

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Marcos Jacob da Silva**

**ENSINO SOBRE QUEDAS: UTILIZANDO QUADRINHOS COMO FERRAMENTA  
LÚDICA**

Juiz de Fora

2021

**Marcos Jacob da Silva**

**ENSINO SOBRE QUEDAS: UTILIZANDO QUADRINHOS COMO FERRAMENTA  
LÚDICA**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof. Dr. Wilson de Souza Melo

Juiz de Fora  
2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Marcos Jacob da.

Ensino sobre quedas : utilizando quadrinhos como ferramenta lúdica / Marcos Jacob da Silva. -- 2021.  
142 p. : il.

Orientador: Wilson de Souza Melo  
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2021.

1. Ensino de Física. 2. Histórias em quadrinhos. I. Melo, Wilson de Souza, orient. II. Título.

**Marcos Jacob da Silva**

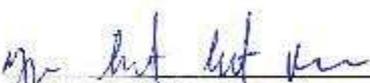
**Ensino sobre quedas:** utilizando quadrinhos como ferramenta lúdica

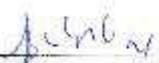
Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica.

Aprovada em 31 de março de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Wilson de Souza Melo - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Alberto Mesquita Pereira  
Unirio

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho a minha família que sempre esteve ao meu lado, me dando todo suporte e motivação que eu precisava. Sem eles eu não teria a possibilidade e nem a motivação em fazer uma graduação, ainda mais procurar o título de mestre.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência.

Aos meus pais, pelo suporte, apoio e motivação constante

Ao meu irmão Marcelo, pelo incentivo em continuar.

Ao meu orientador, Wilson de Souza Melo, pela orientação, competência, profissionalismo, apoio e dedicação para a montagem do trabalho

Aos amigos do mestrado, por estarem compartilhando das minhas dificuldades, tanto na vida profissional quanto acadêmica.

Aos alunos que participaram dessa pesquisa. Meu muito obrigado

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## RESUMO

O presente trabalho visa mostrar a criação, a aplicação e as conclusões de uma sequência didática, abordando como tema principal a queda dos graves, na superfície terrestre. Ao abordar esse tema, a sequência intenciona auxiliar a formação de cidadãos críticos na sociedade, vislumbrando a ciência como uma construção humana e superando possíveis conceitos aristotélicos que os alunos possam carregar consigo. Com essa finalidade, foi utilizada uma série de pequenas histórias em quadrinhos, que foram criadas para a sequência didática. Para o funcionamento de tal sequência, estabeleceu-se como fundamentos teóricos a taxionomia de Blomm (a fim de se criar seus objetivos), a aprendizagem significativa descrita por Ausubel (para entender a forma como uma pessoa consegue aprender), a história e a filosofia da ciência (como ferramenta que possibilita a formação de um cidadão crítico na sociedade). Além disso, foram utilizadas as ferramentas computacionais como o Tracker e o Pixton, que serviram, respectivamente, para fazer simulações e para criar os quadrinhos. O trabalho não pôde ser aprimorado através de uma nova abordagem em sala, mas alcançou os objetivos aos quais almejava.

Palavras-chave: Queda-livre. Quadrinhos como ferramenta lúdica. História da ciência. Ensino de Física.

## ABSTRACT

The present work aims to demonstrate the creation, the application and the conclusions of a didactic sequence, approaching as the main theme the fall of the bass, in the terrestrial surface. In addressing this theme, the sequence intends to assist the formation of critical citizens in society, envisioning science as a human construction and abandoning possible Aristotelian concepts that students can carry with them. For this purpose, small comic books were used, which were created for the didactic sequence. For the operation of such a sequence, Blomm's taxonomy (in order to create its objectives), the meaningful learning described by Ausubel (to understand how a person can learn), history and philosophy of science (as a tool that enables the formation of a critical citizen in society) and the technological tools of Tracker and Pixton were also used, which served, respectively, to make simulations and to create comics. Although this work could not be reused, before the date of writing, it demonstrated an achievement of the goals to which it set out to bring.

Keywords: Freefall. Comics as a playful tool. History of science. Teaching physics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: : Representação dos guerreiros em um Estádio .....	20
Figura 2: Representação dos guerreiros em movimento .....	21
Figura 3: Descrição da velocidade média segundo Oresme .....	30
Figura 4: Francesca.....	53
Figura 5: Simplicio .....	54
Figura 6: Grego.....	54
Figura 7: O professor.....	55
Figura 8: Estevão .....	55
Figura 9: O cientista .....	56
Figura 10: Simulação de queda no Tracker .....	58
Figura 11: Queda livre de uma pena e uma bola no vácuo.....	65
Figura 12: Turma do 1° A na 1ª aula .....	67
Figura 13: Turma do 1°B na 1ªAula.....	68
Figura 14: Gravação da queda de uma bolinha de madeira.....	70
Figura 15: Aula com vídeo sobre a queda livre.....	71
Figura 16: Simulação feita no Tracker .....	72
Figura 17: Última aula no 1°B.....	73
Figura 18: Resposta de aluno.....	97
Figura 19: Resposta de um aluno em relação às aulas .....	97
Figura 20: Crítica de aluno em relação à aula .....	98

## LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1: Gráfico da posição em relação ao tempo em um MRU .....	33
Gráfico 2: velocidade em função do tempo num MRUV .....	35
Gráfico 3: Gráfico de um MRUV no Tracker .....	59
Gráfico 4: Gráfico de um MRUV no Tracker .....	72
Gráfico 5: Por que os graves caem .....	75
Gráfico 6: Massa em relação ao tempo de queda .....	76
Gráfico 7: A massa sempre interfere no tempo de queda.....	77
Gráfico 8: O meio interfere no Tempo de queda.....	78
Gráfico 9: Como o meio influencia na queda.....	78
Gráfico 10: A queda de graves pode ser igual fora da Terra.....	80
Gráfico 11: Peso e tempo de queda .....	81
Gráfico 12: O peso sempre interfere no tempo de queda .....	82
Gráfico 13: Por que os graves não caem juntos.....	83
Gráfico 14: Queda de graves com o mesmo peso .....	84
Gráfico 15: Qual o tipo de movimento .....	86
Gráfico 16: Gráfico dos alunos do 1º ano A .....	87
Gráfico 17: Gráfico dos alunos do 1º ano B.....	87
Gráfico 18: Encontrando o valor da aceleração gravitacional.....	88
Gráfico 19: Sobre o tempo de mudança de paradigma.....	90
Gráfico 20: Ciência dinâmica x Ciência estática .....	92
Gráfico 21: Qual teoria é mais próxima da realidade .....	93
Gráfico 22: Avaliação das aulas .....	94
Gráfico 23: Nota dada pelos alunos.....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distância em relação ao tempo .....	36
Tabela 2: Distância percorrida desde o tempo inicial num plano inclinado.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Curricular Comum
HFC	História e Filosofia da Ciência
EM	Ensino Médio
CNT	Ciências da Natureza
NDC	Natureza da Ciência
PC	Personal Computer
HD	High Definition
SD	Sequência Didática

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $\propto$  Proporcional a
- $>$  Maior que
- $=$  Igual a
- $\times$  Multiplicação

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	ESTUDO DE QUEDAS.....	18
2.1	Mecânica na época da Grécia Antiga .....	19
2.2	Movimento segundo a Teoria Aristotélica (Séc. IV A.C.).....	22
2.2.1	Os quatro elementos .....	22
2.2.2	Perfeição dos céus .....	23
2.2.3	Inexistência do vácuo .....	23
2.2.4	O Movimento dos corpos segundo Aristóteles.....	23
2.2.5	Impossibilidade de movimento da Terra .....	25
2.2.6	Análise da mecânica Aristotélica e suas incoerências.....	25
2.3	Movimento segundo João Filópono (490 - 570).....	26
2.4	Estudo do movimento durante a Idade Média.....	28
2.5	Movimento segundo Galileu Galilei (1564 - 1642).....	31
2.5.1	Movimento Retilíneo Uniforme .....	32
2.5.2	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).....	33
2.5.3	Plano inclinado e queda livre.....	36
2.5.4	Uma abordagem mais ampla do movimento de queda.....	38
3	REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	40
3.1	Uso da História da Ciência na sala de aula .....	40
3.2	Teoria de Ausubel - A Aprendizagem Significativa .....	43
3.2.1	Papel do professor na aprendizagem significativa .....	45
3.3	Uso de Historinhas em Quadrinhos no Ensino .....	46
3.4	Taxionomia de Bloom.....	47
3.4.1	Lembrar .....	48
3.4.2	Compreender .....	48
3.4.3	Aplicar .....	49
3.4.4	Analisar.....	49
3.4.5	Avaliar .....	49
3.4.6	Criar .....	50
3.4.7	A Taxionomia na Sequência didática .....	50
4	FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NA APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	52
4.1	Pixton .....	52
4.2	Sobre a Historinha em Quadrinho.....	53
4.2.1	Personagens da historinha .....	53
4.3	Tracker .....	56

4.3.1 O Tracker na sequência das aulas do produto .....	57
<b>5 PROPOSTA E APLICAÇÃO DO PRODUTO.....</b>	<b>61</b>
<b>5.1 Esboço da sequência didática .....</b>	<b>61</b>
5.1.1 Aula 1 .....	62
5.1.2 Aula 2 .....	62
5.1.3 Aula 3 .....	63
5.1.4 Aula 4 .....	64
5.1.5 Aula 5 .....	65
<b>5.2 Uma breve aplicação da sequência didática.....</b>	<b>66</b>
5.2.1 Aula 1 .....	67
5.2.2 Aula 2 .....	69
5.2.3 Aula 3 .....	70
5.2.4 Aula 4 .....	70
5.2.5 Aula 5 .....	73
<b>6 DISCUSSÕES E RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>6.1 Aula 1.....</b>	<b>74</b>
<b>6.2 Aula 2.....</b>	<b>80</b>
<b>6.3 Aula 3.....</b>	<b>83</b>
<b>6.4 Aula 4.....</b>	<b>85</b>
<b>6.5 Aula 5.....</b>	<b>89</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
Produto Educacional.....	102
Introdução.....	104
Objetivos.....	105
Plano de aula / Aula 1.....	106
Plano de aula / Aula 2.....	112
Plano de aula / Aula 3.....	117
Plano de aula / Aula 4.....	123
Plano de aula / Aula 5.....	126
<b>REFERÊNCIAS DO PRODUTO.....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE A – Materiais utilizados na sequencia didática.....</b>	<b>129</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O principal documento de montagem do currículo escolar no Brasil, ou seja, a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), defende que: a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimento humanos e sociais (BRASIL, 2018). Com isso, pode-se perceber a importância do uso da contextualização histórica nas descobertas científicas e no ensino da física.

A fim de se atender a demanda de fazer uma contextualização social, histórica e cultural, no ensino de ciências, há de se destacar a evolução e o surgimento do uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de física.

Atualmente, pode ser verificado o crescimento dessa temática (HFC), pois ela vem sendo utilizada em muitos trabalhos, artigos publicados e em congressos científicos, com a finalidade de aproveitá-la no ensino de ciências e na alfabetização científica (Martins, 2007).

A aplicação dessa temática pode abrir um leque para diversas potencialidades, dentre as quais podemos destacar a seguinte:

O uso da História da Ciência no ensino e na formação do professor teria o condão de transformar o discurso científico frio, dissertativo, impessoal e estático, num discurso narrativo, sequenciado, passível de inter-relações. [...] A introdução da dimensão histórica no conteúdo científico teria assim, a capacidade de tornar o conteúdo mais interessante por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas do próprio homem, que antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece (Castro R. , 2016, p. 228).

Ao trazer a discussão da história da ciência em sala de aula, há a possibilidade de transformar as aulas de ciências em algo mais palpável, tanto para o aluno quanto para o professor. Isso porque essa abordagem contribui para aproximar as ciências dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade, tornando as aulas de ciência mais reflexivas, permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico (MATTHEWS, 1995).

Apesar de a utilização da HFC ter a possibilidade de trazer um benefício ao ensino, principalmente no desenvolvimento do pensamento crítico, são necessários alguns cuidados para não a utilizar de maneira prejudicial. Por isso, é necessária uma severa reflexão, para não se propagar uma concepção puramente empírico-indutivista do conhecimento científico e não reforçar o entendimento da ciência como produtora de verdades absolutas (ALLCHIN, 2004; BRUSH, 1974; 1979; EL-HANI, 2006; GIL-PEREZ et al., 2001; HOLTON, 2003; LEDERMAN, 2007; MARTINS, 2007; MARTINS, 2006a; MATTHEWS, 1989; 1996; MCCOMAS et al., 1998; MEDEIROS; BEZERRA-FILHO, 2000; PIETROCOLA, 2003).

Ao refletir sobre o assunto, pensamos em como é importante o uso da HFC no ensino de ciências, mas também sobre como essa temática pode ser perigosa se for feita sem critérios estabelecidos. É necessário procurar qual seria a melhor forma de se ensinar ciência através da HFC.

Em relação a HFC, a Dr<sup>a</sup> Anna Maria Pessoa de Carvalho (Frateschi, Silva, & Carvalho, 2011), relata que o uso da HFC, no Ensino de Ciências, pode ser dado de duas maneiras diferentes. A primeira seria através de experiências históricas, tal qual aconteceu na época de tal descoberta; já a segunda, seria através do uso de traduções de textos originais, da época em que o pesquisador fez uma descoberta científica.

Quanto à forma de utilizá-los em sala de aula, segundo Anna Maria Pessoa de Carvalho e Ruth Schmitz de Castro (Castro & Carvalho, 1992), existem diversas maneiras de levar a informação histórica para sala de aula: através de aulas expositivas, sessões de vídeo, trabalhos de pesquisa bibliográfica ou leituras. Nesse trabalho, foram utilizadas as duas maneiras diferentes do uso da HFC em sala de aula, além de trazer a informação histórica através da leitura de textos de uma pequena história em quadrinhos.

O uso de histórias em quadrinhos neste trabalho teve como motivação o fato de os personagens de HQs estarem fazendo muito sucesso no cinema, sendo, até a data da escrita dessa dissertação, o filme de maior arrecadação do cinema no mundo inteiro, Vingadores Ultimato, (COZINHA, 2020). Isso ajuda no interesse dos alunos a quererem ler mais historinhas em quadrinhos (Rama, Vergueiro, Barbosa, Ramos, & Vilela, 2004), mesmo que as utilizadas na aula sejam de temática diferente daquelas que fazem sucesso atualmente no cinema.

Por ter esse viés lúdico, o uso de quadrinhos no Ensino em geral é defendido por diversos pesquisadores, desde de que possa ser trabalhado de acordo com a faixa etária de Ensino (Rama, Vergueiro, Barbosa, Ramos, & Vilela, 2004). Além de poder ser trabalhado com todas as idades, o uso dos quadrinhos pode também abranger diversos temas de ensino, como, o exemplo da queda dos corpos.

A queda dos corpos é um fenômeno natural que todos já tiveram a oportunidade de observar. Ao estudá-la, é possível consolidar alguns conceitos físicos, trabalhados no ramo da mecânica. Um desses conceitos, é a diferença entre velocidade e aceleração, os quais suscitam dúvidas mesmo após serem estudados anteriormente.

Operacionalizar o conceito de queda também é uma habilidade a ser desenvolvida pelos estudantes, defendida pela BNCC, como descrito abaixo:

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2018, p. 557).

Levando em consideração as observações descritas acima, pretende-se com esse trabalho criar uma sequência didática, empregando ferramentas baratas e de fácil utilização, as quais permitam auxiliar os alunos a vislumbrarem a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias que surgiram ao longo da história.

Tal sequência didática tem como finalidade que os discentes desenvolvam um pensamento crítico, estudando a queda dos corpos. Através desse estudo, espera-se que eles abandonem possíveis conceitos defendidos pelo senso comum, sobre a queda dos graves próxima a superfície da terra, e reflitam sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda.

Alguns problemas dificultaram a execução desse projeto, como a falta de experiência do docente na data da aplicação ou os problemas enfrentados na escola em que o produto foi executado. Outra dificuldade foi a falta de uma nova utilização do produto, o qual enriqueceria o trabalho, mas não foi possível, devido à pandemia causada pelo vírus da Covid-19.

Como produto final no meio dessas dificuldades, foi montada uma sequência didática baseada em uma historinha em quadrinhos, de autoria própria, a qual se tornou base desse trabalho que pode ser dividido nos seguintes capítulos.

No capítulo 1, trazemos a introdução, na qual nós levantamos a necessidade de utilização da História da Ciência no ensino de física, e também se descreve o objetivo e um panorama geral do trabalho.

No capítulo 2, são descritos, historicamente, os conceitos do movimento, dando-se mais destaque ao movimento de queda, delineado desde a época pré-aristotélica, passando por nomes como Zenão, Aristóteles, João Filópono, Nicolau Copérnico, até chegar em Galileu Galilei. Trazendo, assim, uma matemática um pouco mais rebuscada do que aquela usada na época de Galileu Galilei.

No capítulo 3, são relatados os referenciais teóricos-educacionais nos quais este trabalho foi montado. Nele, é descrito um pouco sobre aprendizagem significativa, a qual nos dá uma ideia de como o aluno aprende. Um pouco sobre taxionomia de Bloom, que nos faz refletir sobre o que ensinar, e como chegar a um resultado final daquilo que queremos passar aos alunos, trazendo em si um instrumento para traçar os objetivos da sequência. Nesse capítulo, é possível verificar também um pouco sobre como se discute o uso da história da ciência em sala de aula, mostrando algumas problemáticas sobre a utilização dela em si, além de ressaltar a importância de

se aplicá-la em sala de aula. Um outro tema desenvolvido nesse capítulo é justamente o uso das histórias em quadrinhos no Ensino, apresentando uma breve reflexão de como deveriam ser abordadas.

O capítulo 4 traz um relato sobre as atividades computacionais vigentes nesse trabalho. Nele, se tem uma apresentação das ferramentas tecnológicas, como o Tracker, um *software* que nos ajuda em um vídeo análise dos corpos no estudo da mecânica, e o Pixton, ferramenta que ajuda a criar quadrinhos disponíveis em sua plataforma.

No capítulo 5, é apresentada uma proposta para a aplicação do produto base do trabalho, além de descrever, com maior detalhe, sobre todas as dificuldades de quando o produto foi aplicado em si.

No capítulo 6, tem-se uma análise dos resultados encontrados a partir das discussões teóricas apresentadas nas questões norteadoras do produto em si. Ele foi dividido em aula, e em cada aula foram apresentadas algumas perguntas norteadoras; o motivo delas terem sido coladas às respostas dos alunos; algumas estatísticas das respostas descritas, além de uma análise de cada resposta.

O capítulo 7 traz a conclusão de todo o trabalho e algumas considerações finais.

## 2 ESTUDO DE QUEDAS

Sendo algo tão natural para o ser humano, o movimento de queda motivou que as primeiras teorias sobre o fenômeno começassem a surgir há mais de 2000 anos. Embora várias dessas teorias tenham sido abandonadas pela ciência, para muitas pessoas elas ainda são consideradas como verdadeiras (Cohen, 1992).

Um dos motivos para se ter essas concepções seria porque, para muitas pessoas, é inconcebível descrever uma física cuja a Terra esteja em movimento, se em boa parte do cotidiano delas, possa parecer que o Planeta esteja “parado” no Universo (Cohen, 1992).

A concepção de que a Terra esteja parada é consequência de uma forma de descrever o funcionamento do Universo. Essa descrição pode ser percebida em uma parcela da população mundial, principalmente aquelas que não refletiram sobre a mecânica do Universo. Essa concepção é conhecida como a física do senso comum.

Tal física é originária dos conceitos espontâneos e intuitivos que as pessoas têm a respeito das situações do cotidiano, e também foi construída para se entender o mundo. Ela pode “explicar” alguns fenômenos que ocorrem no cotidiano, mas pode ser desacreditada com um pouco mais de estudo a respeito desses fenômenos. Sendo assim, essa concepção é descartada pelas pessoas que estudam e compreendem essa parte da física.

Uma discussão em sala sobre esses assuntos demonstra uma importância ainda maior depois do crescimento da pseudoteoria sobre a Terra ser plana (Silveira F. L., 2019), a qual vem se espalhando facilmente, fazendo com que a população perca credibilidade em relação à ciência, acreditando de maneira mais efusiva na física do senso comum.

Tais pensamentos podem ser identificados através das concepções espontâneas detectadas nos mais diversos testes de percepções sobre mecânica. Alguns desses testes de concepções sobre movimento (Silveira, Moreira, & Axt, 1992) mostram que muitos estudantes, até de cursos em que se estuda conceitos da física, carregam boa parte dos conceitos da física do senso comum (Faccio, Darroz, Rosa, & Krummenauer, 2019).

Na utilização dos testes de concepções espontâneas, feito em um curso de Engenharia no interior do Rio Grande do Sul (Faccio, Darroz, Rosa, & Krummenauer, 2019), pode-se perceber que os estudantes colocam que o conceito de força está diretamente relacionado à velocidade, ou seja, segundo essa concepção, não existe um objeto com velocidade sem a existência de forças. Para eles, a força está intrínseca ao movimento e não à variação do mesmo.

A fim de se contornar essas concepções espontâneas, verifica-se a necessidade de uma melhor definição dos conceitos estudados na cinemática básica, como: posição, intervalo de tempo,

velocidade média, velocidade instantânea e aceleração. Uma das maneiras de se consolidar esses conceitos é através do estudo da queda dos corpos.

A queda dos corpos, por ser um fenômeno natural, se tornou objeto de estudos e especulações. Como é um acontecimento onipresente no dia a dia, provavelmente se torna base para uma formulação de senso comum, uma concepção espontânea que se desenvolve a partir da tomada de consciência do indivíduo e a partir de sua experiência, cada indivíduo elabora seu modelo para o movimento (Cohen, 1992).

Ao longo da história, a física do senso comum já foi modelo oficial, e o estudo da queda dos corpos sempre foi fundamental no estabelecimento desses modelos. Para descrever esse problema, nesse capítulo serão dissertadas algumas teorias sobre o movimento de queda, saindo da era pré-aristotélica até Galileu Galilei.

## 2.1 Mecânica na época da Grécia Antiga

Um dos primeiros nomes a estudar o movimento em geral foi Zenão. Ele era discípulo do grande filósofo Parmênides (515-450 AC), (Huggett, 2004) da cidade de Eleia (na região próxima de Salerno na Itália).

Por ser discípulo de Parmênides, Zenão carregava consigo a ideia de que a existência é atemporal, uniforme, engendrada, necessária e indestrutível, enquanto a mudança é impossível, ou seja, eles defendiam a teoria do imobilismo.

Seguindo Parmênides, Zenão começou a descrever o movimento, tal como as mudanças e as transformações físicas, relatando que elas nada mais eram do que ilusões provocadas pelos nossos sentidos. A fim de defender sua teoria, ele propôs alguns paradoxos sobre movimentos:

Paradoxo da dicotomia – Supomos que o corredor Aquiles começa uma corrida e depois de um certo tempo corre  $\frac{1}{2}$  do trajeto total, então corre mais  $\frac{1}{4}$  do caminho, mais  $\frac{1}{8}$ , e assim sucessivamente. Nesse trajeto, conseqüentemente, sempre aparecerá uma fração a mais. Portanto, Aquiles nunca alcançaria o final da corrida (Salmon, 1998).

Paradoxo de Aquiles – Aquiles aposta uma corrida com uma tartaruga e é 10 vezes mais veloz que ela. A tartaruga parte antes dele, de modo que está a uma distância  $d$  quando Aquiles parte. Ao chegar à distância  $d$ , a tartaruga já teria percorrido uma distância adicional de  $\frac{d}{10}$ , continuando a frente de Aquiles. Após Aquiles percorrer  $\frac{d}{10}$ , a tartaruga terá percorrida mais  $\frac{d}{100}$ , e assim por diante, sendo impossível Aquiles ultrapassar a tartaruga (Nussenzvig, 2002).

Em ambos os paradoxos descritos acima, podemos verificar que Zenão era contrário aos conceitos de divisibilidade e multiplicidade, pois se Aquiles percorrer  $\frac{1}{2}$  do caminho, e

multiplicando essa metade por dois, ele terminaria a corrida. Além disso, pode-se observar que os gregos ainda não tinham o conhecimento de uma soma de Progressão Geométrica infinita. Ao utilizar esse conceito, percebe que essa soma seria igual a 1.

Paradoxo da flecha imóvel – Uma flecha em voo está a qualquer instante em repouso. Ora, se um objeto está em repouso quando ocupa um espaço igual às suas próprias dimensões, e se a flecha em voo sempre ocupa espaço igual às suas próprias dimensões, logo a flecha em voo está em repouso (Salmon, 1998).

Pode se verificar nesse paradoxo a definição de Zenão em relação à diferença entre o conceito de um objeto estar em repouso ou em movimento. Para ele, a descrição de que um objeto em repouso não seria definida pelo fato de ele mudar sua posição em relação ao tempo, mas sim que ele não altere suas dimensões.

Paradoxo do Estádio - Imagine três fileiras de guerreiros em um Estádio, os quais serão representados por letras paralelas, como mostrado na Figura 1 abaixo: (Salmon, 1998).

Figura 1: : Representação dos guerreiros em um Estádio

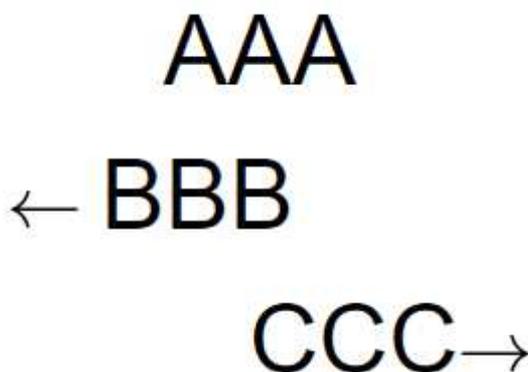


AAA  
BBB  
CCC

Fonte: O Paradoxo de Zenão – Disponível em: Home <ufabc.edu.br>. Acesso em: 8 abr. 2021.

Agora, suponhamos que a fileira formada apenas pelas letras Bs desloca-se com velocidade constante  $v$  para a direita. E a fileira formada por Cs move-se com igual velocidade, mas em sentido contrário. Enquanto isso ocorre, a fileira formada pelas letras As permanece em repouso. Passado algum instante de tempo, seria possível encontrar uma configuração como a representada na Figura 2 abaixo.

Figura 2: Representação dos guerreiros em movimento



Fonte: O Paradoxo de Zenão – Disponível em: Home <ufabc.edu.br>. Acesso em: 8 abr. 2021.

Segundo Zenão, não seria possível os guerreiros voltarem a posição original deles, pois, observando pela fileira A, cada fileira de guerreiros demoraria o mesmo tempo  $t$  para chegar ao ponto inicial, sendo esse tempo dado pela equação 2.1.1:

$$t_1 = v/\Delta S \quad (2.1.1)$$

Observando por B, o deslocamento percorrido por C seria de  $2\Delta S$ , então o tempo percebido por C para voltar à posição inicial seria dado pela equação 2.1.2:

$$t_2 = v/2\Delta S \quad (2.1.2)$$

Por isso, seria impossível, pois para chegarem à mesma configuração, os dois tempos teriam que ser iguais, mas segundo Zenão encontraríamos  $t_1 = 2t_2$ .

Nesse paradoxo, pode se verificar que Zenão era contrário à concepção de que a velocidade poderia ser relativa. Considerando o conceito da velocidade relativa, podemos constatar que, dadas as condições iniciais, a velocidade relativa de C em relação a B seria o dobro da velocidade relativa de C em relação a A. Portanto, ambos chegariam ao mesmo tempo no espaço inicial.

As conclusões de Zenão contrariam o senso comum. Mas o que Zenão estava fazendo era demonstrar que o movimento dos objetos é um fenômeno irreal e contraditório, consistindo sempre em mera ilusão dos sentidos.

## 2.2 Movimento segundo a Teoria Aristotélica (Séc. IV A.C.)

Aristóteles foi um filósofo que viveu na Grécia antiga por volta do século IV A. C., sendo discípulo de Platão e tutor de Alexandre Magno. Teve importantes contribuições no campo da política, economia, filosofia, raciocínio lógico, metafísica e biologia, e foi considerado por Charles Darwin como o fundador da biologia, por começar a classificar os animais (Cohen, 1992).

A física Aristotélica é também conhecida como a física do senso comum, porque intuitivamente a maior parte das pessoas, principalmente aquelas a quais não estudaram os princípios da dinâmica, apresentam concepções sobre mecânica semelhantes aos aristotélicos.

Dentro das concepções aristotélicas (Peduzzi, 1996) sobre o movimento, podemos destacar os descritos abaixo.

### 2.2.1 Os quatro elementos

Ao buscar descrever as leis que regiam a natureza, Aristóteles se baseou na teoria de Empédocles, a qual falava que tudo o que há na natureza era constituído de quatro elementos essenciais (embora o próprio não utilizasse o termo Elemento).

Para Empédocles, tudo na natureza era constituído de raízes, as quais denominou como Zeus, Hera, Nestis e Aidoneu. De acordo com o mesmo, todos os outros elementos da natureza eram uma combinação resultante de todas essas raízes.

Ao se basear nessa teoria, Aristóteles sugeriu que tudo o que é encontrado na natureza é composto de quatro elementos naturais, podendo surgir um quinto, conhecido como éter. São eles (Cohen, 1992):

Fogo: é o elemento mais leve encontrado na natureza;

Ar: é o segundo elemento mais leve encontrado na natureza, sendo mais pesado que o fogo;

Água: é outro elemento intermediário, sendo mais pesado que o ar e mais leve que a terra;

Terra: é o elemento mais pesado encontrado na natureza;

Éter: um elemento puro, inalterável, transparente e sem peso, que contrastava com os encontrados na Terra, que estão sujeitos a mudanças e que, portanto, são corruptíveis.

Todos os objetos encontrados na Terra são compostos por esses elementos, sendo o éter encontrado apenas no céu.

Essa descrição dos quatro elementos pode ser bem vista na descrição da cinemática e da dinâmica aristotélica, pois o mesmo usa essa teoria para citar que os corpos tendem a se mover em

linha reta para poderem ficar no seu lugar natural. Esse lugar natural é descrito de acordo com a natureza desse objeto, ou seja, de qual tipo de elemento ele é formado.

Nesse caso, se um objeto for pesado (composto principalmente pelo elemento terra), seu lugar natural é ir para o centro da Terra. Se ele for muito mais leve, seu elemento predominante será o fogo, então, ele tende a ir no sentido oposto do centro da Terra.

Como exemplo, podemos utilizar a fumaça, sendo leve, sobe em linha reta, a não ser que seja soprada pelo vento, ao passo que uma pedra ou uma maçã cai de forma vertical.

### 2.2.2 Perfeição dos céus

Segundo a teoria Aristotélica, todos os corpos celestiais eram perfeitos e, portanto, eram compostos pelo éter. Além disso, por serem perfeitos, suas órbitas teriam que ser circulares, pois o círculo é o símbolo da perfeição.

Como a Terra é vista em constante mudança, logo ela é imperfeita, então, sendo formada apenas pelos quatro elementos encontrados na natureza.

Com isso, explicava Aristóteles a decadência, o nascimento e a morte das coisas na Terra e a permanência dos objetos celestes.

### 2.2.3 Inexistência do vácuo

De acordo com Aristóteles, não há, em nenhum ponto do universo, o vácuo, isto é, ausência de matéria. As esferas associadas aos movimentos dos astros eram conhecidas à época como esferas materiais, constituídas de éter. Sete destas esferas contêm o Sol, a Lua e os cinco planetas, que são condensações locais do éter que preenche toda a região celeste. As demais fornecem as ligações mecânicas necessárias para a reprodução dos movimentos observados.

A esfera das estrelas é movida uniformemente por um motor divino. Por atrito, o movimento dessa esfera se transmite às outras, o que mantém a Lua, o Sol e os planetas em movimento. [...] O atrito gerado pelo movimento relativo das esferas aquece os corpos celestes, o que explica tanto o seu brilho como o calor que irradiam<sup>1</sup> (Lucie, 1997, p. 45).

### 2.2.4 O Movimento dos corpos segundo Aristóteles

Para Aristóteles, se uma pedra está realizando um movimento de queda, é porque existe uma “força” inerente à pedra, a qual é responsável por levá-la ao seu lugar natural, portanto é responsável pelo seu movimento de queda. “O objeto não se move por si mesmo, mas tem,

---

<sup>1</sup> LUCIE, P. A gênese do método científico. Rio de Janeiro, Edições Campus, 1977. p.45.

intrinsecamente, a fonte do movimento - não a capacidade de mover alguma coisa ou a de causar movimento, mas a de sofrê-lo.”<sup>2</sup>

Apesar de a pedra buscar seu lugar natural, segundo Aristóteles, o movimento de queda sofre a interferência do meio. Sendo que, para ele, a velocidade da queda  $v$  tem relação de proporção direta com o peso  $P$ , e de proporção inversa com uma força de resistência  $R$ , fornecida pelo meio no qual o movimento está sendo realizado, podendo ser descrito matematicamente como:

$$v \propto \frac{P}{R} \quad (2.2.4.1)$$

Só podendo ter movimento se:

$$P > R \quad (2.2.4.2)$$

Ou seja, se a “força” natural do objeto for maior que a força exercida pela resistência do meio.

Como temos que o tempo é inversamente proporcional à velocidade, ou seja:

$$T \propto \frac{1}{v} \propto \frac{R}{P} \quad (2.2.4.3)$$

Chega-se à conclusão que um objeto mais pesado que outro irá cair mais rápido por ser mais pesado, além disso, verifica-se que meios os quais oferecem “viscosidade” maior, tendem a atrasar mais o movimento de queda que outros meios.

Como se tinha a relação de que se um objeto caía, era devido a uma força intrínseca de um corpo o qual era responsável por fazer esse movimento. Na concepção de Aristóteles para movimento, todo tipo de movimento é causado por uma força, ou seja, se um corpo está em movimento, significa dizer que existe uma força que acompanha esse movimento.

Para acompanhar esse movimento, a força poderia ser tanto natural, no caso do movimento de queda, quanto ser causado por uma “força motora”. Vamos pegar o exemplo do lançamento de uma pedra: ao lançá-la para frente, ela continua indo adiante por causa da existência de uma força que a faz continuar a ir para frente.

Para ele, a continuidade do movimento de um projétil depois da perda de contato com o projetor tem a seguinte explicação: quando se movimenta, o projétil passa a ocupar o lugar que antes era preenchido pelo ar que havia à sua frente. Este mesmo ar, por sua vez, flui em torno da pedra para ocupar o espaço vazio deixado pela mesma. Com este movimento o ar

---

<sup>2</sup> LYTHCOTT, J. Aristotelian was given as the answer but what was the question? American Journal of Physics, 53 (5): 428-432, 1985.

impele o objeto para a frente. Este processo, denominado antiperístases, é imperfeito e a força sobre o projétil gradualmente se extingue e ele para (Rezende & Rodrigues, 2018, p. 31).

Pode-se verificar nessa teoria a existência de dois tipos de movimento, o movimento natural, o qual objetos vão para o seu lugar natural em trajetória descrita por uma linha reta, e o movimento violento, que seria qualquer tipo de movimento que não fosse o natural.

### 2.2.5 Impossibilidade de movimento da Terra

Como podemos verificar, na concepção de Aristóteles, não há resquícios da existência da inércia. Portanto, segundo ele, se a Terra estivesse em movimento, ao atirmos uma bala de canhão voltada para cima, ela deveria cair muito atrás, pois o movimento da Terra não afetaria a bala de canhão, o que era incoerente, pois a mesma tendia a cair no ponto de saída.

### 2.2.6 Análise da mecânica Aristotélica e suas incoerências

Apesar de ser um modelo de mecânica “oficial” por cerca de 2.000 anos, o modelo de mecânica segundo Aristóteles possui algumas incoerências, como sua fala dizendo que só poderia haver movimento se a força motriz for maior que a resistência:

$$P > R \quad (2.2.6.1)$$

No caso, se ela for igual, então não poderia existir movimento.

Pensamos em uma pessoa andando de carro, utilizando o pedal do acelerador, nesse caso, a força motriz iria empurrar o carro para frente. Quando esse carro está em movimento, começa a surgir a resistência do ar. Chegará um ponto em que a resistência do ar será igual a força motriz, caso não se altere a força dada pelo motor do carro. Para Aristóteles, nesse instante o carro deveria ficar parado, mas o que se observa é que ele vai andar com velocidade constante.

Pela mesma inequação 2.2.6.1, podemos verificar que a força de resistência também não poderia ser maior que a força motriz. Utilizando o mesmo exemplo do carro, quando atingimos uma velocidade alta e deixamos de acelerar o carro, naturalmente a força de resistência do ar passa a ser maior que a “força” que faz o carro andar, pois se “desligaria” a força motriz. No caso, como consequência, o carro perderia velocidade, fato esse que seria impossível pela teoria aristotélica, pois, segundo ela, o carro deveria parar, já que para Aristóteles a força é proporcional à velocidade.

Podemos citar também quando um objeto é arremessado a uma pessoa e a mesma utiliza-se de uma força para rebatê-lo. No caso, existiria uma força contrária a esse movimento, que

seria a resistência maior que a força motriz, o que segundo a teoria aristotélica seria impossível, pois essa força deveria ser proporcional à velocidade.

Quando Aristóteles cita que o tempo seria inversamente proporcional ao peso de um objeto, ao se falar de movimentos de queda:

$$T \propto \frac{1}{v} \propto \frac{R}{P} \quad (2.2.6.2)$$

Na prática, ao observarmos a queda de dois objetos de massas diferentes, por exemplo, um de 100 kg e outro de 10 kg, eles cairiam com tempos quase iguais. Embora, segundo essa teoria, o objeto de 10 kg demoraria 10 vezes a mais no movimento de queda que o objeto de 100 kg.

Pela definição de Aristóteles, ao falar sobre quedas, pela equação 2.2.6.2, ele cita que a velocidade é inversamente proporcional ao tempo de queda. Realmente, podemos considerar esse fato como verdade se falarmos sobre velocidade média. Mas, para Aristóteles, que se utilizava de alguns conceitos de Zenão, a velocidade não poderia sofrer variação, o que acaba sendo inconsistente. Isso porque, no próprio movimento de queda, um objeto pode percorrer distâncias diferentes em intervalos de tempos iguais.

Essa impossibilidade de verificar uma mudança de velocidade, aliás, uma velocidade instantânea, muitas vezes é concebida por uma parte da população que, segundo os testes de concepções espontâneas (Silveira, Moreira, & Axt, 1992), não conseguem ter bem definido, o conceito de velocidade e de aceleração. Por isso, muitos estudantes carregam consigo que a aceleração e a velocidade são a mesma coisa, e não que a aceleração será o efeito que irá mudar a velocidade de um objeto.

Por esta razão, ainda se vê muita importância em se conhecer a mecânica aristotélica, a fim de detectar se os aprendizes levam consigo esse conceito. Mas, até chegar à definição padrão da cinemática ensinada no Ensino Básico, pode-se verificar alguns outros estudos como veremos nos tópicos a seguir.

### **2.3 Movimento segundo João Filópono (490 - 570)**

João Filópono de Alexandria foi um filósofo neoplatônico cristão bizantino e patrístico grego, que fez parte da Biblioteca de Alexandria. Ficou conhecido por ter rejeitado diversas das teorias físicas defendidas por Aristóteles, uma exceção para os neoplatônicos da época. Teve forte

influência sobre os filósofos e os cientistas muçulmanos de seu tempo, exercendo influência também em nomes como Tomás de Aquino.<sup>3</sup>

Uma discordância de Filópono em relação a Aristóteles era que o meio não só era responsável pela continuidade do movimento, mas também resistiria ao mesmo, enquanto que, para Filópono, o meio exerceria apenas o segundo papel (de resistência ao movimento). Tratava-se da negação da influência do meio (ar) no movimento violento (projéteis), embora Filópono não tenha rejeitado a ideia de que tudo o que é movido deve ser movido por alguma coisa, conforme sentenciava Aristóteles.

Com inúmeras máquinas, pôr uma grande quantidade de ar em movimento atrás destes corpos. Agora é evidente que quanto maior for a quantidade de ar movido e quanto maior for a força com que ele é movido, mais este ar empurraria a flecha ou pedra, e mais longe ele as atiraria. Mas o fato é que, ainda que você coloque a flecha ou pedra sobre uma linha ou ponto completamente destituído de espessura e ponha em movimento todo o ar detrás dos projéteis com toda força possível, o projétil não se moveria a uma distância de um único côvado (ÉVORA, 1993, p. 88).

Para Filópono, o meio serviria apenas como uma forma de retardar o movimento e, contrariamente a Aristóteles, ele admitia a existência de forças mesmo se não existisse um meio que exercesse a mesma.

Nessa época também havia muita discussão no tocante à cinemática da queda livre descrita por Aristóteles, o que motivou Filópono a pesquisar mais sobre o assunto e a realizar experiências sobre o movimento de queda. Foi então que o filósofo chegou à seguinte conclusão:

Se deixar cair, da mesma altura, dois pesos, um dos quais muitas vezes mais pesado do que o outro, não observará que a razão dos tempos requeridos para o movimento depende da razão dos pesos, mas sim que a diferença dos tempos é muito pequena. E assim, se a diferença dos pesos não é considerável, isto é, se um é, digamos, duplo do outro, não haverá diferença, ou melhor, haverá uma diferença imperceptível nos tempos, ainda que a diferença de pesos não seja desprezável, pois um corpo pesa o dobro do outro (Cohen, 1992, p. 6).

Para ele, a tendência é que dois corpos, mesmo de pesos diferentes, tendem a cair com tempos próximos, sendo a diferença do tempo de queda algo quase imperceptível. Prosseguindo esse raciocínio, ele enxergava que o ar não ajudava no movimento natural dos corpos, mas ele iria contra esse movimento, fazendo com que, mesmo a diferença sendo quase imperceptível, ela existia e era causada justamente pelo ar.

---

<sup>3</sup> Dados disponíveis em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Jo%C3%A3o\\_Filopono](https://pt.wikipedia.org/wiki/Jo%C3%A3o_Filopono)>. Acesso em: 20 jan. 2021.

## 2.4 Estudo do movimento durante a Idade Média

Durante muitos anos, o conceito de movimento aristotélico permaneceu como modelo padrão. Apesar de isso nos remeter ao pensamento de que, durante o período conhecido como Idade Média, não houvesse nenhum acréscimo ao estudo de movimento, esse pensamento se apresenta equivocado, pois durante esse período surgiram alguns filósofos importantes para a história. Dentre esses filósofos, podemos destacar os nomes de: Alberto Magno (1193-1280), Robert Grosseteste (1168-1253), Roger Bacon (1214-1294), Tomás de Aquino (1227-1274), Duns Scot (1266-1308), Jean Buridan (1300-1358), Guilherme de Occam (1258-1350) e Nicole d'Oresme (1323-1382), todos esses com nomes muito ligados à Igreja.

A fim de se verificar o conhecimento sobre a mecânica, discutido em uma parte da Idade Média, há de se destacar a filosofia de Guilherme de Occam. Ele era conhecido como o Doutor Invencível, sendo um frade franciscano, teórico da lógica e teólogo inglês.

O Doutor Invencível defendia o princípio da parcimônia (a natureza é por si mesma econômica). Esse é um princípio de concepção que a natureza tende a ter a forma mais simples possível, ou seja, mais econômica possível será a descrição dos fenômenos naturais.

Por essa crença, Occam foi o criador da Navalha de Occam, que defende que há várias explicações igualmente válidas para um fato, então devemos escolher a mais simples. Isso tornou-se parte básica do que viria a ser conhecido como método científico e um dos pilares do reducionismo em ciência. Esse conceito também foi importante para os discípulos de Occam: Jean Buridan e Nicole d'Oresme, além de Isaac Newton, quando ele discute as 4 regras da filosofia natural no *Principia*.

Jean Buridan (1300-1358) foi um filósofo e um padre francês. Pelo fato de ele ter sido um padre secular, ou seja, era um clérigo que não estava afiliado a uma Ordem religiosa, muito do que ele estudou não foi muito adiante na época, fazendo-o um pouco menos conhecido perante os filósofos medievais.

Jean Buridan postulou a noção de força motriz, que ele chamou de ímpeto. Segundo essa teoria, quando alguém coloca algum objeto em movimento, ele implanta nele certo ímpeto, isto é, uma certa força que permite que um corpo se mova na direção em que o movimento o inicia, seja para cima, para baixo, para o lado ou em um círculo.

Quando o objeto está em movimento, o ímpeto tende a aumentar a medida que a velocidade do objeto também aumente, e se surgir alguma coisa que diminua essa velocidade, significa que surgiu algo (seja a gravidade, ou seja a resistência do ar) que se esforça para movê-lo

de maneira contrária a esse movimento, a fim de enfraquecê-lo até que o mesmo volte ao seu lugar natural.

Segundo Jean Buridan:

$$\text{Ímpeto} = \text{Peso} \times \text{velocidade} \quad (2.4.1)$$

Pela equação 2.4.1, podemos ver que Jean Buridan descreve que o Ímpeto tem uma relação apenas com o peso e com a velocidade, além disso, ele descreve que o ímpeto surge na interação do objeto com algo que gera o ímpeto.

O problema encontrado nessa teoria é justamente identificado na queda dos graves. Isso porque, quando dois objetos de pesos diferentes caem, ambos deveriam ter “recebido” da gravidade o mesmo ímpeto, mas por terem pesos diferentes, eles deveriam ter velocidades diferentes, o que na prática não acontecia. Por essa razão, a teoria do ímpeto foi abandonada, voltando a ser discutida alguns séculos depois, com a descrição do momento linear.

Outra importante contribuição que Buridan trouxe foi a ideia da universalidade, ideia essa que entrava em discordância com Aristoteles, pois o mesmo queria descrever os movimentos celestiais de acordo com o movimento terrestre, como disse Pierre Duhem:

Jean Buridan teve a incrível audácia de dizer: Os movimentos dos céus estão submetidos às mesmas leis dos movimentos das coisas cá de baixo, a causa que mantém as revoluções das esferas celestes é a mesma que mantém a rotação do reboleiro do ferreiro; há uma Mecânica única pela qual se regem todas as coisas criadas, a esfera do Sol e o pião que o menino põe em rotação. Jamais houve, talvez, no domínio da ciência física, revolução tão profunda, tão fecunda quanto esta (Duhem, 1958, pp. 328-340).

Nicole d'Oresme (c.1323-1382) foi um teólogo e Bispo de Lisieux, sendo um dos principais propagadores da ciência moderna e tornando-se o último grande intelectual europeu a ter crescido antes do surgimento da peste negra.

Ele demonstrou que as razões propostas pela física Aristotélica contra o movimento do planeta Terra não eram válidas, e invocou o argumento da simplicidade (da navalha de Ockham) a favor da teoria de que é a Terra que se move, e não os corpos celestiais.

Ele também era um defensor de que as qualidades de qualquer coisa encontrada poderiam ser mensuráveis, ou seja, que tudo poderia ser medido, tais como as grandezas físicas: velocidade, massa, aceleração e deslocamento, quanto as grandezas metafísicas, como: empatia, amor etc.

Em seus estudos sobre as medidas das qualidades dos objetos, ou seja, variáveis que podem ser quantificadas, Oresme percebeu que a velocidade de um objeto pode variar e, quando ele



## 2.5 Movimento segundo Galileu Galilei (1564 - 1642)

Galileu Galilei nasceu na cidade de Pisa, na Itália, e foi um dos grandes nomes da história da ciência. Ele era totalmente contra a filosofia aristotélica em relação ao movimento natural dos objetos, e era a favor da descrição heliocêntrica do Universo, tendo como forte influência o nome de Nicolau Copérnico (1473-1543), embora a grande maioria da sociedade da época fosse contra esse pensamento.

Sendo um admirador da obra de Copérnico, Galileu refutava fortemente a mecânica aristotélica, buscando meios de contradizer o que defendia as teses de Aristóteles.

A fim de combater as teses aristotélicas e também de defender as teses copernicanas, Galileu utilizou uma de suas criações, o telescópio (o qual ele desenvolveu, pois já tinha sido criado a luneta por Hans Lippershey, e também por seu notório conhecimento sobre óptica), para poder observar o movimento dos astros celestes.

Ao observar as órbitas das Luas de Júpiter, Galileu verificou que as luas do planeta se locomoviam com o mesmo, o que não encontrava amparo na física Aristotélica. Por isso, Galileu buscava trazer esse tipo de movimento para a Terra, a fim de mostrar a possibilidade de a Terra possivelmente estar em movimento.

Por isso, em seus estudos, o italiano tentou resolver dois problemas distintos: explicar o movimento de graves (corpos sujeitos à ação da gravidade) em uma terra em movimento, mesmo ela parecendo estar imóvel e estabelecer os princípios de movimentos gerais dos graves.

Ao procurar explicar o movimento de queda, Galileu começou a sugerir três tipos de movimento. O primeiro, ele consideraria um móvel cuja a velocidade não mudasse; o segundo, ele consideraria que a velocidade mudasse de uma forma constante; já o terceiro, considerou que a taxa de variação da velocidade também sofresse uma variação, não necessariamente sendo constante essa variação.

Ao sugerir isso, a pergunta seria: Qual melhor se encaixaria no movimento de queda dos graves?

Nas próximas três subseções iremos abordar de forma mais direta alguns resultados, os quais Galileu precisou para resolver os problemas citados, sem ser da forma que Galileu os tratou. Ao final, será possível observar qual foi o resultado ideal para a descrição do movimento de queda dos graves

### 2.5.1 Movimento Retilíneo Uniforme

Para descrever esse movimento, vamos imaginar um objeto se movendo em linha reta, em que a cada marcação de tempo igual, o mesmo objeto estivesse andado o mesmo espaço, ou seja, se em um segundo um objeto andou dois metros, no segundo seguinte, o objeto andaria mais dois metros e assim por diante. Nesse caso, a taxa de variação da posição em relação ao tempo seria sempre constante, sendo essa variação diretamente proporcional, ou seja:

$$\Delta S \propto t \quad (2.5.1.1)$$

A relação direta de proporção da posição em relação ao tempo foi definida como velocidade, inicialmente da forma como nós a conhecemos (Nussenzvig, 2002):

$$\vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt} \quad (2.5.1.2)$$

Como nesse tipo de movimento a taxa de variação da posição permanece constante, podemos prever onde um objeto estará em qualquer intervalo de tempo, nesse caso obtemos:

$$d\vec{S} = \vec{v} dt \quad (2.5.1.3)$$

Integrando dos dois lados, temos:

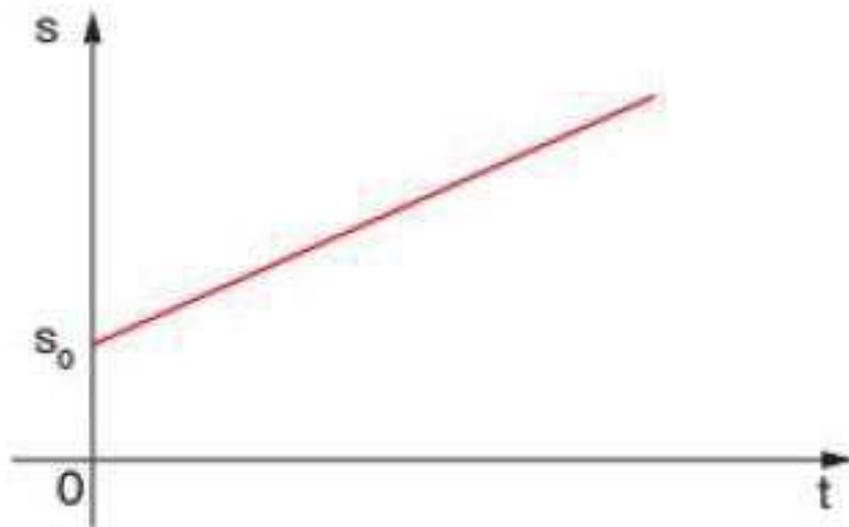
$$\int_{S_0}^S d\vec{S} = \int_0^t \vec{v} dt$$

$$\vec{S} - \vec{S}_0 = \vec{v} t$$

$$\vec{S} = \vec{S}_0 + \vec{v} t \quad (2.5.1.4)$$

Através dessa equação, conseguimos encontrar a posição de qualquer objeto em relação ao tempo de movimento, se a velocidade desse objeto não variar e se soubermos a posição em que ele estava inicialmente. Vale ressaltar ainda que temos uma relação direta da posição com o tempo, muito semelhante a uma função do primeiro grau, a qual pode ser descrita matematicamente, através do Gráfico 1 (Bonjorno, et al., 2016):

Gráfico 1: Gráfico da posição em relação ao tempo em um MRU



Fonte: Bonjorno, 2016, p.48

Outro fato interessante desse tipo de movimento mostra que só é possível de analisar se um lugar fechado se locomove com velocidade constante ou não se locomove, se tivermos como observar algo externo a esse lugar, seja uma referência do lado de fora, ou qualquer barulho que mostre que ele está em movimento.

Segundo o pensamento de Galileu, isso sendo verdade e estando na Terra, ao observar do lado de fora, só saberemos se a Terra está em movimento ou parada se tivermos certeza que um objeto, estando do lado de fora, estiver parado e o enxergarmos com uma mudança de posição.

### 2.5.2 Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

As formas de como descrevemos as relações de movimento na natureza, inicialmente tendem a ser o mais simples possível. A primeira a qual descrevemos é uma relação direta da posição com o tempo, em que a constante da proporção chamou de velocidade, nesse caso a própria velocidade não variava. Agora, vamos começar a pensar o que aconteceria se a velocidade mudasse de forma constante, sendo a velocidade com uma proporção direta com o tempo:

$$v \propto t \quad (2.5.2.1)$$

A relação de proporcionalidade dessas duas grandezas será chamada de aceleração, descrita como:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2.5.2.2)$$

Como nesse tipo de movimento a taxa de variação da velocidade permanece constante e na mesma direção do vetor velocidade, podemos prever onde um objeto estará em qualquer intervalo de tempo, nesse caso obtemos:

$$d\vec{v} = \vec{a}dt \quad (2.5.2.3)$$

Integrando dos dois lados, temos:

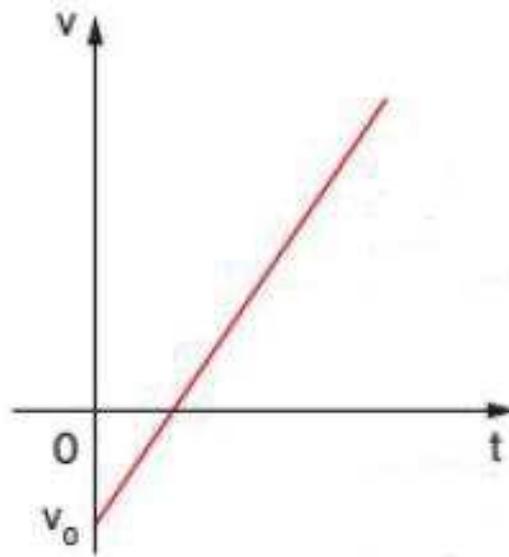
$$\int_{v_0}^v d\vec{v} = \int_0^t \vec{a}dt$$

$$\vec{v} - \vec{v}_0 = \vec{a}t$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (2.5.2.4)$$

Essa expressão também descreve uma função do primeiro grau, da velocidade em relação ao tempo, por esta razão, obtemos o Gráfico 2 (Bonjorno, et al., 2016):

Gráfico 2: velocidade em função do tempo num MRUV



Fonte: Bonjorno, 2016, p.65

Semelhante também ao que foi visto na secção anterior, conseguimos calcular o deslocamento do móvel, através da integral descrita pela função da posição em relação ao tempo:

$$\int_{s_0}^s d\vec{s} = \int_0^t (\vec{v}_0 + \vec{a}t) dt$$

$$\vec{S} - \vec{S}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$\vec{S} = \vec{S}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad (2.5.2.5)$$

Quando consideramos a posição inicial e a velocidade inicial nessa equação igual a zero, conseguimos verificar a relação de proporção quadrática da posição em relação ao tempo, descrita como:

$$\vec{S} = \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad (2.5.2.6)$$

### 2.5.3 Plano inclinado e queda livre

Para escrever sobre o movimento de queda, vamos fazer o seguinte experimento mental: imagine uma bolinha em cima de uma mesa, inicialmente parada, de modo que a superfície da mesa seja paralela ao solo, o que acontece se nada encostar na bolinha? Certamente ela irá ficar parada no mesmo lugar. Outra pergunta, o que acontece com a bolinha se a superfície da mesa começar a se inclinar? A bolinha começará a se mover, e quanto maior a inclinação, mais fácil ela ganhará velocidade, até o ponto em que a mesa estiver formando um ângulo de  $90^\circ$  com o solo, extrapolando o movimento do plano inclinado.

Estudando o plano inclinado, verificamos que a distância percorrida pela bola, em relação ao tempo, segue a seguinte relação destacada pela Tabela 1, a qual foi montada com base em nos experimentos de Galileu:

Tabela 1: Distância em relação ao tempo

<b>INTERVALO DE TEMPO</b>	<b>DISTÂNCIA</b>	<b>INTERVALO DE TEMPO</b>	<b>DISTÂNCIA</b>	<b>INTERVALO DE TEMPO</b>	<b>DISTÂNCIA</b>
0-1	$x$	4-5	$9x$	8-9	$17x$
1-2	$3x$	5-6	$11x$	9-10	$19x$
2-3	$5x$	6-7	$13x$	10-11	$21x$
3-4	$7x$	7-8	$15x$	11-12	$23x$

Fonte: Cohen, 1992

Através dessa tabela, conseguimos enxergar que a distância percorrida em um mesmo intervalo de tempo varia em uma sequência de múltiplos ímpares. Como se pode visualizar na tabela 1, se no intervalo de zero a um segundo, por exemplo, a bolinha andou 2 m, no intervalo de um a dois segundos, a bolinha teria andado 6 m. Outro fato interessante de ser observado é que, se somarmos os tempos, teremos uma sequência de números com raízes exatas.

Na tabela 2 conseguimos enxergar que a relação entre distância e tempo no plano inclinado se dá por:

Tabela 2: Distância percorrida desde o tempo inicial em um plano inclinado

INTERVALO DE TEMPO	DISTÂNCIA	INTERVALO DE TEMPO	DISTÂNCIA
0-1	$x$	0-7	$36x + 13x = 49x$
0-2	$x + 3x = 4x$	0-8	$49x + 15x = 64x$
0-3	$4x + 5x = 9x$	0-9	$64x + 17x = 81x$
0-4	$9x + 7x = 16x$	0-10	$81x + 19x = 100x$
0-5	$16x + 9x = 25x$	0-11	$100x + 21x = 121x$
0-6	$25x + 11x = 36x$	0-12	$121x + 23x = 144x$

Fonte: Cohen, 1992

A relação entre distância e tempo será dada pela expressão:

$$\Delta S \propto t^2 \quad (2.5.3.1)$$

Essa relação apresentada acima é semelhante à apresentada na equação (2.5.2.6), nos mostrando que o plano inclinado é uma aproximação de um Movimento Retilíneo Uniformemente acelerado.

Como em um plano inclinado, estamos falando da variação da posição em relação ao tempo, a qual apresenta a mesma relação vista na equação (2.5.2.5), podemos descrever a posição de um objeto em queda no mesmo, de tal forma:

$$S = \frac{g \sin \theta t^2}{2} \quad (2.5.3.2)$$

Em que  $\theta$  é a inclinação da mesa, e no nosso referencial  $\vec{S}$  possui a mesma direção e sentido que a decomposição do vetor  $\vec{g}$  no plano de inclinação  $\theta$ , representada por  $g \sin \theta$ .

Como o movimento de queda, acaba sendo o máximo do plano inclinado, ou seja,  $\theta = 90^\circ$ . Então, o movimento de queda de um grave acaba sendo descrito como um movimento acelerado, no qual a constante de aceleração seria a própria aceleração da gravidade.

$$\sin 90^\circ = 1 \quad (2.5.3.3)$$

Temos então:

$$S = \frac{gt^2}{2} \quad (2.5.3.4)$$

Com dedução semelhante a essa, Galileu chegou à conclusão que a descrição de queda de um grave é semelhante ao movimento acelerado, em que a aceleração atuaria da mesma forma em todos os graves, independente da massa, podendo ter uma desaceleração causada pelo ar, o qual tem contato direto com o grave.

Através de medidas, é possível encontrar a aceleração de uma queda livre, a qual chamaram de  $g$  e que  $g \approx 9,8m/s^2$ , e conclui-se que todos os graves caem juntos, com a mesma aceleração, se não houver a resistência do ar.

Através desses estudos, é possível verificar que para o movimento de queda dos graves, a forma mais coerente de se descrevê-la é pelo movimento cuja taxa de variação da velocidade se dá de maneira constante, o qual nós denominamos, quando é em linha reta, como Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.

É possível chegar a essa conclusão através da extrapolação do plano inclinado. Vale ressaltar que não é demonstrada a preocupação da causa dessa aceleração, ou melhor dizendo, do surgimento e da definição da grandeza Força, pois seria uma “continuação” dos estudos de Galileu, nos quais se tem como principal referencia Isaac Newton (1642-1727).

#### 2.5.4 Uma abordagem mais ampla do movimento de queda

Embora já se tenha percebido que dentro de um movimento de queda livre a abordagem mais próxima seria a de um movimento cuja a velocidade variava continuamente, a dúvida que poderia aparecer é: todos corpos cairiam da mesma maneira?

Contemporaneamente a Galileu, Simon Stevin estudou um pouco sobre as quedas, mas com outros objetivos. Ele foi um engenheiro, físico e matemático que viveu entre os anos de 1548 e 1620, sendo natural de Bruges, na Bélgica.

Em seus estudos sobre o campo da hidrostática, Stevin queria combater os conceitos aristotélicos sobre quedas. Para isso, ele deixou dois materiais de massas diferentes caírem da mesma altura e observou que o som produzido pela queda era quase simultâneo. Podemos ver isso na fala atribuída a ele:

A experiência contra Aristóteles é a seguinte: tomemos (como o muito sábio Mr. Jan Cornets de Groot, o mais laborioso investigador dos segredos da natureza, e eu próprio fizemos) duas esferas de chumbo, uma das quais dez vezes maior e mais pesada do que a outra: deixamo-las cair simultaneamente de uma altura de 30 pés sobre uma mesa ou qualquer superfície na qual produzam som perceptível. Resultará que a esfera mais leve não demorará no seu percurso dez vezes mais que a mais pesada: ambas cairão juntas sobre a mesa, tão simultaneamente que os dois sons confundir-se-ão como se resultantes de uma e uma mesma colisão (Cohen, 1992, p. 7).

Por essa fala, podemos verificar que, segundo Stevin, ambos cairiam juntos, mesmo tendo massas em uma proporção de dez vezes maior que o outro.

Paralelamente, Galileu também realizava experiências sobre a queda livre. Em um de seus estudos, ele verificou que:

Mas eu [...] que realizei a experiência, posso assegurar que uma bala de canhão de 100 ou 200 libras de peso, ou mesmo mais, não atingirá o solo muito antes da bala de um mosquete, com o peso de meia onça, desde que ambas sejam deixadas cair de uma altura de 200 braças[...] a maior adianta-se à pequena em cerca de duas polegadas, ou seja, quando a maior tinge o solo, a outra encontra-se a duas polegadas de altura (Cohen, 1992, pp. 7,8).

Por essa fala, podemos verificar que Galileu percebeu uma diferença no tempo de queda, a qual não era a mesma da teoria de Aristóteles, mas também não era a mesma da teoria de Stevin.

Em nosso cotidiano, podemos perceber que objetos de massas ou formas diferentes, caem em tempos diferentes, devido ao efeito causado pela resistência do ar, fato que Galileu também trazia em seus trabalhos. Mas se nós desprezarmos essa resistência do ar, teremos objetos de massas diferentes caindo com tempos iguais, quando abandonados da mesma altura.

Após essas conclusões, podemos indagar sobre qual será o melhor meio de levar essa teoria para a sala de aula, a fim de se ter melhores definições sobre as grandezas da cinemática e uma visão mais ampla sobre o movimento de queda.

Para isso, foi preciso um planejamento de aula definido por referenciais de ensino, que é o tema do próximo capítulo.

### 3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

Como delineado no capítulo anterior, o problema da queda dos corpos foi fundamental e serviu de base para a formulação dos primeiros modelos que lidam com o movimento, não obstante, com estudo experimental da queda que os primeiros questionamentos às teorias e aos modelos antigos surgiram. Esses fatos históricos demonstram a importância da abordagem experimental no estudo de conceitos físicos, e também a utilidade de rever momentos históricos do desenvolvimento de tais conceitos, com o intuito de construir atividades didáticas que levem os alunos a passarem por processos cognitivos semelhantes aos que os cientistas antigos passaram.

Dentro desta perspectiva, procura-se, neste trabalho, abordar o estudo da queda dos corpos, lançando mão do uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) na sala de aula, a luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Moreira, 2006) e de elementos lúdicos trazidos pelos personagens de quadrinhos criados. Na construção do projeto, os objetivos foram traçados utilizando-se a taxonomia de Bloom (Anderson, 2001).

#### 3.1 Uso da História da Ciência na sala de aula

O uso de uma abordagem sobre ciência nas disciplinas de ciências nos dias atuais, se faz de fundamental importância para ajudar no desenvolvimento do pensamento crítico. Uma das formas de ensinar sobre ciência é utilizando a História e Filosofia da Ciência (HFC) como ferramenta para ensino e, neste trabalho, pretendemos utilizar isso de forma harmonizada com a construção de um produto com a HFC.

Tal fato é possível, pois no uso da HFC, é justificável enxergar a ciência como empreendimento humano, demonstrando através dela as dificuldades causadas pelo contexto sócio-econômico-cultural que foram vividas pelos cientistas, para conseguir chegar ao resultado de seus estudos. Com isso, é possível demonstrar também que, mesmo que muitos cientistas tenham sido brilhantes em suas determinadas épocas, é possível hoje compreender com menos dificuldade os conhecimentos alcançados por eles.

Ao trabalharmos com HC, estamos propagando uma concepção de como a ciência foi construída. Isso requer uma severa reflexão, para não se propagar uma percepção puramente empírico-indutivista do conhecimento científico e não reforçar o entendimento da ciência como produtora de verdades absolutas (ALLCHIN, 2004; BRUSH, 1974; 1979; EL-HANI, 2006; GIL-

PEREZ et al., 2001; HOLTON, 2003; LEDERMAN, 2007; MARTINS, 2007; MARTINS, 2006a; MATTHEWS, 1989; 1996; MCCOMAS et al., 1998; MEDEIROS; BEZERRA-FILHO, 2000; PIETROCOLA, 2003).

Podemos juntar o uso da história da ciência com a formação de um cidadão crítico, o qual é o nosso objetivo se levarmos em consideração os seguintes aspectos (Forato, Pietrocola, & Martins, 2011):

- Compreender a ciência como uma atividade humana historicamente construída dentro de um contexto cultural relacionado a cada época e a cada povo, e não como uma construção puramente racional, desenvolvida pelo chamado “método científico” único e universal, o qual é formado apenas de observações, experimentos, deduções e induções logicamente fundados;
- Entender que a ciência se desenvolve em um contexto cultural de relações humanas, dilemas profissionais e necessidades econômicas. Isso revela uma ciência parcial e falível, contestável, influenciada também por fatores extra científicos;
- Conhecer sobre as ciências, não apenas os conteúdos científicos, mas também alguns de seus pressupostos e limites de validade, que permitem criticar o dogmatismo geralmente presente no ensino de ciências, além de promover o pensamento reflexivo e crítico;
- Possibilitar certo conhecimento metodológico, como um antídoto para a interpretação empírico-indutivista da ciência permite refletir sobre as relações e as diferenças, entre observação e hipóteses, leis e explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica.

Visto isso, ao introduzir algum conceito sobre queda, dentro da perspectiva do uso da história e filosofia da ciência, é necessário tentar trazer aos discentes todo um o contexto das épocas, por exemplo, dos filósofos como Aristóteles, Filópono, Galileu, entre outros. Trazendo aspectos, mesmo que de forma breve, de como era a sociedade e a cultura na época de cada filósofo, ressaltando, a título de exemplo, os limites tecnológicos para se fazer medidas (na época de Galileu, as medidas de marcação de tempo eram feitas através da pulsação), e como se chegava e acreditava na formação de teorias na época (na época de Aristóteles, o pensamento lógico era tão valorizado que dispensava a experimentação).

Uma possibilidade de se fazer isso seria trazer aos alunos alguma fala atribuída aos filósofos (Frateschi, Silva, & Carvalho, 2011), repetir em parte algumas de suas experiências e, brevemente, explicar sobre como era a cultura da época. Também, debater com os estudantes o que eles compreendem sobre a teoria descrita, verificando assim seus pontos positivos e negativos, a fim de tentarem falsear tais teorias.

Ao se utilizar da HFC, é necessário ressaltar também que toda ciência tem uma natureza, algo intrínseco a ela e, dentro da natureza da ciência (NDC), podemos verificar que toda a espécie de ciência possui alguns aspectos fundamentais na epistemologia da ciência (forma como se concebe o conhecimento científico), tais como (Forato, Pietrocola, & Martins, 2011):

- A natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidades;
- Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente;
- A ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época;
- Teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência;
- O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, na evidência experimental, nos argumentos racionais e no ceticismo.

Dentro de uma construção do conceito de queda, podemos ver diversas teorias que foram aceitas pela “sociedade científica” de suas determinadas épocas. Embora algumas teorias não tenham sido falseadas, não significa que estão totalmente corretas, mas que para explicar o fenômeno de queda são aceitáveis e nos permitem “prever” o que pode acontecer no movimento de queda. Então, ao ser debatido, em sala de aula, sobre quedas em uma perspectiva de HFC, é necessário ressaltar, por exemplo, o tempo que a teoria aristotélica permaneceu sendo a teoria oficial. Mesmo assim, surgiram alguns pensadores que discordavam dessa teoria, e por causa do seu contexto sociocultural a teoria aristotélica continuou como a mais aceita na sociedade.

O caráter da ciência mostrado acima nos permite identificar um pouco sobre a sua natureza e de como ela está ligada à nossa cultura. Por isso, acaba sendo de grande importância o

estudo do desenvolvimento da ciência na formação de um cidadão completo, o qual pertence a cultura que hoje pode ser considerada global, pois a linguagem científica é falada por cidadãos no mundo todo.

Mas, como um estudante de ensino médio pode compreender tais assuntos? A fim de responder essa pergunta, vamos discutir no próximo tópico sobre a teoria da aprendizagem significativa.

### **3.2 Teoria de Ausubel - A Aprendizagem Significativa**

Nesse tópico, vamos tratar de como se dá o processo de aprendizagem de uma pessoa. Tal processo pode ser dividido em três tipos (Moreira, 1999):

- **Aprendizagem cognitiva:** é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende. E esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva;
- **Aprendizagem afetiva:** é aquela que resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada como experiências, tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. Algumas experiências afetivas acompanham sempre as experiências cognitivas, portanto, a aprendizagem afetiva é concomitante com a cognitiva;
- **Aprendizagem psicomotora:** é aquela que envolve respostas musculares adquiridas mediante treino e prática. Mas, alguma aprendizagem cognitiva é geralmente importante na aquisição de habilidades psicomotoras, tais como aprender a tocar piano, jogar golfe ou dançar balé.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é fundamentada na aprendizagem cognitiva. Ela pode ser dividida em três tipos, segundo a sua natureza, sendo subordinada (ideia nova subordina-se a ideias preexistentes, mais gerais e abrangentes), superordenada (ideia nova é mais geral e abrangente) ou combinatória (não existe relação de subordinação e nem de superordenação).

Dentro desses três tipos de aprendizagem cognitiva, vamos ressaltar a subordinada, pois a ideia sobre quedas é algo que muito provavelmente os alunos possuem alguma vivência, pois em determinado momento da vida eles se debateram com alguma queda.

A teoria da aprendizagem significativa subordinada afirma que um novo conceito é assimilado (ancorado) em uma estrutura preexistente, definida por Ausubel como subsunçor (conceito, ideia ou proposição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz). As informações são armazenadas de maneira sistemática e hierárquica, e os conceitos mais específicos estão relacionados com elementos gerais.

A aprendizagem significativa de um novo conceito está dividida em três partes, após o momento da assimilação:

- Esquecimento: é visto como uma continuação do processo interacional (assimilação) que ocorre na aprendizagem significativa, e não como uma substituição abrupta de um traço por outro mais estável. O novo material é dito assimilado por um sistema ideacional já estabelecido, não por ser similar a ele, mas por não ser, suficientemente, discriminável desse sistema;
- Dissociabilidade: propriedade associada ao processo de assimilação que ocorre quando o produto interacional entre ideias (subsunçor + ideia nova) pode conviver um período de tempo variável separado;
- Retenção: é o processo final da iteração entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente.

Ao final desses três processos, dizemos que o novo conceito está assimilado. Quando um conceito é assimilado na estrutura cognitiva do aluno, o subsunçor é ampliado. Para que novos conceitos continuem sendo assimilados, devem ocorrer conflitos cognitivos em que conceitos preexistentes e novos entrem em choque, sofrendo modificações pela interação entre ambos, assim evitando a estagnação.

A fim de que se ocorra uma aprendizagem considerada significativa, na qual uma pessoa possa conseguir superar todos os processos para a aprendizagem, foram destacados alguns requisitos (Moreira, 2006), que são:

O aluno precisa estar disposto a aprender;

Uma estrutura cognitiva adequada que permita a adaptação de conhecimento prévio;

O instrumento de ensino precisa ser potencialmente significativo, tornando dessa maneira o ambiente propício à aprendizagem significativa.

Depreende-se das condições necessárias que, para que ocorra a aprendizagem significativa, os estudantes precisam primeiramente ter interesse no que se pretende passar (pois

este tem impacto direto na sua aprendizagem), uma estrutura cognitiva para aprendizagem e o professor precisa estimular tal interesse.

### 3.2.1 Papel do professor na aprendizagem significativa

Segundo a abordagem de Ausubel, o fator mais importante é o conhecimento prévio do estudante, e cabe ao professor descobrir se existem ou não tais conhecimentos. Caso não existam, a recomendação de Moreira (1999) é ajudar o estudante a construir os subsunçores básicos necessários, ou, então, utilizar organizadores prévios, que possam servir como elo entre o que o aprendiz sabe e o que ele precisa saber. Por essa razão, podemos dizer que o professor desempenha papel importante, pois é o motivador e o verificador dos conhecimentos prévios do estudante, para que possa ensiná-lo de forma adequada.

A eficácia da aprendizagem significativa depende do professor e do estudante. O professor tem funções que são (Moreira 2006):

Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino;

Identificar quais os subsunçores;

Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe, e através disso determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno;

Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

Uma possível utilização para auxiliar nessa teoria de aprendizagem seria tentar trazer elementos, como um texto, uma discussão, ou mesmo uma fala atribuída a um personagem da HFC, para que ajude o docente a identificar o subsunçor, que possivelmente o estudante já tem sobre quedas, com a finalidade de ter um confronto entre o subsunçor e a teoria nova. Ou utilizar das próprias falas de personagens históricos para apresentar uma ideia nova, assim estabelecendo um novo subsunçor.

Nessa utilização descrita acima, o professor pode pedir ao aluno que, em um debate sobre uma teoria de quedas, o estudante anote ou disserte sobre algumas ideias do conceito que o mesmo tenha sobre quedas.

Mas, como destacado no texto mais acima, para haver uma aprendizagem significativa, é necessário que o aluno esteja disposto a aprender. A fim de superar essa dificuldade, sugerimos a utilização de algum fator lúdico, o qual possa atrair, em parte, a disposição do aluno em relação a algum conteúdo. Será abordado em um próximo tópico uma forma de utilizar esse fator lúdico, no ensino de ciências.

### 3.3 Uso de Historinhas em Quadrinhos no Ensino

Durante muitos anos, o uso das histórias em quadrinhos na parte do ensino foi muito questionado e negligenciado. Pois, havia um preconceito muito grande, justamente, por se ter um senso comum, o qual dizia que as histórias em quadrinhos atrapalhavam o amadurecimento da criança e que poderiam causar problemas comportamentais, atrapalhando no relacionamento social e afetivo dos leitores (Rama, Vergueiro, Barbosa, Ramos, & Vilela, 2004).

Apesar disso, as histórias em quadrinhos representam hoje, no mundo inteiro, um meio de comunicação de massa de grande penetração popular (Chicórá & Camargo, 2017). Talvez isso se deva por suas narrativas contarem histórias através de desenhos em diálogos em vários quadrinhos, colocados em sequência na horizontal e utilizando uma linguagem verbal e não verbal ao mesmo tempo. Por essa razão, pode-se pensar na utilização de quadrinhos no ensino.

Segundo Vergueiro, os quadrinhos podem ser utilizados para introduzir um tema, para aprofundar um conceito já apresentado, para gerar uma discussão a respeito de um assunto, para ilustrar uma ideia ou como uma forma lúdica de aprendizagem (Rama, Vergueiro, Barbosa, Ramos, & Vilela, 2004).

Além disso, os quadrinhos auxiliam o ensino, pois: os estudantes querem ler os quadrinhos; as palavras e as imagens, juntos, ensinam de forma mais eficiente; existe um alto nível de informação nos quadrinhos; as possibilidades de comunicação são enriquecidas pela familiaridade com as histórias em quadrinhos; os quadrinhos auxiliam no desenvolvimento do hábito de leitura; os quadrinhos enriquecem o vocabulário dos estudantes; o caráter elíptico da linguagem quadrinista obriga ao leitor a pensar e a imaginar (Chicórá & Camargo, 2017).

Apesar de tantas vantagens, a utilização das histórias em quadrinhos em sala de aula deve tomar alguns cuidados (Rama, Vergueiro, Barbosa, Ramos, & Vilela, 2004).

O primeiro cuidado a ser tomado pelo professor é: não passar a imagem de que a historinha em quadrinhos é transmitida ao aluno como apenas uma forma de relaxamento, sem nenhuma intenção de ensino, como se o professor não quisesse dar aula e fosse utilizar o quadrinho apenas com uma distração.

Outro cuidado a se tomar é não utilizar o quadrinho como a única fonte de comunicação com o aluno. Essa valorização excessiva das histórias faz com que o objetivo educacional delas seja pouco produtiva.

Mais uma questão importante diz respeito à seleção do material a ser utilizado em aula. Nesse sentido, talvez o ponto fundamental dessa seleção esteja ligado à identificação de materiais adequados à idade e ao desenvolvimento intelectual dos alunos com os quais se deseja trabalhar.

Assim sendo, não é indicado utilizar quadrinhos infantis com alunos de ensino médio, que, por exemplo, é o foco desse trabalho. Para essa fase, deve-se levar em consideração que os estudantes se caracterizam pela mudança de personalidade devido à passagem da adolescência para a idade adulta. Então, passam a ser mais críticos e questionadores em relação ao que recebem em aula, não submetendo-se passivamente a qualquer material que lhes é oferecido. Para tais estudantes, o indicado seria reproduzir personagens mais próximos da realidade, com articulações, movimentos e detalhes de roupas que acompanham o que veem ao seu redor.

O último fator a ser levado em consideração para utilização dos quadrinhos no ensino, é a familiaridade que o professor tem com os principais elementos da linguagem, dos recursos de imagem e da própria história que o quadrinho possui.

Ainda segundo Vergueiro, ao dominar adequadamente todos esses elementos, o professor estará apto a incorporar os quadrinhos de forma positiva em seu processo didático. Conseguindo, na sua utilização, dinamizar suas aulas, ampliar a motivação de seus alunos e melhorar os resultados no processo de ensino e aprendizagem.

Por essa razão, no produto descrito dessa dissertação, resolvemos criar uma história em quadrinho própria, a fim de que esse domínio já seja inato ao professor que o criou.

Ao criar essa historinha, foi pensado muito na linguagem e na forma com que os personagens seriam criados, de modo que, ao atender alunos do ensino médio, que em sua maioria se encontram na fase de adolescência, os mesmos pudessem se sentir identificados com personagens da história em quadrinhos. Para que isso acontecesse, foi necessário, cada vez mais, uma interação entre professor e aluno, além de uma indagação constante com adolescentes na mesma faixa etária e no mesmo grupo sociocultural. Tais como, se a historinha se encaixava com a linguagem que eles falavam, sem que estivesse fora das normas padrões da língua portuguesa, ou seja, evitando ao máximo o uso de gírias.

Após vermos uma maneira de atrair a atenção do aluno à matéria que queremos ensinar, cabe a pergunta sobre como poderíamos criar uma história que abordasse o tema “queda” dentro de sala de aula, de modo a complementar as aulas do professor. A fim de responder essa pergunta, vamos descrever um referencial de ensino, o qual nos ajudará a refletir os objetivos de ensinar sobre o conteúdo.

### **3.4 Taxionomia de Bloom**

A Taxionomia de Bloom foi um documento criado para ser utilizado na criação de currículos escolares, pois visa uma classificação dos objetivos a serem alcançados na educação. Tal

definição de objetivos se faz de fundamental importância, porque o ato de ensinar é intencional (ensinamos com algum propósito) e fundamentado (é considerado valioso aquilo que o professor ensina). Por isso, a classificação nos ajuda a refletir sobre as seguintes perguntas:

- O que ensinar?
- Por que ensinar?
- Pra que ensinar?
- Como ensinar?

A classificação de objetivos ajuda o professor a enxergar aquilo que ele deve ensinar. O que antes poderia parecer de forma tão vaga, passa a se transformar em algo bastante coerente e certo, ajudando tanto na montagem das aulas quanto nas avaliações projetadas pelo professor.

A taxionomia de Bloom trata da classificação de objetivos de acordo com o potencial de aprendizagem, sendo dividida em formas como cognitiva, afetiva e psicomotora. Vamos tratar a classificação quanto ao desenvolvimento cognitivo do aprendiz, que pode ser segmentada em subcategorias definidas pela dimensão de conhecimento, a qual queremos que os alunos aprendam.

Podemos identificar as classificações cognitivas de acordo com o verbo utilizado para descrever o objetivo a ser definido. Quanto a essa dimensão escrevemos a classificação assim (Anderson, 2001):

#### 3.4.1 Lembrar

Vamos definir lembrar como a busca do conhecimento relevante da memória de longa duração. Podendo ser dividido nas seguintes subclasses:

- Reconhecer: nessa subcategoria, deseja-se que se localize conhecimento na memória de longa duração, que seja coerente com material apresentado;
- Relembrar: nessa subcategoria, espera-se que se busque conhecimento relevante da memória de longa duração.

#### 3.4.2 Compreender

Define-se compreender como construir significado de mensagens instrucionais, inclusive a comunicação oral, escrita e gráfica. Podemos dividi-lo nas seguintes subclasses:

- Interpretar: mudar de uma forma de representação (ex.: numérica) para outra, (ex.: verbal);

- Exemplificar: achar um exemplo específico, ou uma ilustração de um conceito ou princípio;
- Classificar: determinar que alguma coisa pertence a uma categoria;
- Sumarizar: abstrair um tema geral ou ponto principal (ou pontos principais);
- Inferir: extrair uma conclusão lógica da informação apresentada;
- Comparar: detectar correspondências entre duas ideias, objetos afins;
- Explicar: construir um modelo de um sistema de causa e efeito.

### 3.4.3 Aplicar

Nessa categoria, espera-se que o aluno execute ou use um procedimento em uma situação dada, dividimo-la nas seguintes subcategorias:

- Executar: aplicar um procedimento a uma tarefa que lhe é familiar;
- Implementar: aplicar um procedimento a uma tarefa que não lhe é familiar.

### 3.4.4 Analisar

Aqui, deseja-se que o aprendiz divida uma informação em suas partes constituintes, e determine como as partes se relacionam uma com as outras e com a estrutura completa ou finalidade. Dividimo-la nas seguintes subcategorias:

- Diferenciar: distinguir partes relevantes de partes irrelevantes, ou partes importantes de partes não importantes do material apresentado;
- Organizar: determinar como os elementos encaixam ou funcionam dentro de uma estrutura;
- Atribuir: indicar ponto de vista, bias, valores ou intenções subjacentes ao material apresentado.

### 3.4.5 Avaliar

Nessa categoria, espera-se que o discente faça julgamentos baseados em critérios e padrões. Podemos dividi-la nas subcategorias abaixo:

- Verificar: detectar incoerências ou falhas dentro de um processo produto, ou determinar se um processo ou produto tem coerência interna, ou designar a eficácia de um procedimento à medida que é implementado;

- Criticar: detectar incoerências entre um produto e os critérios externos, determinar se um produto tem coerência externa e verificar se um procedimento para um dado problema é apropriado.

#### 3.4.6 Criar

Nesse conjunto, tem-se a expectativa de que o aprendiz coloque elementos juntos para formar um todo coerente e funcional, ou reorganize elementos em um novo padrão ou em uma nova estrutura. Podemos dividi-lo nas seguintes subcategorias:

- Gerar: aparecer com hipóteses alternativas baseadas em critérios;

- Planejar: inventar um procedimento para realizar a tarefa;

- Produzir: inventar um produto.

#### 3.4.7 A Taxionomia na Sequência didática

Vale destacar, que não adianta requerer que um estudante atinja um objetivo na classificação muito elevada, como criar em cima de um conceito, se o mesmo não tiver compreendido as bases teóricas que ele precisa para poder criar. Além disso, ao se trabalhar com a taxionomia, é normal que a classificação do objetivo principal, seja mais baixa do que alguns objetivos secundários.

Após essa breve apresentação da taxionomia de Bloom, podemos pensar em quais seriam os objetivos ao se ensinar sobre quedas para alunos do 1º ano do ensino médio. Assim, pensando no que o aluno possivelmente já tem como subsunçor e naquilo que se planeja que ele realmente aprenda.

Dentre esses objetivos, podemos pensar em uma abordagem plena a respeito do ensino de quedas, abordando os conteúdos de HFC e destacando uma abordagem da taxionomia de Bloom. A fim de especificar a classificação de acordo com a taxionomia de Bloom, vamos organizar os objetivos de acordo com um número correspondente à classificação, o qual é possível verificar pela legenda abaixo:

1 - Lembrar

- 2 - Compreender
- 3 - Aplicar
- 4 - Analisar
- 5 - Avaliar
- 6 - Criar

Tais objetivos pretendidos a ser trabalhados, podem ser observados abaixo, sendo descritos de acordo com a classificação acima:

- 2 Compreender o pensamento de quedas segundo Aristóteles;
- 4 Analisar a teoria sobre quedas de acordo com o pensamento Aristotélico;
- 5 Verificar incoerências sobre as teorias Aristotélicas;
- 2 Compreender como funciona a teoria de todos os objetos que sempre caem ao mesmo tempo;
- 4 Analisar a teoria de que, independente de sua massa, todos os objetos caem ao mesmo tempo;
- 5 Verificar incoerências sobre essa teoria;
- 2 Explicar que a interação do objeto com o ar, no momento de queda, causa uma desaceleração no movimento;
- 1 Lembrar da relação de proporção de duas grandezas, quando uma está ao quadrado;
- 4 Analisar a teoria de Galileu sobre quedas;
- 2 Comparar movimentos de queda de objetos que possuam diferentes massas, mas sem a resistência do ar;
- 3 Usar o conhecimento sobre quedas sem resistência do ar, para calcular o tempo de queda de um objeto em queda livre na superfície da Terra.

Tendo em vista que os objetivos foram criados através da Taxionomia de Bloom, basta agora criar uma história em quadrinhos que auxilie na conclusão desses objetivos, de modo que a mesma, sendo trabalhada juntamente com outras ferramentas (como a aula expositiva, além de vídeos e simulações), possa se tornar um instrumento de ensino potencialmente significativo.

Após a apresentação sobre algumas teorias relacionadas a este trabalho, é esperado que o leitor comece a ter um indício de visão da criação desta sequência didática. Embora já se tenha uma resposta sobre de que se trata, e de qual foi a base teórica para a formação dessa sequência didática, ainda podem existir algumas perguntas de como o material para a sequência, na qual esse trabalho procura defender, foi criado. Tais perguntas são esclarecidas no próximo capítulo.

## 4 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NA APLICAÇÃO DO PRODUTO

Tendo visto no último capítulo a base teórica de como o produto foi montado, ainda se faz necessário verificar como poderíamos trazer ou criar uma historinha em quadrinhos, a fim de levar aos alunos uma descrição sobre o conteúdo de quedas. Além disso, queremos mostrar uma maneira de analisar, juntamente com os alunos, o movimento de queda livre ou, no máximo, algo aproximado a esse movimento.

Por essas razões, o presente capítulo tem como objetivo apresentar as ferramentas computacionais que foram utilizadas para a montagem e a aplicação do produto, além de mostrar a formação do próprio produto em si.

Dentro desse trabalho, foram utilizadas duas ferramentas, a primeira é o Pixton, ferramenta que nos fornece a possibilidade de montar histórias em quadrinhos; e a segunda é o Tracker, recurso o qual podemos analisar vídeos para o estudo da mecânica.

### 4.1 Pixton

O Pixton<sup>4</sup> é um site que permite criar histórias em quadrinhos on-line sem instalar nada no computador. A plataforma permite escolher cenários e adicionar balões de conversa para compor uma história de forma fácil. As cenas podem ser criadas nos formatos Quadrinho, HQ com Legendas e Graphic Novel, que definem tamanhos diferentes para os quadros (Costa, 2019).

O site oferece um plano de assinatura para usar opções exclusivas e baixar as imagens em alta resolução para o computador. Então, para utilizá-lo é necessário criar uma conta na plataforma, a qual inicialmente é grátis, mas depois, se o cliente quiser, pode ou continuar criando de forma grátis, mas não sendo possível publicar a história, ou assinar um pacote para poder publicar a história em alta resolução. Nesse caso, é possível haver cobranças para utilizar as historinhas criadas em alta resolução.

Depois de se ter cadastrado, para criar uma historinha em quadrinhos é simples, pois o site nos dá a opção de criação para iniciantes. Nessa opção, é possível escolher o lugar onde será feita a história e também é possível utilizar vários personagens já fornecidos pela própria ferramenta.

---

<sup>4</sup> O Pixton é um site no qual podemos criar historinhas em quadrinho de forma grátis, mas se quisermos publicar ou imprimir em HD, teremos que pagar uma pequena taxa. Para utilizar essa ferramenta, acesse ao site: <https://www.pixton.com/>

## 4.2 Sobre a Historinha em Quadrinho

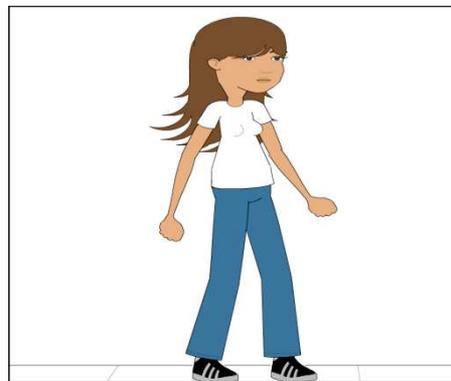
Utilizando-se dessa ferramenta, começamos a criar a historinha em quadrinho que tem como enredo um acidente sofrido por um personagem. Ao andar pela rua, uma pedra cai sobre a cabeça desse personagem. Indagando sobre o assunto, alguns estudantes querem descobrir o porquê de os objetos caírem e se há relação com a velocidade da queda. Para conseguir achar uma resposta mais satisfatória sobre o assunto, eles indagam o professor, o qual não dá a resposta de forma tão clara, mas apresenta pensamentos sobre o assunto, tentando fazer com que os alunos pensem.

Há a tentativa de repassar para os alunos essa interação da historinha, sugerindo experimentos e algumas respostas para eles. O interessante também é que os personagens da historinha são baseados em personagens descritos na própria história da ciência.

### 4.2.1 Personagens da historinha

Francesca, representada na Figura 4, essa personagem é baseada em Francesco Sagredo, o qual no livro diálogo entre os dois principais sistemas de mundo, de Galileu Galilei, argumenta a favor de Copérnico sobre as ideias heliocêntricas e tem visões claramente ligadas às ideias de Galileu.

Figura 4: Francesca

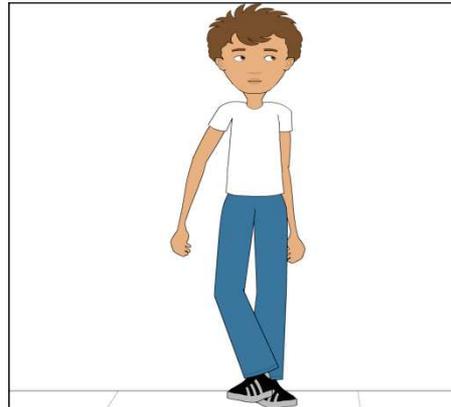


Fonte: Pixton, 2020

Na historinha, Francesca é uma aluna de 14 anos, que namora o personagem Simplício. Ela é amiga do Gabriel, personagem que sofreu o acidente. Francesca é uma menina muito estudiosa e também tem muita curiosidade sobre o mundo em sua volta.

Simplício é o personagem, mostrado na Figura 5, é baseado no também personagem do livro diálogo entre os dois principais sistemas de mundo, mas esse argumenta a favor do pensamento aristotélico.

Figura 5: Simplício



Fonte: Pixton, 2020

Na historinha, Simplício é um aluno de 14 anos que namora Francesca. Ele é um pouco ciumento e fica muito nervoso quando é contrariado.

O grego é um personagem que representa um filósofo, como visto na Figura 6, o qual defende as ideias aristotélicas.

Figura 6: Grego



Fonte: Pixton, 2020

Ele aparece na historinha justamente para demonstrar o pensamento aristotélico sobre quedas, mostrando uma grande forma de raciocínio para chegar ao seu pensamento.

O professor, Figura 7, é um personagem que, assim como Salviati no livro de Galileu, apresenta um pensamento mais neutro. Na historinha, ele tem a função de realizar questionamentos e fazer esse diálogo direto com o leitor.

Figura 7: O professor



Fonte: Pixton, 2020

Ele possui conhecimento científico, mas ao invés de geralmente passá-lo diretamente, ele prefere fazer com que o aluno ouça diversas teorias e procure qual pode satisfazer mais como solução da situação problema.

Estevão, Figura 8, é um personagem baseado em Simon Stevin, engenheiro, físico e matemático que viveu no século XVI.

Figura 8: Estevão



Fonte: Pixton, 2020

Ele é um aluno de 16 anos, mais velho que Simplício e Francesca, o qual já está quase se formando.

O cientista, Figura 9, é um personagem que representa um cientista que defende Simon Stevin.

Figura 9: O cientista



Fonte: Pixton, 2020

Ele aparece na historinha justamente para demonstrar o pensamento de Simon Stevin sobre quedas, sugerindo até uma experiência para demonstrar que está correto sobre o assunto.

### 4.3 Tracker

O Tracker<sup>5</sup> (BROWN, HANSON, & CHRISTIAN, 2020) é um *software* gratuito, de código aberto, o qual se tornou uma ferramenta para o ensino de Física, baseada em modelagem pelo uso do computador.

O *software* permite realizar a análise de vídeos, ou videoanálise, quadro a quadro, com a vantagem de não necessitar de muitos componentes eletrônicos, além de poder fornecer uma quantidade maior de dados. Pode rastrear objetos, fornecendo a posição, a velocidade e a aceleração, sobrepondo gráficos e filtros de efeitos especiais, pontos de calibração, quadros de referência, perfis de linha para análise dos padrões de espectros e interferência, e modelos de partículas dinâmicas. O *software* é baseado na plataforma Java, isso permite que ele possa ser utilizado em praticamente qualquer sistema operacional.

A vantagem de utilizá-lo se dá porque o *software* pode cumprir várias funções no processo de ensino aprendizagem, permitindo que os alunos acompanhem a evolução de grandezas físicas em tempo real. Ainda, existe a possibilidade de não estarem limitados a roteiros rigorosamente limitados e estruturados, admitindo a coleta de dados e a construção de gráficos a partir de elementos observados (bezerra jr., Lenz, Florczak, Saavedra Filho, & Garcia, 2012).

---

<sup>5</sup> O programa pode ser baixado gratuitamente da internet através do link disponível em: <https://physlets.org/tracker/>.

#### 4.3.1 O Tracker na sequência das aulas do produto

Justamente por causa da facilidade com que o Tracker fornece uma ferramenta de videoanálise, foi pensado em utilizá-lo para o estudo de queda livre dos corpos. A principal vantagem de se utilizar o *software*, é que ele nos permite, através de videoanálise criar um gráfico da posição em que o móvel se encontra em relação ao tempo.

Isso é possível, pois a própria ferramenta consegue distinguir ponto a ponto onde um determinável móvel está, e através de um referencial de distância, o Tracker consegue medir cada posição em que o móvel esteve se superadas as barreiras trazidas devido ao efeito de paralaxe. A fim de se superar essa barreira, é necessário que o movimento do móvel estudado se dê no mesmo plano em que essa medida distância foi feita, e que ambos tenham inclinação igual a zero em relação à câmera de filmagem.

Além dessas possibilidades, a ferramenta nos permite fazer simulações de movimentos estudados no conteúdo da mecânica. Facilita ainda mais, pois a mesma já possui em seu programa alguns vídeos de análise de movimento de objetos distintos, sejam eles em colisões, em movimento pendular, em queda livre, em movimento retilíneo uniforme ou em movimento retilíneo uniformemente variado.

Dentro da aplicação da sequência didática, a ferramenta Tracker foi utilizada para estudar o movimento de queda de uma bola de madeira. Foi pedido a uma aluna para soltar uma bola de madeira no meio da sala de aula, para poder filmar a queda dela. Antes de filmar, foi medida com uma régua a altura do pé da cadeira, para se ter uma referência. Podemos ver isso na imagem abaixo.

Note, pela Figura 10, que foi traçado um referencial de ponto zero na parte em que a bolinha está na mão da menina, além disso, foi traçado cada ponto em que a bolinha passou até cair ao chão. Na parte inferior da figura, é possível verificar uma barra temporal em que foi selecionado o tempo que a bolinha permaneceu no movimento de queda. Na parte superior direita da figura, pode-se verificar um mini gráfico da posição em que a bolinha está em relação ao tempo. Já na parte inferior à direita, identifica-se uma tabela descrita pela posição da bolinha tanto no referencial  $x$  quanto no referencial  $y$ , onde o zero é justamente na mão da menina lá no alto, em relação ao tempo de queda.

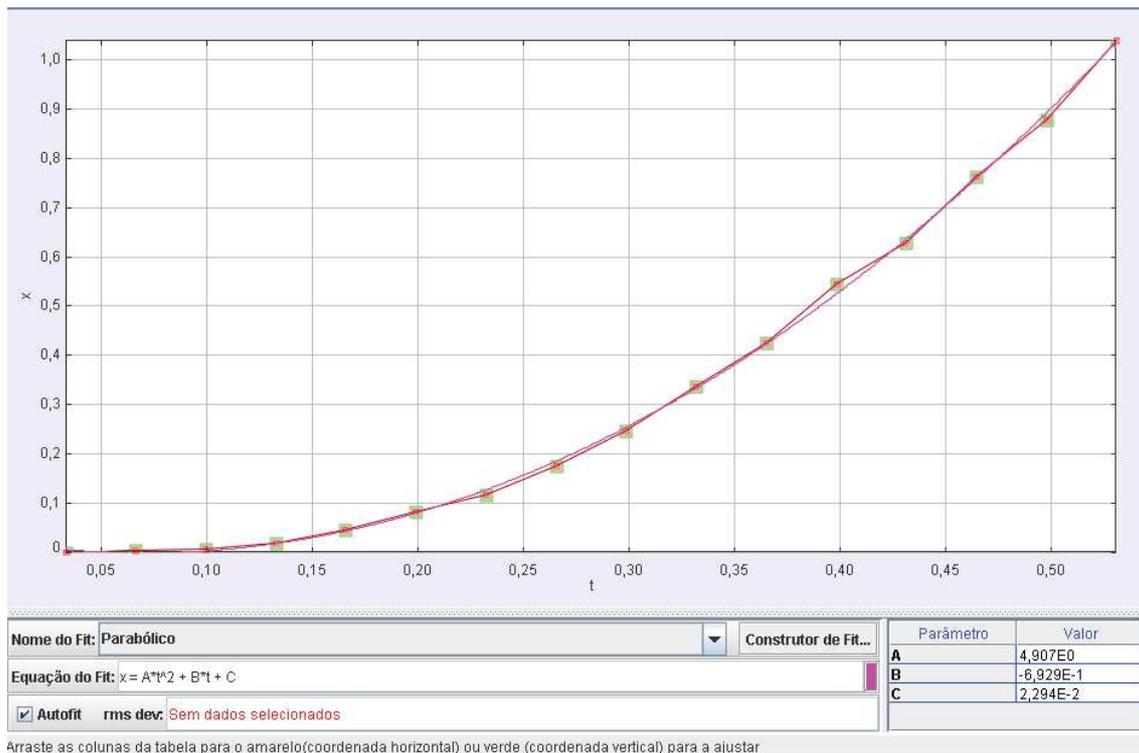
Figura 10: Simulação de queda no Tracker



Fonte: Acervo pessoal.

Após a medida feita na Figura 10, conseguimos fazer uma análise de ponto a ponto do movimento. Com tal análise, é possível construir um gráfico e compará-lo com movimentos previamente estudados em sala. Isso pode ser visto no Gráfico 3.

Gráfico 3: Gráfico de um MRUV no Tracker



Fonte: Acervo pessoal.

Pela imagem mostrada no Gráfico 3, podemos destacar cada ponto em que a posição da bolinha esteve em relação ao eixo  $y$  em determinado tempo de queda. A ferramenta Tracker nos permite plotar um gráfico de qualquer tipo de função polinomial. Mas, a fim de se aproximar do que foi descrito no segundo capítulo, utilizamos uma função do segundo grau, a qual se ajusta diretamente com cada ponto em que o objeto esteve em relação ao tempo.

Na parte inferior direita do Gráfico 3, é possível notar algumas constantes, do lado dela foram anotados alguns valores, esses valores têm relação direta com os descritos no segundo capítulo desta dissertação, descrevendo a Função 4.3.1.1:

$$x = 2,29 \times 10^{-2} - 6,93 \times 10^{-1}t + 4,91t^2 \quad (4.3.1.1)$$

Através da função acima, é possível encontrar que a posição de origem seria de  $2,29 \times 10^{-2}m$ , um valor muito próximo de zero, a velocidade inicial do movimento seria de  $-6,93 \times 10^{-1}m/s$ , também próximo de zero. Além disso, encontramos um valor próximo à metade do valor descrito pela gravidade local, sendo  $2 \times 4,91$ , que seria aproximadamente  $9,8 m/s^2$ .

Com isso, através do uso do Tracker, conseguimos mostrar aos alunos alguns movimentos de queda próximos à superfície terrestre, principalmente de graves mais densos, que

são próximos ao movimento de queda livre, e conseguimos calcular um valor aproximado ao da gravidade local.

Para uma melhor descrição do modo como chegamos a essa conclusão com os alunos, recomendo a leitura do próximo capítulo, no qual nós trabalharemos de forma mais abrangente como seria a proposta e a utilização da sequência didática descrita por esse trabalho

## **5 PROPOSTA E APLICAÇÃO DO PRODUTO**

Depois de apresentar a teoria física, no capítulo 2, a parte teórica da forma a qual se pretendia aplicar no trabalho, no capítulo 3, e a partir sobre as ferramentas computacionais utilizadas para a formação do produto, no capítulo 4, já é possível identificar toda a base que fundamentou a sequência didática.

Dito isso, ainda falta apresentar, mediante este trabalho, o esboço dessa sequência didática, ou seja, descrevê-la de uma forma em que já se mostre aplicando todos aqueles conceitos vistos anteriormente, dentro de uma sequência didática prática.

Para isso, esse capítulo tem como objetivo descrever como seria a sequência didática, demonstrando uma proposta da aplicação do produto relatado nessa dissertação, além de juntamente trazer como foi a sua execução, embora não seja mostrado os resultados e as discussões obtidos em tal aplicação. Vale ressaltar que, embora aqui se tenha um esboço, toda a sequência didática estará descrita no Apêndice 1.

### **5.1 Esboço da sequência didática**

Como visto no capítulo 3 dessa dissertação, para que haja uma aprendizagem significativa, é preciso que os alunos já tenham um subsunçor, a fim de que se possa favorecer uma ancoragem de novos conceitos. Por essa razão, antes que se comece a utilizar a sequência didática proposta, é necessário que o aluno já tenha algum conceito preestabelecido sobre as seguintes preposições:

- Velocidade;
- Tempo;
- Posição;
- Aceleração;

Com esses conceitos estabelecidos, se pode trabalhar com uma sequência didática sobre quedas, a qual poderá consolidar ainda mais esses princípios na concepção de cada estudante. Afinal, a consolidação desses conceitos foi um dos aspectos motivadores para o desenvolvimento desse trabalho, já que o movimento de queda livre, próxima à superfície terrestre, é uma aplicação direta de um movimento em que a velocidade varia constantemente.

A fim de se consolidar esses conceitos e estudar sobre o exemplo de quedas, foi estabelecida uma sequência didática, com cinco aulas, criada com base nas ferramentas já descritas nessa dissertação. Para apresentar essa sequência didática, de maneira mais compreensível, ela será dividida em cinco partes, e em cada parte será apresentada uma aula.

### 5.1.1 Aula 1

Na primeira aula, a sala será dividida em grupos de três alunos, logo após, será passada uma historinha em quadrinhos, criada no Pixton, que pode ser encontrada no Apêndice 1.

Nessa historinha, uma pessoa se acidenta com um objeto caindo em sua cabeça. A partir daí, alunos no meio da historinha começam a ter curiosidades sobre o que pode influenciar essa queda, para isso eles começam a pesquisar sobre o assunto e chegam à seguinte experiência mental:

Imagine dois objetos de mesma massa, sendo abandonados em diferentes meios, um sobre o ar e outro sobre o óleo. Qual deles cairá primeiro? Imagine também, objetos de massas diferentes, sendo abandonados na mesma altura e no mesmo meio. Qual deles cairá primeiro?

O objetivo não é fazer o experimento, mas descrever a ideia Aristotélica de que o tempo de queda é inversamente proporcional à massa do objeto. Descrito isso na historinha, é indagado aos alunos sobre o que eles pensam a respeito disso e é pedido a eles discutam sobre o pensamento. A descrição do pensamento aristotélico está no seguinte trecho: “Se forem deixadas cair simultaneamente bolas de 1 kg e de 10 kg, a bola de 10 kg atingirá o chão primeiro, levando a bola de 1 kg dez vezes mais o tempo num percurso idêntico”.

Após esse momento, será passado aos alunos um banco de questões, o qual os alunos irão responder baseado na historinha lida anteriormente, ambos podem ser verificados no Apêndice 1.

Se faz necessário um debate sobre esse banco de questões discursivas, a fim de que haja o efeito da dissociabilidade de conceitos na concepção do aluno. Além disso, será possível, através das respostas dessas questões, verificar os subsunçores de cada aluno.

Podemos destacar ainda, utilizando a Taxionomia de Bloom, que o objetivo dessa aula requer que os alunos compreendam e analisem a teoria sobre quedas de acordo com o pensamento Aristotélico, verificando assim incoerências no mesmo.

Após a finalização dessa atividade, é necessário que o professor recolha de cada grupo as atividades fornecidas a eles, a fim de juntá-las para a próxima aula.

### 5.1.2 Aula 2

Na segunda aula, é passado outro quadrinho, o qual também se encontra no Apêndice 1, que sugere a experiência de Simon Stevin. São abandonados dois objetos de massa diferente em cima de uma superfície que irá fazer um barulho, verificando que o barulho produzido pelos dois é quase instantâneo, trazendo a ideia de que ambos caíam juntos.

Essa experiência será realizada em sala, e após isso, será perguntado aos alunos se os objetos tendem a cair sempre juntos, depois as respostas dos estudantes serão ouvidas. Além disso, é dada a definição de queda por Stevin (1584-1620):

A experiência contra Aristóteles é a seguinte: tomemos (como o muito sábio Mr. Jan Cornets de Groot, o mais laborioso investigado dos segredos da natureza, e eu próprio fizemos) duas esferas de chumbo, uma das quais dez vezes maior e mais pesada do que a outra: deixamo-las cair simultaneamente de uma altura de 30 pés sobre uma mesa ou qualquer superfície na qual produzam som perceptível. Resultará que a esfera mais leve não demorará no seu percurso dez vezes mais que a mais pesada: ambas cairão juntas sobre a mesa, tão simultaneamente que os dois sons confundir-se-ão como se resultantes de uma e uma mesma colisão (Cohen, 1992, p. 7).<sup>6</sup>

Após a exibição da historinha, os alunos podem fazer a experiência de abandonar diversas esferas de substâncias diferentes, a fim de verificar a exatidão da teoria. Buscando a devida autorização dos pais, pode-se pedir para filmar o abandono de uma dessas esferas, principalmente as mais densas, com a finalidade de mostrá-las em outra aula.

Depois de realizar essa experiência, é pedido para os alunos fazerem um pequeno relatório sobre a atividade, como se fosse um roteiro de experiências, tanto a historinha como o molde do roteiro podem ser vistos no Apêndice 1. Esse relatório estará junto com algumas questões. Além disso, o professor pode entregar aos alunos a atividade referente à primeira aula, pois nela os alunos verificaram uma teoria sobre o mesmo conceito, mas com ideias diferentes.

Podemos destacar ainda, utilizando a Taxionomia de Bloom, que o objetivo dessa aula requer que os alunos compreendam e analisem a teoria de que, independentemente de sua massa, todos os objetos caem ao mesmo tempo, verificando possíveis falhas.

Após a finalização dessa atividade, é necessário que o professor recolha de cada grupo as atividades fornecidas a eles, para juntá-las para a próxima aula.

### 5.1.3 Aula 3

Na terceira aula, é dada outra parte da historinha, na qual um professor, para debater as questões sobre quedas descritas na historinha, descreve a queda de acordo com João Filópono (490-570):

Se deixar cair, da mesma altura, dois pesos, um dos quais muitas vezes mais pesado do que o outro, não observará que a razão dos tempos requeridos para o movimento depende da razão dos pesos, mas sim que a diferença dos tempos é muito pequena. E assim, se a diferença dos pesos não é considerável, isto é, se um é, digamos, duplo do outro, não haverá diferença, ou melhor, haverá uma diferença imperceptível nos tempos, ainda que a

---

<sup>6</sup> Cohen, I. Bernard; O nascimento de uma nova Física; Tradução: Costa, Maria Alice Gomes da.; Lisboa: gradiva, 1992.

diferença de pesos não seja desprezável, pois um corpo pesa o dobro do outro (Cohen, 1992, p. 6).<sup>7</sup>

Nessa aula, é passada a experiência de abandonar folhas de cadernos, uma amassada e outra não, verificando qual delas cai primeiro e perguntando o porquê. O objetivo dessa aula é apresentar a resistência do ar como uma forma de desacelerar o movimento de queda, o que ajudará na parte de dissociação da concepção de que os corpos sempre caem juntos.

Na mesma aula, a ideia de queda segundo Galileu Galilei (1564-1642), é inserida, embora ainda não tenha sido tratada a função da posição em relação ao tempo:

Mas eu [...] que realizei a experiência, posso assegurar que uma bala de canhão de 100 ou 200 libras de peso, ou mesmo mais, não atingirá o solo muito antes da bala de um mosquete, com o peso de meia onça, desde que ambas sejam deixadas cair de uma altura de 200 braças[...] a maior adianta-se à pequena em cerca de duas polegadas, ou seja, quando a maior tinge o solo, a outra encontra-se a duas polegadas de altura (Cohen, 1992, pp. 7,8).<sup>8</sup>

Após a historinha e a experimentação, os alunos preencheram um modelo de relatório, o qual pode ser visualizado juntamente com a historinha dessa aula, no Apêndice 1.

Essa aula e a seguinte têm como objetivo que os estudantes compreendam e expliquem a teoria de que a interação do objeto com o ar, durante a queda, causa uma desaceleração no movimento, e também que eles analisem a teoria de Galileu sobre quedas. Comparando movimentos de queda de objetos que possuam diferentes massas, mas sem a resistência do ar, pela taxionomia de Bloom, pode-se perceber um número variado e distinto de objetivos dessa aula.

Após a finalização dessa atividade, é necessário que o professor recolha de cada grupo as atividades fornecidas a eles, a fim juntá-las para a próxima aula.

#### 5.1.4 Aula 4

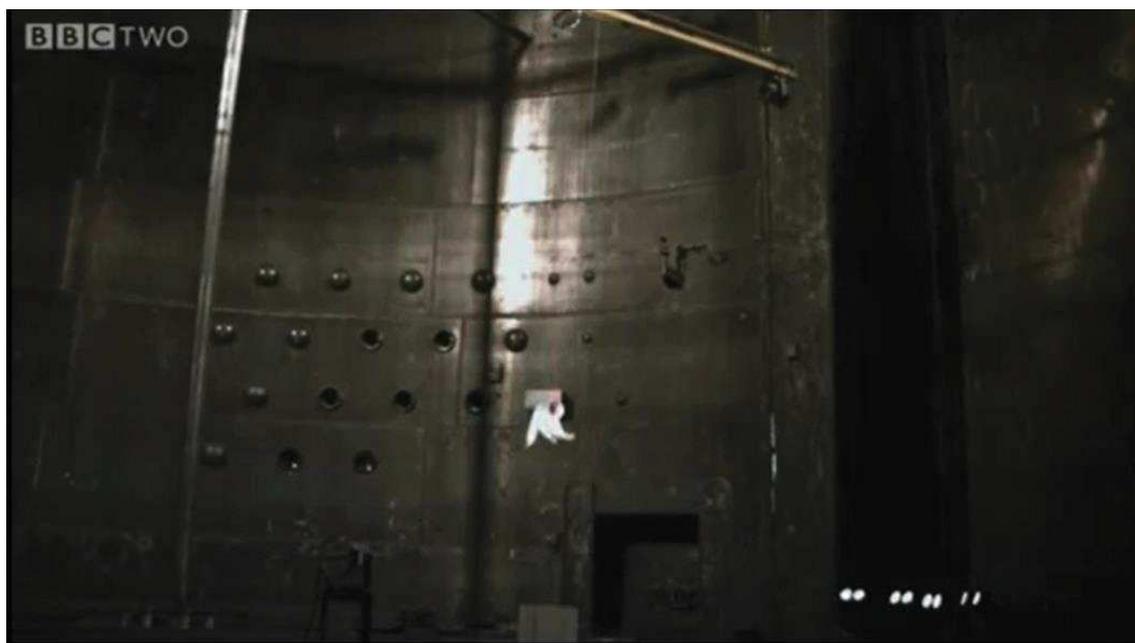
Na quarta aula, é utilizado o vídeo gravado na segunda aula, no uso da ferramenta computacional chamada Tracker, o qual foi apresentado no capítulo anterior. Nela, conseguimos verificar que a distância percorrida em uma queda é proporcional ao quadrado do tempo de queda, semelhantemente ao movimento retilíneo uniformemente acelerado. Com isso, conseguimos introduzir o conceito da aceleração da gravidade, além de conseguirmos calculá-la com um valor bem próximo ao real.

Ainda nessa aula, é passado um vídeo gravado em uma câmara que possui vácuo, Figura 11, e é verificado que, com a inexistência de resistência, dois objetos com diferentes formato e massa, caem de uma mesma altura com tempos iguais.

<sup>7</sup> Cohen, I. Bernard; O nascimento de uma nova Física; Tradução: Costa, Maria Alice Gomes da.; Lisboa: gradiva, 1992;

<sup>8</sup>Cohen, I. Bernard; O nascimento de uma nova Física; Tradução: Costa, Maria Alice Gomes da.; Lisboa: gradiva, 1992;

Figura 11: Queda livre de uma pena e uma bola no vácuo



Fonte: Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cqp2g2l7OiM>>. Acesso em: 5 fev. 2021.

Assim como na aula anterior, os objetivos dessa aula são que os alunos expliquem que a interação do objeto com o ar, no momento de queda, causa uma desaceleração no movimento e analisem a teoria de Galileu sobre quedas. Comparando movimentos de queda de objetos que possuem diferentes massas, mas sem a resistência do ar.

Embora alguns objetivos sejam semelhantes aos da aula anterior, isso não vai contra a Taxionomia de Bloom, pois em sua literatura (Anderson, 2001), a mesma defende que para alcançar um objetivo, possa se utilizar mais de algumas aulas, mesmo não sendo o objetivo principal de uma sequência didática.

#### 5.1.5 Aula 5

Para findar o conjunto de atividades, na quinta e última aula, é passado aos alunos uma avaliação, escrita e individual. A fim de se verificar se, nesse processo, houve alguma aprendizagem e que os estudantes possam pronunciar as partes que os mesmos entenderam e perceberam a respeito do assunto.

Nessa avaliação, entre outras coisas, é perguntado ao aluno se ele conseguiu perceber as diferenças de pensamentos em relação ao fenômeno de queda, e de que forma essa teoria foi mudada de acordo com o tempo passado.

Vale ressaltar que essa avaliação é curta, dando assim a oportunidade de o professor começar outro assunto com os alunos.

A atividade escrita pode ser visualizada no Apêndice 1, e tem como objetivo verificar se foi alcançado o objetivo geral dessa sequência, o qual era que os alunos abandonassem possíveis conceitos aristotélicos sobre queda livre, próxima à superfície da terra, e refletissem sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda. Ao desenvolvimento dessa atividade, deseja-se que os alunos possam vislumbrar a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias, a fim de se desenvolver um pensamento crítico, sobre o que é e como funciona a ciência.

Pelo fato do trabalho ser uma sequência de aulas e não apenas concentrado em uma, a utilização de grupos otimiza ainda mais a atividade, pois facilita a discussão, a fim de contribuir na aprendizagem dos alunos que tenham perdido alguma aula.

Se, mesmo com essa divisão em grupos e no trabalho dessa sequência, a maior parte da turma não demonstrar que alcançou os objetivos, talvez possa ser utilizada outras aulas, com uma outra abordagem, para que se consiga atingir esses objetivos.

Após essa explicação, de qual seria o modelo da sequência didática, pretende-se mostrar, a seguir, um relato de uma utilização desse trabalho em sala de aula.

## **5.2 Uma breve aplicação da sequência didática**

A aplicação do produto começou no dia 6 de junho e terminou no dia 2 de julho do ano de 2019, com duas turmas de alunos do 1º ano do ensino médio, em uma escola localizada em um bairro de periferia na cidade de Juiz de Fora. Havia uma expectativa de poder aplicar a sequência didática novamente no ano de 2020, fato que não ocorreu devido à pandemia causada pela Covid-19.

A turma do 1º ano A possuía um número maior de alunos na sala de aula, sendo que a sala tinha uma baixa infraestrutura, demonstrada com os aspectos como falta de giz, mais alunos do que cadeiras no começo das aulas, falta de ventilação adequada, etc.

A turma do 1º ano B era formada por alunos que vieram da chamada telessala (programa do governo no qual alunos saem do ensino fundamental direto para o ensino médio, sem passar pelas etapas do 6º ao 9º ano), o que causa uma dificuldade pela falta de base de leitura e também da base matemática. Somando-se a isso, a sala também possuía uma baixa infraestrutura.

Antes do período de aplicação, os alunos estavam estudando cinemática, conteúdo no qual eles viram o movimento retilíneo uniforme e também o movimento retilíneo uniformemente variado, sendo já definidos os conceitos os quais se quisesse que fossem melhor consolidados. Como a

utilização da sequência didática (SD), foram ensinados, após, os conceitos de velocidade e de aceleração.

Semelhantemente ao que foi utilizado na abordagem geral da SD, a sua aplicação também será dividida em aulas.

### 5.2.1 Aula 1

No primeiro dia da aplicação, as turmas foram divididas em grupos de, no máximo, 4 alunos, como sugerido para a utilização dessa sequência.

Na turma do 1º ano A, alguns alunos quiseram formar grupos de 5 pessoas, e outros queriam fazer o trabalho de forma individual. Como foram definidos grupos de no máximo 4 alunos, não se permitiu divisões, primeiramente por causa do número de xerox e também para que todos os alunos pudessem participar. Uma amostra da divisão dos grupos pode-se ver na Figura 12.

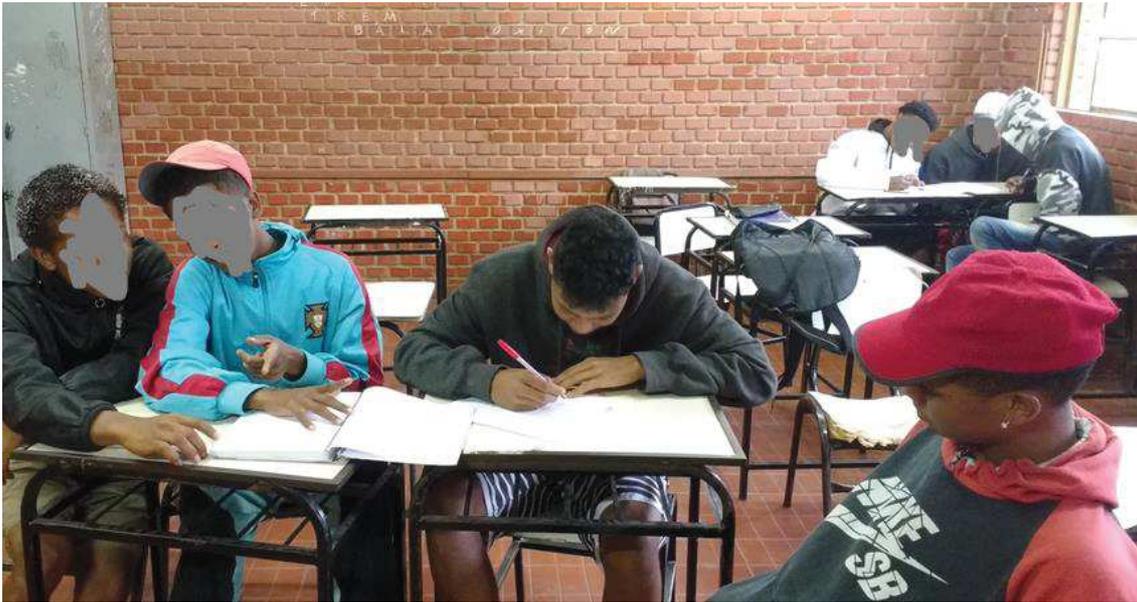
Figura 12: Turma do 1º A na 1ª aula



Fonte: Acervo pessoal.

Já no 1º ano B, vários alunos perderam a primeira aula, fato esse que dificultou a utilização da sequência. Mesmo assim, teve-se início ao trabalho da sequência, fato demonstrado pela pouca quantidade de alunos na turma, Figura 13.

Figura 13: Turma do 1ºB na 1ª Aula



Fonte: Acervo pessoal.

Após o acordo com a divisão dos grupos, em ambas as turmas, foram repassados aos alunos uma historinha em quadrinhos, na qual era apresentado o pensamento Aristotélico sobre quedas. Junto a ela, também foram repassadas algumas perguntas que seriam lidas e discutidas em sala.

Os grupos começaram a responder as perguntas, logo após o professor pegou as respostas anotadas e começou a discutir com os grupos, a fim de verificar se as respostas coincidiam com a do grupo como um todo, ou se apenas era só uma parte do grupo que realizou o trabalho. Durante essas perguntas, foi verificado em um grupo que tinha respondido todas as perguntas, que as opiniões descritas no papel não representavam realmente a opinião da maior parte dos alunos integrantes do grupo. Nesse momento, o professor veio a intervir, fazendo com que o grupo apagasse o que estava no papel e escrevesse o que a maioria pensava a respeito dos questionamentos.

Outro detalhe observado no primeiro dia de aplicação é que, embora alguns alunos respondessem que um objeto cai devido à gravidade, os mesmos falavam que um objeto com o dobro do peso de outro caía com a metade do tempo de queda. Demonstrando que embora já tivessem ouvido falar de gravidade, eles ainda não conseguiam a relacioná-la a uma teoria científica.

Durante o processo de aplicação o tempo de realização da atividade foi variado, embora alguns grupos terminassem em metade da aula, outros pediam para terminar na próxima, pois achavam que não teriam tempo para terminar a atividade.

### 5.2.2 Aula 2

No segundo dia de aplicação, foi passada aos alunos a continuação da historinha, com a apresentação do conceito de queda, segundo Simon Stevin, o qual falava que os objetos caem simultaneamente independente da massa.

Durante o começo da aula, foi dada a oportunidade aos alunos que não terminaram a atividade do primeiro dia a terminarem, para conseguirem acompanhar a sequência das aulas corretamente. Como na turma do 1º B houve uma quantidade enorme de falta durante no primeiro dia, os alunos começaram a fazer a atividade da primeira aula, ocupando uma parte da segunda aula.

Para o começo de aplicação, a historinha foi repassada aos alunos, e no decorrer da historinha, foi pedido para fazerem um experimento: deixarem duas esferas de massas diferentes em uma superfície a qual irá fazer algum barulho, no caso foi o próprio chão. Para começo da experiência, foram utilizadas duas esferas de madeira com volumes e massas diferentes. Depois, foram abandonadas uma esfera de isopor e a menor esfera de madeira. Após isso, também foi abandonada a esfera de isopor com uma esfera de plástico.

Durante a atividade, foram repassadas aos alunos duas bolinhas: uma de silicone, popularmente conhecida como “perereca pula-pula”, e uma de vidro, conhecida popularmente como “bolinha de gude”. Nela, foi pedida aos alunos para fazerem a mesma experiência, anotando o que foi feito e os dados observados.

Nas anotações, verificamos que os alunos perceberam que ambos objetos caem juntos, mas que ao abandonar a bolinha de plástico, essa demorava um pouco mais para cair, dando abertura para o que viria na próxima aula. O interessante nessa aula é que mesmo aqueles alunos do 1º A que demonstravam um maior desinteresse em relação às aulas, participaram, mesmo não escrevendo nas folhas que acompanhavam a historinha. Aliás, os alunos mais agitados das duas salas foram os que perceberam que se obtinha uma pequena diferença entre o tempo de queda da bolinha de plástico com a das outras.

Ao final dessa aula, na turma do 1º A, foi gravado um vídeo de uma aluna abandonando uma esfera de madeira no chão, Figura 14, a fim de se usar esse resultado posteriormente. Infelizmente, não foi possível utilizar esse resultado no 1º B, pois a aula acabou antes de conseguirmos fazer as filmagens. Sendo que seria necessário ser nessa aula, pois as aulas do 1º B são no mesmo dia e não teria como montar o Tracker para ser trabalhado de forma direta na aula.

Figura 14: Gravação da queda de uma bolinha de madeira



Fonte: Acervo pessoal.

### 5.2.3 Aula 3

Na terceira aula, foi repassado aos alunos a teoria sobre quedas de Galileu Galilei e de João Filópono, os quais diziam, em outras palavras, que objetos de massas diferentes tendiam a cair juntos, com uma pequena diferença causada pela resistência do ar.

Durante essa aula, foi pedido aos alunos para abandonarem uma bolinha de papel e uma folha de papel juntas, e verem qual iria cair primeiro, e logo depois colocarem um caderno em baixo e anotarem o que aconteceria. O problema é que, nessa experiência, boa parte das turmas preferiam não a fazer, observando apenas o que os outros alunos faziam no experimento. Os alunos preferiam não fazer a experiência, pois estavam com medo de estragarem o caderno com a queda e também não queriam arrancar as folhas do caderno.

Além de fazer a experiência, os alunos teriam que responder o porquê de o tipo de queda mudar com o caderno e sem o caderno.

### 5.2.4 Aula 4

Na quarta aula, foi passado aos alunos o vídeo de queda numa câmara de vácuo, Figura 14, em que na primeira queda se tinha resistência do ar e, após ligarem a máquina, houve uma queda brusca da quantidade de ar na câmara. Mostrando, assim, a diferença de queda com e sem ar. O interessante é que, mesmo os alunos respondendo na aula anterior sobre como o ar atrapalhava no

movimento de queda, o *insit* para equiparar esse pensamento com a realidade do vídeo foi demorado para alguns alunos. A Figura 15 mostra os alunos assistindo ao vídeo sobre queda livre:

Figura 15: Aula com vídeo sobre a queda livre



Fonte: Acervo pessoal.

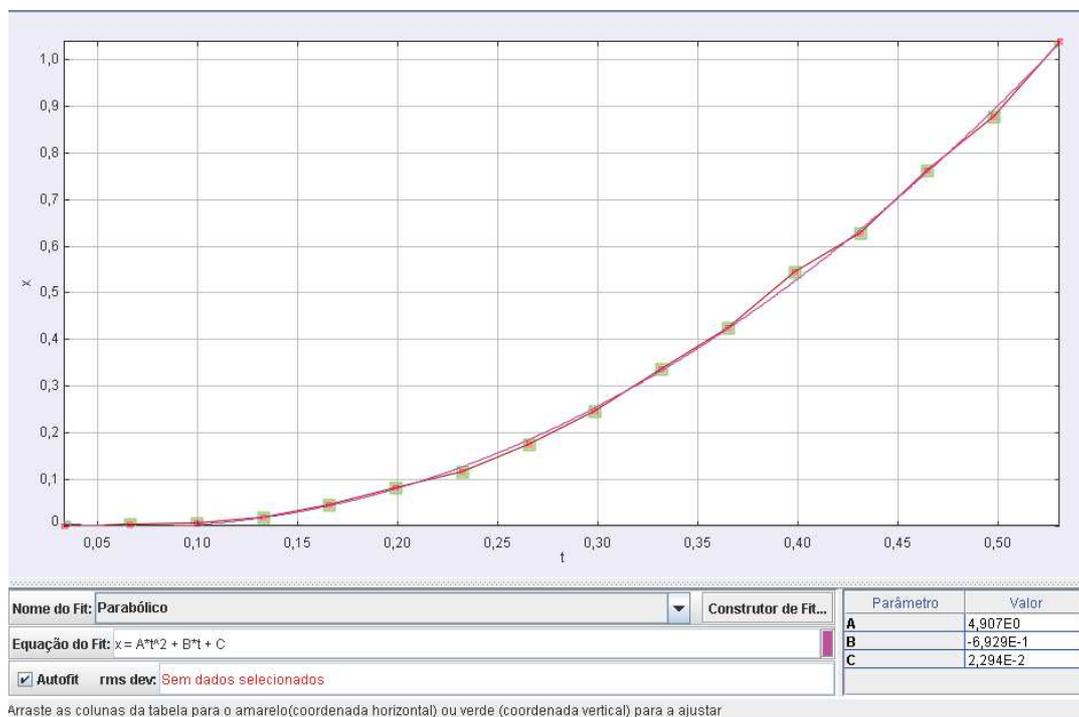
A fim de se aproveitar o uso da televisão, nessa aula foi exibido aos alunos o vídeo de queda gravado na turma do 1º A, Figura 16, podendo ser analisado pelo Tracker, que pode ser avaliado através de uma representação mostrada no Gráfico 4. Vale ressaltar que, na turma deles, os alunos perceberam que o gráfico que representa o movimento era em forma de parábola, mas por dificuldades matemáticas, não conseguiam associá-lo a uma função do segundo grau e relacionar ao MRUV.

Figura 16: Simulação feita no Tracker



Fonte: Acervo pessoal.

Gráfico 4: Gráfico de um MRUV no Tracker



Fonte: Acervo pessoal.

Pelos estudantes apresentarem uma dificuldade enorme na parte da matemática, o professor precisou intervir, descrevendo a equação de em MRUV e da equação descrita pelo Tracker (pois por motivos de resolução, ficou difícil dos alunos conseguirem enxergar os valores na parte inferior direita do gráfico representado no Gráfico 4). Alguns grupos conseguiram comparar a função dada pelo Tracker com a de um MRUV, conseguindo, assim, encontrar um valor de aceleração, os quais os mesmos chegaram à conclusão de ter relação com a gravidade.

### 5.2.5 Aula 5

Durante o último dia de aplicação, foi marcado o banco de questões do Apêndice 1. Nessa aplicação, pode-se perceber uma maior facilidade de se aplicar o teste em relação a outras avaliações dadas durante o ano.

Na Figura 17 podemos verificar os alunos fazendo essa atividade.

Figura 17: Última aula no 1ºB



Fonte: Acervo pessoal.

Após o breve relato de como foi a utilização dessa sequência didática em sala de aula, queremos, por meio dessa dissertação, demonstrar como foram os resultados obtidos durante essa aplicação. Para verificar como foi, recomendo a leitura do próximo capítulo.

## 6 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Nesse capítulo, iremos analisar as respostas dadas por 48 alunos de duas turmas do 1º ano do ensino médio, os quais foram divididos em 15 grupos, sendo que nem todos os grupos responderam a todas as questões.

Essa análise será realizada de acordo com cada questionário, formado com questões discursivas, o qual foi entregue em sala de aula, a fim de verificar se realmente houve a aprendizagem do conteúdo.

De modo a facilitar a discussão, iremos dividir esse capítulo de acordo com as aulas em que as perguntas foram feitas. Por isso, vale ressaltar que uma mesma pergunta pode ter sido feita em mais de uma aula, mas espera-se que, seguindo a dinâmica do aprendizado, os subsunçores sofram alterações.

### 6.1 Aula 1

Na primeira aula, em que foi trabalhado com os alunos o conceito de queda segundo a teoria aristotélica, verificamos que as discussões feitas em sala foram para levantar as concepções dos alunos em relação à teoria dada. Nesta seção, iremos colocar em tópicos algumas dessas perguntas, e embaixo delas demonstrar o motivo de terem sido feitas e os resultados verificados:

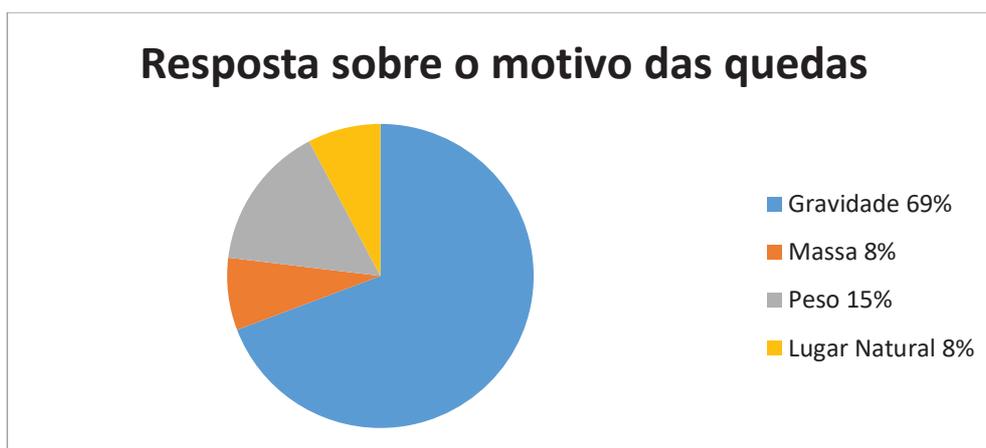
- *Por que os objetos, ao serem soltos, caem?*

Essa pergunta foi feita para observar se os alunos já tinham ouvido falar de gravidade em si. Ao se fazer essa pergunta, espera-se que os alunos falem da gravidade ou, melhor ainda, levantem uma discussão de que nem todos os objetos caem.

Como essa pergunta foi feita após a exibição do primeiro quadrinho, encontrado no Apêndice 1, houve respostas falando do lugar natural.

Como estatística de respostas, temos os resultados demonstrados no Gráfico 5:

Gráfico 5: Por que os graves caem



Fonte: Acervo pessoal.

Através da amostra tirada pelo Gráfico 5, conseguimos perceber que 9, dos 13 grupos, responderam que o motivo dos objetos caírem era a gravidade, que acaba sendo a resposta advinda do pensamento científico, mesmo ainda não tendo sido falado com eles sobre esse termo em sala de aula. Podemos destacar essa parte, pois muitos já tinham ouvido falar desse assunto em casa, ou no próprio ensino fundamental, embora talvez não possuam uma concepção científica do que seria realmente a gravidade.

Outro fato que pode ser destacado, é que ainda não foi mencionado uma diferença entre peso e massa, fato esse que pode ter influência na resposta de maneira científica. Ao prosseguir do ano, foi verificado que os alunos não sabiam anteriormente que havia diferença entre massa e peso, para eles eram o mesmo conceito. Fato identificado, pois, ao ser falado esse conteúdo, os discentes apresentaram surpresa sobre essa diferença.

Embora a grande maioria tenha relatado a gravidade e o peso como responsáveis pelo movimento de queda, uma pequena parte da turma relatou que o motivo dos objetos caírem era por causa do lugar natural, muito defendido pela teoria aristotélica, a qual eles tinham acabado de ler.

- *Você acha que quanto mais pesado for um objeto, o tempo de queda será inversamente proporcional, ou seja, um objeto de 200 kg cai duas vezes mais rápido que um de 100 kg?*

- *A massa de um objeto, sempre irá interferir no tempo de queda?*

Essas perguntas foram feitas para verificar se a concepção de que o tempo de queda é inversamente proporcional à massa, da qual Aristóteles defendia, era encontrada nos alunos na qual o produto foi aplicado.

O uso da expressão “mais pesado” na primeira pergunta se deu porque os alunos ainda não tinham estudado a diferença entre peso e massa, e para melhor entendimento deles em relação à questão, ficaria mais fácil utilizar o termo “pesado” do que o termo “massivo”, mesmo que o segundo termo se refira à massa.

Ao responder a primeira pergunta, a maior parte dos alunos concordou com Aristóteles e disse que massa e tempo de queda são grandezas inversamente proporcionais. O Gráfico 6 nos dá uma noção de como foram as respostas dos alunos.

Gráfico 6: Massa em relação ao tempo de queda



Fonte: Acervo pessoal.

Por essa estatística apresentada no Gráfico 6, percebemos que 93% dos alunos concordam em afirmar que quanto maior a massa de um objeto, menor será o seu tempo de queda.

Quanto à segunda pergunta, de que se o peso sempre irá interferir no tempo de queda, tivemos a seguinte estatística, apresentada no Gráfico 7:

Gráfico 7: A massa sempre interfere no tempo de queda



Fonte: Acervo pessoal.

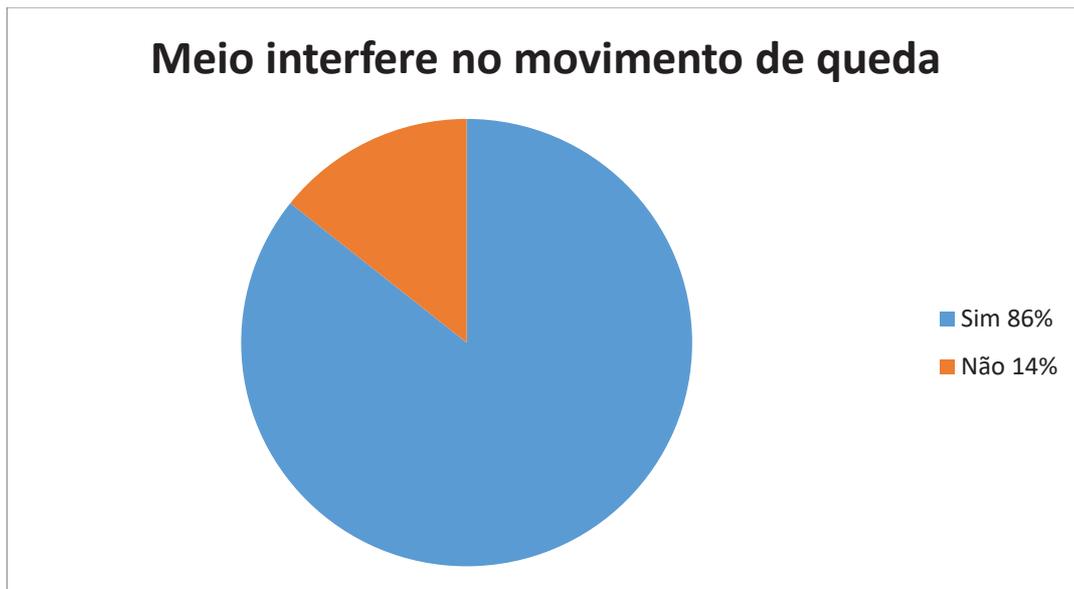
Embora a grande maioria das turmas, no Gráfico 5, tenha dito que a gravidade e o peso são os responsáveis pelo movimento de queda, não sugerido pela teoria aristotélica, podemos verificar que a maior parte da turma, 93% dos grupos, dados apresentados pelo Gráfico 6, apresenta conceitos aristotélicos ao falar que o tempo de queda é inversamente proporcional à massa do objeto. Assim como, pelo Gráfico 7, os mesmos 93% admitem que a massa sempre irá alterar o tempo de queda, que é uma das concepções aristotélicas.

- *O meio em que um objeto cai interfere no tempo de queda?*
- *Se a resposta anterior foi sim, como ele irá interferir?*

Essas duas perguntas foram feitas com a finalidade de observar se os alunos seguiam a tendência aristotélica, de falar que o tempo de queda é inversamente proporcional à resistência do meio. Mesmo que esse trabalho não tenha como objetivo tratar sobre movimento em outros tipos de fluidos sem ser o ar, trata sobre viscosidade, por exemplo.

Em relação à pergunta sobre se o meio interfere no movimento de queda, tivemos o seguinte resultado, pelo Gráfico 8:

Gráfico 8: O meio interfere no Tempo de queda

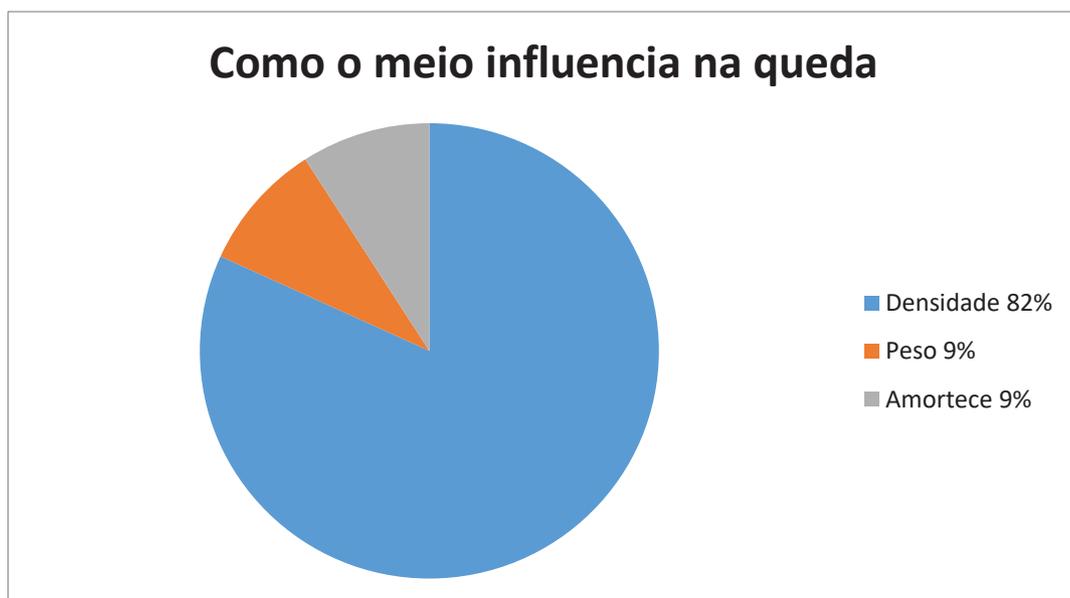


Fonte: Acervo pessoal.

Pelo Gráfico 8, percebe-se que 86% dos alunos descreveram que o meio em que um objeto cai interfere no tempo de queda, fato que condiz com a realidade.

Quanto à resposta de como o meio pode interferir no tempo de queda, houve três tipos, ou era por causa da densidade do meio, ou pelo “peso” do meio, ou que o meio “amortece” a queda do objeto. Podemos ver essa divisão pelo Gráfico 9:

Gráfico 9: Como o meio influencia na queda



Fonte: Acervo pessoal.

Por essas respostas, conseguimos identificar, pelo Gráfico 9, que muitos alunos falaram que a densidade do meio interfere no tempo de queda, embora ainda não se tenha falado de densidade. Esse fato nos faz observar que muitos estudantes apresentam conceitos científicos em mente, ainda que não saibam de fato a teoria relacionada diretamente a tais conceitos, mesmo que não exista uma relação da densidade com esse problema, por causa da viscosidade do meio.

Um grupo de alunos, 9% do espaço amostral, relatou que o peso do meio iria alterar o tempo de queda. Fato esse que diverge da realidade, pois 1N de ar pesa a mesma coisa que 1N de água, e o tempo de queda nos dois meios são diferentes.

Outro grupo, que também corresponde a 9% do espaço amostral, relatou que o meio interfere na queda, pois amortece o objeto. Essa fala pode ter sido feita, porque na realidade eles não sabiam expressar o conceito de viscosidade.

Talvez seja pela má formulação da pergunta, mas os alunos não apresentaram nenhum conceito aristotélico relatando que a resistência do meio faria uma força contrária. De acordo com o meio, essa resistência alteraria o tempo de queda, a fim de ser diretamente proporcional ao meio da queda.

- *Se a queda acontecer em outro lugar sem ser no planeta Terra, pode-se esperar um resultado semelhante?*

O objetivo dessa pergunta é verificar se, segundo a concepção do aluno, existe atração gravitacional fora do planeta Terra, além de averiguar como eles pensam sobre como a gravidade pode atuar fora do planeta.

Ao serem questionados, a grande maioria ressaltou que não poderíamos encontrar algum resultado semelhante fora do planeta, manifestando um pouco que a física terrestre é diferente da física dos céus. Essa afirmação, feita acima, é justificada pelo fato de que alguns alunos relataram em sala o fato que não conseguem imaginar um objeto caindo na Lua, pois segundo os mesmos, na Lua não haveria gravidade.

O Gráfico 10, abaixo, nos mostra a resposta dos alunos:

Gráfico 10: A queda de graves pode ser igual fora da Terra



Fonte: Acervo pessoal.

Verificamos, pelo Gráfico 10, que 93% dos alunos disseram que um movimento de queda, semelhante ao que existe na Terra, não é esperado fora da superfície terrestre, fato que corrobora com a diferença da física terrestre com a dos céus, do estudo defendido pela mecânica aristotélica.

## 6.2 Aula 2

Nessa seção, iremos discutir as questões levantadas na segunda aula da aplicação do produto, encontrado no Apêndice 1, na qual falamos sobre a teoria de quedas levantada por Simon Stevin.

Serão abordados alguns tópicos em que são feitas as perguntas nessa aula, e juntamente com eles descreveremos o porquê dessas perguntas e as respostas dadas pelos os alunos para tais indagações.

Vale ressaltar que, antes das perguntas serem feitas, foi repassada para os alunos a historinha em quadrinhos, encontrada no Apêndice 1, bem como uma experiência com um pequeno roteiro preenchido por eles, com a teoria de quedas de Simon Stevin.

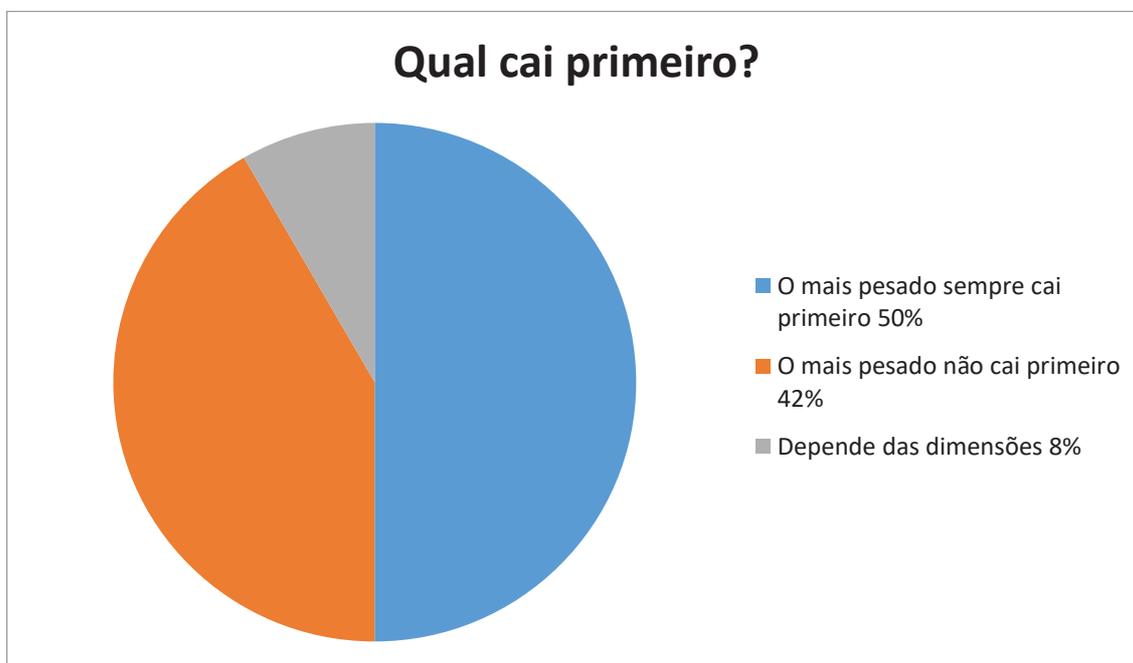
Outro fator importante a ser mencionado foi que, nessa aula, tivemos respostas de 12 grupos diferentes.

- *Você acha que quanto mais pesado for um objeto, menor será o tempo de queda?*

Essa questão foi levantada com base na mesma pergunta dada na aula anterior, porém, após os alunos fazerem a experiência de abandonar diversos corpos juntos.

O objetivo de colocá-la novamente na segunda aula é verificar se, após os alunos verem a experiência, o pensamento sobre quedas deles tiveram alguma alteração. De acordo com a resposta dessa pergunta, preenchemos o Gráfico 11:

Gráfico 11: Peso e tempo de queda



Fonte: Acervo pessoal.

Durante a aplicação, percebeu-se uma mudança de visão em relação a uma parte dos grupos. Como pode-se perceber pelo Gráfico 11.

Segundo o gráfico, metade da turma relatou que o objeto mais pesado sempre irá cair primeiro, independente da situação, embora eles tenham visto e feito uma experiência a qual mostra objetos de pesos diferentes caindo juntos. Isso nos faz refletir que essa parte ainda carregava princípios de queda aristotélicos.

Outra parte da turma, cerca de 42%, relatou que o mais pesado nem sempre irá cair primeiro. Resposta dada, possivelmente, por eles terem acabado de ver a experiência sobre o abandono de objetos de massas diferentes.

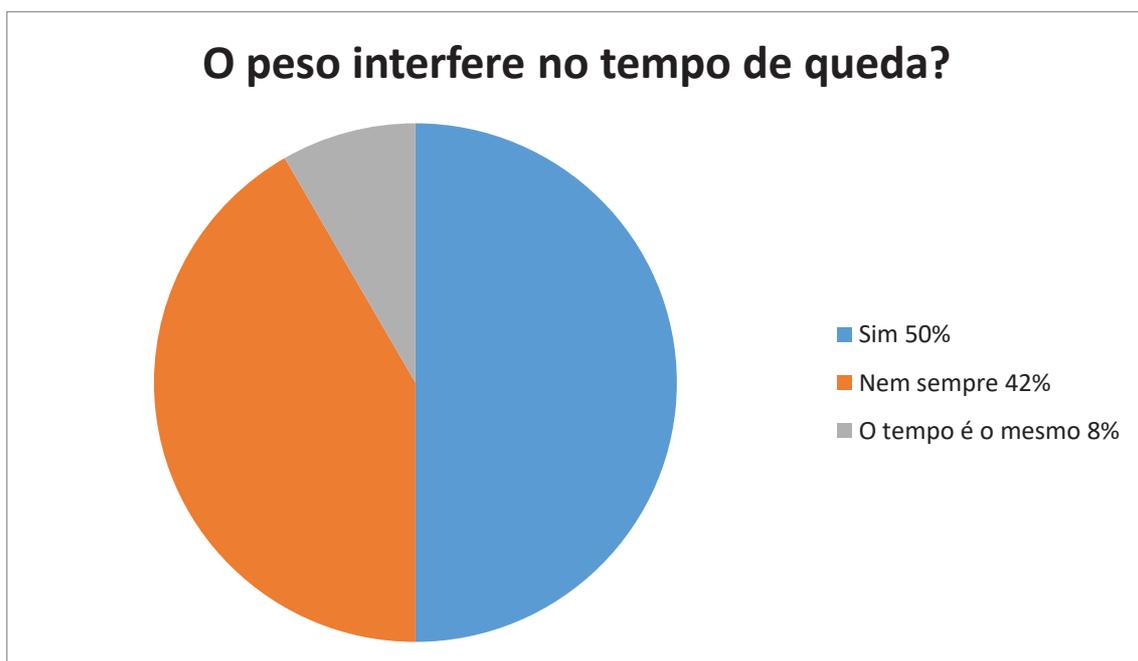
Já o restante, 8%, relatou que o tempo de queda irá depender das dimensões do objeto que está caindo, citando, como exemplo, o paraquedas. Exemplo interessante, pois o conjunto homem e paraquedas é mais pesado que só o homem, e mesmo assim demora um tempo maior para cair. Essa resposta, carrega com esse grupo, algo visto fora de sala de aula, que já está na concepção prévia deles, mostrando que os mesmos pensaram um pouco sobre o assunto.

- *O peso de um objeto sempre irá interferir no tempo de queda?*

Essa pergunta tem como objetivo verificar se o discente está totalmente de acordo com Stevin, ou se ele pensa como Aristóteles. Nela, não se tem o objetivo de verificar se o aluno respondeu certo ou errado, mas apenas se ele identificou como totalmente correta a teoria de queda segundo Stevin.

Durante a aplicação, alguns grupos responderam que nem sempre o peso iria intervir no tempo de queda, outros responderam que o peso sempre iria intervir e um grupo relatou que o tempo de queda seria o mesmo. Podemos verificar a divisão das respostas pelo Gráfico 12.

Gráfico 12: O peso sempre interfere no tempo de queda



Fonte: Acervo pessoal.

Seguindo as mesmas proporções da questão anterior, nessa indagação, metade dos alunos falou que o peso sempre irá interferir no tempo, apresentando um pensamento semelhante ao aristotélico, como pode ser visto pelo Gráfico 12.

Cerca de 42% dos alunos falaram que o peso pode interferir, mas nem sempre irá intervir no tempo de queda. Dos três tipos de resposta, esta acaba sendo a mais científica.

E o terceiro grupo, que corresponde a 8% dos alunos, relatou que o tempo de queda será sempre o mesmo independentemente do peso, saindo de um extremo ao outro, afirmando que objetos sempre terão tempo de quedas iguais.

### 6.3 Aula 3

Nessa parte, discutiremos algumas perguntas feitas na terceira aula. Nela, é apresentada uma experiência a qual introduz o que João Filópono pensava sobre a queda dos graves. Toda a sequência da aula se encontra no Apêndice 1.

Como nas seções anteriores, vamos analisar tanto os objetivos em relação às perguntas, como as respostas dadas por 11 grupos de alunos na aplicação do produto, nessa parte.

As perguntas são:

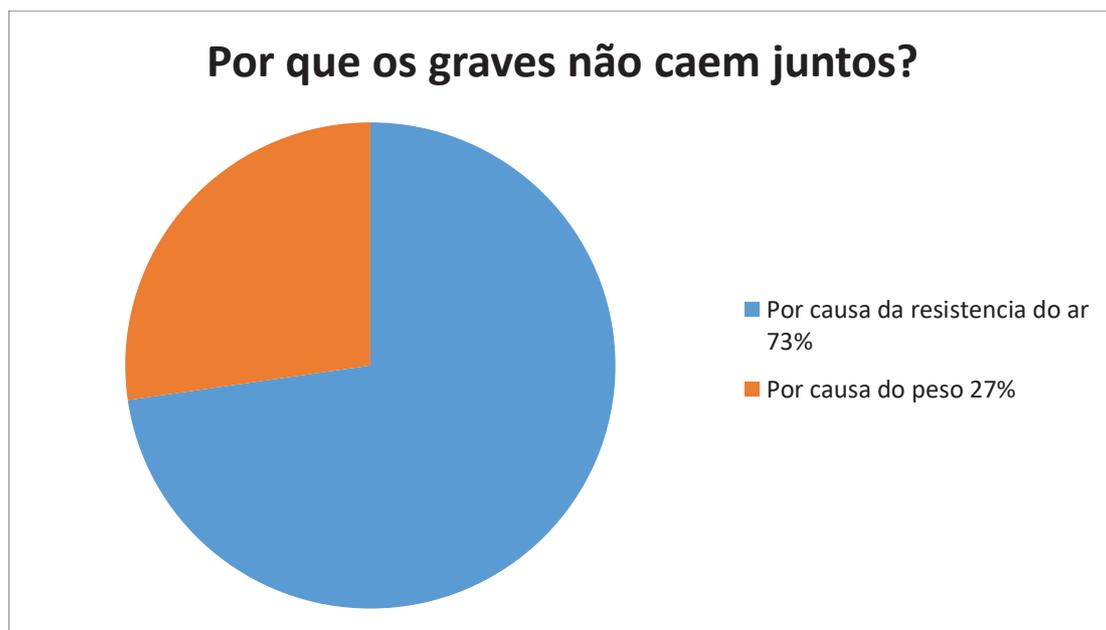
- *Por que há diferença no tempo de queda de dois objetos?*
- *É possível que dois objetos possam cair juntos, se abandonados da mesma altura, mas com pesos completamente diferentes?*

O objetivo dessas duas indagações é verificar se os alunos, através da experiência proposta na aula, perceberam que o tempo de queda dos graves só é diferente quando contamos com a resistência exercida pelo fluido.

Quando há a resistência, o tempo de queda dependerá tanto das dimensões do objeto, quanto da massa dele.

Em relação à primeira pergunta levantada na aula, a grande maioria dos alunos concordou com os pensadores Filópono e Galileu, e ressaltam que a existência de diferença entre quedas era por causa do ar, podemos ver isso pelo Gráfico 13:

Gráfico 13: Por que os graves não caem juntos



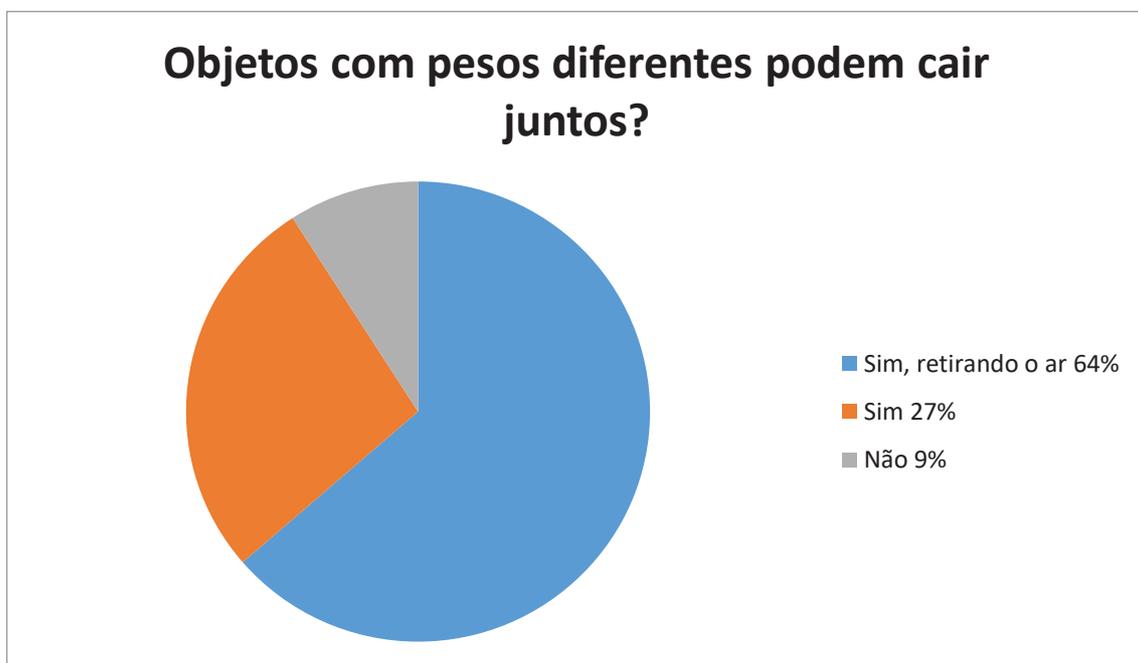
Fonte: Acervo pessoal.

Através da leitura do Gráfico 13, pode-se perceber que 73% da turma relatou que o motivo da diferença de queda dos corpos seria a resistência do ar, a qual impede os graves de caírem juntos.

Pelo gráfico, é possível perceber, também, que 27% dos grupos relataram que os objetos caíam de forma separada por causa do seu peso, embora a experiência feita em sala mostrasse dois objetos de mesmo peso, mas com formas diferentes, caindo em tempos distintos .

Como complemento da primeira pergunta, a segunda teve algumas respostas contrariadas, isso porque quem tinha falado que o peso era o único responsável pelo tempo de queda dos corpos, levantou a teoria que objetos de pesos diferentes poderiam cair em tempos iguais, conforme o Gráfico 14.

Gráfico 14: Queda de graves com o mesmo peso



Fonte: Acervo pessoal.

Através de uma análise do Gráfico 14, pode-se verificar que apenas 9% dos grupos relataram que não é possível que objetos de pesos diferentes caiam juntos. Somente esse grupo que, sistematicamente, continuou com o pensamento aristotélico, o qual defende que os graves tendem a cair sempre separados, de acordo com o seu peso, independentemente da situação. Vale ressaltar que esse espaço amostral também relatou que o peso é o motivo dos objetos caírem juntos, na primeira pergunta levantada nessa parte.

No Gráfico 14, também conseguimos observar que 64% dos grupos relataram que o motivo dos objetos caírem juntos era a resistência do ar, portanto, se a retiramos, eles tendem a cair

juntos, independentemente do peso. Esse pensamento vai ao encontro ao de Galileu e Filópono, conforme descrito pela teoria no capítulo 2.

Para o restante das turmas, cerca de 27% dos grupos responderam apenas que sim, os objetos poderiam cair juntos mesmo com pesos diferentes. Por ser uma pergunta discursiva, a única conclusão que se pode tirar é que os alunos podem ter observado, através da experiência, que corpos de pesos diferentes podem cair juntos, embora a mesma seja apenas com folhas de mesmo peso, mas com formatos diferentes.

#### 6.4 Aula 4

No decorrer da quarta aula, foi repassado aos alunos tanto o vídeo da queda livre na câmara de vácuo, quanto o uso do simulador Tracker, conforme descrito na sequência, encontrada no Apêndice 1. Por essa razão, nessa aula tivemos as seguintes indagações, respondidas por 12 grupos de alunos:

- *Qual a diferença entre a primeira queda e a segunda queda?*

Essa pergunta teve como objetivo observar se o aluno pode perceber a diferença entre a queda com a resistência do ar e sem ela, demonstrando se foi possível verificar isso.

Quanto a essa observação, houve uma unanimidade, porque todos os grupos conseguiram observar essa diferença do movimento de queda, com e sem resistência do ar.

- *O vídeo utilizado no Tracker pode ser aproximado ao da segunda queda, do primeiro vídeo. Por que podemos afirmar isso?*

Essa pergunta tem como objetivo demonstrar o porquê que na segunda aula a experiência mostrou que graves diferentes caíam juntos, por ser uma queda de altura relativamente pequena.

Como a resposta dessa pergunta foi depois de uma discussão em relação ao movimento de queda, também houve unanimidade da sala ao falar que em queda de graves próxima a superfície é possível desconsiderar a resistência do ar.

- *Dos movimentos estudados em sala (MRU e MRUV), qual é o que mais se aproxima do observado no vídeo?*

Podemos verificar nessa pergunta se o aluno consegue fazer a relação de uma aproximação da queda livre, a um Movimento com aceleração constante.

Embora os alunos já tivessem visto esses dois tipos de movimento, foi necessário rever as características desses movimentos. Nesse caso, não conseguimos encontrar uma unanimidade nas respostas, como podemos enxergar no Gráfico 15:

Gráfico 15: Qual o tipo de movimento



Fonte: Acervo pessoal.

Através da interpretação do Gráfico 15, verificamos que 83% dos alunos perceberam que esse movimento de queda se aproximava de um movimento acelerado. Isso demonstra que os alunos conseguiram comparar dois conceitos, os quais eles aprenderam em momentos distintos.

• *Pelo uso do Tracker, é possível encontrar uma grandeza relacionada com a gravidade? Se sim, qual grandeza seria? E qual é o seu valor?*

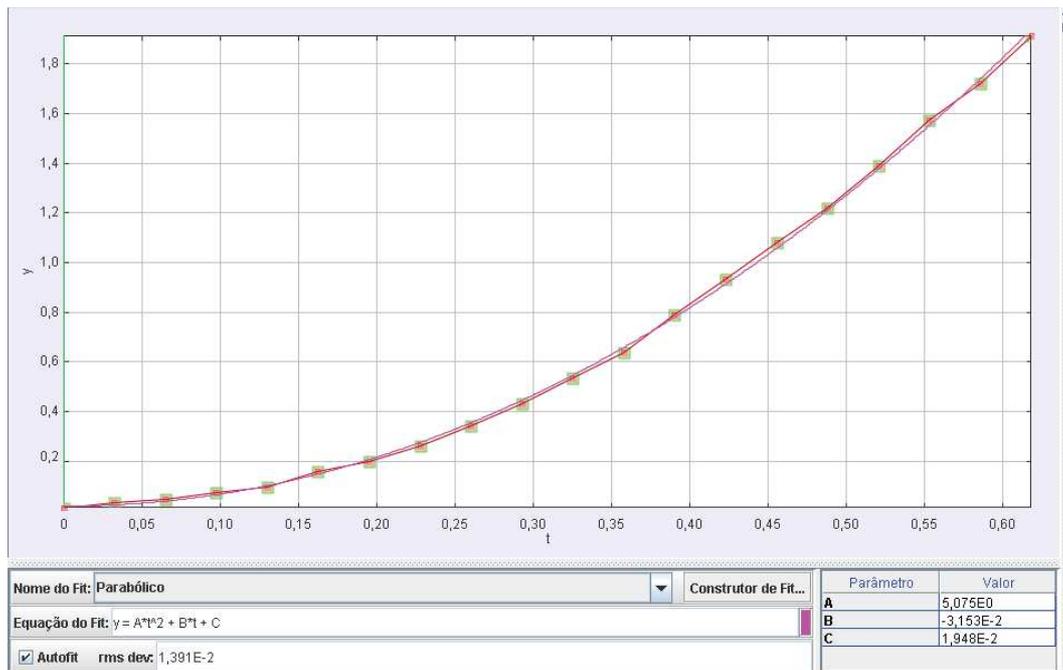
Tem-se como objetivo nessas interrogações que o discente relacione a função horária da posição de um movimento uniformemente variado com a da função descrita pelo gráfico, feito no Tracker, e descreva, assim, qual seria o valor da aceleração da gravidade local.

Como o vídeo utilizado para a demonstração no Tracker foi diferente nas duas salas de aula, pois foi gravado pelos alunos, o resultado obtido pelo valor da aceleração gravitacional foi diferente nas duas salas.

Essa diferença pode ter acontecido por problema de paralaxe, ou por que as quedas dos graves não ocorreram no mesmo plano em que a medida de referência utilizada no Tracker.

Esses dados de gravação podem ser vistos no Gráfico 16 e no Gráfico 17:

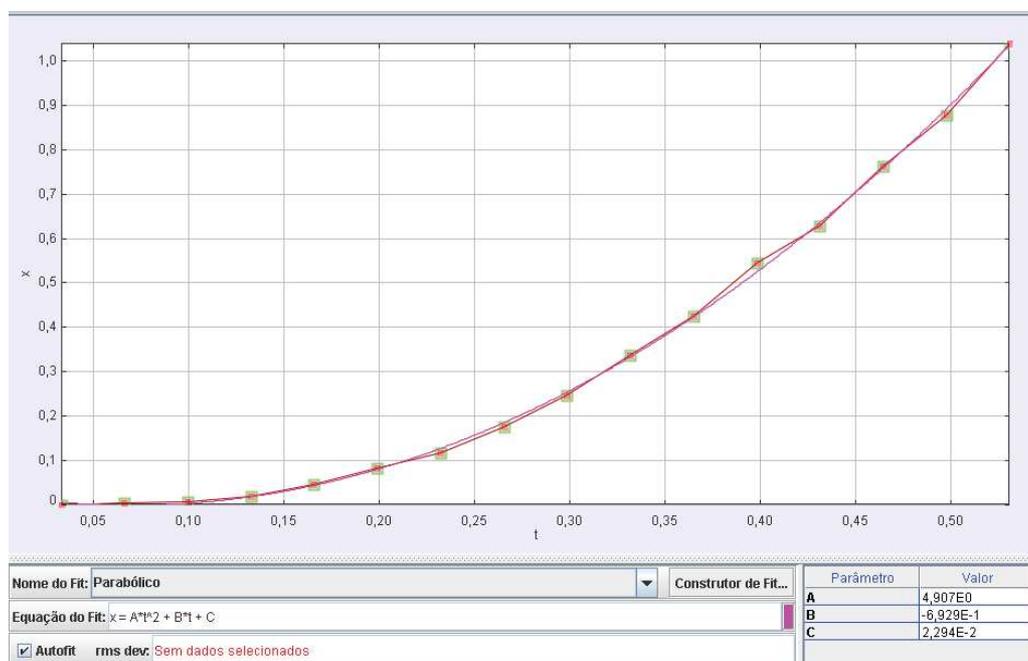
Gráfico 16: Gráfico dos alunos do 1º ano A



Fonte: Acervo pessoal.

Pelo Gráfico 16, conseguimos enxergar que a turma do 1º ano A encontrou um valor da aceleração gravitacional sendo  $g \approx 10,15 \text{ m/s}^2$ , carregando um valor absoluto de erro sendo de 3,5%. Isso quando consideramos que  $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ , valor bem aceitável ao que é descrito pela teoria, por possuir um erro menor que 5%.

Gráfico 17: Gráfico dos alunos do 1º ano B



Fonte: Acervo pessoal.

Pelo Gráfico 17, foi verificado que a turma do 1º ano B encontrou um valor da aceleração gravitacional sendo  $g \approx 9,81m/s^2$ , um valor com precisão de 0,1% ao encontrado na literatura.

A diferença de eixo dos gráficos descritos pelos Gráfico 16 e pelo Gráfico 17, ficou por conta do vídeo gravado pelo celular, já que para uma turma foi utilizado o vídeo de uma queda de grave, feita na casa do professor, e o outro foi realizado na escola.

As medidas podem ter saído com valores divergentes, devido à diferença de medidas realizadas em locais diferentes.

Nesse caso, as duas turmas, iriam encontrar uma aceleração gravitacional diferente uma da outra. A pergunta é se eles conseguiriam relacionar a gravidade com a aceleração de uma função horária da posição de um MRUV, caso este que alguns grupos conseguiram, como descrito no Gráfico 18:

Gráfico 18: Encontrando o valor da aceleração gravitacional



Fonte: Acervo pessoal.

Pelo Gráfico 18, é possível perceber que 67% dos grupos conseguiram, equiparando as duas equações do MRUV com a descrita pelo gráfico, sendo que a do Tracker tinha sido colocada no quadro, pois os alunos não conseguiam enxergar os valores descritos na tela do monitor usado na sala.

- *É possível “prever” a altura que um objeto vai estar depois de um tempo determinado de queda?*

Após a descrição da função posição de uma queda livre, espera-se que o aluno seja capaz de perceber a possibilidade de realizar estimativas e previsões dentro de um estudo científico.

Durante a aplicação do produto, os alunos foram unânimes em dizer que é possível conseguir prever onde um objeto vai estar. Pelo fato de os estudantes responderem que era possível prever o tempo de queda, demonstra que eles conseguiram enxergar que a ciência nos ajuda a prever alguns acontecimentos, sem ser por um fato de mágica, mas apenas nos baseando em estudos, mostrando que é possível fazer previsões utilizando ciência.

## 6.5 Aula 5

Na última aula, houve uma tentativa de verificar se os alunos perceberam a mudança de paradigmas, em relação ao conceito de quedas ao redor do tempo.

Aproveitando, na mesma aula foi feita uma autoavaliação, a fim de avaliar tanto o individual quanto o grupo, sendo analisado até mesmo a sequência de aulas. Este último fator serviu para documentar o interesse dos alunos nas aulas.

Essa avaliação foi feita de forma individual, o que nos ajuda a tirar um panorama maior da sala toda. Ela acaba tendo uma ponderação diferente, porque através dela espera-se que os alunos já tenham discutido todos os casos das aulas anteriores, e sendo individual, nos ajuda a avaliar melhor o pensamento próprio de cada aluno.

Por essa avaliação depender da historinha em quadrinhos, e os alunos não estarem com ela em mãos, visto que eram no máximo 15 grupos, ou seja, 15 historinhas impressas, e nessa aula se tinha 39 alunos respondendo o questionário. A fim de que os alunos se lembrassem, o professor leu toda a historinha para a turma.

Para descrever essa avaliação, serão colocadas em tópicos as perguntas levantadas, juntamente com o objetivo delas e os resultados obtidos na aplicação. Vale ressaltar que todos os questionamentos levantados em sala estão no Apêndice 1.

- *No decorrer das últimas aulas, é possível verificar uma mudança de pensamento sobre o movimento de queda? Descreva com suas palavras quais mudanças foram.*

Após o término da historinha em quadrinhos, espera-se que os alunos verifiquem que houve diversas teorias sobre a queda de graves e as descrevam.

Nessa pergunta, todos os alunos descreveram que houve uma mudança de pensamento, percebendo que ela aconteceu. Além disso, alguns alunos apresentaram como seria cada teoria. Por essa razão, os alunos alcançaram o objetivo de descrever as mudanças em relação ao pensamento de queda.

- *O tempo de mudança foi relativamente grande ou pequeno?*

Podemos destacar a essa interrogação, que mesmo que uma teoria tenha ficado por muito tempo como verdade em uma sociedade, ela pode não estar coerente com a realidade, ou seja, ela pode ser falseada, independentemente do tempo de predominância que tenha na sociedade.

Para que os alunos disponham de uma melhor percepção sobre a epistemologia científica, seria ideal de trabalhá-la juntamente com os professores de história e de filosofia.

Essa pergunta é um pouco complexa, pois o tempo é uma grandeza, e como toda grandeza, sempre será comparado a alguma outra unidade de medida. Nesse caso, essa mudança de pensamento foi rápida, se compararmos com o tempo da história da Terra, e foi demorada, se compararmos com o tempo das grandes descobertas, pós 1ª Revolução Industrial.

Para facilitar esse exemplo, espera-se que os alunos comparem com o tempo de uma vida humana, nesse caso, tivemos divergência de opiniões conforme o Gráfico 19:

Gráfico 19: Sobre o tempo de mudança de paradigma



Fonte: Acervo pessoal.

Segundo a percepção de 87% da turma, o tempo de quebra de paradigmas foi relativamente grande. Comparando-se com a idade deles, realmente foi muito grande, enquanto o restante relatou que o tempo foi pequeno.

- *A ciência é estática (o conhecimento científico não muda com o tempo) ou é dinâmica (o conhecimento pode mudar com o tempo, desde que consigamos aperfeiçoar uma teoria)?*

Essa pergunta, nos faz refletir sobre a natureza da ciência. Se ela for estática, não levará em consideração outras teorias, dando a entender que uma teoria está completamente correta, procurando sempre provar a exatidão da mesma.

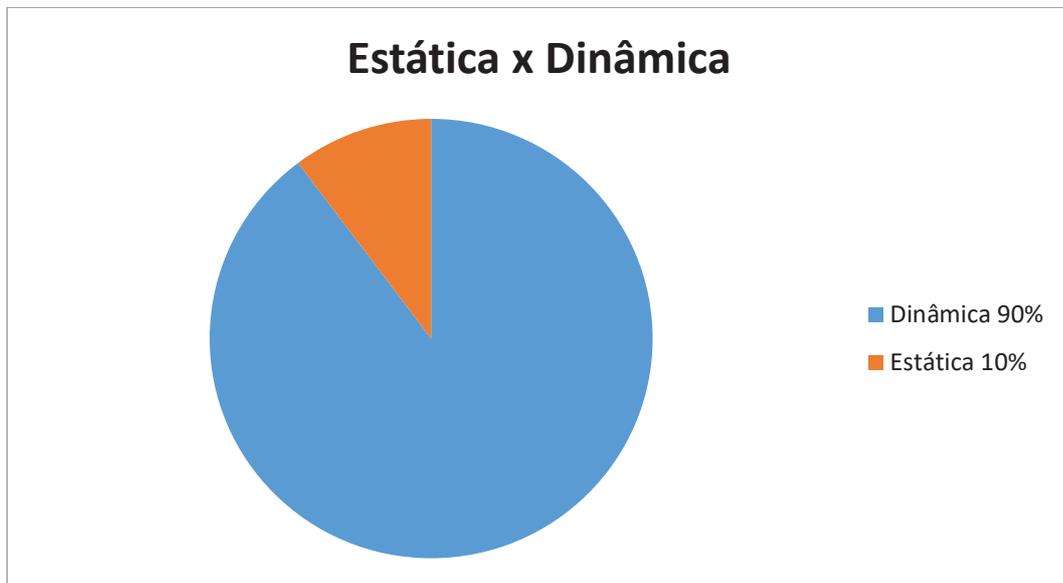
Se a ciência for dinâmica, ela pode levar em consideração outras teorias. Sendo que, ao invés de procurar provar que uma teoria aceita pela sociedade científica abrange um grande domínio de validação, ela procurará erros em relação à teoria inicial, ou uma nova teoria que abranja um domínio maior que a anterior. Essa procura tem como finalidade testar a teoria, fazendo com que ela sempre esteja sujeita a mudanças.

Saber que a ciência é dinâmica pode trazer uma maior confiabilidade na mesma. Fato dito, pois, a sociedade sabendo que se uma teoria é bem aceita no meio científico, significa que já tentaram a falsear e a mesma resistiu a esse falseamento.

Outro benefício de saber que a ciência é dinâmica, é a compreensão de que se uma teoria é aceita na sociedade científica, significa que abrange a máximo possível para a explicação de determinados fenômenos. Esse fato pode levar um indivíduo a tentar encontrar pontos nos quais consiga falsear uma teoria apresentada a ele. Desse modo, se torna um cidadão crítico em relação às teorias apresentadas.

Como resposta a essa pergunta, a grande maioria dos alunos descreveu que a ciência é dinâmica, além disso, eles ressaltaram a credibilidade da mesma. Podemos verificar essa teoria de acordo com o Gráfico 20:

Gráfico 20: Ciência dinâmica x Ciência estática



Fonte: Acervo pessoal.

No Gráfico 20, pode-se perceber que 90% dos alunos acreditam que a ciência é dinâmica, podendo ser descrita de acordo com os pensamentos do lugar e da época em que se está estudando tal conceito.

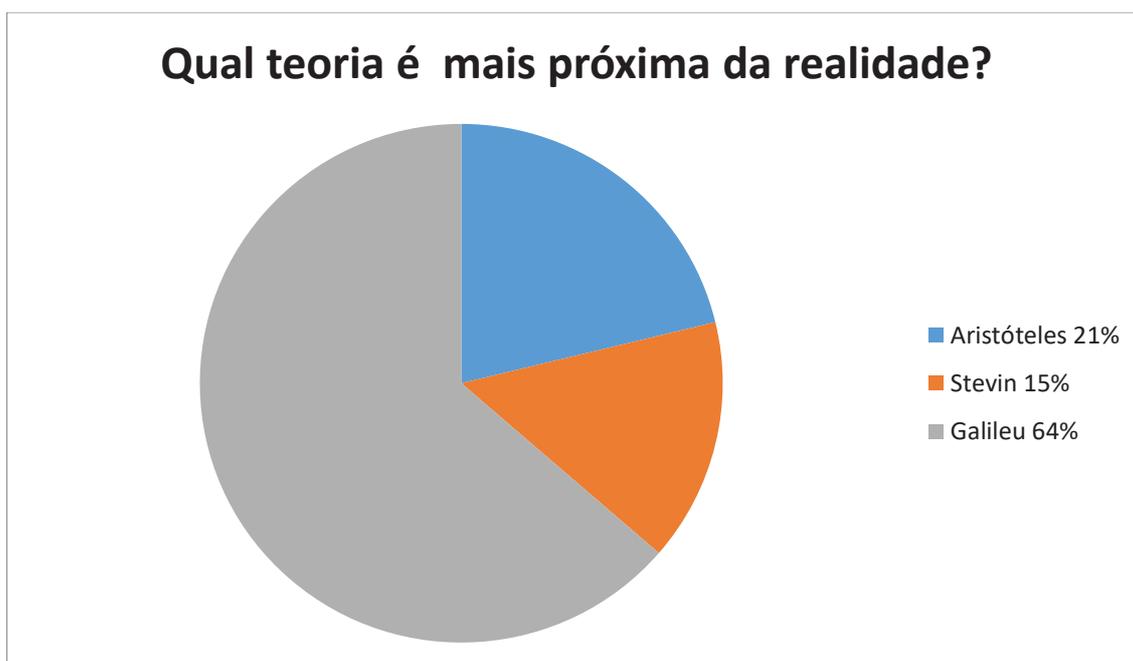
• *Em sua opinião, qual descrição sobre quedas está mais próxima da realidade? Por quê?*

O objetivo dessa pergunta era verificar qual teoria sobre quedas, estudadas em aula, os alunos achavam mais coerente.

Dentro dessa pergunta, os estudantes puderam responder de acordo com as quatro aulas anteriores, tendo como opção a visão aristotélica, a de Stevin e a de Galileu. Nesse caso, espera-se que os alunos escolham a visão de Galileu, pois lhes foram apresentados argumentos e experiências que demonstram inexatidões nas teorias aqui atribuídas a Aristóteles e a Stevin.

Diferente das indagações anteriores, podemos verificar que nessa não houve uma unanimidade de pensamento, fato que pode ser observado no Gráfico 21:

Gráfico 21: Qual teoria é mais próxima da realidade



Fonte: Acervo pessoal.

Pelo Gráfico 21, podemos verificar que apenas 65% dos alunos responderam favorável à teoria de queda de graves de Galileu, a qual, dentre as abordadas em aula, é a mais aceita no ponto de vista científico.

O fato de 21% dos alunos terem relatado que a teoria de Aristóteles mais se aproximava da realidade, talvez, possa ser explicado pelo fato de eles ouvirem esse nome nas aulas de filosofia.

Já no caso de 15% dos alunos colocarem que a mais próxima da realidade seria a teoria de Stevin, nos demonstra que 35% dos alunos responderam que algumas teorias, as quais foram falseadas em sala, parecessem mais coerentes. Esse fato pode ser explicado pelo fato de que os alunos não estavam com a historinha em mãos, podendo ter confundido as teorias.

Também reforça o fato de se ter uma porcentagem considerável, pois foram as primeiras respostas individuais de cada aluno, visto que as outras partes do trabalho foram em grupo.

- *O que você achou das últimas aulas?*
- *O que pode ser feito para melhorá-las?*
- *Avaliando a historinha, qual nota você daria de 0 a 10?*

Essas três perguntas servem para ajudar em aplicações futuras e para moldar as aulas da sequência do ano. Com uma boa aceitação e uma boa compreensão dos conteúdos trabalhados, significa que se pode estar no caminho correto para uma boa sequência didática.

Em relação à pergunta de “O que você achou das últimas aulas?” foram divididas as respostas em cinco tipos: Excelente, Boa, Média, Ruim e Péssima. As respostas as descreveram como de Média a Boa, como descrito no Gráfico 22:

Gráfico 22: Avaliação das aulas



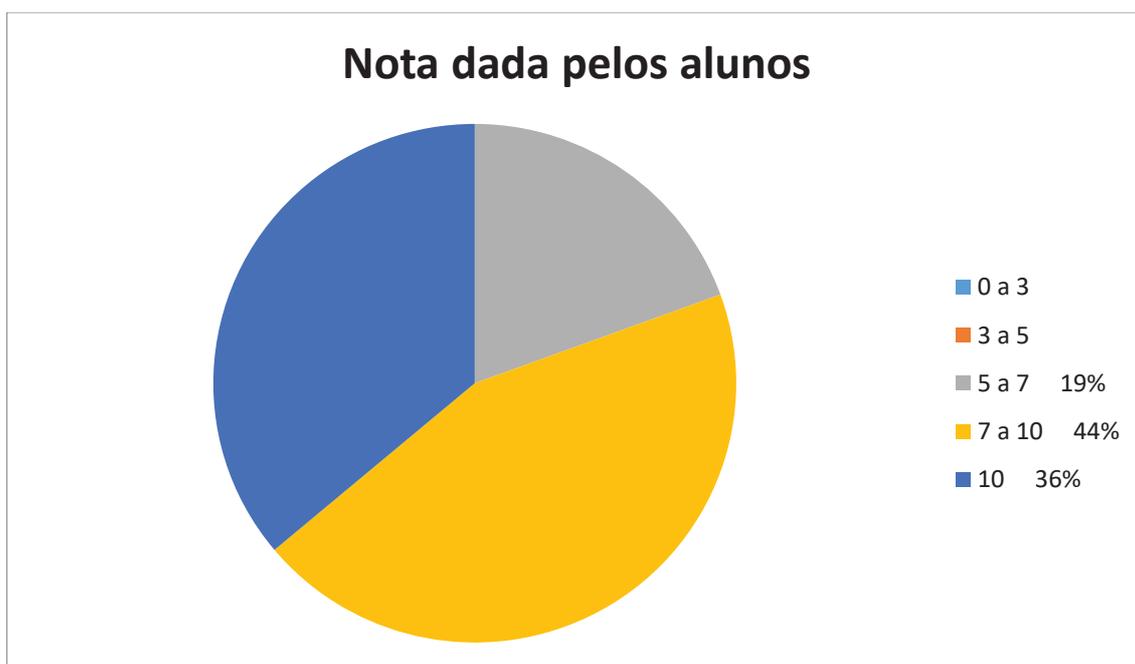
Fonte: Acervo pessoal.

O fato de 91% dos alunos terem respondido que as aulas foram boas, na concepção deles, se deve pela razão de terem visto a historinha em quadrinho. O que demonstra que o uso de recursos audiovisuais ajuda no interesse dos alunos pela aula.

Quanto à segunda pergunta, quatro alunos ressaltaram que poderia ser melhorado a questão da disciplina em sala de aula, não só nesse tipo de atividade, mas para todas as atividades dadas no ano.

Em relação à pergunta “Avaliando a historinha, qual nota você daria de 0 a 10?”, dividimos as notas cinco partes, e isso demonstrou que o produto parece estar no caminho correto. Podemos verificar essas notas no Gráfico 23:

Gráfico 23: Nota dada pelos alunos



Fonte: Acervo pessoal.

Pelo Gráfico 23, pode perceber que houve uma aceitação por parte dos alunos em relação à historinha em quadrinhos, pois 36% dos alunos deram nota máxima, 44% deram notas entre 7 e 10 e outros 19% deram notas entre 5 e 7.

Por serem valores bastante aceitáveis, demonstra que houve um pequeno interesse por parte dos alunos em relação ao uso da historinha em quadrinhos no ensino do conteúdo.

## 7 CONCLUSÃO

Após a apresentação de todas as partes do produto ao qual essa dissertação se refere, deseja-se, através desse capítulo, fazer uma reflexão sobre o alcance dos objetivos nas atividades trabalhadas, e como elas tiveram influência na sequência do ano letivo e na pedagogia do professor autor.

Antes de se fazer uma análise sobre os alunos terem alcançado os objetivos cognitivos tratados nessa dissertação, vale ressaltar que todo resultado a ser analisado passa a ser de modo predominantemente especulativo. Isso porque, mesmo que os alunos tenham descrito os resultados esperados, não significa que eles aprenderam tal conteúdo. Ao responder uma questão, eles podem apenas descrever aquilo que pensam que o professor concorde estar certo, não aquilo que eles pensam ser o certo.

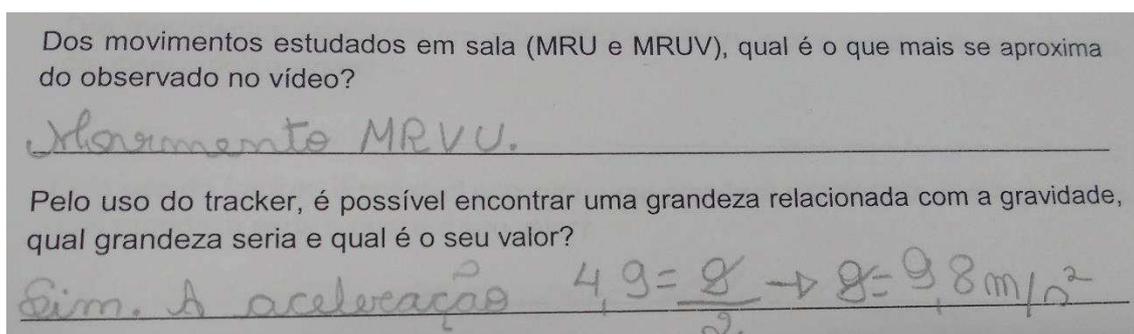
Pelos motivos descritos acima, a conclusão a ser feita sobre os dados apresentados no capítulo anterior servirá apenas como um indicador sobre o fato de que os alunos podem ter alcançado os objetivos desse trabalho. Além desses dados, podemos levar em consideração o prosseguimento do ano letivo dos alunos juntamente com a vivência em sala de aula, nos demonstrando indicadores de aprendizagem mais confiáveis.

Quanto às metas a serem alcançadas neste trabalho, e toda a base teórica de como se pretendia alcançá-las, podem ser verificadas no capítulo 3 dessa dissertação.

Em relação aos objetivos que tangem às competências de compreensão das descrições do movimento de queda (descritas na taxionomia de Blomm, na página 49 dessa dissertação), embora os alunos não tivessem feito uma conexão entre o personagem e sua descrição, os mesmos conseguiam descrever as diferentes visões sobre o tema. Foi possível observar isso através das discussões feitas em sala de aula e também através das respostas dos estudantes da atividade, colocadas no Apêndice 1.

Como um dos principais objetivos do trabalho era que, através da atividade descrita pelo uso da HFC, os alunos pudessem verificar diversas teorias sobre quedas e, através dessa verificação, comparassem um caso específico de queda (que seria a queda-livre) com um tipo de movimento estudado em sala de aula, acredita-se em um êxito demonstrado na Figura 18:

Figura 18: Resposta de aluno



Fonte: Acervo pessoal.

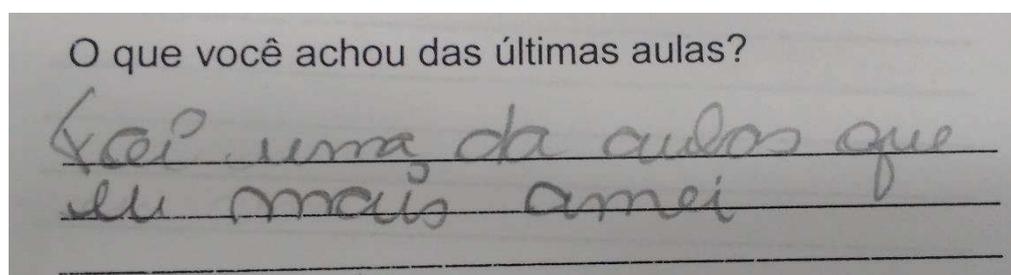
Como apresentado pela Figura 18, acredita-se que os alunos conseguiram, além de compreender a teoria sobre quedas, analisar, ou seja, comparar a teoria com o que eles já tinham visto anteriormente, fato que exige uma maior habilidade segundo a taxionomia de Blomm.

Mediante esses fatores, no que está relacionado aos objetivos didáticos, podemos considerar que o trabalho atingiu o sucesso, embora não tenha conseguido uma eficácia de 100% da turma, pois cada aluno possui uma forma e um tempo certo para aprender.

Em relação à prática das aulas do professor autor, houve uma mudança, tanto em suas práticas didáticas, ao procurar um número maior de ferramentas para o ensino, quanto na própria visão dos alunos em relação à aula.

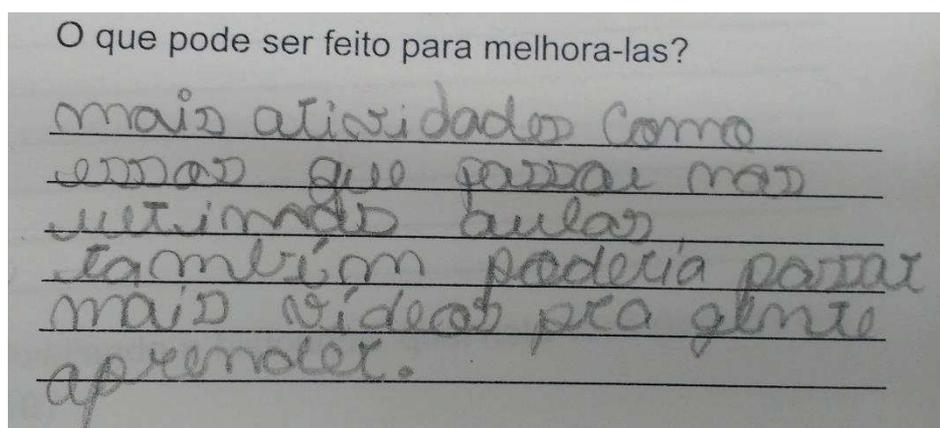
Tais mudanças podem ser verificadas através de fala de alunos durante o ano, como uma aluna da turma do 1º ano A, que relatou achar o professor insuportável no começo do ano e depois da metade do período passou a gostar de suas aulas. Em relação ao gosto dos alunos pela prática em sala de aula, pode ser verificada também pelas imagens abaixo, que como dito anteriormente, embora possam não ser fontes muito confiáveis, apresentam algo que os alunos pensam. Podemos olhar essas respostas na Figura 19 e na Figura 20:

Figura 19: Resposta de um aluno em relação às aulas



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 20: Crítica de aluno em relação à aula



Fonte: Acervo pessoal.

Mediante as falas demonstradas na Figura 19 e na Figura 20, e também pela fala dos alunos no decorrer do ano, pode-se verificar um maior interesse dos estudantes pelas aulas de física no ano letivo e, conseqüentemente, pelo conteúdo, o que facilita a aprendizagem significativa. É possível afirmar tal ponte, pelo o que relata o prof. Dr. Marco Antônio Moreira, em que diz que para que haja uma aprendizagem significativa, é necessário que o aluno tenha interesse pelo conteúdo (Moreira, 2006)

Vale ressaltar que a atividade proposta foi realizada com uma realidade específica, que traz seus próprios desafios e suas dificuldades. Portanto, ao tentar utilizá-la, é recomendado que o professor preste atenção nos objetivos aos quais ela visa atender, para que possa ser eficaz.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. W. (2001). *A taxonomy for learning teaching and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Education Objectives*. Nova York: Addison Wesley Longman.
- BEZERRA JR., A., LENZ, J. A., FLORCZAK, M. A., SAAVEDRA FILHO, N., & GARCIA, V. G. (2012). *Uso de Videoanálise no Ensino de Mecânica em Cursos de Engenharia: o Software Livre Tracker*. Belem.
- BONJORNO, J., RAMOS, C., PRADO, E., BONJORNO, M., CASEMIRO, R., & BONJORNO, R. D. (2016). *Física: Mecânica, 1ª ano*. São Paulo: FTD.
- BRASIL. (2018). *Base Nacional Curricular Comum*. Brasília: Ministério da Educação.
- BROWN, D., HANSON, R., & CHRISTIAN, W. (21 de Janeiro de 2020). *Tracker: Video Analysis and Modelling Tool*. Fonte: Site do Tracker: <https://physlets.org/tracker/>
- CASTRO, R. (2016). Investigando as contribuições da Epistemologia e da História da Ciência no ensino das Ciências: de volta ao passado. Em S. Gastti, & R. Nardi, *A História e a Filosofia da Ciência no ensino de ciências: A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula*. São Paulo: Escrituras Editora.
- CASTRO, R. S., & CARVALHO, A. M. (DEZEMBRO DE 1992). História da Ciência: Investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno catarinense de Ensino de Física*, 9(3), 225-237.
- CHICÓRA, T., & CAMARGO, S. (3 a 6 de Julho de 2017). As histórias em quadrinhos no Ensino de Física: uma análise das produções acadêmicas. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.
- CLAGETT, M. (1964). *Nicole Oresme and medieval scientific thought* (Vol. 108). Philadelphia: Proceedings of the american philosophical society.
- COHEN, I. B. (1992). *O nascimento de uma nova física*. Lisboa: Gradiva.
- COSTA, M. (7 de Abril de 2019). *TechTudo*. Disponível em Site do TechTudo: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2019/04/como-fazer-historia-em-quadrinhos-com-o-pixton.ghtml>>. Acesso em 21 jan. 2020.
- COZINHA, A. (20 de Abril de 2020). *Omelete*. Disponível em Omelete: <<https://www.omelete.com.br/marvel-cinema/vingadores-ultimato-endgame/vingadores-ultimato-10-maiores-bilheterias-da-historia#4>>. Acesso em 21 jan. 2020.

- DESCONHECIDO. (9 de 12 de 2018). *Wikipedia*. Disponível em Wikipedia: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Jo%C3%A3o\\_Filopono](https://pt.wikipedia.org/wiki/Jo%C3%A3o_Filopono)>. Acesso em: 13 nov. 2019.
- DUHEM, P. (1958). *Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Aristote*. Romania: Tome 79 n°316.
- ÉVORA, F. R. (1993). *A revolução copernicano-galileana. Vol. I - Astronomia e cosmologia pré-galileana*. 2ª ed. Campinas: UNICAMP.
- FACCIO, M., DARROZ, L. M., ROSA, C. T., & KRUMMENAUER, W. L. (2019). Força e movimento: concepções alternativas no Ensino Superior. *Educar Mais*, 173-191.
- FORATO, T. C., PIETROCOLA, M., & MARTINS, R. D. (abril de 2011). Historiografia e Natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59.
- FRATESCHI, T. S., SILVA, R. L., & CARVALHO, A. M. (2011). *Ensino de Ciências*. São Paulo: Cengage do Brasil.
- HUGGETT, N. (2004). Zeno's Paradoxes. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- LUCIE, P. (1997). *A gênese do método científico*. Rio de Janeiro: Edições Campus.
- MARTINS, A. F. (2007). História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de física*, 24(1), 112 - 131.
- MATTHEWS, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. Trad. Claudia Mesquita de Andrade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214.
- MOREIRA, M. A. (1999). Teorias de aprendizagem. *São Paulo, EPU*.
- MOREIRA, M. A. (2006). A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala.
- NUSSENZVIG, H. M. (2002). *Curso de Física Básica/ H. Moysés Nussenzveig*. São Paulo: Edgar Blucher.
- PEDUZZI, L. O. (1996). Física Aristotélica: Por que não considerá-la no ensino da mecânica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 48-63.
- RAMA, A., VERGUEIRO, W., BARBOSA, A., RAMOS, P., & VILELA, T. (2004). *Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula*. São Paulo: Editora Contexto.
- REZENDE, E. P., & RODRIGUES, S. J. (2018). *A noção de inércia em Galileu Galilei*. Dissertação (Dissertação em filosofia) - Universidade de Brasília, Filosofia. Brasília: et al.
- SALMON, W. (1998). *A contemporary Look at Zeno's Paradoxes: An Excerpt from Space, Time and Motion, in Metaphysics: The Big Questions, van Enwagen and Zimmerman (Eds)*. Malden, MA: Blackwell Publishers Ltd.

SILVEIRA, F. L. (14 de 11 de 2019). *Pergunte ao Cref*. Disponível em CREF: <<https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=terra-plana-respostas-ao-jornal-zero-hora>>.

Acesso em 13 nov. 2019.

SILVEIRA, F., MOREIRA, M. A., & AXT, R. (1992). Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, 187-194.

## **Produto Educacional**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência.

Aos meus pais, pelo suporte, apoio e motivação constante

Ao meu irmão Marcelo, pelo incentivo em continuar.

Ao meu orientador, Wilson de Souza Melo, pela orientação, competência, profissionalismo, apoio e dedicação para a montagem do trabalho

Aos amigos do mestrado, por estarem compartilhando das minhas dificuldades, tanto na vida profissional quanto acadêmica.

Aos alunos que participaram dessa pesquisa. Meu muito obrigado

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## Introdução

Esse produto, se trata de uma sequência didática, dividida em 5 aulas, trabalhando o tema de quedas. Tendo como divisão que as quatro primeiras aulas requerem que os alunos façam um trabalho em grupo e a última seria feita de maneira individual.

A razão de pedir, um trabalho em grupo, é necessária para que os próprios discentes discutam a respeito do tema e cheguem a um consenso em relação as questões norteadoras do mesmo.

Nas três primeiras aulas, os alunos terão que ler uma pequena história em quadrinhos e após a leitura, eles responderão as perguntas norteadoras do trabalho. Na quarta aula, será repassado vídeos e simulações com outras questões a serem respondidas de acordo com o consenso do grupo. E na quinta e última aula, algumas questões a serem respondidas individualmente.

Como essa sequência, utilizará historinhas em quadrinhos, será necessário imprimir, se a mesma for trabalhada de forma presencial. Mas antes de imprimir a historinha em quadrinhos, é sugerido que se faça uma capa com o logo da escola, separando os nomes e turma dos alunos.

É aconselhável imprimir cada aula de forma separada e à medida que for utilizando, grampear cada historinha junto com o texto, a fim de que o aluno consiga ler a historinha e pode rever a historinha e as perguntas das aulas anteriores. Por essa razão, é aconselhável que à medida que os alunos respondam cada questão, o professor risque a parte que está em branco e deixe bem claro que a avaliação será dada mediante a participação das aulas e não mediante a exatidão das respostas dos alunos, para assim não haver adulteração.

As historinhas em quadrinhos foram montadas no endereço eletrônico <https://www.pixton.com/>

Para uma melhor utilização dessa sequência, é aconselhável a instalação do aplicativo Tracker em um computador a qual possa ser vista por toda turma, pois durante a sequência, será necessária uma simulação de queda, a fim de que se tenha uma melhor visualização do movimento estudado. O programa pode ser baixado gratuitamente da internet através do link: <https://physlets.org/tracker/>

## Objetivos

Essa sequência didática tem como objetivos que os alunos:

### Objetivos Gerais

- Abandonem possíveis conceitos aristotélicos sobre queda livre, próxima a superfície da terra, e reflitam sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda.
- Vislumbrem a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias, a fim de se desenvolver um pensamento crítico.

### Objetivos específicos

- Analisem a teoria sobre quedas de acordo com o pensamento Aristotélico e verifiquem incoerências no mesmo.
- Investiguem a teoria de que independente de sua massa, todos os objetos caem ao mesmo tempo e descubram possíveis falhas.
- Expliquem que a interação do objeto com o ar, no momento de queda, causa uma desaceleração no movimento.
- Comparem a teoria de Galileu sobre quedas com movimentos de queda de objetos que possuam diferentes massas, mas sem a resistência do ar.
- Usem o conhecimento sobre quedas sem resistência do ar para calcular o tempo de queda de um objeto em queda livre na superfície da Terra.

## Plano de aula / Aula 1

**Tema:** Apresentação do conhecimento sobre quedas de Aristóteles.

**Duração:** 50 minutos.

### Objetivos Gerais

- Abandonem possíveis conceitos aristotélicos sobre queda livre, próxima a superfície da terra, e reflitam sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda.
- Vislumbrem a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias, a fim de se desenvolver um pensamento crítico.

### Objetivos específicos

- Analisem a teoria sobre quedas de acordo com o pensamento Aristotélico e verifiquem incoerências no mesmo.

### Desenvolvimento:

Peça para que os alunos se dividam em grupos. O número de alunos por grupo dependerá do número de alunos por sala. O ideal são três alunos por grupo, mas se a sala tiver mais de 30 alunos, faça com 4 ou mais pessoas por grupo, pois nesse trabalho é interessante uma boa interação do professor com os grupos.

Leia a historinha com os alunos, peça que eles leiam o papel de cada personagem na historinha.

Leia as perguntas com os alunos, para tirar qualquer dúvida de interpretação das perguntas. Ande pela sala após os alunos começarem a atividade, pois dúvidas podem surgir e muitos tem vergonha de perguntar na frente da sala inteira.

Peça que os alunos respondam a caneta, pois inicialmente essa folha não será corrigida e estará com eles na aula seguinte, a qual eles podem mudar de opinião e conseqüentemente alterar a resposta da aula anterior.

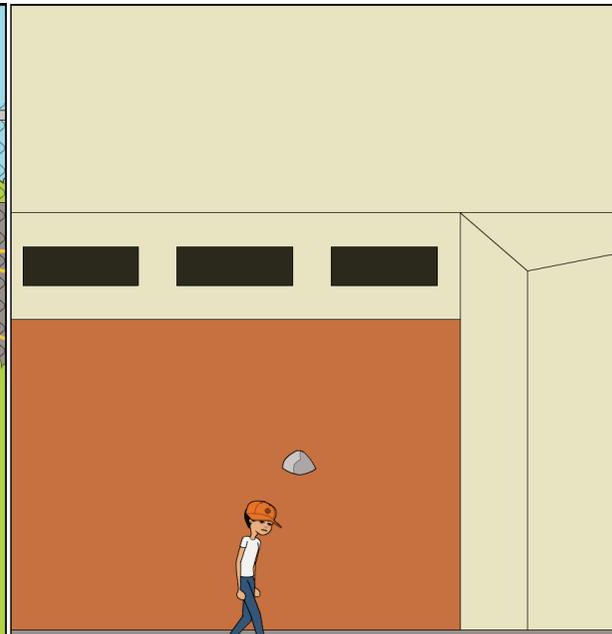
Como a atividade é pequena, ao término de cada grupo, interajam com cada grupo indagando-os sobre suas respostas, sem o corrigi-los, porque em alguns grupos eles deixaram apenas uma pessoa fazer sem discutir a questão, lembre-se que a interação social é de fundamental importância na aprendizagem.

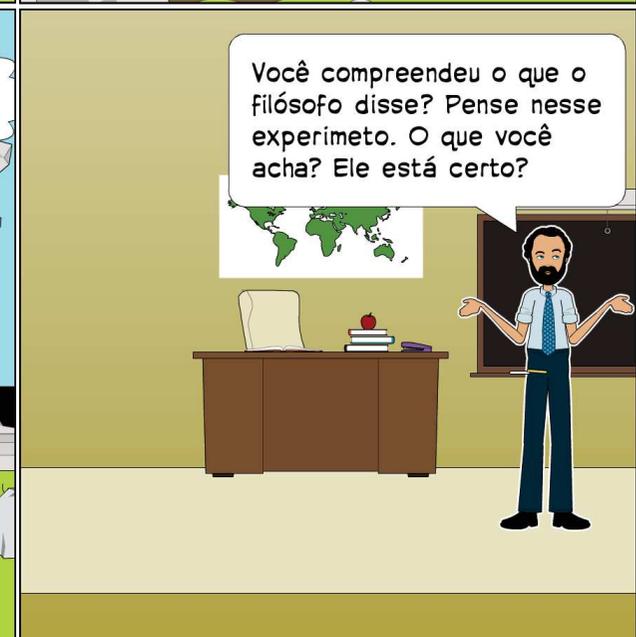
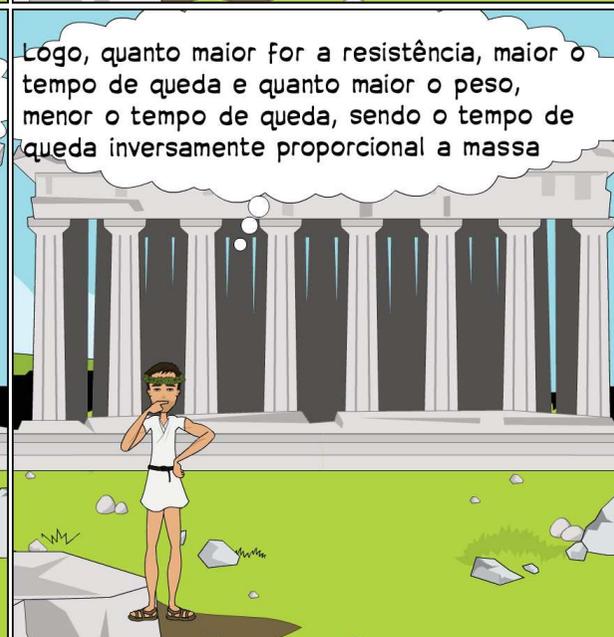
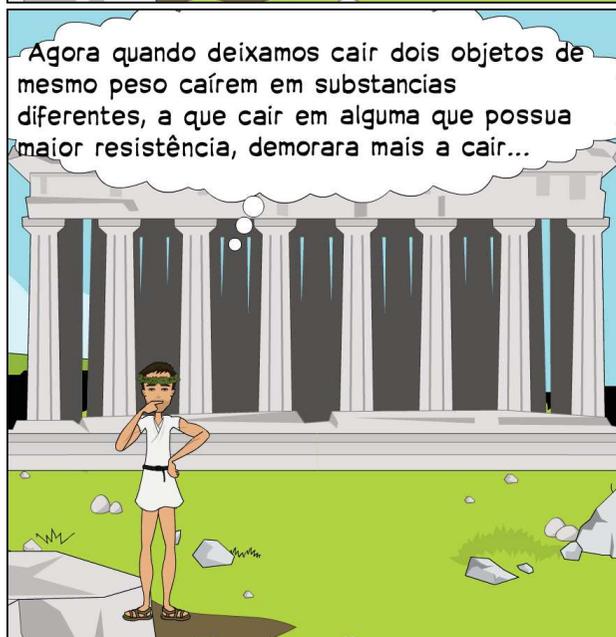
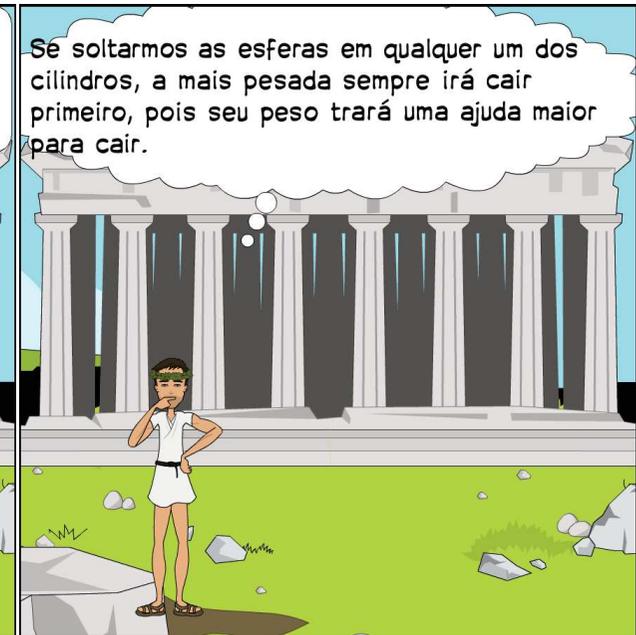
Cada grupo tem seu tempo de resposta, para não haver muita dispersão dos alunos mais rápidos em terminar a tarefa, talvez seja melhor trazer alguma outra atividade para eles fazerem.

### Materiais/Equipamentos:

- Historinha em quadrinhos
- Quadro e giz

**Avaliação:** Toda avaliação será dada pela participação dos alunos em sala e pelas respostas dadas as questões







Segundo o pensamento aristotélico, ele afirma que: *“Se forem deixadas cair simultaneamente bolas de 1 kg e de 10 kg, a bola de 10 kg atingirá o chão primeiro, levando a bola de 1 kg dez vezes mais o tempo num percurso idêntico”*

O que você acha?

Responda as questões, de acordo com o que você pensa:  
Descreva com suas palavras o que você entendeu das palavras do filósofo.

---

---

---

Por que os objetos ao serem soltos, caem?

---

---

Você acha que quanto mais pesado for um objeto, o tempo de queda será inversamente proporcional, ou seja, um objeto de 200 kg cai duas vezes mais rápido que um de 100 kg?

---

---

O meio em que um objeto cai, interfere no tempo de queda?

---

---

Se a resposta anterior foi sim como ele irá interferir?

---

---

O peso de um objeto, sempre irá interferir no tempo de queda?

---

---

Se a queda acontecer em outro lugar sem ser no planeta Terra, pode-se esperar o mesmo resultado?

---

---

## Plano de aula / Aula 2

**Tema:** Apresentação do conhecimento sobre quedas de Stevin.

**Duração:** 50 minutos.

### Objetivos Gerais

- Abandonem possíveis conceitos aristotélicos sobre queda livre, próxima a superfície da terra, e reflitam sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda.
- Vislumbrem a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias, a fim de se desenvolver um pensamento crítico.

### Objetivos específicos

- Investiguem a teoria de que independente de sua massa, todos os objetos caem ao mesmo tempo e descubram possíveis falhas.

### Desenvolvimento:

Grampeie a segunda parte da sequência com a da aula anterior.

Peça para que os alunos se dividam nos mesmos grupos da aula anterior

Se aparecer algum aluno que não veio na aula anterior, se não for possível juntar os ausentes em si, junte eles com algum outro grupo que esteja com menos pessoas

Leia a historinha com os alunos, peça que eles leiam o papel de cada personagem na historinha.

Leia as perguntas com os alunos, para tirar qualquer dúvida de interpretação das perguntas. Ande pela sala após os alunos começarem a atividade, pois dúvidas podem surgir e muitos tem vergonha de perguntar na frente da sala inteira.

É sugerido que os alunos façam a experiência de deixar cair dois graves juntos, você pode levar duas bolinhas juntas, uma bolinha de gude e uma bolinha pula-pula, para cada grupo, além disso, você pode levar bolinhas de isopor, plástico, madeira e realizar a experiência de maneira demonstrativa, assim quando os alunos forem preencher o mini relato de experiência, você pode escrever em parte com eles, deixando principalmente os dados observados e a conclusão por conta deles.

Procurando uma devida autorização, filme algum aluno deixando cair algum grave que você trouxe, a fim de se utilizar na quarta aula, explique toda a situação tanto para o aluno tanto para a turma, lembre-se de emitir algum bilhete para o responsável, a fim de se evitar qualquer problema. Essa filmagem não é obrigatória, é apenas para os alunos se sentirem cada vez mais participante da aula, você pode filmar a si mesmo soltando os graves em outro ambiente.

Não esqueça de quando for fazer a filmagem marcar uma altura de um objeto, que esteja na mesma distância horizontal que o grave, a fim de utilizá-la como referência.

Peça que os alunos respondam a caneta, pois inicialmente essa folha não será corrigida e estará com eles na aula seguinte, a qual eles podem mudar de opinião e conseqüentemente alterar a resposta da aula anterior.

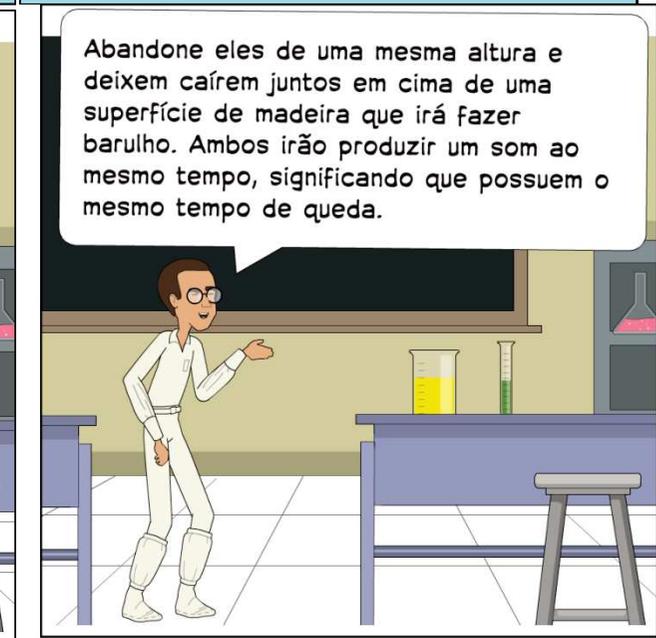
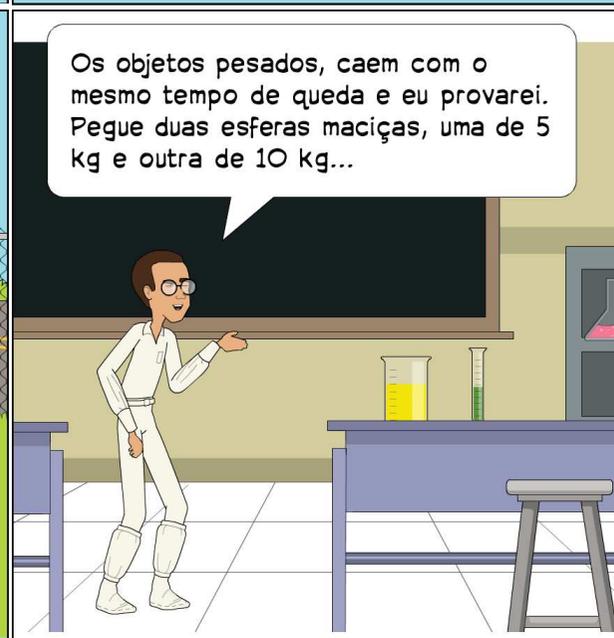
Como a atividade é pequena, ao término de cada grupo, interajam com cada grupo indagando-os sobre suas respostas, sem o corrigi-los, porque em alguns grupos eles deixaram apenas uma pessoa fazer sem discutir a questão, lembre-se que a interação social é de fundamental importância na aprendizagem.

Cada grupo tem seu tempo de resposta, para não haver muita dispersão dos alunos mais rápidos em terminar a tarefa, talvez seja melhor trazer alguma outra atividade para eles fazerem.

**Materiais/Equipamentos:**

- Historinha em quadrinhos
- Quadro e giz

**Avaliação:** Toda avaliação será dada pela participação dos alunos em sala e pelas respostas deles às questões no final da aula





Segundo as palavras de Simon Stevin ele diz:

*“A experiência contra Aristóteles é a seguinte: tomemos (como o muito sábio Mr. Jan Cornets de Groot, o mais laborioso investigado dos segredos da natureza, e eu próprio fizemos) duas esferas de chumbo, uma das quais dez vezes maior e mais pesada do que a outra: deixamo-las cair simultaneamente de uma altura de 30 pés sobre uma mesa ou qualquer superfície na qual produzam som perceptível. Resultará que a esfera mais leve não demorará no seu percurso dez vez mais que a mais pesada: ambas cairão juntas sobre a mesa, tão simultaneamente que os dois sons confundir-se-ão como se resultantes de uma e uma mesma colisão”*

Você concorda com ele?

Responda as questões, de acordo com o que você pensa:  
Descreva com suas palavras o que você entendeu das palavras do cientista.

---

---

---

Vamos verificar

OBJETIVO:

---

---

MATERIAIS:

---

---

DESENVOLVIMENTO:

---

---

---

DADOS Observados:

---

---

CONCLUSÃO:

---

---

---

Você acha que quanto mais pesado for um objeto, menor será o tempo de queda?

---

---

O peso de um objeto, sempre irá interferir no tempo de queda?

---

Se a queda acontecer em outro lugar sem ser no planeta Terra, pode-se esperar o mesmo resultado?

---

---

### Plano de aula / Aula 3

**Tema:** Apresentação do conhecimento sobre quedas de Galileu Galilei

**Duração:** 50 minutos.

#### Objetivos Gerais

- Abandonem possíveis conceitos aristotélicos sobre queda livre, próxima a superfície da terra, e reflitam sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda.
- Vislumbrem a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias, a fim de se desenvolver um pensamento crítico.

#### Objetivos específicos

- Expliquem que a interação do objeto com o ar, no momento de queda, causa uma desaceleração no movimento.
- Comparem a teoria de Galileu sobre quedas com movimentos de queda de objetos que possuam diferentes massas, mas sem a resistência do ar.

#### Desenvolvimento:

Grampeie a terceira parte da sequência com a das aulas anteriores.

Peça para que os alunos se dividam nos mesmos grupos das aulas anteriores

Leia a historinha com os alunos, peça que eles leiam o papel de cada personagem na historinha.

Leia as perguntas com os alunos, para tirar qualquer dúvida de interpretação das perguntas. Ande pela sala após os alunos começarem a atividade, pois dúvidas podem surgir e muitos tem vergonha de perguntar na frente da sala inteira.

É sugerido que os alunos façam a experiência de deixar cair uma bolinha de papel e uma folha, com e sem um caderno embaixo deles, a fim de representar uma queda com e sem resistência do ar. Peça aos alunos para fazerem a experiência e preencham o relatório. Nesse relatório, descreva com eles somente o objetivo, mas explique toda a experiência.

Peça que os alunos respondam a caneta, pois inicialmente essa folha não será corrigida e estará com eles na aula seguinte, a qual eles podem mudar de opinião e conseqüentemente alterar a resposta da aula anterior.

Como a atividade é pequena, ao término de cada grupo, interajam com cada grupo indagando-os sobre suas respostas, sem o corrigi-los, porque em alguns grupos eles deixaram apenas uma pessoa fazer sem discutir a questão, lembre-se que a interação social é de fundamental importância na aprendizagem.

Cada grupo tem seu tempo de resposta, para não haver muita dispersão dos alunos mais rápidos em terminar a tarefa, talvez seja melhor trazer alguma outra atividade para eles fazerem.

**Materiais/Equipamentos:**

- Historinha em quadrinhos
- Quadro e giz

**Avaliação:**

Toda avaliação será dada pela participação dos alunos em sala e pelas respostas deles às questões no final da aula





Segundo João Filópono temos:

*“Se deixar cair, da mesma altura, dois pesos, um dos quais muitas vezes mais pesado do que o outro, não observará que a razão dos tempos requeridos para o movimento depende da razão dos pesos, mas sim que a diferença dos tempos é muito pequena. E assim, se a diferença dos pesos não é considerável, isto é, se um é, digamos, duplo do outro, não haverá diferença, ou melhor, haverá uma diferença imperceptível nos tempos, ainda que a diferença de pesos não seja desprezável, pois um corpo pesa o dobro do outro.”*

*Segundo Galileu Galilei a queda pode ser descrita*

*“Mas eu [...] que realizei a experiência, posso assegurar que uma bala de canhão de 100 ou 200 libras de peso, ou mesmo mais, não atingirá o solo muito antes da bala de um mosquete, com o peso de meia onça, desde que ambas sejam deixadas cair de uma altura de 200 braças[...] a maior adianta-se à pequena em cerca de duas polegadas, ou seja, quando a maior tinge o solo, a outra encontra-se a duas polegadas de altura.”*

OBJETIVO:

---

---

MATERIAIS:

---

---

DESENVOLVIMENTO:

---

---

---

DADOS Observados:

---

---

---

CONCLUSÃO:

---

---

---

Descreva com suas palavras o que João Filópono disse:

---

---

---

Descreva com suas palavras o que Galileu Galilei disse:

---

---

---

Por que há diferença no tempo de queda de dois objetos?

---

---

---

É possível que dois objetos possam cair juntos, se abandonados da mesma altura, mas com pesos completamente diferentes?

---

---

## Plano de aula / Aula 4

**Tema:** Consolidação do conhecimento sobre quedas de Galileu Galilei

**Duração:** 50 minutos.

### Objetivos Gerais

- Abandonem possíveis conceitos aristotélicos sobre queda livre, próxima a superfície da terra, e reflitam sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda.
- Vislumbrem a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias, a fim de se desenvolver um pensamento crítico.

### Objetivos específicos

- Comparem a teoria de Galileu sobre quedas com movimentos de queda de objetos que possuam diferentes massas, mas sem a resistência do ar.
- Usem o conhecimento sobre quedas sem resistência do ar para calcular o tempo de queda de um objeto em queda livre na superfície da Terra.

### Desenvolvimento:

Grampeie a terceira parte da sequência com a das aulas anteriores.

Peça para que os alunos se dividam nos mesmos grupos das aulas anteriores

Lembre-se de levar um notebook e um projetor multimídia, podendo ser uma televisão da escola ou o chamado Datashow.

Antes de começar a aula, deixe seu computador em modo de suspensão e abra tanto o vídeo de queda livre: <https://www.youtube.com/watch?v=cqp2g2l7OiM> quanto o tracker. Lembre-se de preparar o vídeo gravado da segunda aula com os pontos pré-definidos, a fim de se economizar tempo.

Após a exibição do vídeo, leia com os alunos a 1ª e a 2ª pergunta e peça a eles para responderem. Enquanto eles respondem, abra o vídeo separado para aquela turma utilizando o tracker;

Para conseguir utilizar o tracker corretamente é recomendado o acesso ao site <http://trackernoensinodafisica.blogspot.com/p/tutoriais.html>, nele você terá um norte de como baixar e utilizar o aplicativo.

Para essa sequência, antes de entrar em sala, você deverá demarcar o movimento de queda de um grave, já gravado anteriormente em sala de aula, não esquecendo de demarcar a altura do objeto e referência.

Durante a aula você abre o vídeo já demarcado coloca o vídeo pra rodar, mostra que as marcações são os pontos que o grave percorreu, após isso pede para o aplicativo plotar um gráfico e

coloque para traçar uma curva semelhante a uma parábola. Talvez, os coeficientes da função do 2º grau, fiquem pequenos para os alunos conseguirem enxergarem, vale a pena escreve-los no quadro, com a equação já armada.

Após essa exibição, leia o restante das questões com os alunos e verifiquem as respostas deles.

Lembre-se de acompanhar grupo por grupo, a fim de que todos respondam, se necessário intervenha, tirando dúvidas, através de questionamentos, para que se tenha uma melhor aprendizagem.

**Materiais/Equipamentos:**

- Notebook;
- Projetor de vídeos;
- Quadrinhos
- Tracker;
- Quadro e giz

**Avaliação:**

Toda avaliação será dada pela participação dos alunos em sala e pelas respostas deles às questões no final da aula

Descreva com suas palavras, o que aconteceu no vídeo assistido:

---

---

---

---

---

Qual a diferença da primeira queda e da segunda queda?

---

---

---

O vídeo utilizado no tracker pode ser aproximado ao da segunda queda, do primeiro vídeo. Por que podemos afirmar isso?

---

---

---

Dos movimentos estudados em sala (MRU e MRUV), qual é o que mais se aproxima do observado no vídeo?

---

Pelo uso do tracker, é possível encontrar uma grandeza relacionada com a gravidade? Se sim, qual grandeza seria? E qual é o seu valor?

---

É possível “prever” a altura que um objeto vai estar depois de um tempo determinado de queda?

---

Como poderíamos escrever essa “previsão” com uma relação matemática?

---

Sabendo essa relação, como podemos achar o tempo de queda de um objeto “pesado” abandonado a uma altura  $h=1,25\text{m}$ , em relação ao solo?

## Plano de aula / Aula 5

**Tema:** Consolidação das atividades anteriores.

**Duração:** 50 minutos.

### Objetivos Gerais

- Abandonem possíveis conceitos aristotélicos sobre queda livre, próxima a superfície da terra, e reflitam sobre o pensamento científico em relação ao contexto de queda.
- Vislumbrem a ciência como uma construção humana, verificando algumas teorias, a fim de se desenvolver um pensamento crítico.

### Objetivos específicos

- Comparar os pensamentos sobre queda
- Analisar qual deles corresponde mais com a realidade
- Analisar se a ciência é estática ou dinâmica.

### Desenvolvimento:

Faça essa atividade de forma individual, como se fosse uma prova mesmo.

Leia cada parte com os alunos, tirando qualquer dúvida possivelmente existente.

Como os alunos não estariam com a historinha nesse momento, lembre com eles os pensadores da historinha, anotando os anos em que eles viveram, a fim de que eles não fiquem perdidos, principalmente em relação as perguntas.

A avaliação da historinha e de geral, faça apenas se você acha viável utiliza-la novamente, mas a autoavaliação dos alunos, faça a fim de eles refletirem sobre a participação deles e dos colegas deles, não se esquecendo de levar em conta também elas para dar nota para os alunos.

### Materiais/Equipamentos:

- Historinha em quadrinhos
- Quadro e giz

**Avaliação:** Toda avaliação será dada pela participação dos alunos em sala e pelas respostas dadas as questões

No decorrer das últimas aulas, é possível verificar uma mudança de pensamento sobre o movimento de queda? Descreva com suas palavras quais mudanças foram.

---

---

---

O tempo de mudança foi relativamente grande ou pequeno?

---

---

A ciência é estática (o conhecimento científico, não muda com o tempo) ou é dinâmica (o conhecimento pode mudar com o tempo, desde que consigamos aperfeiçoar uma teoria)?

---

---

Em sua opinião qual descrição sobre quedas, está mais próxima da realidade? Por quê?

---

---

---

O que você achou das últimas aulas?

---

---

---

O que pode ser feito para melhorá-las?

---

---

---

Avaliando a historinha, qual nota você daria de 0 a 10?

---

---

Como foi a sua participação nesse trabalho?

---

---

---

Avaliando a sua participação, qual nota você daria de 0 a 10?

---

---

---

Como foi a participação de seus colegas de grupo nesse trabalho?

---

---

---

Avaliando a participação deles, qual nota você daria a eles de 0 a 10?

---

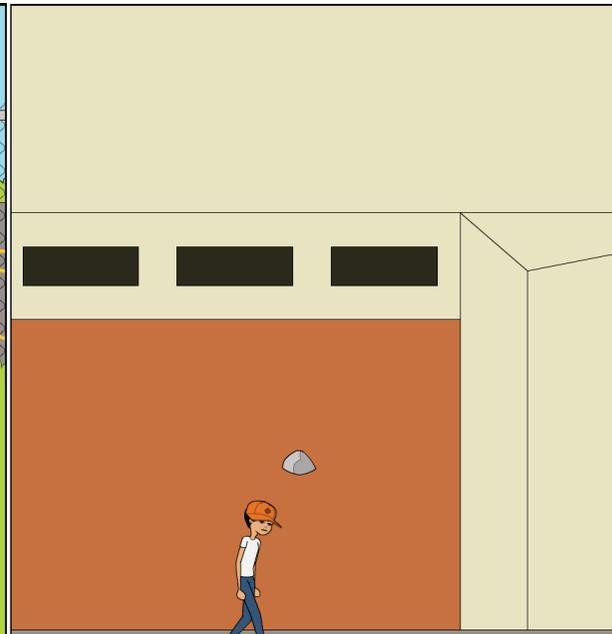
---

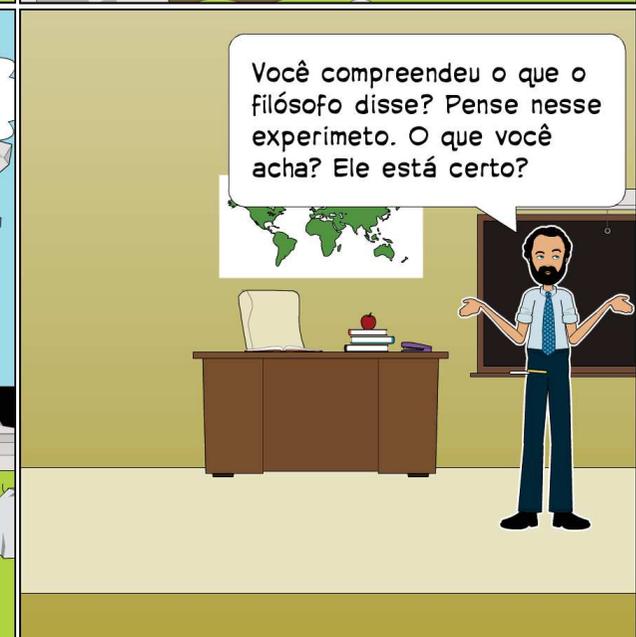
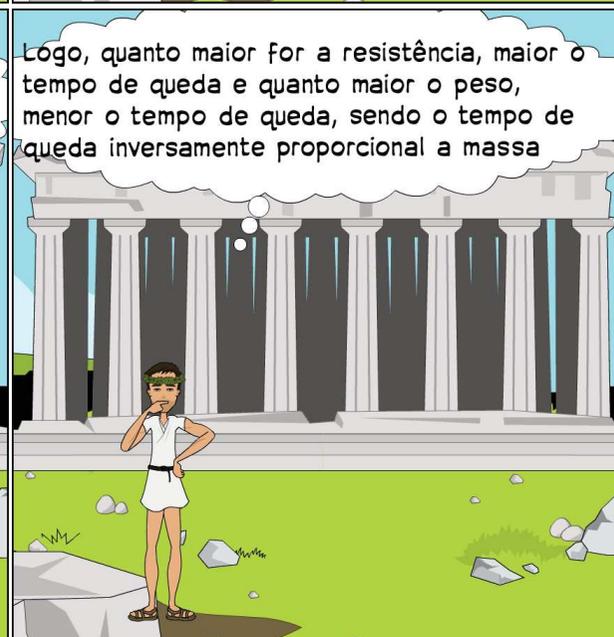
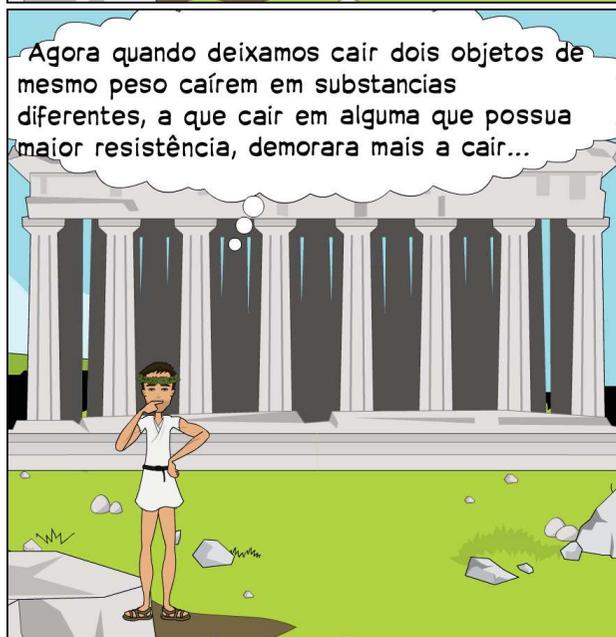
---

## REFERÊNCIAS DO PRODUTO

- ANDERSON, L. W. (2001). *A taxonomy for learning teaching and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Education Objectives*. Nova York: Addison Wesley Longman.
- BEZERRA jr., A., LENZ, J. A., FLORCZAK, M. A., SAAVEDRA Filho, N., & GARCIA, V. G. (2012). *Uso de Videoanálise no Ensino de Mecânica em Cursos de Engenharia: o Software Livre Tracker*. Belem.
- BROWN, D., HANSON, R., & CHRISTIAN, W. (21 de Janeiro de 2020). Tracker: Video Analysis and Modelling Tool. Fonte: Site do Tracker: <https://physlets.org/tracker/>
- CASTRO, R. S., & CARVALHO, A. M. (Dezembro de 1992). História da Ciência: Investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno catarinense de Ensino de Física*, 9(3), 225-237.
- CHICÓRA, T., & CAMARGO, S. (3 a 6 de Julho de 2017). As histórias em quadrinhos no Ensino de Física: uma análise das produções acadêmicas. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.
- COHEN, I. B. (1992). *O nascimento de uma nova física*. Lisboa: gradiva.
- COSTA, M. (7 de Abril de 2019). *TechTudo*. Acesso em 21 de 01 de 2020, disponível em Site do TechTudo: <https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2019/04/como-fazer-historia-em-quadrinhos-com-o-pixton.ghhtml>
- RAMA, A., VERGUEIRO, W., BARBOSA, A., RAMOS, P., & VILELA, T. (2004). *Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula*. São Paulo: Editora Contexto.
- <https://www.youtube.com/watch?v=cqp2g217OiM>
- <http://trackernoensinodafisica.blogspot.com/p/tutoriais.html>
- <https://www.pixton.com/>

**APÊNDICE A – Materiais utilizados na sequencia didática**







Segundo o pensamento aristotélico, ele afirma que: *“Se forem deixadas cair simultaneamente bolas de 1 kg e de 10 kg, a bola de 10 kg atingirá o chão primeiro, levando a bola de 1 kg dez vezes mais o tempo num percurso idêntico”*

O que você acha?

Responda as questões, de acordo com o que você pensa:  
Descreva com suas palavras o que você entendeu das palavras do filósofo.

---

---

---

Por que os objetos ao serem soltos, caem?

---

---

Você acha que quanto mais pesado for um objeto, o tempo de queda será inversamente proporcional, ou seja, um objeto de 200 kg cai duas vezes mais rápido que um de 100 kg?

---

---

O meio em que um objeto cai, interfere no tempo de queda?

---

---

Se a resposta anterior foi sim como ele irá interferir?

---

---

O peso de um objeto, sempre irá interferir no tempo de queda?

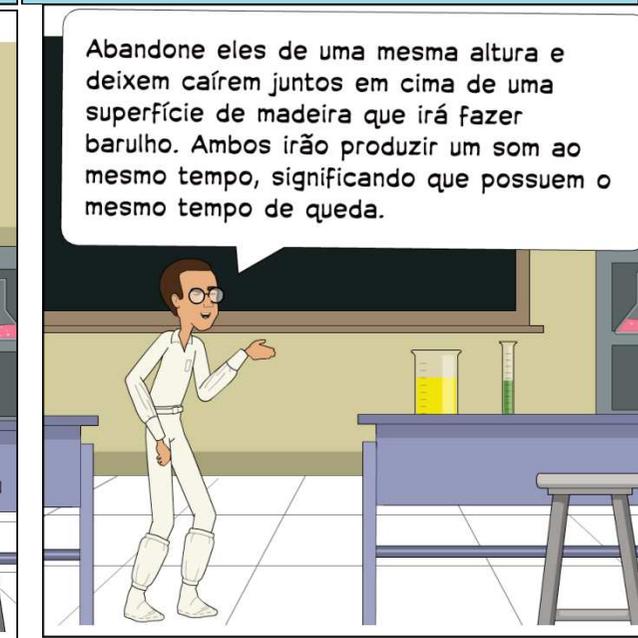
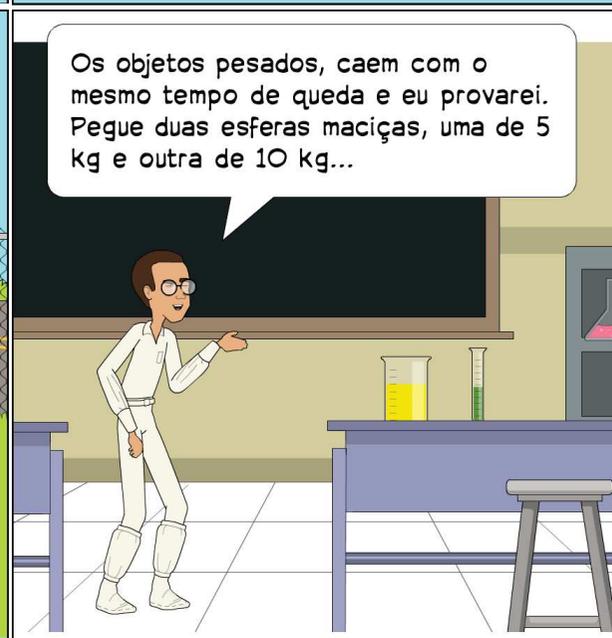
---

---

Se a queda acontecer em outro lugar sem ser no planeta Terra, pode-se esperar o mesmo resultado?

---

---





Segundo as palavras de Simon Stevin ele diz:

*“A experiência contra Aristóteles é a seguinte: tomemos (como o muito sábio Mr. Jan Cornets de Groot, o mais laborioso investigado dos segredos da natureza, e eu próprio fizemos) duas esferas de chumbo, uma das quais dez vezes maior e mais pesada do que a outra: deixamo-las cair simultaneamente de uma altura de 30 pés sobre uma mesa ou qualquer superfície na qual produzam som perceptível. Resultará que a esfera mais leve não demorará no seu percurso dez vez mais que a mais pesada: ambas cairão juntas sobre a mesa, tão simultaneamente que os dois sons confundir-se-ão como se resultantes de uma e uma mesma colisão”*

Você concorda com ele?

Responda as questões, de acordo com o que você pensa:  
Descreva com suas palavras o que você entendeu das palavras do cientista.

---

---

---

---

Vamos verificar

OBJETIVO:

---

---

MATERIAIS:

---

---

DESENVOLVIMENTO:

---

---

---

DADOS Observados:

---

---

CONCLUSÃO:

---

---

Você acha que quanto mais pesado for um objeto, menor será o tempo de queda?

---

---

O peso de um objeto, sempre irá interferir no tempo de queda?

---

Se a queda acontecer em outro lugar sem ser no planeta Terra, pode-se esperar o mesmo resultado?

---

---





Segundo João Filópono temos:

*“Se deixar cair, da mesma altura, dois pesos, um dos quais muitas vezes mais pesado do que o outro, não observará que a razão dos tempos requeridos para o movimento depende da razão dos pesos, mas sim que a diferença dos tempos é muito pequena. E assim, se a diferença dos pesos não é considerável, isto é, se um é, digamos, duplo do outro, não haverá diferença, ou melhor, haverá uma diferença imperceptível nos tempos, ainda que a diferença de pesos não seja desprezável, pois um corpo pesa o dobro do outro.”*

*Segundo Galileu Galilei a queda pode ser descrita*

*“Mas eu [...] que realizei a experiência, posso assegurar que uma bala de canhão de 100 ou 200 libras de peso, ou mesmo mais, não atingirá o solo muito antes da bala de um mosquete, com o peso de meia onça, desde que ambas sejam deixadas cair de uma altura de 200 braças[...] a maior adianta-se à pequena em cerca de duas polegadas, ou seja, quando a maior tinge o solo, a outra encontra-se a duas polegadas de altura.”*

OBJETIVO:

---

---

MATERIAIS:

---

---

DESENVOLVIMENTO:

---

---

---

DADOS Observados:

---

---

---

CONCLUSÃO:

---

---

---

Descreva com suas palavras o que João Filópono disse:

---

---

---

Descreva com suas palavras o que Galileu Galilei disse:

---

---

---

Por que há diferença no tempo de queda de dois objetos?

---

---

---

É possível que dois objetos possam cair juntos, se abandonados da mesma altura, mas com pesos completamente diferentes?

---

---

Descreva com suas palavras, o que aconteceu no vídeo assistido:

---

---

---

---

---

---

Qual a diferença da primeira queda e da segunda queda?

---

---

---

O vídeo utilizado no tracker pode ser aproximado ao da segunda queda, do primeiro vídeo. Por que podemos afirmar isso?

---

---

---

Dos movimentos estudados em sala (MRU e MRUV), qual é o que mais se aproxima do observado no vídeo?

---

Pelo uso do tracker, é possível encontrar uma grandeza relacionada com a gravidade? Se sim, qual grandeza seria? E qual é o seu valor?

---

É possível “prever” a altura que um objeto vai estar depois de um tempo determinado de queda?

---

Como poderíamos escrever essa “previsão” com uma relação matemática?

---

Sabendo essa relação, como podemos achar o tempo de queda de um objeto “pesado” abandonado a uma altura  $h=1,25\text{m}$ , em relação ao solo?

No decorrer das últimas aulas, é possível verificar uma mudança de pensamento sobre o movimento de queda? Descreva com suas palavras quais mudanças foram.

---

---

---

O tempo de mudança foi relativamente grande ou pequeno?

---

---

A ciência é estática (o conhecimento científico, não muda com o tempo) ou é dinâmica (o conhecimento pode mudar com o tempo, desde que consigamos aperfeiçoar uma teoria)?

---

---

Em sua opinião qual descrição sobre quedas, está mais próxima da realidade? Por quê?

---

---

---

O que você achou das últimas aulas?

---

---

---

O que pode ser feito para melhorá-las?

---

---

---

Avaliando a historinha, qual nota você daria de 0 a 10?

---

---

Como foi a sua participação nesse trabalho?

---

---

---

Avaliando a sua participação, qual nota você daria de 0 a 10?

---

---

---

Como foi a participação de seus colegas de grupo nesse trabalho?

---

---

---

Avaliando a participação deles, qual nota você daria a eles de 0 a 10?

---

---

---

