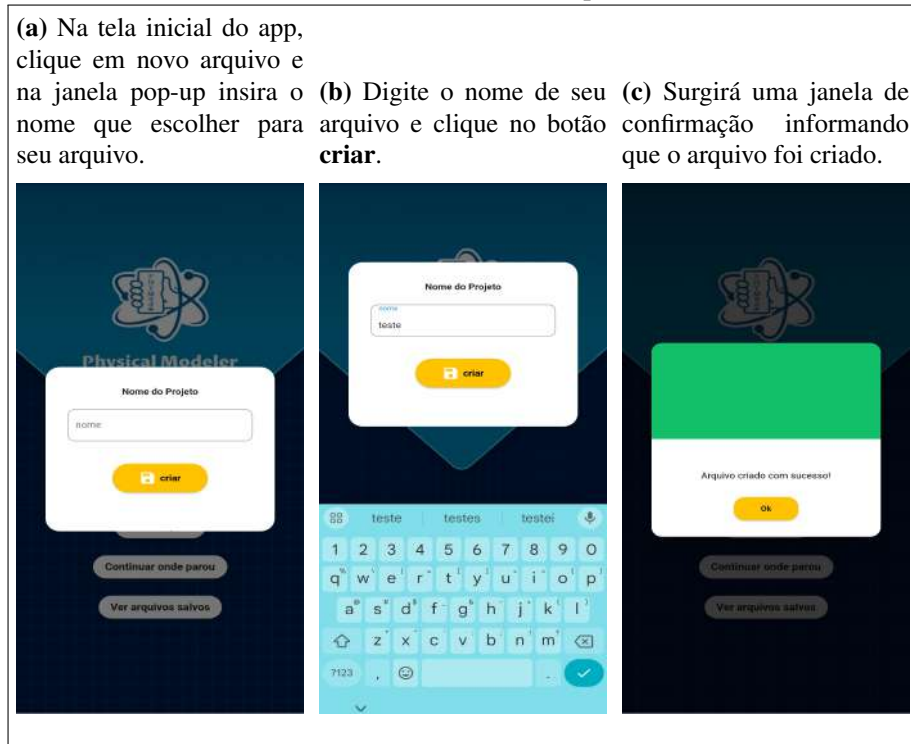
O aplicativo realiza a simulação de movimento em um plano bidimensional, requerendo a formulação das equações de movimento para aplicação nos eixos de coordenadas  $x$  e  $y$ . Nesse contexto, é essencial a elaboração de equações que descrevam as posições em função do tempo, estas equações podem ser tanto lineares quanto não lineares.

O exemplo de modelagem apresentada aqui será de um simples movimento senoidal exposta de maneira detalhada na sequência de imagens a seguir. Cada passo do processo é cuidadosamente delineado, proporcionando uma compreensão gradual e aprofundada do desenvolvimento do modelo.

Ao seguir as instruções contidas nas imagens, é possível adquirir uma visão clara e sistemática do processo de modelagem, contribuindo para formulação

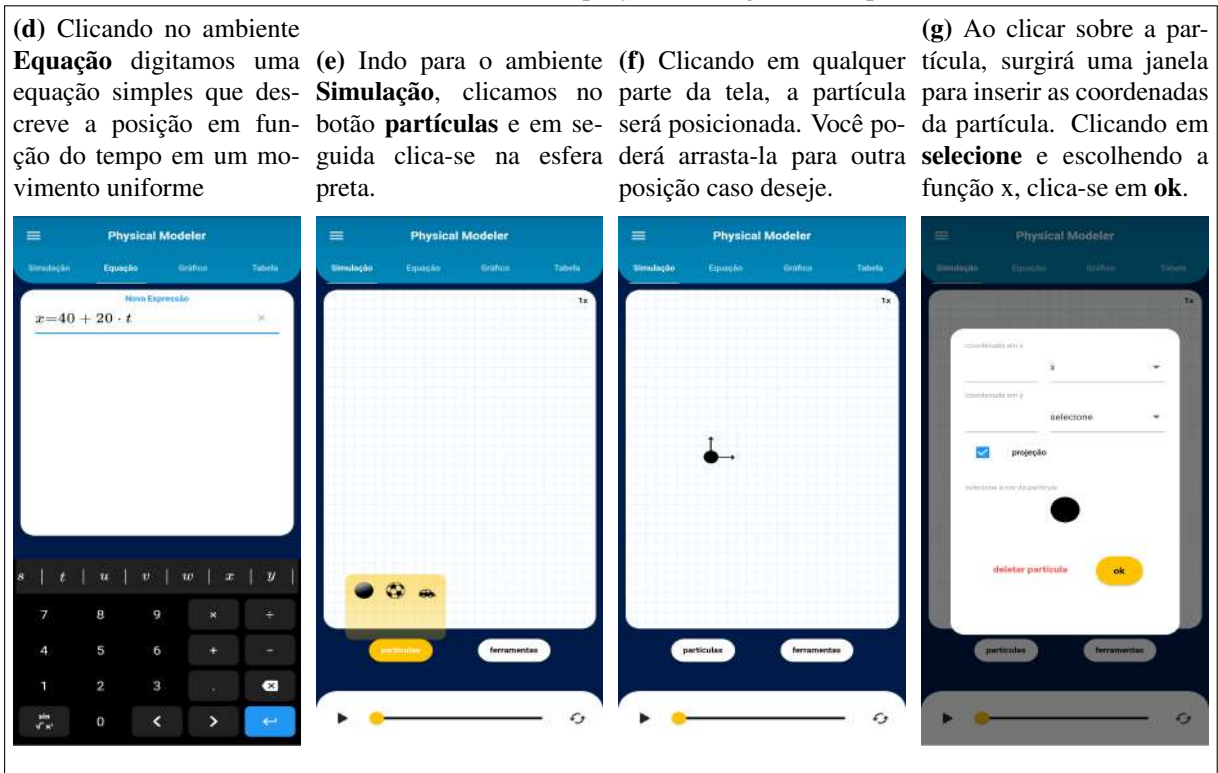
de modelos próprios. Essa abordagem estruturada visa otimizar a aprendizagem e a aplicação prática dos conceitos abordados no contexto da simulação de movimento no plano bidimensional.

**Figura 2.2:** Criando o arquivo



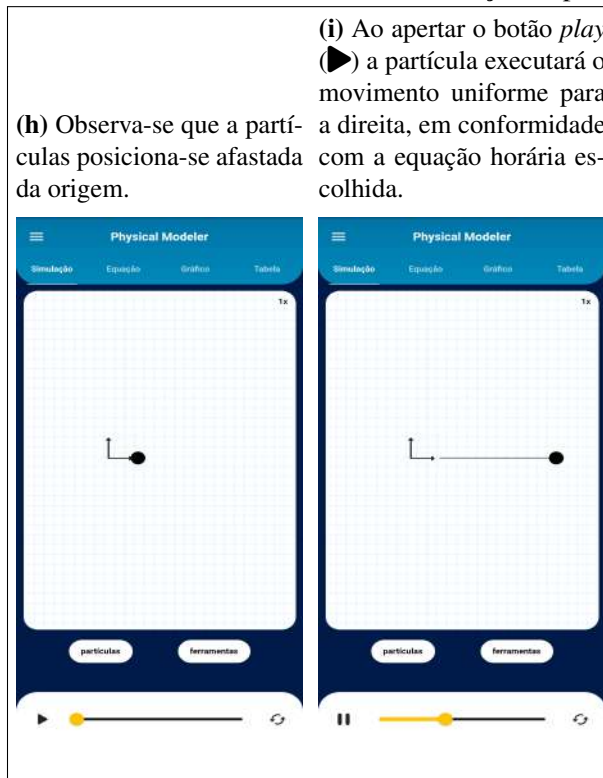
Fonte: Autoria própria.

**Figura 2.2:** Escrevendo a equação e configurando a partícula.



Fonte: Autoria própria.

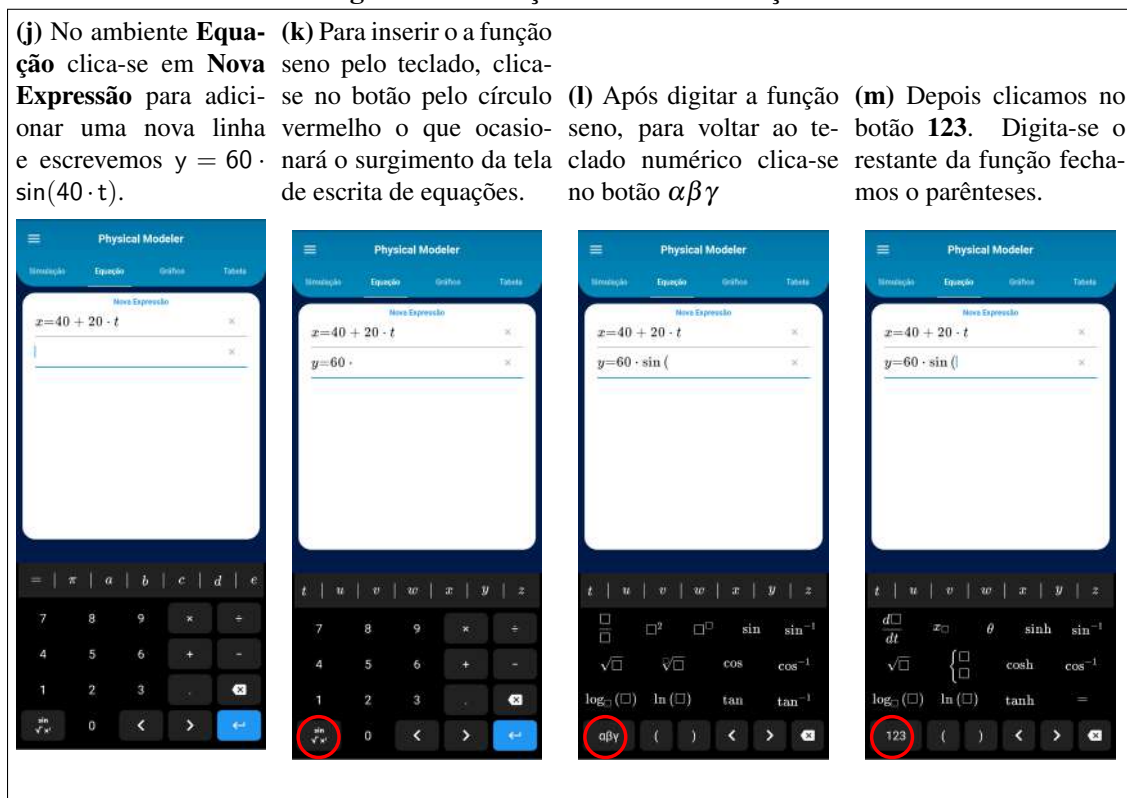
**Figura 2.2:** Acrescentando-se novas informações a partícula.



Fonte: Autoria própria.

Para a coordenada **y**, iremos atribuir uma função senoidal para que a partícula movimente-se sinuosamente sobre o eixo da abscissa.<sup>2</sup>

**Figura 2.2:** Inserção de uma nova função.

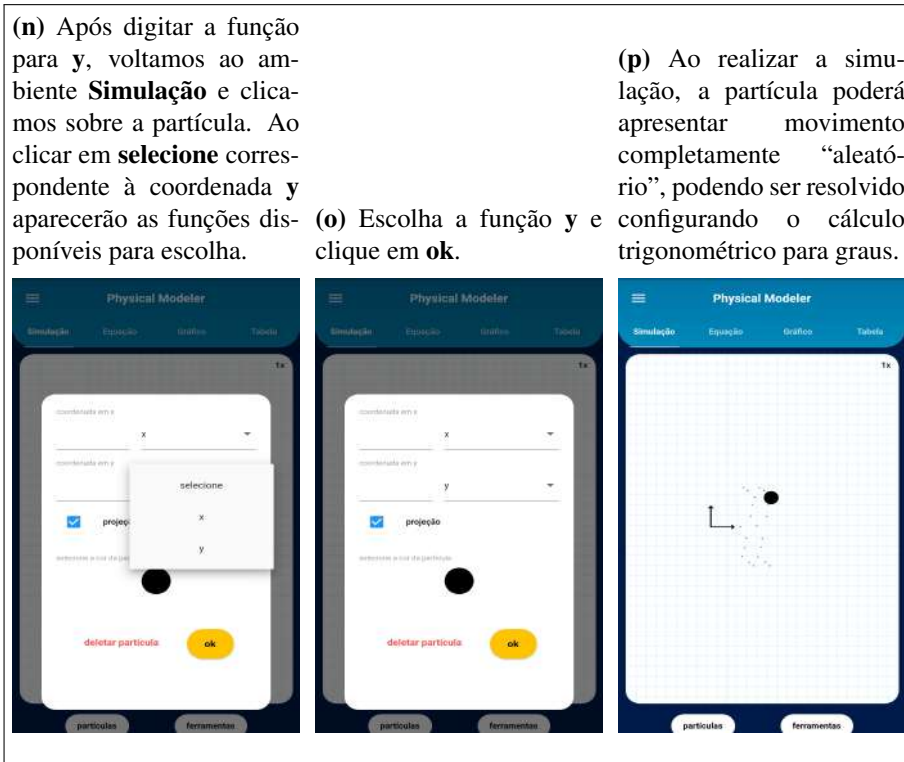


Fonte: Autoria própria.

<sup>2</sup>**OBS.:** É muito importante não esquecer de fechar os parênteses que existirem em suas equações, caso alguma função tenha parênteses em aberto, ocasionará um erro na execução da simulação e a função inserida não funcionará.



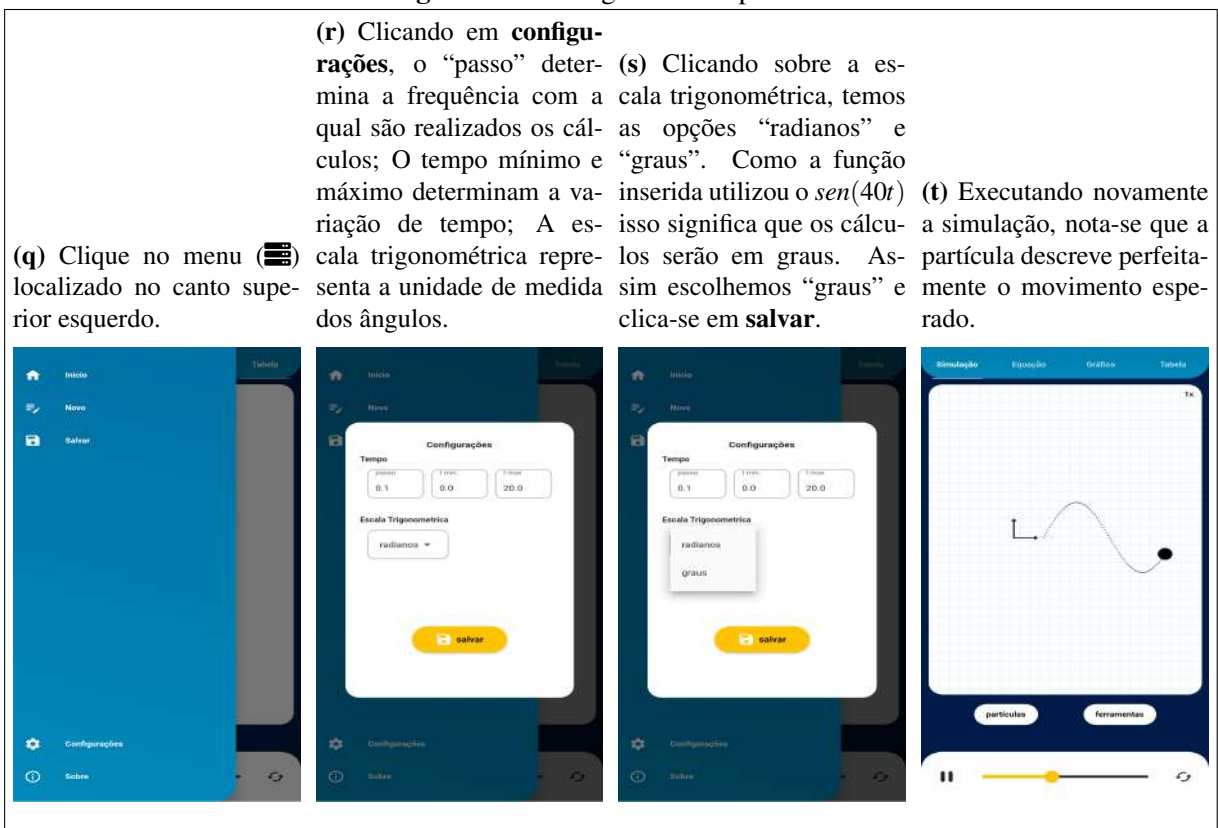
**Figura 2.2:** Reconfigurando as coordenadas da partícula.



Fonte: Autoria própria.

3

**Figura 2.2:** Configurando o aplicativo



Fonte: Autoria própria.

<sup>3</sup>**OBS.:** A linha vazia nas coordenadas destina-se à inserção numérica da posição da partícula. Se ambas estiverem em branco, indica que a partícula está na posição (0,0). Ao selecionar uma função no campo correspondente, se houver um valor na linha da coordenada esquerda, esse campo será esvaziado, associando a partícula exclusivamente à última configuração da coordenada correspondente.

Os outros dois ambientes são facilmente configuráveis, para isso siga as etapas seguintes:

**Figura 2.3:** Configurando a exibição do gráfico e tabela.



Fonte: Autoria própria.

Após realizar todas as configurações necessárias, recomenda-se salvar o arquivo clicando no **menu>Salvar**. O arquivo salvo ficará disponível na memória do dispositivo para consultas futuras.

## 2.2.2 Personalizando a simulação

O aplicativo possui alguns recursos de personalizações que podem ser bem úteis para alguns tipos de modelagens de modo a acrescentar mais detalhes a tela de simulação e proporcionar uma experiência melhor ao usuário. Todos esses recursos estão presentes no botão **ferramentas** na tela de simulação. Nele podemos:

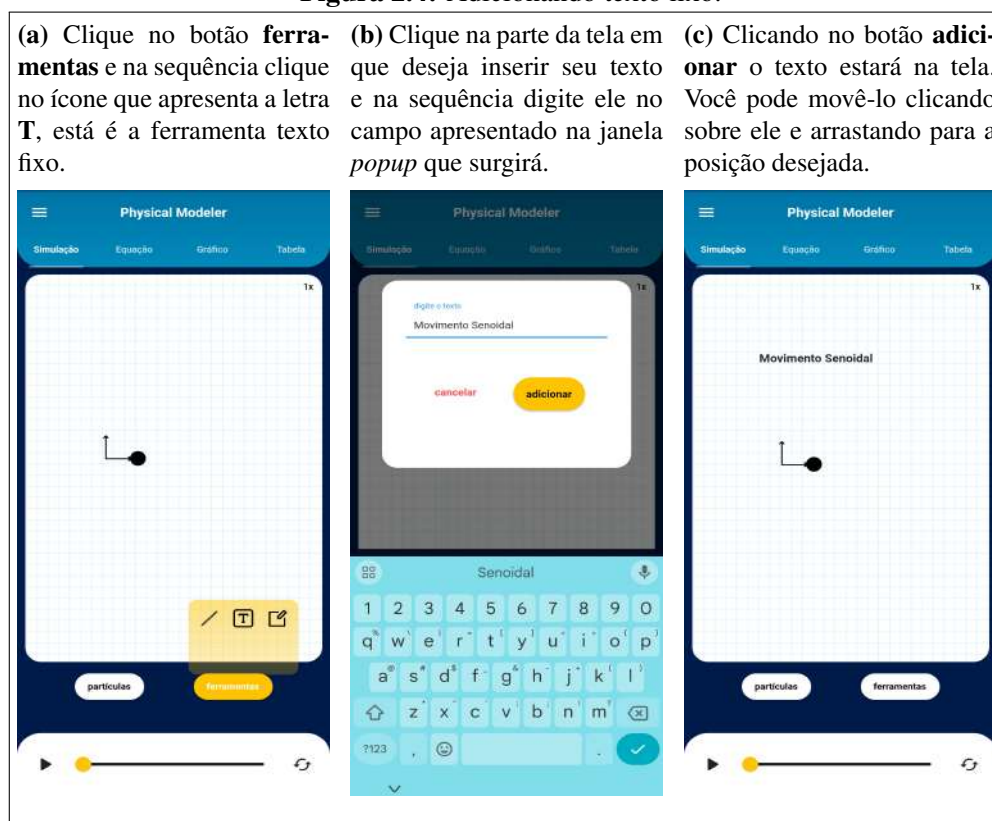
- ▶ **Editar a cor da partícula:** Este recurso é bastante promissor para modelagens que apresentam várias partículas na tela de simulação, podendo distingui-las por diferentes cores.

- ▶ **Adicionar texto fixo:** Texto fixo é a ferramenta que o usuário poderá digitar qualquer informação e posiciona-lo em qualquer parte da tela de simulação. Esta ferramenta é ideal para acrescentar informações sobre a modelagem, como títulos e legendas.
- ▶ **Incluir texto dinâmico:** Aqui chamamos de texto dinâmico a ferramenta que apresentará o valor de uma variável digitada no campo de **equações** do app. Quando inserida na tela de simulação, a medida que o tempo decorre ela apresentará o valor da variável para aquele instante de tempo.
- ▶ **Adicionar segmentos de retas:** Com funcionamento semelhante das partículas, os segmentos de retas podem ser implementados para executarem movimentos em tela ou para ficarem estáticas, dependendo do que o usuário irá realizar.

### 2.2.2.1 Inserindo textos

Utilizando a modelagem anterior, iremos inicialmente adicionar um texto explicando que tipo de movimento está sendo apresentado. Para isso seguiremos os seguintes passos do compilado de imagens a seguir:

**Figura 2.4:** Adicionando texto fixo.




Fonte: Autoria própria.


Ao resolvermos uma equação, costumamos expor o resultado da seguinte forma  $x = 8 \text{ u.c.}$ , no aplicativo não é diferente, primeiramente devemos escrever um texto fixo e na sequência adicionamos o texto dinâmico. Observe o compilado a seguir:

**Figura 2.5:** Adicionando texto dinâmico.


**(a)** Seguindo os passos anteriores para a inserção do texto fixo, faremos o mesmo para inserir uma legenda para a posição X.




**(b)** Clicando no ícone que apresenta um lápis sobre uma folha (texto dinâmico) e em sequência na tela, surge uma janela *popup* de seleção.



**(c)** Clicando sobre ela, surge as variáveis digitadas no campo de equações.

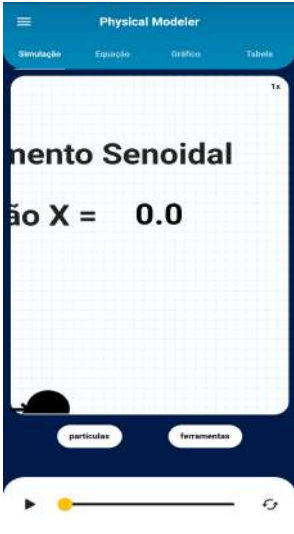


**(d)** Neste caso iremos clicar no “x” e na sequência no botão **adicionar**.




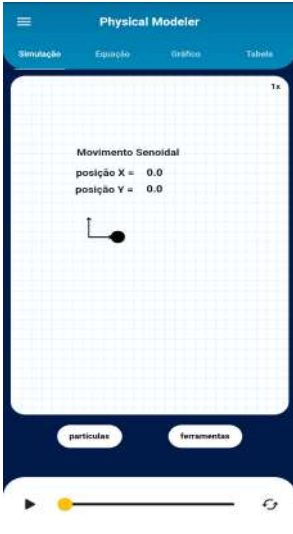
**(e)** Posicionaremos o texto dinâmico ao lado do texto fixo para que este o identifique.



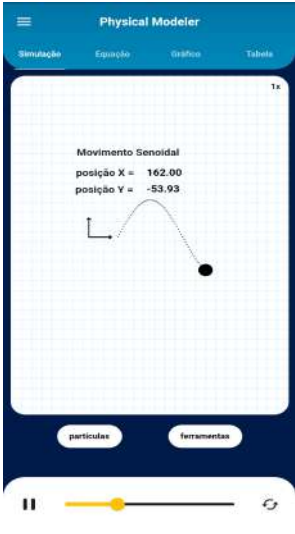
**(f)** Repetiremos passos anteriores de inserção de texto agora para a posição Y.



**(g)** Após inserir o texto dinâmico para a posição Y, este será o resultado.



**(h)** Ao iniciar a simulação, os textos dinâmicos irão variar seu valor em função do tempo.



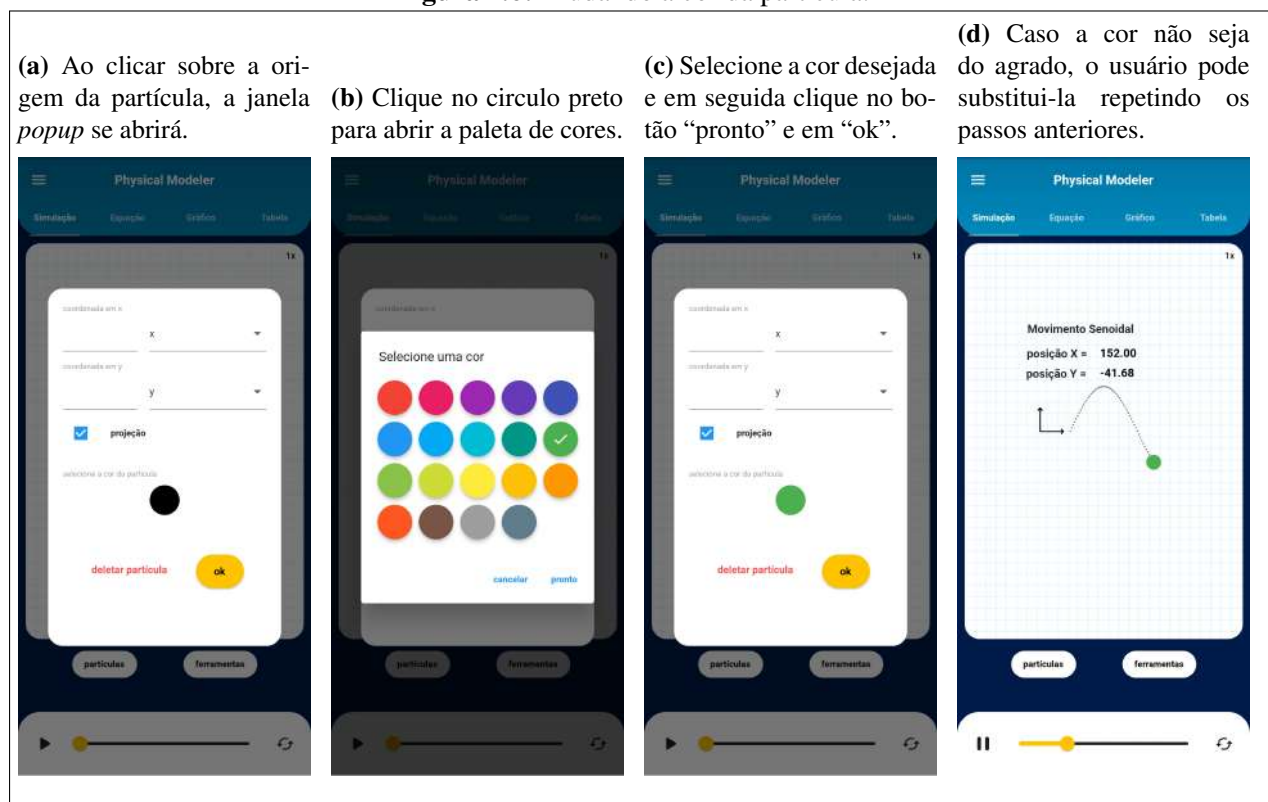
Fonte: Autoria própria.

**OBS:** Para aumentar ou diminuir o ZOOM na tela de simulação, utilize dois dedos em pinça sobre a tela e deslize abrindo-os para aumentar o zoom ou faça o contrário para reduzir.

### 2.2.2.2 Mudando a cor da partícula

Esta etapa é bem simples, vimos ainda na etapa inicial da criação do modelo pela Fig. 2.2g, que quando adicionamos uma partícula e clicamos sobre ela, na janela *popup* que surge tem uma circunferência de cor preta quase centralizada na janela. É por meio desta que podemos configurar as cores das partículas. Observe o compilado a seguir:

**Figura 2.6:** Mudando a cor da partícula.



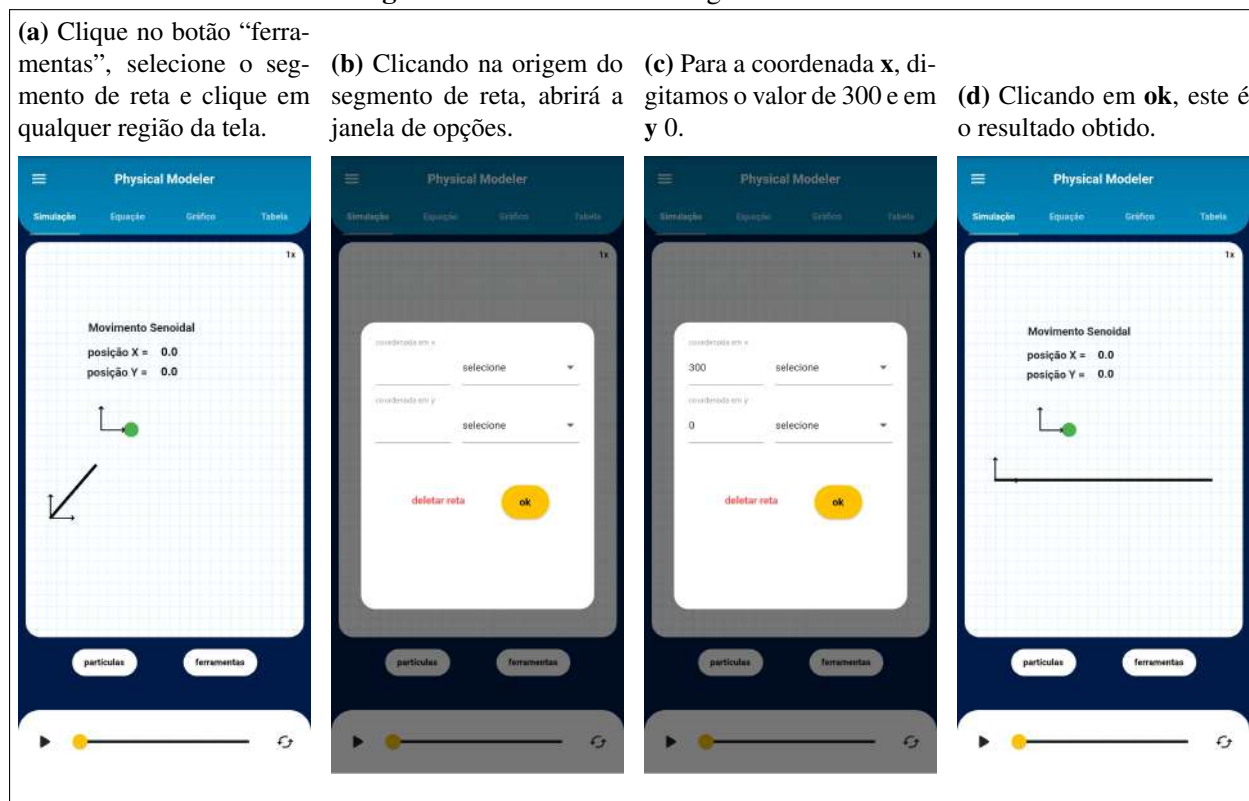
Fonte: Autoria própria.

Por ser uma versão Beta, as mudanças de cores estão limitadas apenas para as partículas, de modo que futuramente essas personalizações serão expandidas para as demais ferramentas.

### 2.2.2.3 Incluindo segmentos de retas

Esta ferramenta possui alta versatilidade para a modelagem, podendo realizar movimentos em uma de suas extremidades de acordo com as equações selecionadas até mesmo ser dimensionada para melhor ilustrar a simulação. Observe o compilado a seguir explicando como inserir uma reta no modelo.

**Figura 2.7:** Acrescentando segmentos de retas.



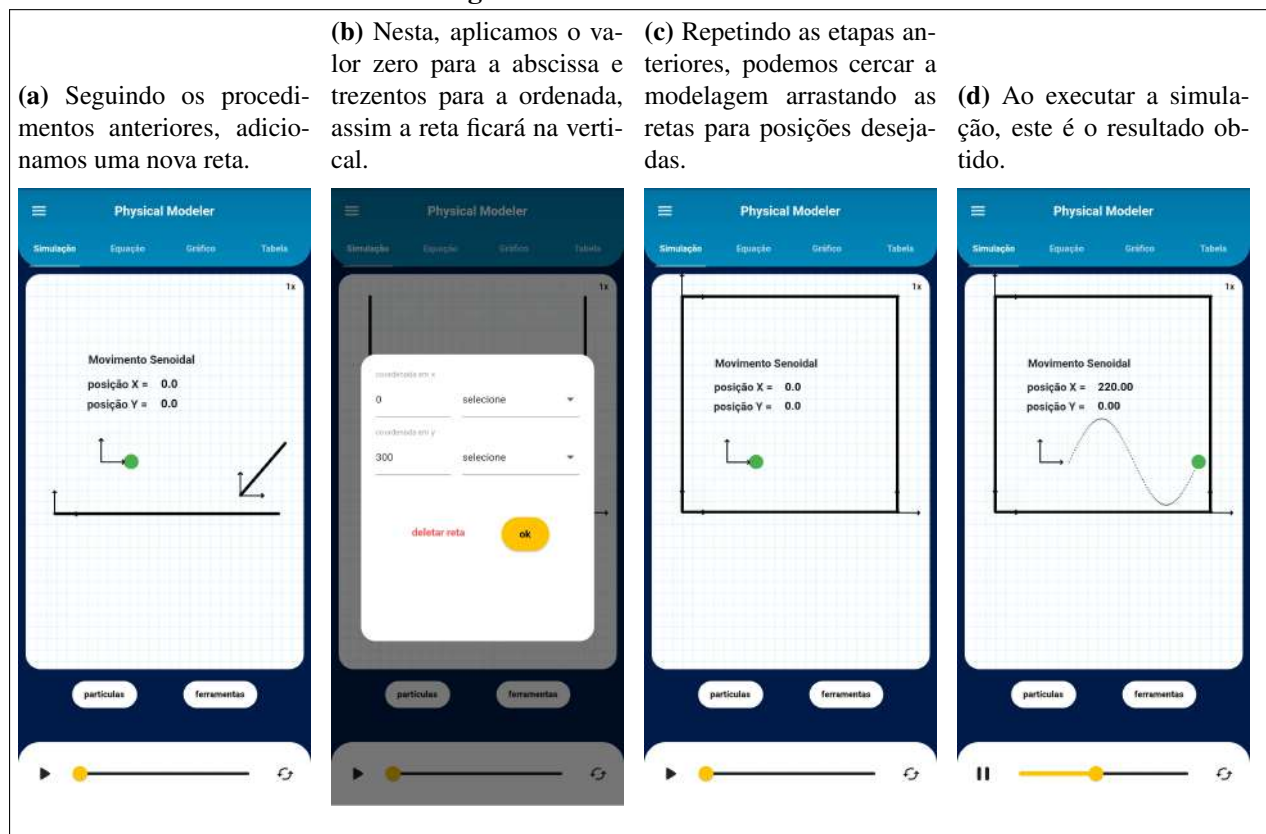
Fonte: Autoria própria.

Observe que na [Fig. 2.7c](#), foram digitados os valores de trezentos para a coordenada das abscissas e zero para as ordenadas, estes valores foram escolhidos considerando a dimensão e resolução do *smartphone*. Sendo assim para modelos diferentes de aparelhos o valor para o eixo  $x$  pode ser maior ou menor.

Note também que assim como para o objeto partícula, o segmento de reta apresenta quatro regiões de inserção de valores. As linhas em branco são destinadas a digitação de valores numéricos, estes valores representam a dimensão (o tamanho) da reta para cada eixo. Podemos verificar este fato pela [Fig. 2.7d](#), ao confirmar os valores, o eixo das ordenadas que recebeu o valor nulo possui zero de altura, enquanto o eixo das abscissas que recebeu o valor de trezentos redimensionou-se de acordo com o valor inserido.

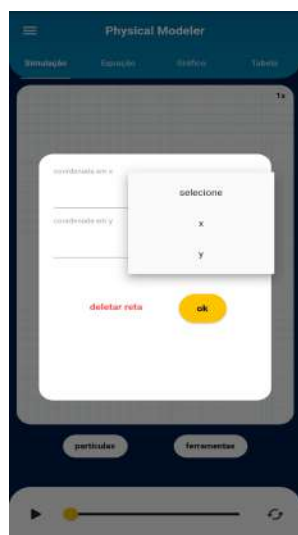
O campo a direita da linha em branco é destinado à escolha das variáveis que foram digitadas no campo de equações. Ao clicar em um deles, vide [Fig. 2.8](#), uma lista contendo todas as variáveis disponíveis é aberta para que o usuário selecione a função desejada. Podemos inserir quantos segmentos de retas desejarmos. Observe:

**Figura 2.9:** Cercando o modelo.



Fonte: Autoria própria.

**Figura 2.8:** Determinando dimensão dinâmica para o segmento de reta.



Fonte: Autoria própria.

público-alvo.

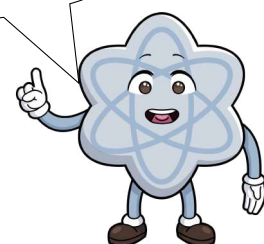
Ao examinar minuciosamente as interfaces e funcionalidades apresentadas, observamos que o aplicativo em questão emerge como uma alternativa promissora no cenário tecnológico contemporâneo para o ensino de Física. A coesão entre as interfaces intuitivas e funcionalidades inovadoras destacam-se, proporcionando uma perspectiva atraente para a integração dessa ferramenta no ambiente educacional.

A análise das diversas telas revela um enfoque cuidadoso na usabilidade, promovendo uma experiência eficiente para o usuário. As funcionalidades incorporadas não apenas abordam aspectos práticos, mas também se integram organicamente às necessidades do

É digno de nota como a aplicação consegue harmonizar elementos de ci-

ência, tecnologia e programação, contribuindo para uma abordagem interdisciplinar. Este aspecto, particularmente relevante para professores e estudantes de Física, ressalta a capacidade do aplicativo de servir como uma ferramenta potencialmente valiosa no contexto educacional.

Isto não é tudo!  
Em breve lançaremos atualizações no aplicativo, de forma a adicionar novos recursos que possibilitarão a realização de simulações mais precisas e dinâmicas.





# Unidade II

## DA TEORIA À EXPERIMENTAÇÃO

---

### TEMAS ABORDADOS NESTA UNIDADE

---

<b>3</b>	<b>Movimento de queda</b> . . . . .	<b>50</b>		
3.1	Queda livre . . . . .	50		
3.2	Movimento de Queda com atrito quadrático . . . . .	53		
<b>4</b>	<b>Movimento no Plano Inclinado</b> . . . . .	<b>59</b>		
4.1	Plano inclinado sem atrito . . . . .	60		
4.1.1	Aceleração sobre o plano . . . . .	60		
4.1.2	Velocidade sobre o plano inclinado sem atrito . . . . .	62		
4.1.3	Posição sobre o plano inclinado sem atrito . . . . .	63		
4.2	Plano inclinado com atrito . . . . .	64		
<b>5</b>	<b>Oscilador Harmônico Amortecido</b> . . . . .	<b>70</b>		
5.1	Conhecendo o sistema massa mola . . . . .	70		
5.1.1	Oscilador Harmônico Amortecido . . . . .	73		
<b>6</b>	<b>Pêndulo Simples</b> . . . . .	<b>78</b>		
6.1	Movimento do pêndulo simples sem atrito . . . . .	79		
6.2	Movimento do pêndulo simples com atrito . . . . .	82		



## 3. MOVIMENTO DE QUEDA

### 3.1 Queda livre

**Figura 3.1:** Imagem de um copo em queda livre.



**Fonte:** Autoria própria via I.A.

A queda livre sem atrito é um fenômeno físico que ocorre quando um objeto é deixado cair de uma certa altura, sujeito apenas à força da gravidade e sem qualquer influência de forças de atrito. Tal fenômeno não é tão comum de ser contemplado em nosso dia a dia, porém ele pode ser executado com boa aproximação em casos de movimentos de curta duração como por exemplo um copo caindo de uma mesa como na [Figura 3.1](#).

Ao longo da queda, a velocidade do objeto aumenta continuamente, pois a aceleração da gravidade é constante. Isso ocorre devido à negligência da influência do atrito, significando que não há forças de resistência ao movimento, como o atrito do ar.

Como resultado da ausência de atrito, a única força atuante sobre o objeto é a força gravitacional, que age em direção ao solo. Essa falta de resistência permite que o objeto caia com uma aceleração constante, independente-

mente de sua massa, e a equação horária para a velocidade pode ser escrita da seguinte forma:

$$v = v_0 + g \cdot t \quad (3.1)$$

A trajetória do objeto em queda livre sem atrito é uma linha reta vertical e ele cai em direção ao solo. Se a queda começar do repouso, a velocidade do objeto aumentará progressivamente à medida que ele cai. Por outro lado, se o objeto for lançado para cima, sua velocidade diminuirá à medida que se aproxima da altura máxima. Atingido este ponto, inicia-se o processo de descida. Sua posição em função do tempo é determinada por:

$$y = y_0 + \frac{g}{2} \cdot t^2, \quad (3.2)$$

para o caso do corpo ter sido abandonado de certa altura inicial  $y_0$ , a altura final  $y$  será zero quando chegar ao solo. Ou podemos ter a seguinte representação:

$$y = -\frac{g}{2} \cdot t^2, \quad (3.3)$$

para o caso do corpo ser abandonado de uma altura  $y_0 = 0$  e à medida que vai descendo o valor numérico de sua posição vai diminuindo com o tempo.

Vale ressaltar que, embora a queda livre sem atrito seja um modelo simplificado, sabemos que em nossa realidade, quase sempre há algum grau de atrito presente no movimento. O atrito com o ar, ou seja, a resistência oferecida pelos gases atmosféricos afetam o movimento dos objetos em queda. No entanto, o estudo da queda livre sem atrito é valioso para compreender os princípios básicos do movimento sob a influência da gravidade.

## A Física do paraquedismo

O paraquedismo é um esporte emocionante e desafiador que envolve saltar de altitudes elevadas utilizando um paraquedas para controlar a descida e pousar com segurança. Os praticantes de paraquedismo, também conhecidos como paraquedistas ou *skydivers*, experimentam a incrível sensação de liberdade ao voar pelos céus e realizar manobras acrobáticas durante a queda.

Ao atingir a altitude de salto, os paraquedistas posicionam-se na porta do avião e lançam-se no vazio, mergulhando na queda. Durante esse momento emocionante, os paraquedistas podem atingir velocidades incríveis, muitas vezes acima de 200 km/h, enquanto experimentam uma sensação de adrenalina e liberdade incomparáveis. A queda livre dura geralmente cerca de 30 a 60 segundos, dependendo da altitude do salto.

Para controlar a velocidade do salto, antes de abrir o paraquedas, o atleta projeta-se na vertical de modo a reduzir ao máximo o atrito com o ar. E para reduzir sua velocidade, fica em posição de decúbito ventral com braços abertos afim de obter o maior atrito possível.

Após um certo tempo de queda, os paraquedistas abrem seus paraquedas principais, que são projetados para retardar a velocidade de queda e fornecer uma descida controlada. A abertura do paraquedas é acompanhada por uma sensação de desaceleração abrupta, e os paraquedistas passam da vertiginosa velocidade da queda para um ritmo suave e tranquilo de planagem.

**Figura 3.2:** Representação de dois paraquedistas em pleno salto.



Fonte: Autoria própria via I.A.

## 3.2 Movimento de Queda com atrito quadrático

O movimento sob influência do arrasto quadrático é um fenômeno físico que ocorre quando um objeto desloca-se dentro de algum tipo de fluido. No caso da queda de um corpo, este fluido é, em geral, o ar. A medida que o objeto aumenta sua velocidade por meio da aceleração gravitacional, também enfrentará uma força de resistência do ar proporcional ao módulo da velocidade ao quadrado. Esse é o motivo para usar a denominação arrasto quadrático.

Sendo assim, à medida que o objeto cai, a força da gravidade o acelera para baixo, aumentando sua velocidade. No entanto, à medida que a velocidade aumenta, a força de arrasto também aumenta, amortecendo parcialmente a aceleração da gravidade. Considerando que a força gravitacional será constante durante o deslocamento de queda livre, temos pelo o outro lado a força de arrasto que aumenta com a velocidade. Eventualmente, o objeto atinge um ponto de equilíbrio conhecido como velocidade terminal ou velocidade limite, que ocorre quando o módulo da força de arrasto se iguala ao módulo da força da gravidade. Nesse ponto, a velocidade do objeto se estabiliza, e ele continua a cair, mas agora em uma velocidade constante cujo módulo é expresso pela Eq. (3.4).

$$v_{\text{ter}} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{c}}. \quad (3.4)$$

De modo que  $m$  é a massa do corpo,  $g$  é a gravidade e  $c$  corresponde ao coeficiente de arrasto quadrático<sup>1</sup>. Durante a queda sob influência do arrasto quadrático, o objeto experimenta uma série de mudanças. No início, a força de arrasto é relativamente baixa, e a aceleração é próxima da aceleração da gravidade. Conforme a velocidade aumenta, a força de arrasto se torna mais significativa e começa a retardar o objeto.

<sup>1</sup>Esta demonstração pode ser estudada na Dissertação intitulada “**PHYSICAL MODELER E O ARCO DE MAGUIERES**: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem”, que fundamenta este produto.

Para obter a velocidade em função tempo deste corpo é necessário realizar procedimentos algébricos de nível avançado<sup>2</sup> para se chegar à seguinte equação:

$$v = -\sqrt{\frac{m \cdot g}{c}} \cdot \tanh\left(\sqrt{\frac{c \cdot g}{m}} \cdot t\right) = v_{\text{ter}} \cdot \tanh\left(\sqrt{\frac{c \cdot g}{m}} \cdot t\right). \quad (3.5)$$

Observa-se que a equação acima envolve funções hiperbólicas, mas não há o que se preocupar pois estes cálculos são facilmente resolvidos pelo aplicativo *Physical Modeler*, ou podemos até mesmo realizar os cálculos algébricos por meio de aplicativos terceiros como a calculadora gráfica **Algeo**<sup>3</sup>. A posição do projétil em função do tempo é obtida pela equação:

$$y = -\frac{m}{c} \cdot \ln\left[\cosh\left(\sqrt{\frac{c \cdot g}{m}} \cdot t\right)\right]. \quad (3.6)$$

### DIGITALIZANDO A TEORIA

#### Queda livre vs queda com atrito



Vamos realizar a simulação de duas partículas em queda, mas sendo que uma delas não estará sob a influência de forças dissipativas e a outra terá o arrasto quadrático como principal força resistiva. Nesta simulação, vamos considerar que os corpos são esféricos e lisos.

No aplicativo **PHYSICAL MODELER**, precisamos declarar as variáveis necessárias para a execução do movimento, assim, no campo de **Equação**, serão definidos:

- ▶ Massa (m)
- ▶ Gravidade (g)

<sup>2</sup>Esta demonstração pode ser estudada na Dissertação intitulada “**PHYSICAL MODELER E O ARCO DE MARGUERITZ**: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem”, que fundamenta este produto.

<sup>3</sup>“O Algeo é um aplicativo de calculadora científica gratuito disponível para celulares Android. A ferramenta permite realizar cálculos complexos com funções que geralmente não são encontradas em calculadoras tradicionais. Também é possível traçar gráficos e criar tabelas de resultados de até quatro equações diferentes.” (BEGGIORA, 2019)

- ▶ Diâmetro da esfera ( $d$ )
- ▶ Coeficiente de restituição do meio ( $j$ )

Inicialmente vamos digitar as variáveis com os seguintes valores:


DECLARAÇÃO DE CONSTANTES (propositalmente deixadas sem as respectivas unidades de medida)

$$m = 60$$

$$g = 9.81$$

$$d = 1$$

$$j = 0.25$$

 **OBS.:** As unidades de medidas, para as grandezas em questão, estão de acordo com o Sistema Internacional de Medidas. ■

Para o movimento de queda livre, a variável que estará em função do tempo será chamada de **yy** enquanto na situação envolvendo o atrito, a equação horária será rotulada pela variável **y**.

Considerando que o coeficiente **c** depende do diâmetro da esfera, precisamos escrever sua equação antes da equação de movimento. Logo teremos:

#### EQUAÇÕES PARA AS POSIÇÕES

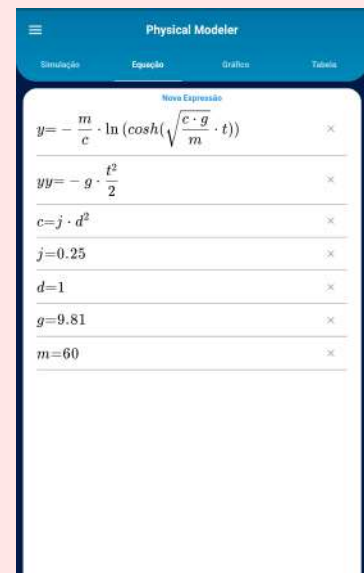
$$c = j \cdot d^2$$

$$yy = -\frac{g}{2} \cdot t^2$$

$$y = -\frac{m}{c} \cdot \ln \left[ \cosh \left( \sqrt{\frac{c \cdot g}{m}} \cdot t \right) \right]$$

Na tela **Simulação**, vamos inserir duas partículas de modo que elas fiquem lado a lado. Identificaremos a qual equação cada uma delas estará

**Figura 3.3:** Tela de entrada para as funções do app PHYSICAL MODELER com as equações digitadas.



Fonte: Autoria própria.

atrelada por meio de um texto que ficará posicionado sobre elas como apresentado pela Fig. 3.4a. Atribuiremos a equação da altura apenas para o eixo  $y$  de cada partícula, como apresentado nas Fig. 3.4b e Fig. 3.4c.

**Figura 3.4:** Compilado de imagens apresentando as configurações básicas para modelagem do movimento de queda livre.



Fonte: Autoria própria.

É importante destacar que tanto na Fig. 3.4c como na Fig. 3.4b não é necessário definir um valor ou função para o eixo das abscissas.

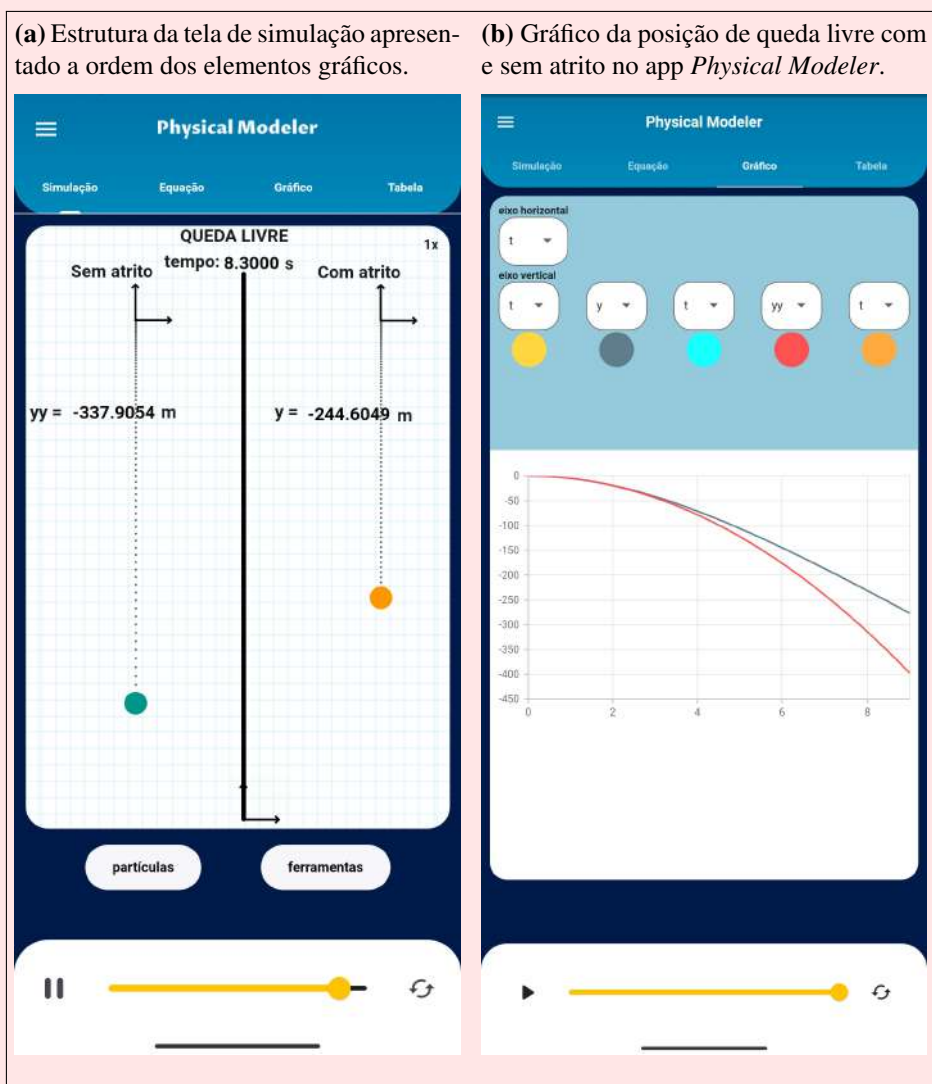
Ao término das configurações básicas, podemos personalizar a tela de simulação como, por exemplo, uma reta para separar ambos os movimentos para ocasionar a ilusão de ambientes diferentes e também um texto dinâmico que apresente o tempo transcorrido durante o decorrer da simulação (**Caso tenha dúvidas de como inserir estas ferramentas, leia a Seção 2.2.2: Personalizando a simulação localizado na Página 42**). Assim que



personalizado, a tela ficará como na [Fig. 3.5a](#).

Ao executar a simulação, as partículas entrarão em movimento vertical para baixo de modo a sumirem da tela. Podemos compreender melhor a perceptível diferença de movimento por meio do ambiente gráfico. Para isso, devemos selecionar um dos campos e atribuir a função  $y$  e noutra a função  $yy$ . Ao executar novamente a simulação, notamos que ambas as partículas se comportam praticamente da mesma forma e, após um período de tempo, elas desenvolvem grande espaçamento como evidenciado na [Fig. 3.5b](#).

**Figura 3.5:** Compilado de imagens apresentando as telas de simulação e gráfico do movimento de queda livre.



Fonte: Autoria própria.

### APROFUNDANDO NO TEMA

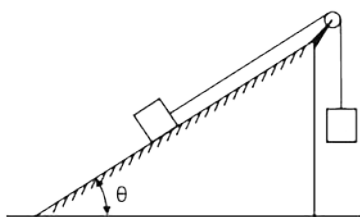
- 1 No ambiente **Equação**, insira uma nova equação para o movimento sob arrasto quadrático. Não esqueça de atribuir novos símbolos de sua preferência para estas novas variáveis.
- 2 Acrescente mais uma partícula no ambiente **Simulação**, escolhendo uma nova cor, e atribua a ela a nova função para o deslocamento sob arrasto quadrático.
- 3 Para suas constantes de movimento (massa, gravidade, diâmetro e coeficiente de arrasto), mude apenas o valor do coeficiente de atrito, atribuindo um valor pequeno como 0,00001 e execute a simulação.
- 4 Ao comparar os movimentos, que conclusão obtém-se ao final do movimento?
- 5 Mantendo o novo coeficiente de arrasto, o que acontece ao modificar a massa desse corpo para 6000 ou para 6? Compare o resultado com o de seus colegas e escreva suas conclusões.



## 4. MOVIMENTO NO PLANO INCLINADO

Ao estudarmos o tema "Dinâmica dos Corpos", nos deparamos com a descrição do movimento que ocorre quando um corpo se move sobre um plano inclinado estático em muitas situações. A decomposição das forças atuando em um corpo que esteja sobre o plano inclinado é abordada nas discussões de vários tópicos sobre equilíbrio estático, tais como: o uso de polias para conectar duas massas como na situação exemplificada na [Fig. 4.1](#); obtenção do coeficiente do atrito estático por meio do plano inclinado e equilíbrio de uma massa sobre o plano inclinado devido a força de atrito, dentre outros. É, portanto, um exemplo clássico de aplicação do método Newtoniano para o estudo de movimentos cotidianos e está sempre presente nas aulas de Física da educação básica.

**Figura 4.1:** Plano inclinado com uma massa ligada por um fio ideal a outra massa que encontra-se pendurada paralelo ao cateto vertical oposto do ângulo evidenciado.



Fonte: Autoria própria.

ao realizar um simples deslocamento de casa para a escola ou para o trabalho,

Apesar das aplicações cotidianas deste sistema modelo, em livros didáticos do ensino médio, pouco se discute sobre as características do deslocamento de um corpo sobre o plano inclinado em situações ideais, aquelas nas quais as forças resistivas são desprezíveis, bem como em outras para as quais a influência destas interações são relevantes. Para se explicitar como este tipo de movimento é comum em nosso cotidiano, basta se atentar que

passamos por alguns aclives e declives que potencializam ou reduzem a aceleração do veículo utilizado para a locomoção.

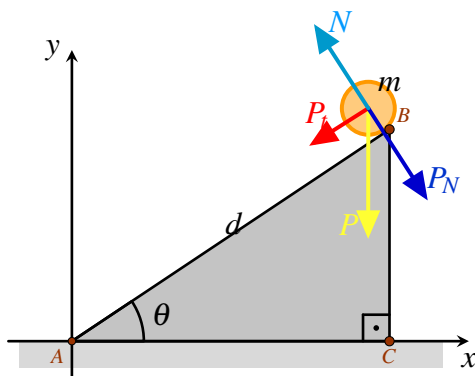
Sendo assim, este capítulo tem como foco abordar e discutir sobre o deslocamento efetuado sobre o plano inclinado, determinando para o corpo em movimento sua aceleração; comportamento da velocidade durante a descida e ao da rampa, bem como as posições relativas sobre o plano em função do tempo de deslocamento.

## 4.1 Plano inclinado sem atrito

### 4.1.1 Aceleração sobre o plano

O movimento dos corpos estudados aqui se dará através do pressuposto que estes estão posicionados na parte mais alta do plano inclinado fixo<sup>1</sup> com e sem a presença de atrito.

**Figura 4.2:** Decomposição das forças que atuam na esfera  $A$ , de massa  $m$  sobre um plano inclinado de ângulo  $\theta$ .



Fonte: Autoria própria.

Neste primeiro momento, vamos considerar que um corpo de massa  $m$  esteja posicionado na parte mais alta do plano inclinado de um ângulo  $\theta$ . Sabemos, através das leis que regem a Dinâmica de Newton, que as interações do corpo que são capazes de alterar o estado de movimento são a força peso e a normal. A força peso,  $\mathbf{P}$ , direciona-se verticalmente para baixo e a força normal é perpendicular ao plano inclinado. Logo, considerando o sistema de eixos cartesianos exposto na [Figura 4.2](#), pela decomposição vetorial, surge uma componente da força peso paralela ao plano que iremos chamar de  $\mathbf{P}_t$  (peso tangencial)<sup>2</sup>. Por não possuir atrito entre o plano e o objeto, a força resultante é composta apenas por  $\mathbf{P}_t$ . Com isso,

<sup>1</sup>Entende-se como plano inclinado fixo, aquele que manterá sua posição em relação a um ponto fixo no espaço independente do tipo de interação que ele sofrerá com os corpos que deslocam-se sobre ele.

<sup>2</sup>Os detalhes relativos à obtenção das componentes escalares para as forças envolvidas no problema estão discutidos na dissertação intitulada “**PHYSICAL MODELER E O ARCO DE MAGUEREZ: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem**”, que fundamenta este produto educacional.

podemos utilizar a Segunda Lei de Newton e obter a aceleração sobre o plano:

$$a_r = \frac{P_t}{m}. \quad (4.1)$$

Aplicando a propriedade de semelhança entre triângulos, facilmente encontra-se que  $P_t = mg\text{sen}(\theta)$ . Introduzindo essa expressão na equação da aceleração, obtemos a aceleração resultante sobre o plano,

$$a_r = -g \cdot \text{sen}(\theta). \quad (4.2)$$

Observe que a Eq. (4.2) apresenta o sinal negativo devido o fato da partícula descrever o movimento retrógrado em relação a origem do plano cartesiano. Caso o esquema do plano inclinado apresentado pela Fig. 4.3 tivesse o ângulo de abertura ( $\theta$ ) à direita de seu ângulo reto, a aceleração seria considerada positiva. Outro ponto importante a destacar é que a massa do corpo é irrelevante para seu movimento.

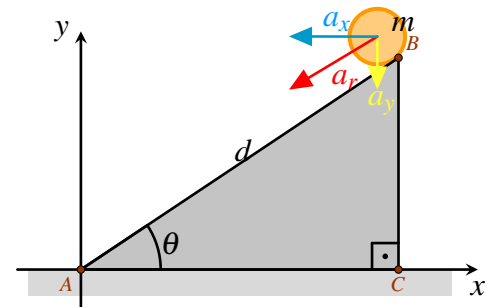
À medida que o corpo desce sob aceleração constante,  $a_r$ , apresentada pela Eq. (4.2), verifica-se que podemos decompô-la sobre o plano inclinado apresentado pela Figura 4.3 e obtemos as respectivas componentes acelerações  $a_x$  e  $a_y$ <sup>3</sup>:

$$a_x = -g \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \cos(\theta) = -g \cdot \frac{\text{sen}(2\theta)}{2}; \quad (4.3)$$

$$a_y = -g \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \text{sen}(\theta) = -g \cdot \text{sen}^2(\theta). \quad (4.4)$$

<sup>3</sup>A simplificação da Eq. (4.3) é realizada por meio da aplicação da identidade trigonométrica  $\text{sen}(2\theta) = 2 \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \cos(\theta)$ .

**Figura 4.3:** Decomposição do vetor aceleração resultante em termos do sistema de eixo cartesiano  $x$  e  $y$  sobre o plano inclinado.



Fonte: Autoria própria.

## 4.1.2 Velocidade sobre o plano inclinado sem atrito

Após a obtenção das componentes escalares para a aceleração, as componentes da velocidade em relação ao eixo  $x$  e  $y$ , podem ser facilmente obtidas por meio da função horária da velocidade do movimento uniformemente acelerado. Considerando que o objeto tenha iniciado o movimento com velocidade inicial nula, ao aplicar as acelerações anteriores na função horária da velocidade, temos:

$$v_x = -\frac{gt}{2} \cdot \text{sen}(2\theta) \quad (4.5)$$

$$v_y = -gt \cdot \text{sen}^2(\theta). \quad (4.6)$$

### A FÍSICA NO COTIDIANO

#### O bobsled

O bobsled, também conhecido como bobsleigh, é um esporte de inverno que envolve equipes deslizando em alta velocidade em um trenó especialmente projetado em uma pista de gelo.

É uma competição de equipes, geralmente compostas por dois ou quatro pilotos. Eles trabalham em conjunto para alcançar a maior velocidade possível e percorrer a pista no menor tempo. O trabalho em equipe é essencial para garantir a estabilidade e o controle do trenó durante as curvas e retas.

**Figura 4.4:** Representação de um trenó de bobsled em movimento.



Fonte: Autoria própria via I.A.

As pistas de bobsled são projetadas com 19 curvas acentuadas e retas de alta velocidade, possuindo uma extensão total de 1,5 km e 124 m de descida vertical. As curvas possuem inclinação e são projetadas para fornecer um desafio aos pilotos, testando suas habilidades de direção e controle.

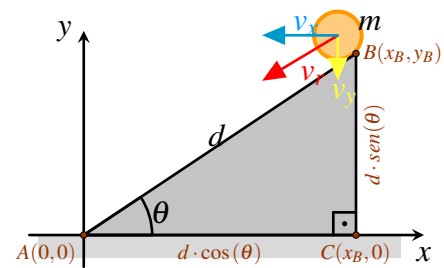
Em alguns trechos da pista o coeficiente de atrito do trenó com o solo chega a ser aproximadamente 0,004. Esse baixo coeficiente faz com que o trenó possa alcançar a marca dos 150 km/h até mesmo nas curvas.

Este esporte exige habilidades atléticas, trabalho em equipe, coordenação e coragem. É uma combinação emocionante de velocidade, técnica e estratégia, tornando-se um dos esportes mais emocionantes e icônicos dos Jogos Olímpicos de Inverno.

### 4.1.3 Posição sobre o plano inclinado sem atrito

Para realizar esta decomposição, vamos considerar que o objeto esteja na parte mais alto do plano inclinado localizado sobre o ponto **B**, conforme evidenciado na Fig. 4.5. Neste ponto, as posições  $x_B$  e  $y_B$  sobre o plano cartesiano  $(x, y)$  são dadas pelas equações,

**Figura 4.5:** Decomposição da velocidade resultante sobre os eixos  $x$  e  $y$ .



Fonte: Autoria própria.

$$x_B = d \cdot \cos(\theta) \tag{4.7}$$

$$y_B = d \cdot \text{sen}(\theta), \tag{4.8}$$

e representam as posições iniciais sobre os eixos  $x$  e  $y$ .

O movimento neste experimento será retrógrado em relação à origem do plano cartesiano, então os valores para as acelerações sobre esses eixos expressas pelas Eqs. (4.3) e (4.4) serão negativas. Considerando que o corpo seja posto inicialmente em repouso em sua posição inicial e que, por meio da aceleração, ele entre em movimento, teremos as seguintes expressões para as componentes  $x$  e  $y$  da posição:

$$x = d \cdot \cos(\theta) - \frac{gt^2}{4} \cdot \text{sen}(2\theta), \quad (4.9)$$

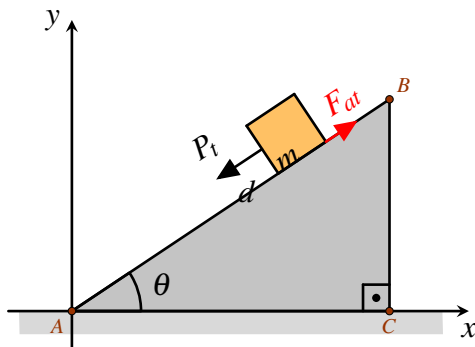
$$y = d \cdot \text{sen}(\theta) - \frac{gt^2}{2} \cdot \text{sen}^2(\theta), \quad (4.10)$$

que estipulam a posição do corpo em função do tempo.

## 4.2 Plano inclinado com atrito

O atrito envolvido neste estudo é denominado atrito seco. O atrito seco, também conhecido como atrito sólido, é um tipo de atrito que ocorre entre duas superfícies sólidas em contato direto, sem a presença de um fluido lubrificante. É chamado de “seco” justamente porque não há a presença de um lubrificante líquido ou gasoso entre as superfícies.

**Figura 4.6:** Corpo de massa  $m$  sobre plano inclinado com atrito.



Fonte: Autoria própria.

Ao posicionar um corpo de massa  $m$  sobre o plano inclinado com atrito, este pode, ou não, entrar em movimento de descida. Para que o corpo possa executar o movimento de descida, é necessário que a força tangencial seja maior que a força de atrito estático máxima ( $P_i > F_{atMax}$ ).

Neste caso iremos considerar uma situação bastante conveniente para o movimento, em que o coeficiente de atrito estático ( $\mu_e$  seja menor que a tangente do ângulo do plano inclinado ( $\mu_e < \tan(\theta)$ ), com essa condição, iremos abordar as equações de seu movimento.

No posicionamento do objeto sobre o plano inclinado, este entrará em movimento de modo que apenas a componente tangencial da força peso e a força de atrito dinâmica serão responsáveis pela aceleração resultante. Pela [Figura 4.6](#), vemos que a aceleração resultante é obtida pela seguinte equação:



$$a_r = -g[\text{sen}(\theta) - \mu_d \cdot \cos(\theta)]. \quad (4.11)$$

Como já fizemos anteriormente, ao realizar uma mudança no sistema de coordenada, esta aceleração resultante precisa ser decomposta sobre um novo plano cartesiano de eixos  $x$  e  $y$  que pode ser visualizado na Fig. 4.5. De maneira análoga a demonstrada na Subseção 4.1.1, obtemos as acelerações sobre este sistema de coordenadas,

$$a_x = -g \left[ \frac{\text{sen}(2\theta)}{2} - \mu \cdot \cos^2(\theta) \right] \quad (4.12)$$

$$a_y = -g \left[ \text{sen}^2(\theta) - \mu \frac{\text{sen}(2\theta)}{2} \right]. \quad (4.13)$$

## A FÍSICA NO COTIDIANO

### O carrinho de rolimã

O carrinho de rolimã é um veículo simples e popular, construído a partir de materiais como madeira, metal ou plástico. É uma forma de transporte que se baseia na gravidade para impulsionar seu movimento. O carrinho é composto por uma estrutura de suporte, rodas e um sistema de direção, permitindo que os pilotos desçam colinas ou rampas com velocidade e emoção.

**Figura 4.8:** Representação 2 de um carrinhos de rolimã.



Fonte: Autoria própria via I.A.

**Figura 4.7:** Representação de um carrinho de rolimã de madeira.



Fonte: Autoria própria via I.A.

O carrinho de rolimã oferece uma experiência divertida e emocionante para crianças e adultos. Ele permite que os pilotos experimentem a sensação de velocidade e adrenalina ao descerem encostas. Além disso, o carrinho de rolimã pode ser personalizado e decorado de acordo com a criatividade de cada indivíduo, tornando-se uma atividade divertida de cons-

trução e customização.

No Brasil, no ano de 2018, em Itapeverica da Serra – São Paulo, foi desenvolvido um carrinho de rolimã com 200 m e capacidade para 281 pessoas. O objetivo era registrá-lo no livro dos recordes como sendo o maior carrinho de rolimã do mundo. Para alcançar tal objetivo, ele teve que percorrer mais de 100 m.

Aplicando a equação da aceleração, Eq. (4.12) e Eq. (4.13) na função horária da velocidade, obtemos as seguintes equações para as componentes da velocidade do corpo de massa  $m$ :

$$v_x = -gt \left[ \frac{\text{sen}(2\theta)}{2} - \mu \cdot \cos^2(\theta) \right] \quad (4.14)$$

$$v_y = -gt \left[ \text{sen}^2(\theta) - \mu \frac{\text{sen}(2\theta)}{2} \right]. \quad (4.15)$$

Conhecendo a função horária da aceleração e a posição inicial do corpo sobre o plano cartesiano, a função horária do espaço em função do tempo será expressa por:

$$x = d \cdot \cos(\theta) - \frac{gt^2}{2} \left[ \frac{\text{sen}(2\theta)}{2} - \mu \cdot \cos^2(\theta) \right] \quad (4.16)$$

$$y = d \cdot \text{sen}(\theta) - \frac{gt^2}{2} \left[ \text{sen}^2(\theta) - \mu \frac{\text{sen}(2\theta)}{2} \right]. \quad (4.17)$$

DIGITALIZANDO A TEORIA 

### Simulando o movimento no plano inclinado com atrito



Para realizar esta simulação, primeiramente vamos definir as constantes pertinentes ao movimento. Como o movimento ocorre sob a ação do atrito seco, as equações deduzidas anteriormente evidenciam que precisamos definir apenas os valores para o comprimento e ângulo do plano inclinado, para a aceleração gravitacional e o coeficiente de atrito.

No ambiente **Equação**, do aplicativo PHYSICAL MODELER, iremos inserir os seguintes valores:

$$g = 9.81$$

$$n = 0.4$$

$$a = 40$$

$$\text{plano} = 400$$

$$\text{base} = \text{plano} \cdot \cos(a)$$

$$\text{altura} = \text{plano} \cdot \sin(a)$$



**OBS.:** As unidades de medidas, para as grandezas em questão, estão de acordo com o Sistema Internacional de Medidas.

Que constituem as informações que precisamos digitar para proceder com os trâmites iniciais para simulação do movimento.

#### EQUAÇÃO PARA AS POSIÇÕES - COMPONENTES x E y

$$x = \text{base} - \frac{gt^2}{2} \left[ \frac{\sin(2a)}{2} - n \cdot \cos^2(a) \right]$$

$$y = \text{altura} - \frac{gt^2}{2} \left[ \sin^2(a) - n \frac{\sin(2a)}{2} \right]$$

Como recurso extra, podemos acrescentar a função horária da velocidade na tela de equações:

**Figura 4.9:** Captura de tela do ambiente das equações do movimento sobre o plano inclinado inseridas no app PHYSICAL MODELER

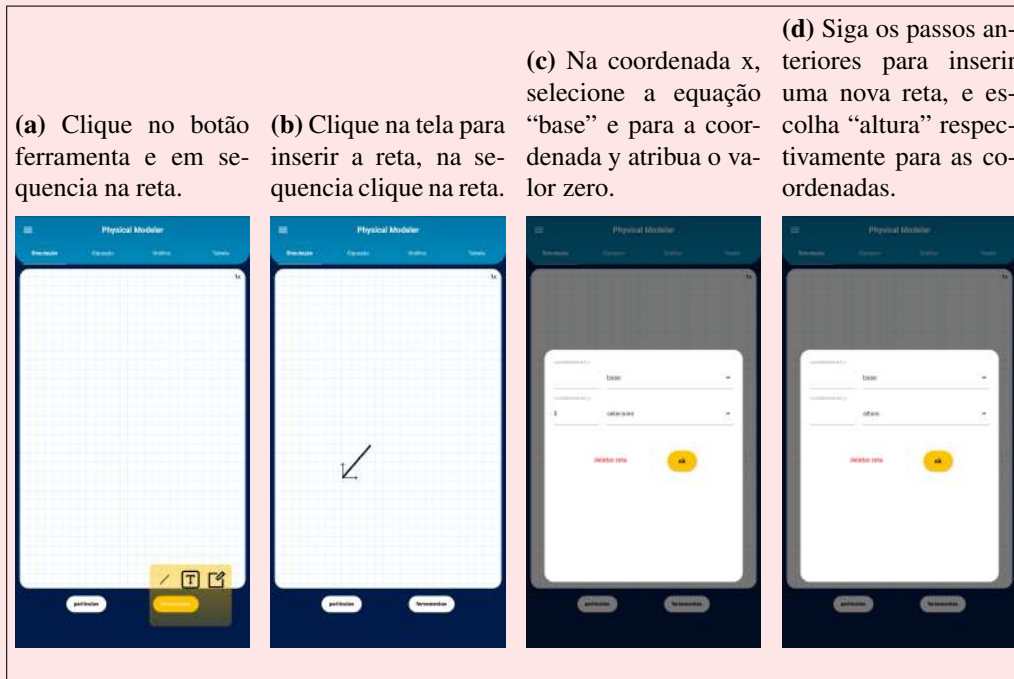


Fonte: Autoria própria.

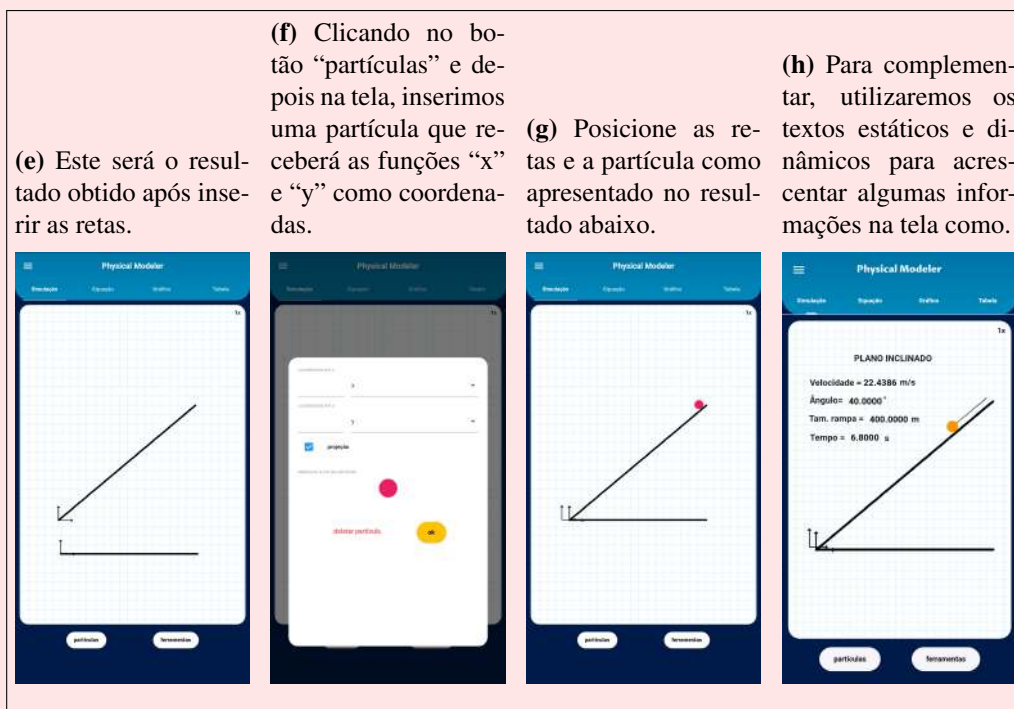
$$v = g \cdot t(\sin(a) - \cos(a) \cdot n)$$

O resultado da inserção dessas equações ficam como o exposto pela [Figura 4.9](#). Como próximo passo, iremos realizar a montagem da tela de simulação seguindo os passos abaixo:

**Figura 4.10:** Compilado de imagens para o passo a passo de como inserir os elementos gráficos da simulação “Plano inclinado”.



**Figura 4.10:** Continuação do passo a passo da inserção de elementos gráficos.



Fonte: Autoria própria.

Antes de iniciar a simulação, configure o aplicativo para realizar os cálculos em graus ao invés de radianos.

### APROFUNDANDO NO TEMA

- 1 Para enriquecer sua simulação do movimento sobre o plano inclinado, acrescente as funções para a velocidade sobre o plano cartesiano e adicione essas informações na tela de simulação.
- 2 O que acontece caso o ângulo "a" seja ajustado para 22 graus?
- 3 Explique o comportamento da partícula para o caso do ângulo ser menor que 22 graus.





## 5. OSCILADOR HARMÔNICO AMORTECIDO

O oscilador harmônico é um modelo fundamental na Física e descreve um sistema que exibe um movimento periódico em torno de uma posição de equilíbrio. Ele é amplamente estudado em vários campos, como a Física Clássica, a Mecânica Quântica, a Física de Ondas, dentre outras.

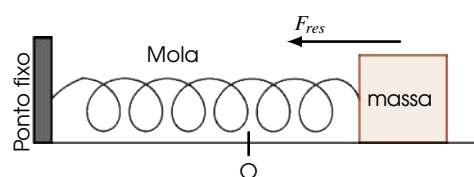
### 5.1 Conhecendo o sistema massa mola

O oscilador harmônico pode ser representado por um objeto que está sujeito a uma força restauradora ( $F_{res}$ ) proporcional ao seu deslocamento em relação à posição de equilíbrio, mas em sentido oposto a este deslocamento. Essa força pode ser descrita pela Lei de Hooke e, em uma dimensão, é passível de ser escrita como:

$$F_{res} = -kx, \quad (5.1)$$

sendo  $k$  a constante de elasticidade (ou constante de mola) e  $x$  representa o deslocamento do objeto em relação à posição de equilíbrio (considerando que  $x = 0$  quando a força restauradora é nula).

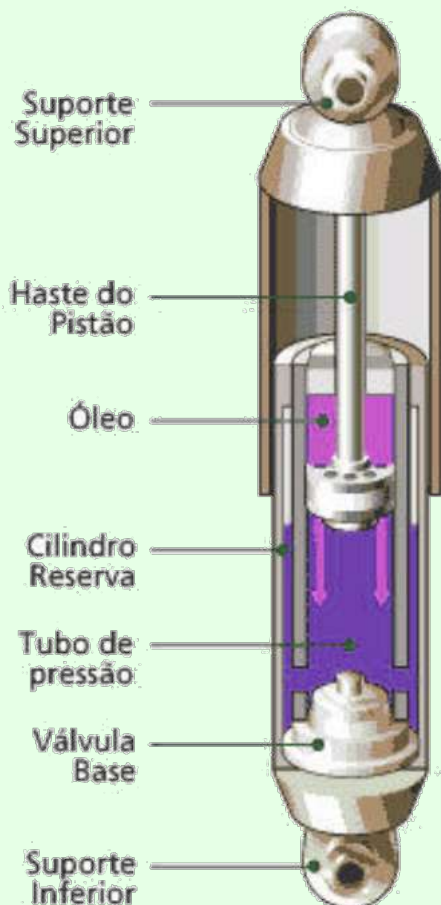
**Figura 5.1:** Oscilador ou sistema massa mola



Fonte: Autoria própria.

## A física do amortecedor

**Figura 5.2:** Representação do funcionamento de um amortecedor em expansão.



Fonte: Outpec

compostos por um cilindro que contém um pistão móvel conectado a uma haste. O espaço entre o cilindro e o pistão é preenchido com um fluido hidráulico, como óleo ou gás.

Quando uma força externa é aplicada ao sistema, o pistão se desloca dentro do cilindro, comprimindo o fluido hidráulico viscoso. O fluido é forçado através de orifícios internos do pistão, criando uma resistência ao movimento. Essa resistência é proporcional à velocidade de deslocamento e atua como um freio, reduzindo a amplitude das oscilações e dissipando a energia do sistema.

Os amortecedores compõem uma parte fundamental da maioria dos veículos terrestres, podendo ser encontrado em carros, motos, caminhões, ônibus e até mesmo em algumas bicicletas. Além de veículos, esses dispositivos desempenham um papel fundamental na absorção de energia e no controle de movimentos indesejados em uma ampla variedade de sistemas mecânicos como máquinas e equipamentos industriais e sistemas de suspensão de edifícios. Caso o sistema de amortecimento fosse composto apenas por molas, este oscilaria por longos períodos de tempo, o que é, em geral, indesejável.

Existem diferentes tipos de amortecedores, mas os mais comuns são os amortecedores hidráulicos. Eles são

Assim, um amortecedor é um dispositivo utilizado para reduzir ou dissipar a energia cinética de um sistema em movimento. Ele é comumente utilizado para controlar oscilações, vibrações indesejadas e o efeito de choques mecânicos em diversos tipos de sistemas. ■

O movimento do oscilador harmônico é caracterizado por uma oscilação sinusoidal em torno da posição de equilíbrio. À medida que a mola exerce uma força elástica sobre a massa, temos no sistema a atuação da força restauradora, de modo que, a expressão para a Segunda Lei de Newton é dada por:

$$m \cdot a = -k \cdot x, \quad (5.2)$$

na qual o sinal negativo indica que a força é oposta à direção da deformação.

A solução geral para a posição do objeto em função do tempo pode ser obtida a partir de métodos algébricos diferenciais <sup>1</sup> obtendo-se:

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t - \phi), \quad (5.3)$$

na qual  $x(t)$  é o deslocamento em função do tempo,  $A$  é a amplitude da oscilação,  $\phi$  a fase inicial e  $\omega$  é a frequência angular definida por:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (5.4)$$

sendo que  $m$  representa a massa do objeto e  $k$  é a constante elástica da mola.

O oscilador harmônico repete seu movimento ao longo do tempo de maneira periódica. O período de oscilação é o tempo necessário para uma oscilação completa e é dado por:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (5.5)$$

<sup>1</sup>Esta demonstração pode ser estudada na Dissertação intitulada "**PHYSICAL MODELER E O ARCO DE MARGUERITZ**: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem", que fundamenta este produto.



### 5.1.1 Oscilador Harmônico Amortecido

Considerando que o sistema no qual o oscilador encontra-se é não conservativo, a energia do sistema é convertida em outras formas além da cinética e elástica. Com isso o oscilador tende a perder sua amplitude a medida que o movimento é executado no decorrer do tempo. Esta situação é exemplificada pelo funcionamento do amortecedor.

Para compreender este movimento, observe a [Fig. 5.3](#). À medida que o bloco movimentar-se para a baixo, a mola exerce uma força de restituição e o atrito do bloco com o meio exerce força dissipativa que depende da velocidade e cuja natureza já foi discutida no [Capítulo 3](#). Assim, a força resultante é obtida por:

$$m \cdot a = -k \cdot x - b \cdot v, \quad (5.6)$$

na qual  $b$  é uma constante cujo valor depende das características do corpo, como formato e densidade, e da viscosidade do meio. Destaca-se novamente que os sinais negativos para a força proveniente da mola e do arrasto indicam que a resultante é oposta à direção da deformação.

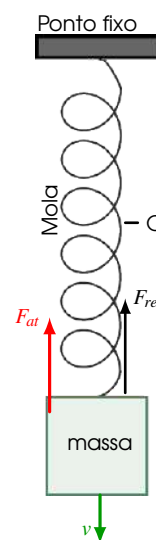
A posição do bloco em função do tempo pode ser obtida pela seguinte equação<sup>2</sup> :

$$x = A \cdot e^{-\gamma t} \cos(\omega_1 t - \theta), \quad (5.7)$$

na qual o termo  $Ae^{-\gamma t}$  representa o decaimento exponencial da amplitude,  $\omega_1$  é a frequência angular do sistema e  $\theta$  está associado à fase inicial da oscilação. De modo que:

<sup>2</sup>Esta demonstração pode ser estudada na Dissertação intitulada "**PHYSICAL MODELER E O ARCO DE MARGUERITZ**: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem", que fundamenta este produto.

**Figura 5.3:** Oscilador massa mola amortecido



Fonte: Autoria própria.

$$\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}, \quad (5.8)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (5.9)$$

$$\gamma = \frac{b}{2m}. \quad (5.10)$$

À medida que o sistema massa mola oscila, para este exemplo, a energia alterna entre energia cinética, potencial gravitacional, potencial elástica e energia dissipada. Com isso, a energia total do sistema não é conservada ao longo do tempo.

### DIGITALIZANDO A TEORIA




#### Modelando o sistema massa mola



Esta simulação requer que configuremos o aplicativo para realizar os cálculos em radianos.



**OBS.:** Para realizar as configurações adequadas do app, siga as seguintes etapas:

1. Clique no **MENU**  no canto superior esquerdo do aplicativo PHYSICAL MODELER ;
2. Clique em  **Configurações**;
3. Localize **Escala trigonométrica** e altere para *radianos*;
4. Clique no botão  **salvar** para salvar suas alterações.

Nesta modelagem vamos considerar que o sistema oscilará horizontalmente. Utilizando a mesma estratégia das simulações anteriores, começaremos digitando no ambiente **Equação** do app PHYSICAL MODELER as constantes necessárias para o movimento.

#### DECLARAÇÃO DE CONSTANTES


$$k = 50$$

$$m = 0.1$$

$$a = 0.1$$

$$b = 0.1$$

$$y = 0$$

 **OBS.:** As unidades de medidas, para as grandezas em questão, estão de acordo com o Sistema Internacional de Medidas.

Nesta versão do aplicativo, ao realizar a simulação com estas configurações, resulta em uma animação bastante reduzida na tela, de modo que o usuário terá dificuldades para notar o movimento ocorrendo em tela. Para solucionar esta problemática, podemos adicionar uma “função escala” aplicada na “função a” para corrigir as questões de visualização dos resultados na tela. Assim, temos:

$$a = 0.1 \cdot \text{escala}$$

$$\text{escala} = 1000$$

Agora precisamos definir a frequência angular e, para isso, faremos a união das Eqs. (5.8) a (5.10) em uma única equação. Na sequência já estaremos aptos a digitar a equação da posição da partícula em função do tempo que foi definida pela Eq. (5.7).

POSIÇÃO DA PARTÍCULA

$$w = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{b}{2 \cdot m}\right)^2}$$

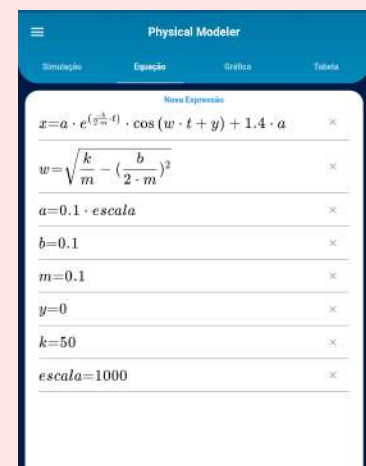
$$y = a \cdot e^{\left(\frac{-b}{2 \cdot m} \cdot t\right)} \cos(w \cdot t - y)$$

De modo a dar impressão que a mola tenha um certo comprimento e não fique oscilando apenas em torno da origem da partícula, tomamos a liberdade de adicionar um fator de ampliação para afastar a oscilação da origem, qual seja:

$$y = a \cdot e^{\left(\frac{-b}{2 \cdot m} \cdot t\right)} \cos(w \cdot t - y) + 1.4 \cdot a$$

o resultado da digitação das equações é apresentada na Fig. 5.4.

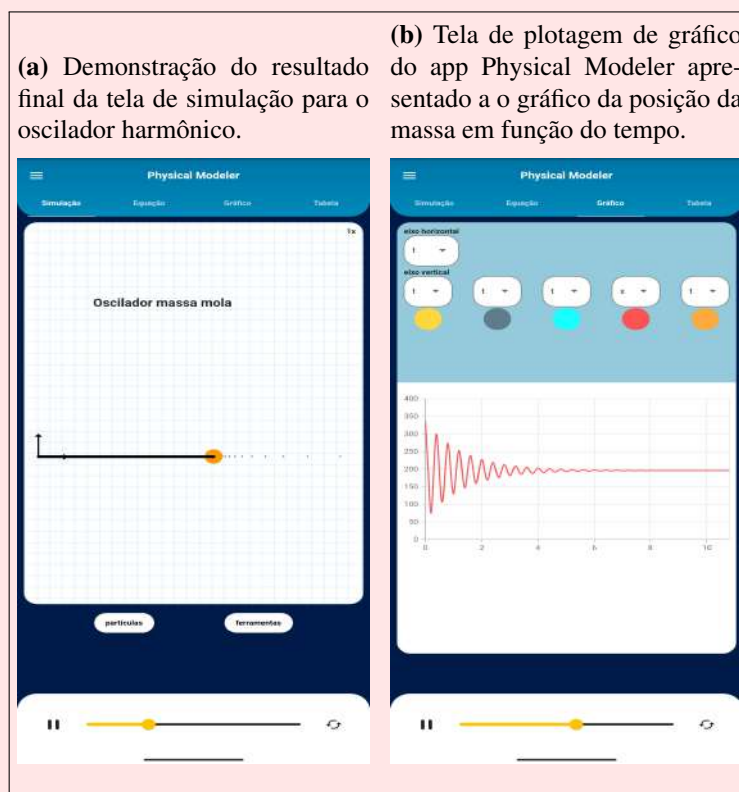
**Figura 5.4:** Representação de como deve ficar a inserção das informações necessárias para simulação do movimento da partícula no app PHYSICAL MODELER .



Fonte: Autoria própria.

Com a equação de movimento preparada, podemos adicionar uma partícula na tela de **Simulação** do app. Para a coordenada **Y** podemos atribuir o valor zero e para a **X** selecionamos a opção  $x$ .

**Figura 5.5:** Compilado de imagens para simulação do oscilador harmônico realizado no app Physical Modeler.



Fonte: Autoria própria.

Adicionamos a ferramenta reta e repetimos o mesmo processo anterior. A partir daqui, é questão de posicionar adequadamente, na tela, os elementos gráficos e adicionar o título do experimento para questões relacionadas à estética da demonstração. Com estes ajustes, o resultado fica como exposto na [Fig. 5.5a](#).

Para verificarmos o comportamento da partícula utilizando o ambiente gráfico, podemos escolher um dos campos e substituir o  $t$  pela função  $x$ , que determina a posição da partícula em função do tempo. O resultado da modelagem do gráfico é apresentado na [Fig. 5.5b](#)

**APROFUNDANDO NO TEMA**

- 1 Faça alterações gradativas nas constantes de movimento, aumentando e reduzindo o valor da massa, da constante elástica e do coeficiente de atrito.
  - a. Para compreender o impacto das alterações, recomenda-se que apenas uma constante seja alterada de cada vez. Após cada alteração, realize a simulação;
  - b. Compare o resultado com o de seus colegas;
  - c. Resuma as conclusões em um pequeno texto.
- 2 O que acontece caso o coeficiente de arrasto **b** seja nulo?
- 3 Atribua um valor diferente de zero para a fase inicial **y** (este valor pode ser positivo ou negativo) e juntamente com os colegas de turma formulem uma explicação para seus resultados.





## 6. PÊNDULO SIMPLES

O pêndulo simples é um sistema físico composto por uma massa presa a um fio inextensível e sem massa, suspenso a partir de um ponto fixo. O comportamento do pêndulo simples é governado pelas leis da Física, especificamente pelas equações do movimento harmônico simples, objeto de discussão do [Capítulo 5](#).

Quando o pêndulo é afastado de sua posição de equilíbrio e liberado, ele oscila de um lado para o outro em um movimento periódico. Ao realizar um estudo sobre esse tema, os livros didáticos focam na descrição da amplitude<sup>1</sup>, frequência<sup>2</sup> e período<sup>3</sup> de oscilação do pêndulo simples.

O período do pêndulo simples, para condições de pequenas amplitudes, situação em que, para seu ângulo de deslocamento, é válido a afirmativa de que  $\text{sen}\theta \cong \theta$ <sup>4</sup>, é dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (6.1)$$

<sup>1</sup>representa o deslocamento máximo do pêndulo em relação à posição de equilíbrio.

<sup>2</sup>consiste no número de oscilações completas realizadas pelo pêndulo em um determinado intervalo de tempo.

<sup>3</sup>que equivale ao tempo necessário para o pêndulo realizar uma oscilação completa, indo de um extremo ao outro e retornando ao ponto inicial.

<sup>4</sup>Mais detalhes e podem ser estudados na Dissertação intitulada "**PHYSICAL MODELER E O ARCO DE MAGUIERES**: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem", que fundamenta este produto.

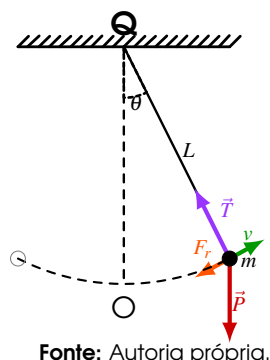
sendo  $T$  o período,  $L$  o comprimento do fio e  $g$  a aceleração da gravidade. Neste capítulo iremos focar apenas na descrição do deslocamento do pêndulo simples.

## 6.1 Movimento do pêndulo simples sem atrito

Considere um fio ideal<sup>5</sup>, fixado em um teto estático, cujo comprimento seja ( $L$ ) e esteja localizado em um ambiente de gravidade constante ( $g$ ). Caso a massa  $m$  esteja em repouso em sua posição de equilíbrio, a força peso equilibra-se com a força de tração no fio, conforme evidenciado na Fig. 6.1.

Ao deslocar a massa ( $m$ ), de sua posição de equilíbrio, esta descreve um ângulo ( $\theta$ ) com a vertical. As posições extremas do movimento são denominadas de amplitude. Neste momento, teremos a situação mostrada na Figura 6.2, na qual evidenciamos as componentes das forças resultantes que atuam sobre a massa. Perceba que uma delas possui o sentido para a posição de equilíbrio.

**Figura 6.2:** Trajetória do pêndulo devido a ação da força resultante.



**Figura 6.1:** Pêndulo simples em sua posição de equilíbrio.



Fonte: Autoria própria.

Ao liberar o pêndulo, conforme Figura 6.2, a força resultante sobre a massa  $m$  desloca o objeto em uma trajetória parabólica com aceleração não linear. Conforme a massa aproxima-se de seu ponto de equilíbrio, o ângulo  $\theta$  diminui, sua velocidade linear  $v$  aumenta e a força resultante diminui. Por inércia, a massa segue sua trajetória parabólica. Neste momento, uma força resultante no sentido oposto à velocidade aumenta à medida que

o corpo se afasta de sua posição de equilíbrio,  $O$ . Assim, ao obter amplitude máxima, a massa  $m$  terá velocidade zero e sua força resultante será máxima.

<sup>5</sup>No estudo de Mecânica Clássica, é comum utilizar a aproximação do fio ideal. Um fio ideal é aquele que possui massa desprezível, é flexível e inextensível

Devido à trajetória do pêndulo, é mais interessante tratar seu deslocamento em coordenadas polares. Com isso precisamos considerar que o deslocamento efetuado seja  $\theta$ . A partir disso, podemos definir a velocidade angular  $\omega$  e a aceleração angular  $\alpha$ , as quais estão dadas nas seguintes relações:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \longrightarrow \omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (6.2)$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \longrightarrow \alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad (6.3)$$

Caso não se deseje trabalhar com a Segunda Lei de Newton em coordenadas polares, é possível utilizarmos a Segunda Lei de Newton para as rotações e o conceito de torque <sup>6</sup> ( $\tau$ ) para obtermos a expressão da aceleração angular para o pêndulo. Considerando que o módulo do torque exercido por uma força em relação a uma origem seja dado por:

$$\tau = F \cdot d, \quad (6.4)$$

sendo  $d = L \cdot \text{sen}(\theta)$  uma grandeza intitulada por "braço de alavanca". Quando o corpo está em sua posição de equilíbrio, o braço de alavanca é nulo para todas as forças que atuam sobre a massa  $m$ . Quando ocorre um deslocamento da massa  $m$  em relação à origem, precisamos determinar apenas o torque exercido pela força peso, uma vez que o torque exercido por  $\mathbf{T}$ , em relação à origem, é nulo. Para a força peso,  $P = m \cdot g$ , temos:

$$\tau = -m \cdot g \cdot L \text{sen}(\theta). \quad (6.5)$$

Considerando que o movimento do pêndulo ocorra somente no plano vertical da Fig. 6.2, podemos considerar que o eixo  $\mathbf{z}$  passa por  $\mathbf{Q}$  perpendicular ao plano de oscilação do pêndulo. Assim, o torque é considerado negativo pois tende a diminuir o ângulo  $\theta$  (SYMON, 1996). Em termos da aceleração angular, temos o que denominamos por Segunda Lei de Newton para rotação dada pela expressão:

<sup>6</sup>O torque é uma grandeza física que descreve a tendência de uma força em girar um objeto em torno de um ponto ou eixo específico. Também é conhecido como momento de uma força.



$$\tau = I \cdot \alpha, \quad (6.6)$$

sendo  $I$  o momento de inércia<sup>7</sup> e  $\alpha$  é a aceleração angular. Ao compararmos as Eqs. (6.4) e (6.6) e isolando a aceleração angular temos que:

$$\alpha = -\frac{g}{L} \cdot \text{sen}(\theta). \quad (6.7)$$

Para este caso, não estamos usando a aproximação para deslocamentos de ângulos pequenos inferiores a  $10^\circ$ , ou seja, a aproximação ( $\text{sen}(\theta) \cong \theta$ ) não foi assumida.

## A FÍSICA NO COTIDIANO

### O relógio de pêndulo

**Figura 6.3:** Representação de um relógio de pêndulo de parede.



**Fonte:** Autoria própria via I.A.

Os relógios de pêndulo foram amplamente utilizados desde o século XVII até meados do século XX, quando foram gradualmente substituídos pelos relógios de quartzo e, posteriormente, pelos relógios digitais. No entanto, eles ainda são apreciados por sua beleza estética e alguns entusiastas continuam a usá-los como peças de decoração ou para a apreciação dos princípios da Mecânica Clássica.

O relógio de pêndulo é um dispositivo mecânico utilizado para medir o tempo de forma precisa. Ele utiliza um pêndulo como elemento regulador para manter a precisão do movimento do mecanismo de relógio.

<sup>7</sup>O momento de inércia ( $I$ ) é uma medida da resistência de um objeto a mudanças em sua velocidade angular. O valor do momento de inércia depende da distribuição de massa do objeto em relação ao eixo de rotação. Para uma massa pontual situada a uma distância  $L$  da origem, a expressão para o momento de inércia é simplesmente dada por:  $I = m \cdot L^2$

O princípio básico de funcionamento de um relógio de pêndulo é o seguinte: um pêndulo é suspenso de um ponto fixo e oscila de um lado para o outro em um movimento periódico. O pêndulo é composto por uma haste rígida e uma massa chamada de "bob", localizada na extremidade inferior da haste.

Quando o pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e liberado, a gravidade o puxa de volta para o centro, onde ocorre uma mudança na direção do movimento. A inércia do pêndulo faz com que ele continue oscilando de um lado para o outro, criando um movimento regular.

O tempo que leva para o pêndulo completar um ciclo completo de oscilação é chamado de período. A duração do período depende do comprimento da haste do pêndulo e da gravidade local. O ajuste preciso do comprimento da haste é fundamental para garantir a precisão do relógio.

**Figura 6.4:** Representação de um relógio de coluna.



**Fonte:** Autoria própria via I.A.

## 6.2 Movimento do pêndulo simples com atrito

Comumente, a oscilação do pêndulo ocorre em regime de baixas velocidades. Nestes casos, a força dissipativa poderá ser modelada como tendo dependência com a potência 1 da velocidade, que também se denomina atrito linear. O módulo da força de arrasto linear é definida como:

$$f = -b \cdot v, \tag{6.8}$$

na qual a velocidade linear do pêndulo é:

$$v = L \cdot \omega, \tag{6.9}$$

então, para o pêndulo simples, a força de atrito viscoso sobre a massa é escrita como:

$$f = -b \cdot L \cdot \omega \quad (6.10)$$

Com isso, não fica difícil deduzir<sup>8</sup> que a aceleração angular da massa sobre arrasto linear é:

$$\alpha = -\frac{g}{L} \cdot \text{sen}(\theta) - \frac{b}{m} \cdot \omega. \quad (6.11)$$

### DIGITALIZANDO A TEORIA




#### Simulando o pêndulo simples



Esta simulação requer que configuremos o aplicativo para realizar os cálculos em radianos.



**OBS.:** Para realizar as configurações adequadas do app, siga as seguintes etapas:

1. Clique no **MENU** () no canto superior esquerdo do aplicativo PHYSICAL MODELER ;
2. Clique em ( **Configurações**);
3. Localize **Escala trigonométrica** e altere para *radianos*;
4. Clique no botão ( **salvar**) para salvar suas alterações.

Após as configurações, precisamos definir as constantes pertinentes ao movimento, quais sejam: aceleração gravitacional ( $g$ ), comprimento do fio ( $l$ ) e o ângulo de deslocamento inicial ( $\theta_0$ ) que chamaremos de  **$\alpha\alpha$** . No ambiente **Equação** iremos digitar:

DECLARAÇÃO DE CONSTANTES

$$g=9.81$$

<sup>8</sup>Esta demonstração pode ser estudada na Dissertação intitulada "**PHYSICAL MODELER E O ARCO DE MARGUERITZ**: Uma proposta para a aprendizagem significativa crítica por meio da modelagem", que fundamenta este produto.

$$l = 2$$

$$oa = 0.7$$



**OBS.:** As unidades de medidas, para as grandezas em questão, estão de acordo com o Sistema Internacional de Medidas. ■

Como o app funciona por meio de coordenadas cartesianas, precisamos determinar a posição  $x$  e  $y$ . Esta posição é obtida pela decomposição vetorial do comprimento do fio, vide Fig. 6.5, com isso temos as coordenadas da posição dadas por:

#### POSIÇÃO DA PARTÍCULA

$$x = L \cdot \text{sen}(\theta)$$

$$y = -L \cdot \text{cos}(\theta)$$

Se você atribuir estas coordenadas à partícula e executar a simulação irá notar que a partícula continuará imóvel. Isso ocorre pois, até este ponto, o ângulo  $\theta$  tem valor nulo. Para que ele tenha um valor inicial diferente de zero e comece a variar como tempo, é necessário alguns arranjos que se discutem a seguir.

Podemos atribuir ao ângulo  $\theta$  uma variação do tipo cossenoidal em função do tempo. Como resultado, temos:

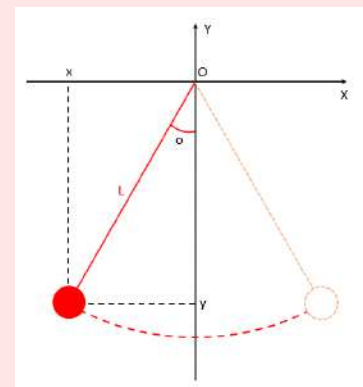
$$\theta = \theta_a \cdot \text{cos}(\omega \cdot t),$$

sendo  $\omega$  dada por ( $\omega = \sqrt{g/l}$ ) e  $t$  o tempo.

Para fazer com que este ângulo diminua sua amplitude com o tempo, podemos aplicar o fator de decaimento exponencial ( $e^{(-\text{gamma} \cdot t)}$ ), sendo  $\text{gamma}$  uma constante positiva que determina o decaimento da amplitude. Então, definindo as condições de deslocamento temos no app PHYSICAL MODELER, temos:

#### CONDIÇÕES DE DESLOCAMENTO

**Figura 6.5:** Representação da posição da partícula do pêndulo simples sobre o plano cartesiano.



Fonte: Autoria própria.

$$o = oa \cdot \cos(w \cdot t) \cdot e^{-\text{gama} \cdot t}$$

$$w = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\text{gama} = 0.08$$

Ao digitar as equações, teremos uma configuração de tela do app PHYSICAL MODELER como aquela apresentada na Fig. 6.6a. Inserindo a partícula na tela de simulações a agregando suas coordenadas com as respectivas equações para **x** e **y**, o movimento será quase imperceptível devido o comprimento do pêndulo (tente constatar esta situação). Para resolver este problema, podemos aplicar uma ampliação por meio de uma nova função, em procedimento similar ao adotado no Capítulo 5.

Definindo **f** como sendo o fator de ampliação, podemos aplicar o produto desta constante pelas coordenadas anteriores da seguinte forma:

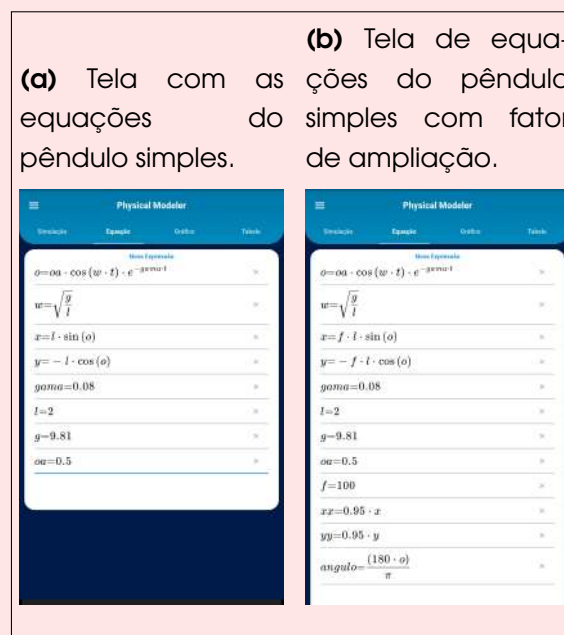
$$x = f \cdot l \cdot \text{sen}(o)$$

$$y = -f \cdot l \cdot \text{cos}(o)$$

$$f = 100$$

Ao executar a simulação, você verá a partícula movendo-se de um lado para o outro, mas visualmente está faltando o fio que sustenta a partícula. Então, iremos adicionar no ambiente **Simulação** um segmento de reta. Para este objeto geométrico atribuiremos as coordenadas de posição **xx** e **yy**, e que corresponderão a 95% do valor de **x** e **y**, respectivamente. Para visualizarmos o valor do ângulo na tela principal (tela de Simulação), acres-

**Figura 6.6:** Compilado de imagens do app PHYSICAL MODELER .

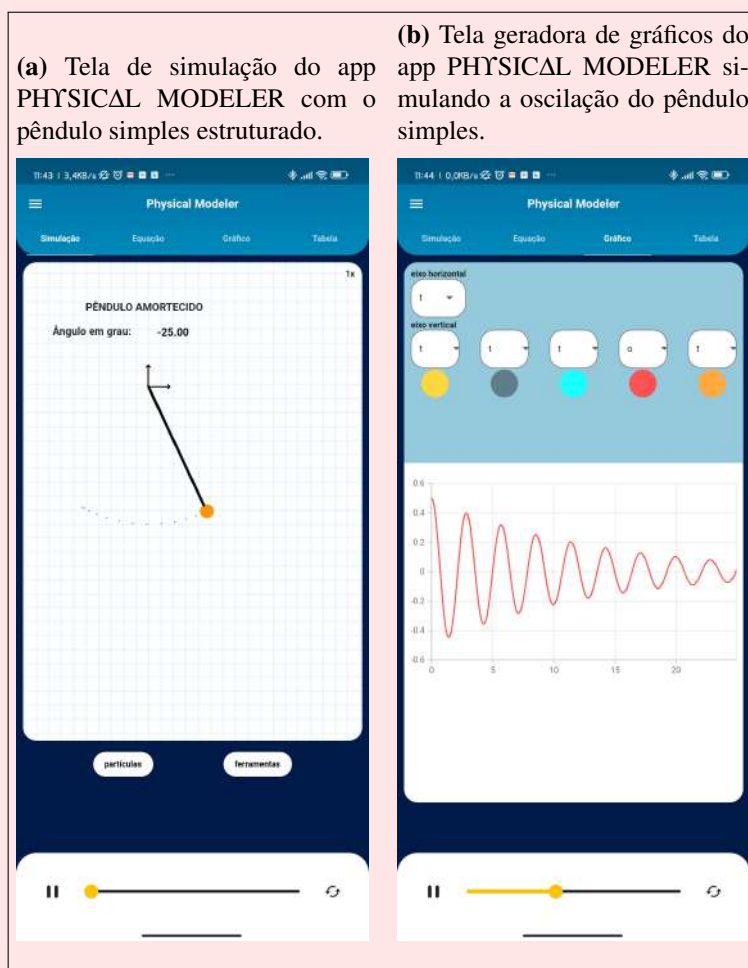


Fonte: Autoria própria.


centaremos uma função de conversão de radianos para graus. O resultado obtido será como aquele que está exposto na [Fig. 6.6b](#)

Como próximos passos, fixaremos a esfera na reta de modo que as coordenadas da esfera sejam a origem de seu plano e adicionaremos um texto para identificar o ângulo. O resultado destas operações pode ser visualizado na [Fig. 6.7a](#).

**Figura 6.7:** Compilado de imagens contendo a tela de simulação e gráfico do app *Physical Modeler*.



Fonte: Autoria própria.

Podemos apreciar o movimento de uma outra forma por meio da utilização do ambiente Gráfico da aplicação. Selecionando um dos campos, aplique a função de  para que seja plotado o gráfico da amplitude de oscilação em função do tempo como exposto na [Fig. 6.7b](#). Então aperte o *play* e verifique o comportamento da amplitude de oscilação do pêndulo.

**APROFUNDANDO NO TEMA**

- 1 Com sua simulação em mãos, dobre o valor do comprimento do fio e execute a simulação. Após realizar este procedimento, o que você notou de diferente em relação às simulações anteriores? Explique a causa dessa diferença.
- 2 O que acontece caso o valor de **gama** seja nulo?
- 3 O que ocorre caso o ângulo inicial seja negativo?



# Unidade III

## METODOLOGIAS DE ENSINO

---

### TEMAS ABORDADOS NESTA UNIDADE

---

#### **7 O Arco de Maguerez .. 89**

7.1 O que é o Arco de Maguerez? 89

7.1.1 Etapas do Arco de Maguerez ..... 89

#### **8 Aprendizagem Significativa ..... 91**

8.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel ..... 91

8.2 Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira ..... 92

8.3 Facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica ..... 93

#### **9 A união de duas teorias 97**

9.1 Etapa I do Arco ..... 98

9.2 Etapa II do Arco ..... 99

9.3 Etapa III do Arco ..... 99

9.4 Etapa IV do Arco ..... 100

9.5 Etapa V do Arco ..... 100

9.6 Implicações Transformadoras na Educação Contemporânea .. 101



## 7. O ARCO DE MAGUEREZ

### 7.1 O que é o Arco de Maguerез?

O Arco de Maguerез foi apresentado pela primeira vez por Bordenave e Pereira em seu livro intitulado **Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje**, este material possui o objetivo de apresentar metodologias de ensino direcionadas à docência universitária para que o professor possa ensinar melhor (BORDENAVE; PEREIRA, 1982, p. 9). Esta ferramenta pedagógica foi desenvolvida pelo médico e filósofo francês Charles Maguerез, no início do século XX (BERBEL; GAMBOA, 2012). Ela é baseado na concepção de que o aprendizado é mais eficaz quando o aluno é capaz de identificar e resolver seus próprios problemas.

#### 7.1.1 Etapas do Arco de Maguerез

A metodologia designada por Arco de Maguerез é composta por cinco etapas:

Figura 7.1: Etapas do Arco de Maguerез.



Fonte: Adaptado pelo o autor.

1. **Observação da realidade:** O professor apresenta uma situação problema, extraída da realidade e que possua relação com o conteúdo estudado.

Os estudantes são instigados a refletirem sobre a situação e apresentarem seus pontos de vista, delimitando as principais questões problematizadoras do tema.

2. **Pontos-Chave:** Com as questões problemas definidas, os discentes devem ser estimulados a refletir sobre a origem da tal problema e a listar os possíveis pontos-chave.
3. **Teorização:** O aluno realiza investigação científica sobre o tema estudado para embasar os pontos-chave. Nesta etapa, a participação do professor é indispensável para construção de novos conhecimentos.
4. **Hipóteses de Soluções:** Os estudantes devem desenvolver propostas de resolução para o problema com base no estudo realizado na teorização.
5. **Aplicação na Realidade:** O aluno aplica a solução com o intuito de solucionar o problema.

Por meio dessas cinco etapas, o Arco de Maguerez tem como objetivo principal propiciar ao estudante a possibilidade de modificar a realidade por intermédio do conhecimento científico. O Arco pode ser usado em uma variedade de contextos educacionais, incluindo o ensino superior, a educação profissional e a educação básica. Ele também pode ser empregado em treinamentos e capacitações. É uma ferramenta poderosa que tem potencial para ajudar os alunos a aprenderem de forma mais eficaz e significativa. Ele também pode contribuir para o desenvolverem habilidades de pensamento crítico e de resolução de problemas.



## 8. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

### 8.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira é fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Trata-se de uma teoria cognitivista da aprendizagem que se concentra na forma como os alunos aprendem novos conceitos e se apropriam de informações [Moreira \(2011\)](#).

Ausubel teorizou que a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos são capazes de relacionar novas informações com seus conhecimentos e experiências anteriores (que nesta teoria recebem o nome de subsunçores).

Assim, seguindo a estrutura do mapa conceitual apresentado na [Fig. 8.1](#), para que a Aprendizagem Significativa ocorra,

- é necessário que o estudante tenha predisposição para aprender (Essa predisposição origina-se em sua curiosidade a respeito do tema estudado).
- também é necessário que o ponto de partida para discussão de novos

**Figura 8.1:** Mapa conceitual resumido da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.



Fonte: Autoria própria.

conhecimentos seja os conhecimentos prévios adequados dos estudantes (Este conhecimento prévio do aluno servirá como âncora para que o novo conhecimento possa se fixar).

- Então, introduz-se novos conhecimentos potencialmente significativos (estes irão dar sentido a base de conhecimento do aluno e possui relação de mão dupla com os conhecimentos prévios).

Por meio da interação dessas formas de conhecimento, a Aprendizagem Significativa estrutura-se no cognitivo do discente.

A teoria de Ausubel tem sido amplamente aceita por educadores e pesquisadores. É uma teoria bem fundamentada que tem se mostrado eficaz em promover a aprendizagem significativa.

## **8.2 Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira**

A aprendizagem significativa crítica é um modelo de aprendizagem desenvolvido pelo professor e pesquisador brasileiro Marco Antônio Moreira. Ela é baseada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, mas também inclui outros fatores, como a motivação, a atenção e a interação social (MOREIRA, 2006).

- A motivação é importante porque auxilia os alunos a se envolverem no processo de aprendizagem. Quando motivados, os estudantes estão mais propensos a prestar atenção, a fazer perguntas e a participar de discussões.
- A atenção é essencial, pois ajuda os alunos no processamento de novas informações. Quando os alunos estão prestando atenção, são mais propensos a compreender as novas informações e a relacioná-las aos seus conhecimentos prévios.
- A interação social é fundamental porque ajuda os alunos na construção do conhecimento. Quando interagem com outros estudantes e com o professor, utilizam uma linguagem comum, compartilham suas ideias, discutem os conceitos e aprendem uns com os outros.

Moreira (2011) argumenta que a aprendizagem significativa ocorre quando os novos conhecimentos são relevantes para os conhecimentos prévios do aluno, quando os novos conhecimentos são subsumidos pelos conhecimentos prévios, quando o aluno é um participante ativo no processo de aprendizagem, quando ele constrói seu próprio conhecimento, quando a aprendizagem ocorre em um contexto social, quando o aluno está motivado para aprender, quando o conteúdo é relevante para os interesses e necessidades dele, quando a aprendizagem é progressiva e quando o aluno tem a oportunidade de consolidar o que aprendeu.

Assim, ele defende que a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica pode ser usada para ajudar as pessoas a aprender novas habilidades, conhecimentos e atitudes em qualquer contexto. Ele também argumenta que esta teoria é uma contribuição valiosa para a educação.

### 8.3 Facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica

Para alcançar o objetivo da Aprendizagem Significativa Crítica, Moreira (2000, 2006, 2011) apresenta princípios facilitadores que visam nortear a ensino.

#### 1 Princípio da interação social e do questionamento

Aprender/Ensinar perguntas ao invés de respostas. A medida que o estudante questiona o problema, ele desenvolve propósito investigativo e por meio da interação social, os alunos aprendem de forma significativa. Isso ocorre porque estes podem compartilhar suas ideias, discutir o conteúdo e aprender uns com os outros.

## 2 Princípio da não centralidade do livro de texto

A aprendizagem deve ser crítica, e não apenas receptiva. Os alunos devem ser capazes de pensar criticamente sobre o conteúdo, e não apenas aceitá-lo passivamente. Para isso, o ensino deve partir de distintos materiais educativos para que o aluno tenha acesso a visões de diferentes autores.

## 3 Princípio do aprendiz como perceptor/representador

Aprender que as pessoas são perceptoras e representadoras de mundo. A aprendizagem deve ser centrada no aluno, e não no professor. Os alunos devem ser os protagonistas do processo de aprendizagem, e o professor deve atuar como um facilitador.

## 4 Princípio do conhecimento como linguagem

Aprender que a linguagem está associada à percepção da realidade. Moreira argumenta que a linguagem é uma ferramenta poderosa que pode ser usada para promover a aprendizagem. Ele sugere o uso de métodos como discussões, debates e projetos. Esses métodos permitem que os alunos compartilhem suas ideias, aprendam uns com os outros e construam seu próprio conhecimento.

## 5 Princípio da consciência semântica

Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. A aprendizagem deve ser significativa, e não mecânica. Os alunos devem ser capazes de entender o significado do que estão aprendendo, e não apenas memorizá-lo.

### 6 Princípio da aprendizagem pelo erro

Aprender que o homem aprende corrigindo seus erros. Moreira argumenta que os professores devem encorajar os alunos a cometer erros e aprender com eles. Ele sugere o uso de métodos como resolução de problemas, projetos e debates. Esses métodos permitem que os alunos experimentem, cometam erros e aprendam com eles.

### 7 Princípio da desaprendizagem

Aprender a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para sobrevivência. É necessário desaprendizagem para que haja aprendizagem significativa. Isso ocorre porque os alunos muitas vezes têm ideias erradas ou conceitos equivocados sobre o mundo. Para que eles possam aprender novas informações, é necessário desafiar essas ideias erradas e ajudá-los a construir novos conceitos.

### 8 Princípio da certeza do conhecimento

Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. O princípio afirma que a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos aprendem coisas que são consideradas verdadeiras e confiáveis. Isso ocorre porque os alunos são mais propensos a confiar em informações que são consideradas verdadeiras e confiáveis, e são mais propensos a se envolver no processo de aprendizagem quando acreditam que o que estão aprendendo é importante e relevante para suas vidas.

### 9 Princípio da não utilização do quadro de giz

Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. O quadro-negro e o giz são unidirecionais, o que significa que o professor fala e os alunos ouvem. Isso não permite que os alunos participem ativamente do processo de aprendizagem.

A teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira é abrangente e leva em consideração os diferentes fatores que influenciam a aprendizagem. Ela pode ser aplicada em diferentes contextos de aprendizagem, desde a educação formal à educação informal. Ela demonstra ser eficaz em várias áreas de estudo. Por exemplo, a aprendizagem significativa tem sido usada para melhorar o desempenho em Matemática, Ciências, História e Língua Estrangeira.





## 9. A UNIÃO DE DUAS TEORIAS

A busca por estratégias educacionais que promovam o desenvolvimento integral dos estudantes tem levado à exploração de abordagens inovadoras que transcendem os limites tradicionais do ensino. “Quando essas aulas são desenvolvidas de forma tradicional, tem-se como uma de suas consequências a desmotivação dos alunos” (Andrade e Simões (2018) apud [KIMURA et al., 2020](#), p.10). Nesse contexto, a fusão da metodologia do Arco de Magueréz, um modelo pedagógico centrado na construção do pensamento reflexivo, com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, que destaca a importância da compreensão crítica na construção do conhecimento, emerge como uma aliança poderosa e promissora na educação contemporânea.

O Arco de Magueréz, com suas cinco etapas que vão desde a Observação da Realidade até a Aplicação na Realidade ([BERBEL; GAMBOA, 2012](#); [MONTEIRO; SOUZA MARCELINO, 2018](#); [BUENO et al., 2021](#)), oferece um caminho estruturado que promove a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem. Enquanto isso, os nove princípios estabelecidos por [Moreira \(2011\)](#) em seu livro **Teorias de Aprendizagem** destacam aspectos fundamentais, como a interatividade social, a não centralidade do livro de texto, e a aprendizagem pelo erro, enfatizando uma abordagem mais profunda e reflexiva.

Neste contexto, exploraremos a interseção entre essa Metodologia e Teoria de Ensino, examinando como os princípios de Moreira se entrelaçam harmo-

osamente com as diferentes etapas do Arco de Maguerz. Essa integração tem o potencial de oferecer uma abordagem pedagógica abrangente, envolvendo desde a observação crítica da realidade até a aplicação prática de soluções, moldando não apenas o conhecimento dos alunos, mas também suas habilidades reflexivas, críticas e a capacidade de aplicar o aprendizado de maneira significativa na sociedade. Este texto explorará as sinergias entre essas metodologias, destacando como essa aliança pode transformar a experiência educacional, preparando os estudantes para enfrentar desafios complexos e contribuir ativamente, por meio do conhecimento, para um mundo em constante evolução.

## 9.1 Etapa I do Arco

Durante a etapa de Observação da Realidade no Arco de Maguerz, os estudantes têm a oportunidade de interagir socialmente ao observar e discutir a realidade em grupo. O questionamento é incentivado, promovendo uma abordagem crítica e reflexiva e estimulando o estudante a realizar seus próprios questionamentos (1 – Princípio da Interatividade Social e do Questionamento).

Na realização desta etapa, os alunos não dependem exclusivamente de livros texto. Eles exploram a realidade diretamente, rompendo com a centralidade do material didático tradicional (2 – Princípio da Não Centralidade do Livro de Texto). Durante a observação, os estudantes começam a expressar suas percepções e compreensões, utilizando a linguagem como uma ferramenta para representar o conhecimento que estão adquirindo por meio da experiência direta (4 – Princípio do Conhecimento como Linguagem).

A análise do fenômeno proposto envolve a interpretação e compreensão semântica do ambiente estudado, relacionando os elementos observados com os significados atribuídos pelos alunos (5 – Princípio da Consciência Semântica). Os estudantes podem cometer equívocos e perceber a importância do aprendizado através da experiência, alinhando-se ao princípio da aprendizagem pelo erro (6 – Princípio da Aprendizagem pelo Erro).

## 9.2 Etapa II do Arco

Durante a fase de Pontos-chave, os alunos continuam a explorar a realidade sem depender exclusivamente de livros texto, dando continuidade à abordagem que valoriza a experiência prática e a interação direta com o contexto (2 – Princípio da Não Centralidade do Livro de Texto). À medida que os estudantes identificam os pontos-chave, acabam expondo suas percepções e representações mentais desses elementos, alinhando-se ao Princípio terceiro de que o aprendiz atua como Perceptor/Representador.

Ao destacar os pontos-chave, os alunos começam a expressar suas interpretações e compreensões, utilizando a linguagem como uma ferramenta para representar e comunicar o conhecimento adquirido durante a observação (4 – Princípio do Conhecimento como Linguagem). Durante esta etapa, os alunos podem cometer equívocos e, ao fazê-lo, aprendem com a experiência, contribuindo para a aprendizagem pelo erro (6 – Princípio da Aprendizagem pelo Erro).

## 9.3 Etapa III do Arco

Para a Teorização, os alunos têm a oportunidade de interagir socialmente, discutindo ideias, questionando conceitos e construindo coletivamente teorias a partir da análise dos pontos-chave observados (1 – Princípio da Interatividade Social e do Questionamento). Os discentes são estimulados a expressar suas interpretações e construções teóricas utilizando a linguagem como meio de comunicação, tornando o conhecimento mais acessível e compartilhável (4 – Princípio do Conhecimento como Linguagem).

No decorrer da teorização, os alunos podem testar hipóteses e teorias, permitindo a aprendizagem pelo erro. A reflexão crítica sobre as teorias propostas contribui para o refinamento do entendimento (6 – Princípio da Aprendizagem pelo Erro). Com isso, à medida que os alunos revisam suas preconcepções e estão abertos a reconstruir suas teorias com base nas novas informações e pers-

pectivas apresentadas, estes estão realizando a desconstrução de pensamentos não fundamentados para formular ideias mais estruturadas (7 – Princípio da Desaprendizagem).

Esta desconstrução de pensamentos acompanhada da construção ativa do conhecimento, pode levar os estudantes a reconhecer a importância de buscar fundamentação e evidências para validar suas teorias (8 – Princípio da Certeza do Conhecimento).

## 9.4 Etapa IV do Arco

Ao expressar suas ideias utilizando a linguagem como meio de comunicação, os discentes participam da geração de hipóteses e soluções. Isso facilita a articulação clara e a comunicação eficaz das soluções propostas (4 – Princípio do Conhecimento como Linguagem). Essa criação de hipóteses de soluções exige uma compreensão profunda e semântica dos problemas identificados. Os alunos atribuem significados específicos às suas propostas, garantindo uma abordagem fundamentada e contextualizada (5 – Princípio da Consciência Semântica).

As teorias realizadas na etapa anterior são testadas, podendo estar corretas ou não, permitindo a aprendizagem pelo erro. A reflexão crítica sobre as soluções propostas contribui para o aprimoramento do entendimento (6 – Princípio da Aprendizagem Pelo Erro). E, com isso, caso o estudante verifique o erro, essa fase incentiva os alunos a reconsiderarem suas abordagens iniciais, promovendo a desaprendizagem quando necessário. A flexibilidade cognitiva é crucial para ajustar as soluções à medida que novas informações emergem (7 – Princípio da Desaprendizagem).

## 9.5 Etapa V do Arco

Durante esta fase final, os alunos podem interagir socialmente ao implementar suas soluções, compartilhar experiências e questionar a eficácia das

abordagens adotadas (1 – Princípio da Interatividade Social e do Questionamento). A linguagem continua sendo crucial para comunicar resultados, ajustar estratégias conforme necessário e compartilhar aprendizados com outros (4 – Princípio do Conhecimento como Linguagem)

Ao expor seus resultados, os estudantes evidenciam o produto de seus estudos sobre o tema (3 – Princípio do Aprendiz como Perceptor/Representador). A aplicação na realidade exige uma compreensão semântica profunda, pois os estudantes precisam avaliar como suas soluções se integram ao contexto real e se têm impacto significativo (5 – Princípio da Consciência Semântica).

A etapa de Aplicação na Realidade oferece oportunidades para os alunos reavaliarem suas abordagens e estarem dispostos a ajustar suas estratégias com base na experiência prática (7 – Princípio da Desaprendizagem).

## **9.6 Implicações Transformadoras na Educação Contemporânea**

A integração do Arco de Maguerez com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira revela-se não apenas uma proposta educacional, mas uma jornada transformadora no processo de ensino-aprendizagem. Ao unir a estrutura sequencial do Arco de Maguerez com os princípios enriquecedores de Moreira, emergem possibilidades pedagógicas que transcendem as abordagens tradicionais.

No percurso do estudo, exploramos como as etapas do Arco de Maguerez, desde a observação inicial até a aplicação prática, encontram ressonância nos princípios de Moreira, como a interatividade social, a não centralidade do livro de texto, e a aprendizagem pelo erro. Esta sinergia oferece uma visão mais abrangente do processo educacional, promovendo não apenas a aquisição de conhecimento, mas também o desenvolvimento de habilidades críticas, reflexivas e socialmente interativas.

A relevância desta integração transcende as fronteiras da sala de aula,

preparando os estudantes para enfrentar desafios complexos na sociedade contemporânea. A ênfase na aprendizagem significativa, na reflexão crítica e na aplicação prática dos conhecimentos adquiridos oferece uma abordagem holística que ressoa com as demandas de um mundo em constante transformação.

Como educadores, ao adotar essa abordagem integrada, abrimos portas para um aprendizado mais profundo e duradouro. Estamos moldando não apenas alunos conhecedores, mas agentes de mudança capacitados a aplicar seus conhecimentos de maneira significativa. Essa conclusão, ancorada na fusão entre o Arco de Maguerez e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, possui alto potencial de inovação para a educação contemporânea, na qual a construção do conhecimento se entrelaça de maneira intrínseca com o desenvolvimento integral do indivíduo.

# Unidade IV

## SIMULAÇÃO INTERATIVA: GERANDO APRENDIZAGENS SIGNIFICATIVAS COM O PHYSICAL MODELER

### TEMAS ABORDADOS NESTA UNIDADE

#### **10 Aplicando a Sequência Didática** ..... 104

- 10.1 Projeto I: Queda Livre ..... 105
- 10.2 Projeto II: Movimento Sobre Rampas ..... 108
- 10.3 Projeto III: O Balanço do Pêndulo ..... 112
- 10.4 Projeto IV: A Oscilação das Molas ..... 114

#### **11 Considerações Finais** . 118

- Referências** ..... 120
- Artigos de periódicos ..... 120

- Artigos de anais de conferência ..... 121
- Capítulo de livro ..... 121
- Dissertações de Mestrado .... 121
- Livros ..... 121
- Teses de Doutorado ..... 122
- Referências Online ..... 122

#### **Índice Remissivo** ..... 124

#### **Appendices** ..... 125

#### **Apêndice Primeiro** .... 126



## 10. APLICANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com a adesão do Maranhão ao Novo Ensino médio, em 2022, a disciplina de Física teve uma redução de 50% na carga horária da primeira série do ensino médio e, em 2023, a mesma redução ocorre no segundo ano do ensino médio. Em contrapartida, foram implementadas novas disciplinas classificadas como “parte diversificada” e, algumas delas, têm flexibilidade de ementa que possibilitam aos docentes trabalhar os componentes tradicionais (Física, Química, Biologia, História, Geografia, Matemática e etc) de maneira dinâmica.

Desta forma, para aplicar as metodologias apresentadas neste trabalho, optou-se por desenvolver uma Eletiva de Base<sup>1</sup>. Esta matéria possibilita que o professor escolha um tema que atenda a um ou mais dos quatro eixos estruturantes:

- ▶ Investigação Científica;
- ▶ Processos Criativos;
- ▶ Mediação e Intervenção Sociocultural;
- ▶ Empreendedorismo.

A quantidade de projetos de eletivas corresponde a quantidade de turmas que poderão ser formadas. As únicas determinações sobre os projetos é

---

<sup>1</sup>**Eletiva de Base** é o nome dado a uma das novas disciplinas da parte diversificada do currículo do sistema de ensino médio do Maranhão. Ela tem duração de um semestre letivo e possui caráter qualitativo sem a presença de avaliações somativas ao término da matéria.



que eles não podem ser repetidos durante o ano letivo e cada professor pode assumir apenas uma turma de eletiva por turno.

Portanto, este produto educacional está estruturado para ser aplicado em uma Eletiva de Base, de modo a executar quatro dos temas abordados na [Parte II: Incluindo segmentos de retas](#) deste manual. O projeto da Eletiva aplicado neste produto pode ser conferido nos apêndices na [Página 126](#). Embora tenha-se optado por usar o artifício da Eletiva de Base para aplicar este projeto, nada impede que ele possa ser executado durante as aulas tradicionais ou em outras disciplinas diversificadas.

## 10.1 Projeto I: Queda Livre

Neste tutorial, estudaremos o comportamento de queda livre de corpos sob condições ideais (sem a presença do atrito) e em situações bem aproximadas da realidade (com a presença do atrito). Para isso, a metodologia do Arco de Magueres servirá como base para preparação e desenvolvimento das atividades em sala de aula. O arco será aplicado em três aulas, cada uma com duração de de 50 minutos.

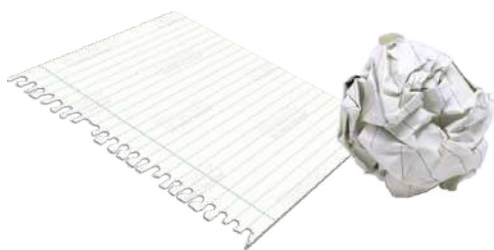
### **Etapa 1 Aula 1: Observação da Realidade**

Nesta etapa, leve um experimento simples de queda livre que permita aos estudantes visualiza-lo sem muitas dificuldades, recomenda-se que se organize as cadeiras da sala de aula em forma de **U**, formando subgrupos de quatro ou cinco estudantes.

Para permitir maior visibilidade aos estudantes, o professor pode se posicionar no meio da sala. Segurando uma folha de papel, não amassada, em uma das mãos e na outra segurando uma caneta. Avise aos discentes que irá submeter os objetos a uma queda vertical partindo da mesma altura. Eles devem ser incitados a verbalizar sobre qual deles chegará primeiro ao solo. Solte-as simultaneamente.

Possivelmente, os estudantes terão a tendência de responder que a caneta irá tocar o solo primeiro. Neste momento pergunte o porquê dela ter chegado ao solo primeiro. Com base na experiência docente, muito provavelmente, a maioria irá responder que é devido a caneta possuir maior massa.

**Figura 10.1:** Folha de caderno amassada e não amassada.



Fonte: Autoria própria.

Dando sequência à atividade, dessa vez tenha em mãos 2 folhas de papel idênticas. Amasse uma das folhas de papel, comprimindo o máximo possível. Segurando em uma das mãos a folha amassada e na outra uma folha não amassada, conforme evidenciado na [Fig. 10.1](#), antes de solta-las, pergunte aos estudantes qual delas irá chegar

ao solo primeiro. Após todos responderem, solte ambas as folhas simultaneamente da mesma altura.

Solicite aos estudantes que após observarem os dois experimentos, que eles elaborem questionamentos sobre o fenômeno observado. Dê um prazo de cinco minutos para que eles reflitam e escrevam suas dúvidas. Após o prazo estabelecido, registre todos os questionamentos na lousa, tomando o cuidado de não repetir as questões formuladas.

## **Etapa 2 Aula 1: Pontos-chave**

Conceda um intervalo de tempo de cinco a quinze minutos para que os estudantes ponderem sobre os problemas e compartilhem ideias acerca das possíveis origens das questões que norteiam a realidade observada. Posteriormente, solicite aos alunos que expressem hipóteses sobre o problema de forma escrita.

Identifique as questões, apresentados pelos discentes, que servirão como pontos-chave para embasar a próxima etapa e as registre na lousa. Estes pontos-chave podem ser tópicos, questões ou afirmações relevantes para a continuidade do estudo.

Após o registro das hipóteses e questionamentos dos estudantes, é chegada a hora de selecionar aqueles que conduzirão o estudo em direção à investigação científica. Selecione as hipóteses que possuem relação com as grandezas que determinem o movimento, como: altura, gravidade e atrito.

### **Etapa 3 Aula 2: Teorização**

Caso esta etapa seja realizada em dia diferente do registro dos pontos-chave, recomenda-se que o professor refaça a apresentação dos pontos-chave destacados pelos estudantes e selecionados pelo professor durante a aula anterior. Assim como nas demais etapas, o foco continua em conquistar a atenção dos estudantes durante o estudo.

Para alcançar esse objetivo, o professor pode trabalhar esta aula em formato de debate. É importante que se mencione o nome do estudante que contribuiu com cada ponto-chave, de forma a envolver dinamicamente toda a classe e estimular a participação dos alunos durante esta etapa bem como também nas próximas que se seguirão. Essa abordagem personalizada demonstra valorização das contribuições individuais dos alunos e os incentiva a permanecerem engajados e ativos na discussão.

Além disso, o processo de atribuir os pontos-chave aos respectivos estudantes reforça o trabalho em equipe e a colaboração dentro da sala de aula, criando um ambiente mais participativo e estimulante para todos os envolvidos no processo de aprendizagem.

Durante o debate, haverá momentos em que o professor deverá se posicionar mediante a lousa para discorrer das equações que regem o movimento observado. Para gerar maior credibilidade ao debate, pode-se utilizar artigos, livros, experimentos ou vídeos que apresentem relação com as equações demonstradas.

## Etapa 4 Aula 3: Hipóteses de Soluções

Nesta etapa, os alunos devem ser estimulados para demonstrar sua criatividade e a originalidade de suas respectivas propostas de soluções para os problemas selecionados na **Etapa 2**. Para isso, leve um vídeo demonstrando o movimento de queda livre. Uma sugestão é utilizar o vídeo [Brian Cox visits the world's biggest vacuum | Human Universe - BBC](https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs) disponível no link <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>.

Peça para que os alunos expliquem a causa do fenômeno observado, este momento de debate pode ser guiado por problemas-chaves sugeridos pelo docente. Um exemplo: Pergunte à classe o que ocorre com o resultado do experimento ao se alterar a gravidade para mais ou para menos. A duração desta etapa pode variar de dez a quinze minutos.

## Etapa 5 Aula 3: Aplicação à realidade

Na etapa final, os estudantes terão a oportunidade de verificar a veracidade dos estudos realizados nas Etapas 3 e 4 por meio do aplicativo *Physical Modeler*. Esse aplicativo será utilizado como ferramenta para simular as equações demonstradas na Etapa 3. Para realizar a simulação, é recomendado que os estudantes formem duplas ou trios e sigam os procedimentos detalhados neste manual em **DIGITALIZANDO A TEORIA: Queda com atrito vs queda sem atrito**, a partir da [Página 54](#). Essa etapa permitirá que eles testem as hipóteses formuladas anteriormente, apliquem os conhecimentos teóricos e observem os resultados práticos, consolidando assim o aprendizado e a compreensão dos conceitos estudados.

## 10.2 Projeto II: Movimento Sobre Rampas

Neste tutorial, vamos explorar o comportamento de deslocamento de corpos sobre um plano inclinado em duas condições distintas: primeiro, sob condições ideais, onde não há presença de atrito; e segundo, em situações que se

aproximam mais da realidade, considerando a presença do atrito seco.

Nas análises sob condições ideais, a investigação do movimento dos corpos sobre o plano inclinado deverá desconsiderar a força de atrito. Isso nos permitirá compreender os aspectos teóricos e fundamentais do deslocamento nessas circunstâncias.

Posteriormente, leva-se em conta a influência da força de atrito no movimento dos corpos sobre o plano inclinado. Essa análise mais próxima da realidade nos permitirá observar como o atrito afeta o deslocamento e como esse fator deve ser considerado em problemas práticos.

## **Etapa 1 Aula 1: Observação da Realidade**

Nesta etapa, apresente um experimento de um corpo se movendo sobre uma rampa para a classe. Esta rampa pode ser confeccionada em casa, caso não disponha de um laboratório de Física equipado com equipamentos para tal tarefa, o que é uma situação bem comum nas escolas do interior do país e também é a realidade deste docente. Sendo assim, para a construção da rampa, tome um pedaço de tabua com dimensões de, aproximadamente, 35cm x 15cm colando em uma de suas faces algo liso como papel foto e na outra algo como EVA (etileno vinil acetato). Sobre a rampa coloque um pedaço de madeira e a incline lentamente até o objeto fique em iminência de deslocamento nas duas situações, quais sejam, em um lado e outro da rampa.

Uma outra forma de apresentar o experimento é por meio de vídeos curtos demonstrando a descida sobre rampas. Uma sugestão é assistir o vídeo de um carrinho de rolimã que está disponível no link [11º GP de carrinho de rolima de Poços de Caldas \(4º bateria\)](https://www.youtube.com/watch?v=EJUmfYoMMvs) disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=EJUmfYoMMvs>. Como uma outra alternativa, recomenda-se [Destques Bobsled Beijing 2022 | Classificação](#). O intuito é que os estudantes possam identificar as principais diferenças nos dois movimentos e apontar suas causas.

Solicite aos estudantes que, após observar os experimentos ou vídeos, ela-

borem, de forma escrita, suas hipóteses ou questionamentos sobre o fenômeno observado. Dê um prazo de cinco a quinze minutos para que eles reflitam e escrevam suas dúvidas. Após o prazo estabelecido, registre todos os questionamentos na lousa, tomando o cuidado de não repetir os apontamentos.

## **Etapa 2 Aula 1: Pontos-chave**

Após o registro dos questionamentos dos estudantes, é o momento de selecionar aqueles que guiarão a investigação em direção à pesquisa científica. O estudo deve ser direcionado para as grandezas que influenciam o movimento, tais como inclinação, atrito, gravidade e velocidade.

Conceda aos estudantes um período de cinco a dez minutos para ponderarem sobre os problemas selecionados e compartilhem ideias acerca das possíveis origens das questões. Em seguida, peça aos alunos que expressem suas crenças sobre o problema e registre, em uma lista, no quadro as respostas fornecidas por eles.

Identifique as respostas dos alunos que servirão como pontos-chave para fundamentar a próxima etapa do estudo. Esses pontos-chave podem abranger tópicos, questões ou afirmações relevantes para a continuidade da pesquisa.

## **Etapa 3 Aula 2: Teorização**

Por meio dos pontos-chave registrados na aula anterior, o professor deve identificar aqueles que estão diretamente relacionados ao problema estudado. Durante a explanação, é de extrema importância manter o foco no aluno.

Assim como na Etapa 3 do projeto I, o professor deve dialogar com a turma apresentando cada ponto-chave, selecionado na aula anterior, destacando o autor do devido ponto. Esta estratégia visa estimular a participação do aluno citado e dos demais.

Além disso, ao atribuir os pontos-chave aos respectivos estudantes, reforça-

se o trabalho em equipe e a colaboração dentro da sala de aula, criando um ambiente mais participativo e estimulante para todos os envolvidos no processo de aprendizagem. O diálogo constante entre professor e alunos, em um ambiente acolhedor e inclusivo, fortalece o aprendizado e enriquece a troca de conhecimentos no contexto educacional. A modelagem teórica a ser abordada está exposta no [Capítulo 4: Movimento no Plano Inclinado](#) na [Página 59](#).

### **Etapa 4 Aula 3: Hipóteses de Soluções**

Nesta etapa, os alunos devem ser estimulados a demonstrar criatividade e originalidade de propostas de soluções para os problemas selecionados na **Etapa 2**. Apresente a eles um vídeo demonstrando o movimento de descida sobre uma rampa. Uma sugestão é o utilizar o vídeo [Carro Deslizando](#) disponível no link <https://youtube.com/shorts/R1hx3Ei-9nE?feature=shared>. Peça para que os alunos expliquem a causa do fenômeno observado.

### **Etapa 5 Aula 3: Aplicação na realidade**

Na etapa final, os estudantes terão a oportunidade de verificar a veracidade dos estudos realizados nas Etapas 3 e 4 por meio da utilização do aplicativo *Physical Modeler* como ferramenta para simular as equações demonstradas na Etapa 3. Para realizar a simulação, é recomendado que os estudantes sigam os procedimentos detalhados no documento intitulado **DIGITALIZANDO A TEORIA: Simulando o movimento no plano inclinado com atrito**, a partir da [Página 67](#).

Essa etapa proporcionará aos alunos a oportunidade de testar as hipóteses formuladas anteriormente, aplicar os conhecimentos teóricos e observar os resultados práticos por meio da simulação. Isso permitirá consolidar o aprendizado e a compreensão dos conceitos estudados, uma vez que eles poderão verificar a aplicação dos conceitos teóricos na prática. A simulação no *Physical Modeler* possibilitará uma experiência interativa e enriquecedora, proporcionando aos estudantes uma abordagem mais concreta e visual do fenômeno estudado.

Dessa forma, eles poderão aprofundar suas habilidades analíticas e de resolução de problemas, enquanto desenvolvem uma compreensão mais abrangente sobre o comportamento dos corpos em um plano inclinado com a presença de atrito. A combinação entre teoria e prática nesse processo de aprendizado tem potencial para contribuir para uma educação mais completa e significativa para os alunos.

## 10.3 Projeto III: O Balanço do Pêndulo

Neste tutorial, exploraremos os conceitos dos pêndulos ideais e amortecidos de forma detalhada. Isso nos permitirá compreender os aspectos teóricos e fundamentais do deslocamento nessas circunstâncias ideais. Esses dois sistemas têm relevância tanto na Física quanto nas Engenharias, e buscaremos compreender suas características, comportamentos e discutir algumas aplicações práticas.

### **Etapa 1 Aula 1: Observação da Realidade**

Nesta etapa, explique aos alunos o conceito de pêndulo simples sem se aprofundar nas definições algébricas do movimento. Após a explicação, faça a demonstração do funcionamento do pendulo simples. Uma sugestão para o desenvolvimento da atividade será descrita a seguir.

Prenda um fio (linha ou barbante) no teto da sala com fita adesiva ou em algum local disponível como, por exemplo, no pátio da escola ou no próprio portal da porta da sala de aula. Na outra extremidade do fio, amarre algum objeto compacto (como alternativa, você pode utilizar um pequeno saco com areia ou bolas de gude para servir de "peso" para o pêndulo).

Desloque o pêndulo da posição de equilíbrio e peça para que os estudantes observem o movimento. Dê início ao experimento soltando o pêndulo de modo que todos observem o movimento. Eles devem ser advertidos a observarem se o pêndulo irá retornar ao ponto de partida.



Como sabemos, o dispositivo não voltará à mesma posição devido ao fenômeno dissipação de sua energia ocasionado pela atuação de forças resistivas. Porém, alguns estudantes ficarão confusos devido a explicação inicial sobre o movimento do pêndulo simples. Solicite a eles que anotem seus questionamentos sobre o movimento, lembrando que essa atividade deve ser feita em equipe de três a cinco alunos. Após os estudantes elaborarem seus questionamentos, registre todas as dúvidas na lousa.

## **Etapa 2 Aula 1: Pontos-chave**

Após o registro dos questionamentos dos estudantes, selecione os problemas que nortearão a investigação científica. Nesta etapa deve-se focar no deslocamento, velocidade e aceleração angular do pêndulo, podendo também ser abordado os conceitos básicos de período e frequência.

Avise aos alunos que eles terão cinco minutos para refletir sobre os problemas e levantar questões, pontos ou sugestões sobre o movimento observado. Identifique as respostas dos alunos que servirão como pontos-chave para fundamentar a próxima etapa do estudo.

## **Etapa 3 Aula 2: Teorização**

Utilizando os pontos-chave apresentados na aula anterior, deve-se identificar aqueles que estão diretamente relacionados ao problema estudado. O docente deve manter o foco no discente durante o desenvolvimento algébrico do tema. Dê a oportunidade aos estudantes, por meio de debates ou outro método, para que auxiliem na dedução das equações do movimento.

## **Etapa 4 Aula 3: Hipóteses de Soluções**

Nesta etapa, os alunos devem ser estimulados a demonstrar criatividade e originalidade de propostas de soluções para os problemas selecionados na **Etapa 2**.

## Etapa 5 Aula 3: Aplicação na realidade

Na etapa final, os estudantes terão a oportunidade de verificar a veracidade dos estudos realizados nas Etapas 3 e 4, utilizando o aplicativo *Physical Modeler* para simular as equações demonstradas na Etapa 3. Para realizar a simulação, é recomendado que os estudantes sigam os procedimentos detalhados no documento intitulado **DIGITALIZANDO A TEORIA: Simulando o pêndulo simples**, a partir da [Página 83](#).

Essa etapa permitirá que os alunos testem as hipóteses formuladas anteriormente, apliquem os conhecimentos teóricos e observem os resultados práticos da simulação. Isso contribuirá para consolidar o aprendizado e a compreensão dos conceitos estudados, permitindo que eles verifiquem a aplicação dos novos conhecimentos de forma prática. A simulação no *Physical Modeler* proporcionará uma experiência interativa e enriquecedora, permitindo aos estudantes uma abordagem mais concreta e visual do fenômeno estudado.

## 10.4 Projeto IV: A Oscilação das Molas

Neste tutorial, vamos explorar como aplicar a metodologia do Arco de Maguerez, para compreender significativamente o funcionamento de um Oscilador Harmônico Amortecido. O Oscilador Harmônico Amortecido é um sistema físico que consiste em uma massa presa por uma mola oscilante que é freada por forças dissipativas. É um sistema modelo amplamente utilizado para estudar fenômenos de vibração. Vamos seguir as etapas do Arco de Maguerez para aplicar o *app* PHYSICAL MODELER neste problema específico, utilizando como exemplo prático um amortecedor de moto.

### Etapa 1 Aula 1: Observação da Realidade

Nesta etapa, leve para a sala de aula um experimento simples de um sistema massa mola. Uma sugestão é utilizar uma espira de caderno presa a uma bola de gude e fixada verticalmente em uma estrutura de madeira. As dimen-

sões podem ser de acordo com o da [Figura 10.2](#). Caso não queira montar toda a estrutura do experimento, uma alternativa é fixar a mola na mesa do professor e usar uma fita adesiva para marcar o ponto de equilíbrio sobre uma das pernas da mesa.

Para que os estudantes possam visualizar o experimento sem muitas dificuldades, recomenda-se que organize as cadeiras da sala de aula em formato de **U**, formando subgrupos de quatro ou cinco estudantes. Puxe a bola de gude para baixo e solte-a de modo que o sistema comece a oscilar.

Faça a pergunta norteadora: *"O que está acontecendo neste experimento?"*.

Por meio deste questionamento inicial, solicite aos estudantes que escrevam em uma folha perguntas relevantes sobre o movimento observado. Dê um prazo de cinco a dez minutos para que eles desenvolvam seus próprios questionamentos. Espera-se que eles apresentem perguntas do tipo:

*"Qual a importância da bola de gude no experimento?"*

*"Por que o sistema para de oscilar?"*

*"Por que a mola não se desfaz ao ser esticada?"*

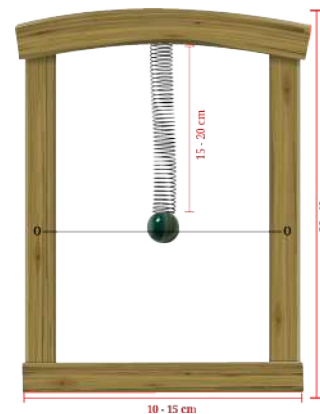
Registre todos os questionamentos na lousa, tomando o cuidado de não repetir os problemas que possuem a mesma essência.

## Etapa 2 Aula 1: Pontos-chave

Com os questionamentos dos estudantes registrados, é hora de selecionar aqueles questionamentos que direcionarão o estudo no caminho da investigação científica.

A seleção deve considerar se o problema faz menção à causa do movimento. Estas devem ser semelhantes às seguintes questões:

**Figura 10.2:** Esquema de um experimento simples de um oscilador massa mola para demonstração.



**Fonte:** Autoria própria.

- Q1:** O que faz com que o sistema pare de oscilar?  
**Q2:** É possível prever o tempo de oscilação do sistema?  
**Q3:** Essa forma de oscilação é a mesma para todas as molas?  
**Q4:** O formato da massa interfere no movimento oscilatório?

Dê um prazo de dez a quinze minutos para que os estudantes reflitam sobre o problema e troquem ideias com os colegas sobre possíveis causas do comportamento do sistema estudado. Após esse prazo, peça aos alunos que exponham suas crenças sobre o problema e anote no quadro, em forma de lista, as informações verbalizadas pelos estudantes.



**OBS.:** Durante o intervalo de reflexão sobre os problemas, permita que os alunos possam reproduzir o experimento a fim de causar maior envolvimento do estudante com o problema sob investigação. ■

Essas respostas serão os Pontos-chave que darão embasamento para a próxima etapa. Esses pontos-chave poderão ser tópicos, questões ou afirmações.

### Etapa 3 Aula 2: Teorização

Utilizando os Pontos-chaves registrados na aula anterior, o professor deve selecionar aqueles que estão ligados ao problema estudado. Esta etapa envolve a explanação que deve ser realizada pelo professor, mas é preciso cuidado para que o foco seja o aluno.

Assim, é importante que, na medida que o professor utiliza os pontos-chaves, mencione o nome do estudante que contribuiu com a discussão, de modo a envolver dinamicamente a classe e estimular a participação dos alunos nas próximas etapas.

A modelagem dessas equações estão expostas no [Capítulo 5: Oscilador Harmônico Amortecido](#) na [Página 70](#).

## Etapa 4 Aula 3: Hipóteses de Soluções

Nesta etapa, os alunos devem ser estimulados a demonstrar criatividade e originalidade nas propostas de soluções para os problemas selecionados na **Etapa 2**.

## Etapa 5 Aula 3: Aplicação na realidade

Na etapa final, é o momento em que os estudantes irão verificar a veracidade dos estudos realizados nas **Etapas 3 e 4** utilizando como ferramenta o aplicativo *Physical Modeler*. Para realizar a simulação das equações descritas na **Etapa 3** é recomendado que os estudantes sigam os procedimentos descritos no **DIGITALIZANDO A TEORIA: Modelando o sistema massa mola** na [Página 74](#).

**Sobre a avaliação dos estudantes** A avaliação será realizada de maneira contínua durante todas as etapas da aplicação do projeto. A começar pela primeira etapa, no momento em que o aluno promove seus próprios questionamentos. A complexidade das perguntas deixa transparecer o grau de curiosidade e também de entendimento inicial sobre o tema. Na segunda etapa, à medida em que eles apontam possíveis causas para a origem dos problemas, pode-se analisar a coerência lógica de seus pensamentos. Na etapa três, com a teorização do tema, é o momento de enriquecer os conhecimentos prévios dos estudantes; por meio da etapa quatro pode-se verificar se eles compreenderam o estudo realizado na teorização, uma vez que formularão hipóteses para explicarem os fenômenos observados. Por fim, na quinta etapa, podemos analisar a nova lógica de pensamento do discente à medida em que ele aplica a teoria estudada no simulador. Sendo assim, está estabelecido um sistema de avaliação formativa e o docente avalia contínua e processualmente durante todo o processo de ensino-aprendizagem.



## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste estudo, exploramos a concepção de atividades pedagógicas em aulas de Física na educação básica por meio da fusão entre a metodologia do Arco de Magueréz e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, reconhecendo o potencial transformador dessa aliança na educação contemporânea. Além disso, destacamos a aplicação dessa metodologia inovadora, incorporando o uso do aplicativo de modelagem *Physical Modeler* como recurso tecnológico para fortalecer a conexão entre teoria e prática. Cada etapa do Arco, quando aplicada em conjunto com os princípios de Moreira, demonstrou ser uma jornada enriquecedora, moldando não apenas o conhecimento dos estudantes, mas também suas habilidades reflexivas e críticas.

No material produzido, nos itens intitulados "Observação da Realidade", a fusão destas teorias fomenta uma abordagem mais ativa e participativa. Os alunos, ao observar a realidade, não apenas assimilam informações, mas também questionam, interagem socialmente e desenvolvem uma consciência semântica mais profunda.

Durante a fase de "Pontos-chave", a não centralidade do livro de texto e o princípio da aprendizagem pelo erro se destacam. Os estudantes, ao identificar pontos-chave, utilizam o questionamento ativo e aprendem com suas próprias interpretações, alinhando-se à teoria de Moreira.

Na etapa designada por "Teorização", a aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica fortalece a construção de teorias mais profundas e a expressão clara do conhecimento. As "Hipóteses de Soluções", enriquecidas pelos princípios de desaprendizagem e certeza do conhecimento, tornam-se um terreno fértil para a experimentação. O *Physical Modeler* assume um papel crucial, permitindo que os estudantes testem suas soluções virtualmente, aprendam com os erros de maneira segura e refinem suas abordagens antes da aplicação prática.

Finalmente, na etapa designada por "Aplicação na Realidade", o *Physical Modeler* se destaca como um facilitador essencial. Ao proporcionar uma simulação prática e visual das soluções propostas, o aplicativo impulsiona a interatividade social, a aprendizagem pelo erro e a validação do conhecimento, criando uma ponte eficaz entre a teoria e a prática.

O app *Physical Modeler*, como recurso tecnológico, potencializa a aprendizagem na última etapa. Mas também facilita a comunicação eficaz, incentiva a experimentação segura, promove a reflexão crítica e permite a aplicação em ambientes simulados. Essa ferramenta não apenas capacita os estudantes a visualizar conceitos abstratos, mas também os envolve em uma experiência mais imersiva e dinâmica.

Portanto, reiteramos que a combinação do Arco de Maguerez com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, apoiada pelo *Physical Modeler*, oferece um potencial educacional inovador. Esta abordagem não só moderniza o processo educacional, mas também empodera os estudantes com habilidades críticas, reflexivas necessárias no mundo contemporâneo.

# REFERÊNCIAS

## Artigos de periódicos

ANDERSON, M. Technology device ownership: 2015. Pew Research Center, 2015. Citado 1 vez na página 20.

BERBEL, N. A. N.; GAMBOA, S. A. S. A metodologia da problematização com o Arco de Maguerez: uma perspectiva teórica e epistemológica. **Filosofia e Educação**, 2012. ISSN 1984-9605. Citado 2 vezes nas páginas 89, 97.

BUENO, G. et al. Sequência didática com arco de Maguerez elaborada a partir de dois experimentos de baixo custo para o ensino dos modos básicos de operação do transistor. **A Física na Escola**, Cachoeiro de Itapemirim, ES, 2021. Citado 1 vez na página 97.

LUKASIK, S. Why the ARPANET was built. **IEEE Annals of the History of Computing**, IEEE, v. 33, n. 3, p. 4–21, 2010. Citado 1 vez na página 20.

MONTEIRO, M. M.; SOUZA MARCELINO, V. de. O USO DA METODOLOGIA DA PROBLEMATIZAÇÃO COM O ARCO DE MAGUERES PARA O ENSINO DE QUÍMICA. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 8, n. 3, jul. 2018. ISSN 2238-2380. Citado 1 vez na página 97.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica (critical meaningful learning). **Teoria da Aprendizagem significativa**, v. 47, 2000. Citado 1 vez na página 93.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 92, 93.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants part 1. **On the horizon**, MCB UP Ltd, v. 9, n. 5, p. 1–6, out. 2001a. Citado 1 vez na página 20.

\_\_\_\_\_. Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently? **On the horizon**, MCB UP Ltd, v. 9, n. 6, p. 1–6, dez. 2001b. Citado 1 vez na página 20.

VALENTE, J. A. A comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação. **UNIFESO-Humanas e Sociais**, v. 1, n. 01, p. 141–166, 2014. Citado 1 vez na página 19.



## Referências

---

WEIK, M. H. The ENIAC story. **Ordinance**, JSTOR, v. 45, n. 244, p. 571–575, 1961. Citado 1 vez na página 19.

## Artigos de anais de conferência

LURDES DA ROSA ORTIZ, J. de. O uso do *Software Tracker* para o ensino da Física. In: 5<sup>o</sup> SENID: Cultura digital na educação. (S.l.: s.n.), 2018. Disponível em: <[https://www.upf.br/\\_uploads/Conteudo/senid/2018-oficinas/179044.pdf](https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/senid/2018-oficinas/179044.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2023. Citado 1 vez na página 27.

## Capítulo de livro

ANJOS, A. M. do; SILVA, G. E. G. da. Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDIC) na Educação. In: (s.l.): Ministério da Educação – UAB, 2018. .1. Citado 2 vezes nas páginas 18, 19.

AULER, S. M.; PIOVEZANA, L. TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: As TIDCs na Educação Escolar. In: (s.l.): Editora Científica Digital, 2022. v. 3 cap. 4, p. 57–73. DOI: [10.37885/220709341](https://doi.org/10.37885/220709341). Citado 1 vez na página 19.

## Dissertações de Mestrado

ARAUJO, I. S. **UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE ALUNOS DE FÍSICA USUÁRIOS DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL MODELLUS NA INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS EM CINEMÁTICA**. 2002. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul., Porto Alegre. Mestrado em Física. Nenhuma citação no texto.

KIMURA, R. K. et al. **Aplicação da metodologia da problematização com o Arco de Maguerez para a aprendizagem significativa de química**. 2020. Dissertação de Mestrado – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo. Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Citado 1 vez na página 97.

## Livros

ANDRADE, M. E. de. **SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAL COM O SOFTWARE MODELLUS**: Aplicações práticas para o ensino de física. Edição: Comissão editorial da Série MNPEF. Edição: Editora Livraria da Física. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. P. 17–34. 127 p. ISBN 978-85-7861-405-8. Citado 1 vez na página 30.

## Referências

---

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje**: orientaciones didáticas para la docencia universitaria. (S.l.): IICA, 1982. Citado 1 vez na página 89.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. 6. ed. São Paulo: Paz e terra São Paulo, 2002. v. 1. ISBN 85-219-0329-4. Citado 1 vez na página 20.

HOLANDA FILHO, I. d. O.; CRUZ, M. P. M. da. **GeoGebra: soluções na geometria**. (S.l.): Editora Appris, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 23, 24.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. (S.l.): Papyrus editora, 2003. Citado 1 vez na página 19.

KNIGHT, R. D. **Física**: Uma abordagem estratégica – Mecânica Newtoniana, Gravitação, Oscilações e Ondas. Tradução: Trieste Freire Ricce. 2. ed. Porto Alegre: bookman, 2009. v. 1. 488 p. ISBN 978-85-7780-519-8. Nenhuma citação no texto.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: Editora abdr, 2011. 242 p. ISBN 978-85-123-2180-6. Citado 4 vezes nas páginas 91, 93, 97.

SYMON, K. R. **Mecânica**. Rio de Janeiro: EDITORA CAMPUS, 1996. v. 1. 671 p. ISBN 85-7001-369-8. Citado 1 vez na página 80.

## Teses de Doutorado

LOPES, A. D. **ANÁLISE CINEMÁTICA DA LARGADA DO BOBSLED**. 2006. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo. Doutorado em Educação Física. Nenhuma citação no texto.

## Referências Online

BEGGIORA, H. **App de calculadora científica**: veja como usar o Algeo grátis no celular. 2019. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2019/09/app-de-calculadora-cientifica-veja-como-usar-o-algeo-gratis-no-celular.ghtml>>. Acesso em: 2 fev. 2024. Citado 1 vez na página 54.

CERN. **About CERN**. 2023a. Disponível em: <<https://home.cern/about>>. Acesso em: 2 set. 2023. Citado 0 vez na página 21.

\_\_\_\_\_. **The Large Hadron Collider**. 2023b. Disponível em: <<https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider>>. Acesso em: 2 set. 2023. Citado 1 vez na página 22.

GEOGEBRA. **O que é o GeoGebra?** 2023. Disponível em: <<https://www.geogebra.org/about>>. Acesso em: 3 set. 2023. Citado 1 vez na página 23.

## Referências

---

UFRGS. **3 Modellus I**. 2009. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/computador\\_ensino\\_fisica/modellus/modellusI\\_introducao.htm](http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellusI_introducao.htm)>. Acesso em: 21 jul. 2023. Citado 1 vez na página 30.

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

Amplitude ..... 78

## D

### DIGITALIZANDO A TEORIA

Modelando o sistema massa mola  
74

Queda livre vs queda com atrito 54

Simulando o movimento no plano  
inclinado com atrito ..... 67

Simulando o pêndulo simples ... 83

## E

Eletiva de Base ..... 104

## F

Fio ideal ..... 79

Frequência ..... 78

### FÍSICA NO COTIDIANO

A física do amortecedor ..... 71

A Física do paraquedismo ..... 52

O bobsled ..... 62

O carrinho de rolimã ..... 65

O relógio de pêndulo ..... 81

## M

Momento de inércia ..... 81

## P

Período ..... 78

Plano Inclinado ..... 59

Com atrito ..... 64

Sem atrito ..... 60

## T

TDICs ..... 19

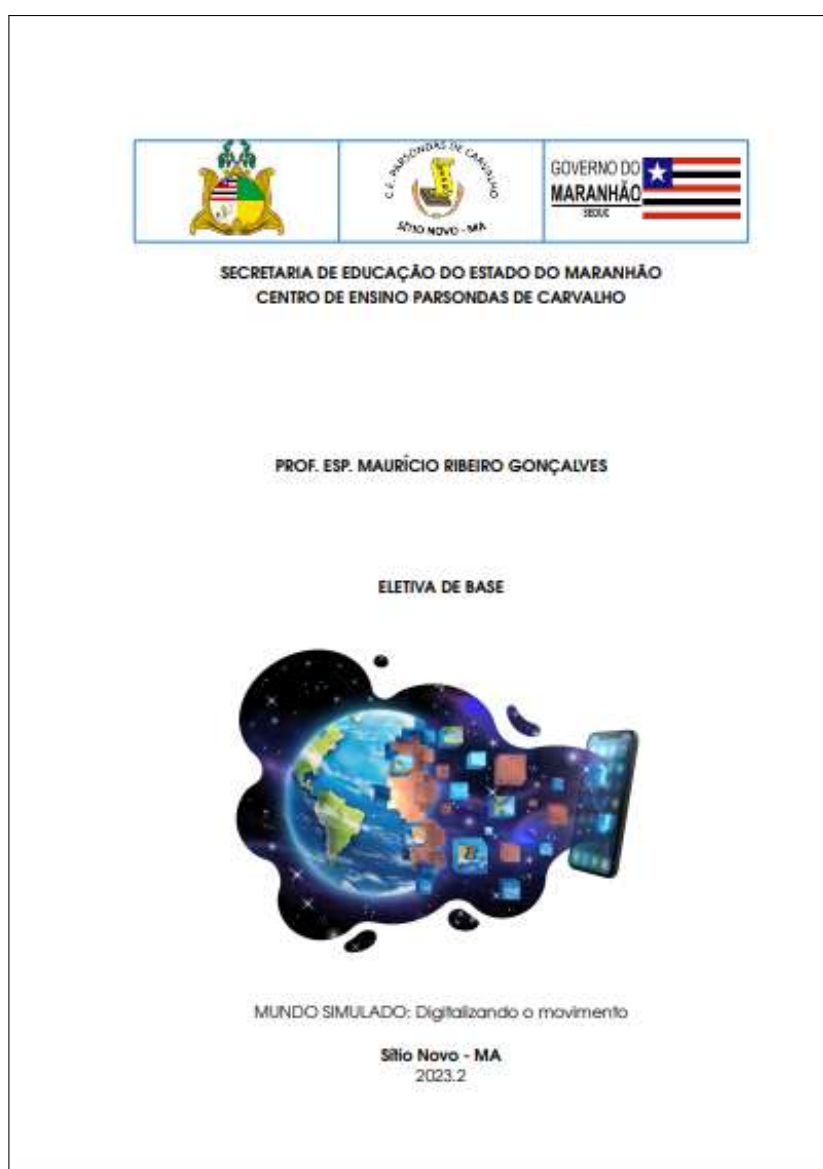
TIC ..... 19

Torque ..... 80



# APÊNDICE PRIMEIRO

## Projeto da Eletiva de Base



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INFORMAÇÕES GERAIS</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
3.1	OBJETIVO GERAL	2
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
<b>4</b>	<b>HAB., COMP.,E OBJ. DE CONHECIMENTO</b>	<b>3</b>
4.1	CIÊNCIAS DA NATUREZA	3
4.1.1	Competências	3
4.1.2	Habilidades	3
4.1.3	OBJETOS DE CONHECIMENTO	4
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>4</b>
5.1	A queda livre	4
5.1.1	Despertando a curiosidade	5
5.1.2	Aprofundando no tema	5
5.1.3	Digitalizando a teoria	6
5.2	Movimento sobre rampas	6
5.2.1	Despertando a curiosidade	7
5.2.2	Aprofundando no tema	7
5.2.3	Digitalizando a teoria	7
5.3	O pêndulo amortecido	8
5.3.1	Despertando a curiosidade	8
5.3.2	Aprofundando no tema	9
5.3.3	Digitalizando a teoria	10
5.4	Sistema amortecido massa mola	10
5.4.1	Despertando a curiosidade	10
5.4.2	Aprofundando no tema	10
5.4.3	Digitalizando a teoria	11
<b>6</b>	<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>PROPOSTA PARA A CULMINÂNCIA</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>12</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>14</b>

## 1 INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Título da Eletiva de Base:</b> MUNDO SIMULADO: Digitalizando o movimento
<b>Tema:</b> Ciência e Tecnologia
<b>Problema:</b> A não atribuição de significados lógicos as formulas físicas.
<b>Série/Turma(s):</b> 1ª a 2ª Série do ensino médio
<b>Área do conhecimento</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Linguagens e suas tecnologias</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Ciências da Natureza e suas tecnologias</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Ciências Exatas e suas tecnologias</li><li><input type="checkbox"/> Ciências Humanas e Sociais aplicadas</li></ul>
<b>Componentes Curriculares e professores:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Física (Prof. Maurício)</li></ul>
<b>Eixos Estruturantes:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input checked="" type="checkbox"/> Investigação Científica</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Processos Criativos</li><li><input type="checkbox"/> Mediação e Intervenção Sociocultural</li><li><input type="checkbox"/> Empreendedorismo</li></ul>
<b>Enfoque:</b> Uma Eletiva voltada para a investigação científica dos conceitos físicos presentes no cotidiano do estudante, aumentando a relação entre teoria e prática no ensino dessas ciências. Espera-se que por meio da observação dos fenômenos propostos, realização de questionamentos pertinentes a respeito do experimento assistido, estudo adequado do problema e modelagem das equações obtidas, o estudante possa desenvolver significativamente seu raciocínio lógico sobre o tema.

## 2 JUSTIFICATIVA

A atual sociedade encontra-se cada vez mais inserida em um mundo tecnológico e automatizado. Do início do século XX até os dias atuais do século XXI notamos um desenvolvimento extraordinário dos aparatos tecnológicos, assim estes equipamentos são utilizados desde atividades voltadas para a saúde até o lazer das pessoas, porém, não vemos este uso sendo voltado amplamente para a educação.

Devido a falta de laboratório de ciências nas escolas ou a falta de preparo do docente para realizar atividade laboratoriais, os centros de ensino em sua maioria restringem-se suas aulas a um ambiente paralelepipedal



fechado utilizando apenas como recurso de ensino o livro didático e a lousa. Com isso, o novo perfil de estudante, que vive em uma sociedade conectada e cada vez mais tecnológica, não se interessa pelas atividades escolares. Com isso Souza e Souza (2010) defende que:

A adaptação e absorção de novas tecnologias além de facilitar a aquisição de conhecimento cria certa criatividade, juízo de valor, aumento da auto-estima dos usuários, além de permitir que adquiram novos valores e modifiquem o comportamento transformando as tarefas árduas, negativas e difíceis em algo dinâmico, positivo e fácil. (SOUZA; SOUZA, 2010, p. 128)

Esse fator é preocupante nas aulas de Ciências da Natureza, pois não é passado ao estudante que o conhecimento escrito nos livros é proveniente de uma investigação científica e que ele, o aluno, pode realizar essa investigação constantemente em seu dia a dia em diversas situações usando a tecnologia como ferramenta auxiliar.

Em meio a estes fatos, esta eletiva tem a proposta de trazer a investigação científica auxiliada pelo uso de modelador de problemas físicos em smartphones, de maneira simples e interativa com o intuito de despertar o interesse dos discentes na área de Ciências da Natureza e permitir que reconheçam a Física do cotidiano na “Física da Escola”.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver as habilidades do estudante em investigação científica e realização de trabalhos experimentais na área de Ciências da Natureza.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Utilizar novas tecnologias no estudo de Física;
- Realizar investigação científica;
- Estimular a curiosidade do discente;
- Associar a teoria com a prática.

## 4 HABILIDADES, COMPETÊNCIAS E OBJETOS DE CONHECIMENTO

### 4.1 CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

#### 4.1.1 Competências

O presente projeto contempla as Competências Específicas 1 e 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias estabelecidas pela [BNCC \(2022\)](#) que diz o seguinte:

- **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global;
- **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3** Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

#### 4.1.2 Habilidades

- **(EMIFCNT01)** Investigar e analisar situações problema e variáveis que interferem na dinâmica de fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, considerando dados e informações disponíveis em diferentes mídias, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.
- **(EMIFCNT02)** Levantar e testar hipóteses sobre variáveis que interferem na dinâmica de fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, utilizando procedimentos e linguagens adequados à investigação científica.
- **(EMIFCNT04)** Reconhecer produtos e/ou processos criativos por meio de fruição, vivência e reflexão crítica sobre a dinâmica dos fenômenos naturais e/ou de processos tecnológicos, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

#### 4.1.3 OBJETOS DE CONHECIMENTO

- Cinemática e dinâmica;
- A investigação científica;
- Modelagem computacional.

## 5 METODOLOGIA

Para esta eletiva é proposto o desenvolvimento de quatro tipos de experimentos, sendo eles *queda livre*; *plano inclinado*; *pêndulo simples*; *sistema massa mola*, onde cada experiência será abordada com e sem atrito totalizando oito demonstrações. Assim, ao longo do semestre serão abordados tópicos de cinemática, dinâmica e oscilações com o intuito de introduzir o estudante no campo da investigação científica na área da Ciências da Natureza.

A forma de ser trabalhada cada tópico é dada pelo método do Arco de Maguerez, com isso a eletiva estrutura-se em: um encontro com exposição de um fenômeno físico (este pode ser por meio de um vídeo ou experimento<sup>1</sup>). Nesta etapa os estudantes devem escrever suas principais curiosidades/perguntas a respeito do fenômeno e debater com os demais colegas sobre o tópico; na segunda aula o professor deve auxiliar a turma com o aprofundamento do tema, de modo que os estudantes construam, por meio da ajuda do professor, as equações que regem o movimento estudado; na terceira aula é o momento de realizar a experimentação, cada estudante irá utilizar seu smartphone para modelar o movimento gerado pelas equações com o aplicativo *Physical Modeler*<sup>2</sup>.

Para evitar atrasos na execução do projeto, a primeira aula é destinada a instalação do *app* nos aparelhos dos estudantes e demonstração das instruções de uso do aplicativo.

### 5.1 A queda livre

O que cai mais rápido de uma mesma altura: uma pena ou uma maçã?. Este experimento consiste em analisar o efeito da resistência do ar sobre objetos

---

<sup>1</sup>Recomenda-se que o professor leve um material resumido como um mapa mental para auxiliar os aqueles estudantes que estão tendo seu primeiro contato com o conteúdo.

<sup>2</sup>Aplicativo desenvolvido pelo Prof. Esp. Maurício Ribeiro Gonçalves como pré requisito a aplicação do produto educacional para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Norte do Tocantins.

em movimento, vide Fig. 1.



**Figura 1:** Uma pena e uma maçã em queda livre.

### 5.1.1 Despertando a curiosidade

Nesta aula, será levado para a sala um vídeo demonstrando os efeitos da queda livre. Este material pode ser um vídeo de um paraquedista em pleno voo livre que pode estar executando movimentos no ar antes de abrir seu paraquedas. Para suplementar, pode ser executado um questionamento a todos os estudantes sobre quem irá cair mais rápido, uma folha de papel ou um pincel e porque. É esperado que os estudantes respondam que seja o pincel pois ele é mais “pesado”, assim, em sequência forma-se uma bola de papel com falha usada anteriormente pergunta-se novamente quem irá cair primeiro entre duas folhas de papel (uma amassada e outra não avariada). Com isso o estudante deve reavaliar sua resposta anterior e buscar uma explicação por meio de debates em grupos e anotações de pontos chaves.

### 5.1.2 Aprofundando no tema

Nesta aula, o professor irá verificar os principais pontos levantados pelos estudantes e juntamente com a turma será construído, por meio da cinemática e leis de Newton, a equação do movimento de queda livre sem e com atrito quadrático. Ao final, o produto serão as seguintes equações para o movimento sem atrito:

$$\text{velocidade}_y = -gt$$

$$\text{posicao}_y = -\frac{g}{2}t^2$$

e as equações para velocidade e posição para o movimento com atrito:

$$\text{velocidade}_y = -\sqrt{\frac{mg}{c}} \tanh\left(\sqrt{\frac{cg}{m}}t\right)$$

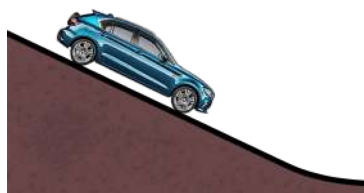
$$\text{posicao}_y = -\frac{m}{c} \ln \left[ \cosh \left( \sqrt{\frac{cg}{m}} t \right) \right]$$

onde **c** corresponde a constante de resistência no fluido, **m** é a massa, **g** gravidade e **t** o tempo<sup>1</sup>.

### 5.1.3 Digitalizando a teoria

Nesta aula os estudantes irão aplicar as equações obtidas na aula anterior no *app Physical Modeler*. Para que haja efetividade na compreensão do tema, recomenda-se formar duplas ou trios de estudantes para que eles possam debater e realizar suas próprias simulações. Cada dupla ou trio deve apresentar a simulação em pleno funcionamento e conseguir explicar a função de cada variável inserida no aplicativo.

## 5.2 Movimento sobre rampas



**Figura 2:** Carro parado sobre uma rampa.

Nosso mundo visto do espaço, embora aparente ser uma esfera perfeita e lisa, na verdade não chega a ser uma esfera e também não é lisa. Ao realizarmos pequenos deslocamentos equivalente a quilômetros, existe uma alta probabilidade de passarmos por algum aclive ou declive, mas de que maneira conseguimos parar na metade de uma ladeira bastante íngreme? O quão perigoso pode ser um veículo com freio de mão danificado no alto de uma ladeira?

Este projeto tem como foco demonstrar a Física de corpos em movimento sobre plano inclinado.

<sup>1</sup>Por se tratar de equações complexas, o professor poderá apresentar apenas o significado das variáveis presentes na equação, não necessitando realizar as deduções detalhadas.

### 5.2.1 Despertando a curiosidade

Nessa aula, os estudantes terão acesso a um vídeo que fala sobre os carrinhos de rolimã na cidade de Prudentópolis-PR. Os carrinhos são movimentados apenas pela aceleração da força gravitacional, descendo uma ladeira de vários metros de comprimento. O problema principal será identificar as variáveis que possibilitam tal movimento.

### 5.2.2 Aprofundando no tema

Este tema envolve além da cinemática, as leis de Newton. Assim, para que o movimento seja possível, o corpo sobre o plano inclinado terá coeficiente de atrito estático equivalente ao coeficiente de atrito dinâmico menor que a tangente do ângulo da base do plano inclinado  $\mu_e = \mu_d < \tan \theta$ , com isso as equações que regem a posição de um corpo em deslocamento sobre um plano inclinado ideal são dadas por:

$$x' = d \cdot \cos(\theta) - v_{x'0}t - \frac{gt^2}{4} \cdot \sin(2\theta)$$

$$y' = d \cdot \sin(\theta) - v_{y'0}t - \frac{gt^2}{2} \cdot \sin^2(\theta).$$

enquanto as equações para as posições no plano inclinado com atrito seco serão:

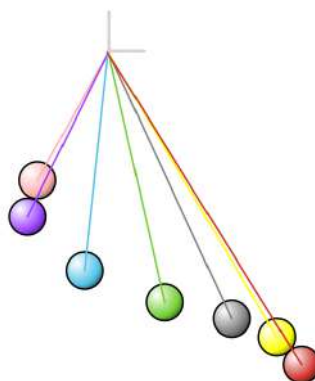
$$x' = d \cdot \cos(\theta) - v_{x'0}t - \frac{gt^2}{2} \cdot \left[ \frac{\sin(2\theta)}{2} - \mu \cdot \cos^2(\theta) \right]$$

$$y' = d \cdot \sin(\theta) - v_{y'0}t - \frac{gt^2}{2} \cdot \left[ \sin^2(\theta) - \mu \cdot \frac{\sin(2\theta)}{2} \right].$$

### 5.2.3 Digitalizando a teoria

Nesta aula os estudantes irão aplicar as equações obtidas na aula anterior no *app Physical Modeler*. Para que haja efetividade na compreensão do tema, recomenda-se formar duplas ou trios de estudantes para que eles possam debater e realizar suas próprias simulações. Cada dupla ou trio deve apresentar a simulação em pleno funcionamento e conseguir explicar a função de cada variável inserida no aplicativo.

### 5.3 O pêndulo amortecido



**Figura 3:** Simulação do Pêndulo de onda no software Modellus.

Ao balançar em uma rede, a oscilação do movimento tende a diminuir gradativamente, mas quais são as causas dessa redução do movimento? É possível adquirir oscilação perpetua? Para solucionar estas questões, esta etapa do projeto irá realizar as investigações necessárias sobre o tema.

#### 5.3.1 Despertando a curiosidade

Uma das melhores maneiras de ganhar o foco dos estudantes é por meio do experimento prático de um pêndulo simples. Prendendo a extremidade de uma corda no teto da sala e a outra ponta em uma massa de 1 kg, o professor pode deslocar a massa, em um pequeno ângulo, de modo que esta fique em contato com a parede. Assim, ao soltar a massa, ela irá deslocar-se até o outro extremo e voltar com amplitude menor que a inicial, assim não entrará em contato com a parede novamente.

A medida que o tempo passa, o pêndulo terá amplitudes cada vez menores, até o momento que seu deslocamento será tão ínfimo que poderá ser considerado como em repouso. Com base na observação desse fenômeno, os estudantes deverão formar equipes e propor hipóteses que possam justificar o comportamento do movimento estudado. Todas as sugestões devem ser registradas em uma folha e guardadas para a próxima aula.

**5.3.2 Aprofundando no tema**

Para que este estudo seja eficaz, é necessário realizar uma revisão sobre movimento circular, de forma a abordar temas como velocidade angular e aceleração angular. Na sequência, deve-se realizar o estudo do tema associando as leis de Newton de forma a descrever a posição da partícula em coordenadas cartesianas.

Esta demonstração não é difícil e pode ser realizada em uma aula, desde que os alunos tenham noção básica dos temas citados anteriormente. Caso não tenham essa noção, sugere-se dois momentos de aprofundamento do tema. afim de se obter as seguintes equações para o movimento do pêndulo amortecido:

$$\alpha = -\frac{g}{L} \cdot \sin \theta - \frac{k}{m} \cdot \omega$$

onde  $\alpha$  é a aceleração angular,  $L$  corresponde ao comprimento do fio,  $\theta$  o ângulo de deslocamento,  $k$  a constante de dissipação,  $m$  a massa do corpo presa ao fio e  $\omega$  a velocidade angular. A velocidade angular e aceleração angular se relacionam por:

$$\frac{d\omega}{dt} = \alpha$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega$$

tem-se que a posição  $x$  e  $y$  são descritas por:

$$x = L \cdot \sin \theta$$

$$y = -L \cdot \cos \theta$$

Para que o pêndulo não seja amortecido, a aceleração angular não possuirá o elemento de dissipação, assim ela será escrita da seguinte maneira:

$$\alpha = -\frac{g}{L} \cdot \sin \theta$$



### 5.3.3 Digitalizando a teoria

Nesta aula os estudantes irão aplicar as equações obtidas na aula anterior no *app Physical Modeler*. Para que haja efetividade na compreensão do tema, recomenda-se formar duplas ou trios de estudantes para que eles possam debater e realizar suas próprias simulações. Cada dupla ou trio deve apresentar a simulação em pleno funcionamento e conseguir explicar a função de cada variável inserida no aplicativo.

## 5.4 Sistema amortecido massa mola

Não é difícil localizar em nosso cotidiano, sistemas que utilizem os princípios físicos dos osciladores harmônicos, um dos usos mais comuns é do sistema massa mola. Podemos verificar esse sistema em funcionamento em todos os veículos, sejam eles terrestres ou aéreos. Verifica-se a presença desse fenômeno físico ocorrendo em nosso corpo através da vibração dos tímpanos.

Esta parte da eletiva, tem como proposta demonstrar a importância das oscilações por meio de sistema massa mola amortecidas.

### 5.4.1 Despertando a curiosidade

Nesta aula, o professor pode apresentar um sistema de amortecimento de uma moto. Ele pode ser apresentado por meio de vídeo, imagens ou até mesmo a peça da moto para que os estudantes possam toca-la. Em sequência o professor inicia com questionamentos que nortearão as discussões entre os estudantes. Por exemplo: Por que a mola para de oscilar em dado momento? Quais forças dissipam seu movimento? É possível prever o tempo de oscilação de uma mola?

Da mesma forma que os trabalhos anteriores, os alunos devem formar grupos e levantar seus próprios questionamentos e tentativas de solução.

### 5.4.2 Aprofundando no tema

Semelhante ao assunto anterior, o movimento oscilatório é regido pela força resultante

$$F_r = -kx - bv_x$$

dando origem a aceleração por meio da segunda lei de Newton

$$a = \frac{F_r}{m}$$

a aceleração é dada pela variação da velocidade em função do tempo

$$\frac{dv}{dt} = a.$$

Por fim, a velocidade é obtida pela variação do espaço em função do tempo

$$\frac{dx}{dt} = v$$

Com a definição dessas relações, as equações podem ser inseridas no *app*. De modo que para o movimento ocorrer, será necessário definir a massa ( $m$ ) do corpo em movimento, a constante ( $K$ ) da mola o coeficiente de atrito ( $b$ ) e a posição inicial ( $x_0$ ) da massa.

#### 5.4.3 Digitalizando a teoria

Nesta aula os estudantes irão aplicar as equações obtidas na aula anterior no *app Physical Modeler*. Para que haja efetividade na compreensão do tema, recomenda-se formar duplas ou trios de estudantes para que eles possam debater e realizar suas próprias simulações. Cada dupla ou trio deve apresentar a simulação em pleno funcionamento e conseguir explicar a função de cada variável inserida no aplicativo.

## 6 RECURSOS DIDÁTICOS

- Projetor;
- Computador;
- Internet;
- Folha A4;
- Espiral para encadernação;
- Smartphone;
- Aplicativo *Physical Modeler*;

## 7 PROPOSTA PARA A CULMINÂNCIA

A turma será dividida em oito grupos que irão apresentar separadamente as simulações estudadas no semestre. Assim, por exemplo, um grupo ficará com o movimento de queda livre sem atrito, enquanto outro ficará com a queda livre com atrito.

Ambos os grupos irão expor as modelagens em seus aparelhos de modo que cada banca possua ao menos um aparelho demonstrando a simulação.

A execução da culminância é indicada ocorrer em uma sala de aula para que se possa utilizar um projetor que irá executar repetidamente os vídeos que embasam a simulação apresentada pelos estudantes.

Os grupos podem apresentar para o público, experimentos práticos com o intuito de ter êxito em obter a atenção do ouvinte.

## 8 CRONOGRAMA

DATA	OBJETOS DE CONHECIMENTO
02/08	Acolhimento dos estudantes.
09/08	Feirão das eletivas
16/08	Aula de como utilizar o aplicativo <i>Physical Modeler</i> .
23/08	Despertando a curiosidade: apresentação do tema “queda livre” por meio de um experimento.
30/08	Aprofundando no tema: Estudo sobre as equações que regem o movimento de queda livre.
06/09	Digitalizando a teoria: Aplicação das equações de queda livre no aplicativo <i>Physical Modeler</i> .
13/09	Despertando a curiosidade: apresentação do tema “Plano inclinado” por meio de um experimento assistido.
20/09	Aprofundando no tema: Estudo sobre as equações de movimento sobre as rampas.
27/09	Digitalizando a teoria: Aplicação das equações de movimento sobre o plano inclinado no <i>app Physical Modeler</i> .
04/10	Despertando a curiosidade: apresentação do tema “Pêndulo simples” por meio de um experimento no pátio.
11/10	Aprofundando no tema: Descrição algébrica do movimento de um pêndulo simples amortecido em sala.
18/10	Digitalizando a teoria: Aplicação das equações de movimento do pêndulo simples no <i>app Physical Modeler</i> .
25/10	Despertando a curiosidade: apresentação do tema “Sistema massa mola” por meio de um experimento.
01/11	Aprofundando no tema: estudo das equações que regem o movimento oscilatório do sistema.

DATA	OBJETOS DE CONHECIMENTO
08/11	Digitalizando a teoria: Escrita das equações de movimento do oscilador massa mola no <i>app Physical Modeler</i> .
22/11	Construção de experimentos práticos sobre “queda livre” e “plano inclinado”.
29/11	Construção de experimentos práticos sobre “pêndulo simples” e “oscilador massa mola”.
06/12	Organização da turma em grupos para exposição dos projetos no dia da culminância
13/12	Preparação do material para exposição na culminância da eletiva.
20/12	(Socialização dos projetos) Culminância.

## REFERÊNCIAS

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR-MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Educação é a base – Ensino Médio. [S.l.]. P. 540–545. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site\\_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf). Acesso em: 1 mar. 2022.

KNIGHT, R. D. **Física: Uma abordagem estratégica – Mecânica Newtoniana, Gravitação, Oscilações e Ondas.** Tradução: Trieste Freire Ricce. 2. ed. Porto Alegre: bookman, 2009. v. 1. 488 p. ISBN 978-85-7780-519-8.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: mecânica.** 5. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2013. v. 1. 394 p. ISBN 978-85-212-0745-0.

SILVA, C. F. P. **Caderno de orientações curriculares para o ensino médio da rede estadual do Maranhão.** São Luis, 2022. 184 p. ISBN 978-65-86289-36-7.

SOUZA, I. M. A. de; SOUZA, L. V. A. de. O USO DA TECNOLOGIA COMO FACILITADORA DA APRENDIZAGEM DO ALUNO NA ESCOLA. **Revista Fórum IDENTIDADES**, v. 8, 2010.

SYMON, K. R. **Mecânica.** Rio de Janeiro: EDITORA CAMPUS, 1996. v. 1. 671 p. ISBN 85-7001-369-8.

TAYLOR, J. R. **Mecânica Clássica.** São Paulo: bookman, 2013. ISBN 978-18-9138-922-1.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros.** 6. ed. [S.l.]: LTC, 2009. v. 1. 759 p.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO: MECÂNICA.** 4. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016. v. 1. ISBN 978-85-472-0574-4.

---

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS (UFNT) - POLO 61  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES)