



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CAMPUS MACEIÓ**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA**

**PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA**

**A QUEDA DOS CORPOS E SUA APRENDIZAGEM POR  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA  
ESTADUAL DE ALAGOAS**

**MACEIÓ, AL**

**2022**

PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

A QUEDA DOS CORPOS E SUA APRENDIZAGEM POR  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA  
ESTADUAL DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Licenciatura em Física do Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceió*, como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos.

MACEIÓ, AL

2022



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
*Campus Maceió*  
*Biblioteca Benevides Monte*

---

S586q Silva, Pedro Henrique Ferreira da.  
A queda dos corpos e sua aprendizagem por alunos do ensino médio de uma escola estadual de Alagoas / Pedro Henrique Ferreira da Silva. - 2022.  
48 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física - Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió, Maceió, 2022.

Arquivo no formato digital em PDF do trabalho acadêmico.

1. Quedra livre.. 2. Física – Ensino-Aprendizagem. I. Título.

*CDD: 530.07*

---

**Nalva Maria Amaral**  
**Bibliotecária – CRB-4/989**

PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

A QUEDA DOS CORPOS E SUA APRENDIZAGEM POR  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA  
ESTADUAL DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de graduação em  
Licenciatura em Física do Instituto Federal  
de Alagoas, *Campus Maceió*, como  
requisito parcial para obtenção de grau de  
Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Salgueiro  
Passos.

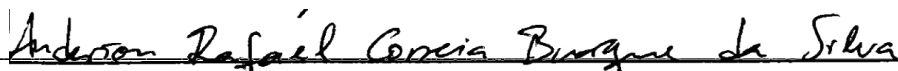
Aprovado em: 28/06/2022.

**BANCA EXAMINADORA**



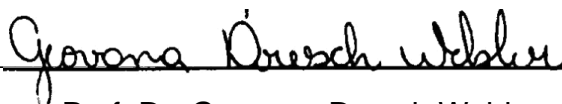
Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos (Orientador)

Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Prof. Dr. Anderson Rafael Correia Buarque da Silva

E. E. Prof<sup>a</sup> Maria Salete Gusmão de Araujo – SEDUC, AL



Prof. Dr. Geovana Dresch Webler

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Dedico este trabalho aos meus pais por estarem sempre comigo e me fornecerem condições para chegar até o final.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por sempre está comigo nas horas mais difíceis e por ouvir minhas preces todo santo dia.

Agradeço aos meus familiares, meu pai Valmir, minha mãe Angelica, minha irmã Livia e minha namorada Jenyffer pela paciência comigo durante esse período e cuidarem de mim em um dos momentos mais difíceis que passei na minha vida, sempre me apoiando e não me deixando desistir.

Queria agradecer meus professores, em especial, Professor Frederico Passos por me orientar durante esse TCC e sempre fazendo o possível para me tornar um excelente profissional; ao Professor Alex Barros pelos seus conselhos e por ser esse exemplo de profissional; ao Professor Geraldo Sobral, que pelo pouco tempo de trabalho juntos aprendi muito sobre a vida acadêmica e lhe observando no seu fazer didático; e por último, mas não menos importante, Professor Marcos Abreu, por me ajudar nesse período final no TCC e sobre as orientações sobre meu futuro profissional, além do seu grande exemplo para mim.

Agradeço aos meus amigos, Paulo Oscar e Sidney Souza, por sempre me apoiarem e sempre me incentivarem nas horas que julgava que não conseguiria.

Agradeço ao nosso técnico de laboratório Jeremias por sempre está disponível para nos ajudar durante todo o curso, além da sua grande amizade que construímos durante o curso e as nossas resenhas.

Por último, agradeço a mim mesmo, por lutar até o final e nunca permitir que as crises psicológicas me derrubassem, mesmo passando por problemas de saúde e perdendo algumas oportunidades, não ter parado de caminhar.

Faça o seu melhor na condição que você tem, enquanto não tem condições melhores para fazer melhor ainda.

(CORTELLA)

## RESUMO

Este trabalho trata de uma análise crítica acerca da aprendizagem do conteúdo de queda livre dos corpos por alunos do ensino médio de uma escola pública estadual de Alagoas. Pautamos nossa discussão na aprendizagem do conteúdo de queda livre, fundamentada nos aspectos históricos de todo o processo de construção e desenvolvimento desse conhecimento até a nossa compreensão atual desse fenômeno. Ademais, associamos essa discussão ao processo de ensino-aprendizagem do componente curricular Física e seu papel como combatente do senso comum ainda presente na sociedade atual, bem como as dificuldades no êxito desse processo por meio do ensino a distância, durante o período do distanciamento social, devido a pandemia de Covid-19. O estudo foi realizado com alunos da 2ª série do Ensino Médio (EM) da Escola Estadual Tiradentes da Polícia Militar de Maceió, estado de Alagoas. Utilizamos na abordagem metodológica a pesquisa de caso e de campo de natureza exploratória na área de Ciências Exatas e da Terra. A coleta de dados foi efetuada através de questionário aplicado aos alunos. Realizamos um tratamento estatístico para interpretação dos dados. Os itens analisados revelaram que existe uma dificuldade no processo de aprendizagem por parte dos alunos em uma boa parte dos conceitos sobre queda livre, sendo preciso investir em metodologias ativas e atividades experimentais para concretizar uma aprendizagem significativas nesses alunos sobre o tema.

**Palavra-Chave:** Queda Livre. Aprendizagem. Coleta de dados.

## **ABSTRACT**

This work deals with a critical analysis about the learning of the free fall of bodies content by high school students, from a public school in State of Alagoas. We base our discussion on the learning the free fall content, based on the historical aspects of the entire process of construction and development of this knowledge until our current understanding of this phenomenon. Furthermore, we associate this discussion with the Physics component teaching-learning process and its role as a common sense opoente which is still present in today's society, as well as we point to the difficulties in the success of this process through distance learning, during this period of social distancing due to the Covid-19 pandemic. The study was carried out with students from the 2nd grade of High School (EM), at the Tiradentes State School of the Maceió's Military Police in the state of Alagoas. In the methodological approach, we used case and field research, an exploratory study, in the area of Exact and Earth Sciences. Data collection was carried out through a questionnaire applied to students and we performed a statistical treatment for data interpretation. The analyzed items revealed that there is a difficulty in the learning process by the students in a great deal of the concepts about free fall, being necessary to invest in active methodologies and experimental activities to achieve a significant learning in these students on the subject.

**Keywords:** Free Fall. Meaningful Learning. Data Collection.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Hierarquia dos quatro elementos dito por Aristóteles, do mais leve ao mais pesado e suas tendências naturais.....	19
<b>Figura 2</b> – Partícula em queda na ausência da resistência do ar.....	23
<b>Figura 3</b> – Gráfico da velocidade versus o tempo. ....	25
<b>Figura 4</b> – Partícula em queda na presença da resistência do ar. ....	25
<b>Figura 5</b> – Gráficos da velocidade versus o tempo da queda de um objeto considerando a resistência do ar, <b>(a)</b> variando o valor de gama para uma massa de 1 kg e <b>(b)</b> variando a massa para gama igual a 0,10 kg/s. ....	27
<b>Figura 6</b> – zoom do gráfico da figura 4a.....	28
<b>Figura 7</b> – Gráfico das respostas dos alunos sobre a presença deles na escola desde o 9º ano do ensino fundamental II. ....	33
<b>Figura 8</b> – Gráfico das respostas dos alunos sobre se durante o 9º ano do ensino fundamental II e a 1º série do ensino médio, as aulas foram realizadas por meio do ensino remoto.....	34
<b>Figura 9</b> – Gráfico das respostas dos alunos sobre se durante a queda de um objeto, o formato do objeto interfere no tempo de queda. ....	35
<b>Figura 10</b> – Gráfico das respostas dos alunos sobre o tipo de movimento de um objeto em queda livre. ....	36
<b>Figura 11</b> – Gráfico das respostas dos alunos sobre soltarmos uma bolinha e um folha, ambas de papel e as mesmas características, qual deveria chegar primeiro ao solo.....	37
<b>Figura 12</b> – Gráfico das respostas dos alunos sobre se um objeto 4 vezes mais pesado que o outro, cai 4 vezes mais rápido.....	38
<b>Figura 13</b> – Gráficos das respostas dos alunos sobre o nome da grandeza física representada por $g$ .....	39
<b>Figura 14</b> – Gráfico das respostas dos alunos sobre o valor da grandeza física representada por $g$ .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNE	Conselho Nacional de Educação
EM	Ensino Médio
IFAL	Instituto Federal de Alagoas
MEC	Ministério da Educação e Cultura
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCN+	Parâmetro Curriculares Nacionais do Ensino Médio
TDICs	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>16</b>
2.1 O SENSO COMUM E O PAPEL CRÍTICO DA EDUCAÇÃO .....	16
2.2 O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA DESCONSTRUÇÃO DA DEPENDÊNCIA DA MASSA NO ESTUDO DA QUEDA DOS CORPOS .....	18
2.3 A FÍSICA DA QUEDA LIVRE DOS CORPOS .....	22
2.4 O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA E AS SUAS COMPLICAÇÕES EM TEMPOS DE PANDEMIA. ....	29
2.5 METODOLOGIA DE PESQUISA .....	32
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>46</b>
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NA ESCOLA .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

A Física (do grego Φύσις ou *physis* que significa natureza) é tudo que está ao nosso redor, as árvores, os planetas, o universo. Como seres humanos, podemos partir da premissa que sempre foi nossa ambição desvendá-la. Cada nova descoberta e descrição, através de observações, teorias e modelos matemáticos, apresentou uma certa evolução na sociedade e, até mesmo, uma revolução nas nossas visões de mundo. O ramo que se encarrega e carrega essa responsabilidade de estudá-la e desvendá-la é a Física, assim como as demais ciências naturais como Química e Biologia que, de certo modo, têm seus conceitos e teorias derivados da Física (MOREIRA, 2018). Contudo, o princípio do entendimento do universo parte de um ponto exclusivamente físico, um dos estudos mais antigos (COHEN, 1967), o que explicaria tudo e faz parte de tudo, *o Movimento*. O movimento talvez seja um dos estudos mais antigos existentes no mundo (NASCIMENTO, 1980). A tentativa de entender por que as coisas caem quando soltas de uma determinada altura foi um dos estudos mais revolucionário da física, trazendo diversas consequências para o mundo (COHEN, 1967), sendo uma delas a revolução científica.

A Física, como uma das ciências que estuda a natureza, tem um papel fundamental na contribuição do desenvolvimento científico da sociedade, pois, todos os avanços tecnológicos existentes atualmente têm auxílio dos conhecimentos construídos pelo seu estudo. Deste modo, é um ramo que está bastante presente no nosso cotidiano e deveríamos conseguir identificar e apreciar sua presença constante e enaltecer sua necessidade para a continuidade da nossa evolução. Sendo assim, podemos distribuir essa responsabilidade de propagação desse conhecimento de forma encantadora e empolgante para a Educação. O ensino de Física, contemporaneamente, parece não ser visto de uma maneira empolgante e divertida nas escolas brasileiras (RICARDO; FREIRE, 2007). Feynman (2019) afirma em seu livro “Só pode ser brincadeira Sr. Feynman”, após sua visita ao Brasil, que nas nossas universidades não se aprende física, ou seja, os professores formados nessas universidades, que são os responsáveis por formar e empolgar novos físicos, não sabem Física. Esse episódio foi abordado por Feynman em 1985, porém, é possível presenciar as consequências desse fato até os dias atuais (MOREIRA, 2018). O ensino de física atualmente se tornou um problema, um conhecimento tão puro em sua essência sendo abordado nas escolas de uma forma tão superficial e distorcida

em suas ideias que assusta os que tentam navegar sobre suas águas, isto é, o seu ensino é basicamente simbólico, apresentado por fórmulas e uso de macetes para serem utilizados em provas (MOREIRA, 2021), ignorando todo o processo histórico da construção daquele conhecimento.

A componente curricular Física é trabalhada nas escolas para aprovação em provas e vestibulares, mas não para a formação de um cidadão capacitado para exercer sua cidadania, sendo capaz de compreender a natureza do mundo em que vive (MOREIRA, 2018). Esse fato é exposto em diversos trabalhos científicos quando se fala sobre o ensino de física (GRASSELLI; GARDELLI, 2014), (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007), pois os alunos não entendem o que é a Física, além de não entender sua história, sua filosofia e a natureza da construção do conhecimento científico. Moreira (2021) nos traz que o ensino de física trabalhado nas escolas é focado na reprodução de conteúdo, fórmulas matemáticas e da exigência de memorização de conceitos e leis físicas para aplicação em uma prova, que é esquecido rapidamente após alguns dias. Este, por si só, deixa evidente o problema do ensino da Física. Os alunos não aprendem Física, e esse fato implica na reprodução de um problema na sociedade que é o senso comum, a crença nas pseudociências, que por sua vez, não é combatida nas escolas, gerando uma sociedade totalmente anticientífica e resistente a ciência, tendo consequências, como, por exemplo, os antivacinas, cuja presença ficou mais evidente durante o combate a uma pandemia causada pela Covid-19 (BARIFOUSE, 2020).

O senso comum não é uma doença, nem um ramo de estudo, é basicamente uma maneira de pensar, de formular hipóteses e conceitos a partir do que os seus olhos permitem enxergar. Alguns erros durante as tentativas de construções científicas que falharam aos longos dos anos se deve a tentativa humana de descrever e teorizar fenômenos sem conhecer e observar todos os fatos do problema em evidência, pois, na natureza não se pode querer ajustar os fatos as teorias, a natureza não funciona assim, ela não faz o que queremos. Um dos estudiosos que falhou na tentativa de desenvolver uma explicação sem observar todos os fatos necessários para solucionar um problema foi Aristóteles no seu estudo da queda livre dos corpos (PORTO; PORTO, 2009). Aristóteles desenvolveu sua explicação com base nos quatro elementos e na pura filosofia sem submeter suas afirmações a teste experimentais, como, por exemplo: “um corpo muito mais pesado

que outro, soltos de uma mesma altura, realmente chega ao solo com uma diferença de tempo muito grande?” A falta de cautela e da utilização da matemática fez com que Aristóteles tentasse ajustar os fatos a sua teoria e, conseqüentemente, acabou falhando (PORTO, 2009). Galileu, logo em seguida rompe com as ideias comuns de Aristóteles, observa todos os fatos necessários para explicar o problema, faz o uso da matemática, desenvolve o método científico para descrever o fenômeno e tem êxito em seu trabalho (COHEN, 1967).

Essa problemática do ensino de física pode ter sido agravada com o surgimento da pandemia de COVID-19 no ano de 2020, que trouxe a necessidade de adotarmos medidas de segurança para reduzir a propagação do vírus, e uma dessas medidas requeridas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) foi o distanciamento social (MENEZES; SILVA, 2022). Sendo assim, a educação em seus diversos níveis foi atingida, sendo necessário abandonarmos o ensino presencial e adquirirmos o ensino remoto, para que esta instância não parasse. Muitos dos profissionais da área de educação não estavam preparados para essa realidade, além de não terem familiaridade com a utilização das Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDICs) (BEZERRA; VELOSO; RIBEIRO, 2021). Sendo assim, a falta de preparo desses profissionais na utilização dessas ferramentas foi de um prejuízo incalculável para educação. Basicamente, o que presenciamos foram docentes tentando reproduzir o currículo e metodologias pensadas e praticadas no presencial para o ensino remoto (SOUZA, 2020). Isso implica que, no ensino de Física, se já era tido como mecânico e cansativo no regime presencial, transferir as mesmas metodologias para o remoto, apenas agravou ainda mais o processo de ensino-aprendizagem.

Nessa perspectiva, como foco do nosso trabalho, pretendemos analisar o processo de aprendizagem de um tema específico do componente curricular Física, a queda livre dos corpos. A queda de um corpo no nosso planeta é um dos pontos fundamentais de conhecimento a ser compreendido pelos alunos no Ensino Médio (EM), abordado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na competência 2 (BRASIL, 2018, p. 556). Além de ser possível, no 9º ano dos anos finais, no estudo de ciências naturais, abordar esse tema no objeto de conhecimento *astronomia e cultura*. (BRASIL, 2018, p. 351). Com isso, a literatura vem nos mostrar alguns estudos (FONTES at al., 2019), (CORDOVA; TORT, 2016), (COLUCI at al., 2013),

(CORVELONI et al., 2009), sobre o ensino-aprendizagem da queda livre e metodologias para alcançar esses objetivos, que regularmente é feito o uso de experimentos para atingi-lo. Tendo isso em mente, na literatura, informações sobre a existência de um problema na aprendizagem desse tema – para fundamentar a necessidade de intervenções metodológicas – não é facilmente encontrada. Portanto, temos como objetivo responder o seguinte problema: Será que no processo de ensino-aprendizagem em Física, do 9º ano do fundamental II a 2ª série do EM, houve uma real compreensão dos significados da queda livre dos corpos para os alunos da Escola Estadual Tiradentes da Polícia Militar?

Diante o panorama apresentado, pretendemos efetuar um levantamento de dados para que possamos acrescentar informações na literatura sobre aprendizagem desses conceitos, com intuito de saber se os alunos dessa escola estadual estão realmente compreendendo esse assunto, além de evidenciar se existe uma real necessidade de uma intervenção no ensino desse tema. Para catalogação desses dados, desenvolvemos um questionário com 7 questões com a finalidade de verificar o quesito aprendizagem dos alunos sobre a queda livre dos corpos.

Portanto, neste trabalho, apresentaremos no capítulo 2 as implicações do senso comum na educação, a desconstrução da física de Aristóteles do senso comum sobre a queda dos corpos e a física da queda livre, bem como a aprendizagem do ensino de física e as complicações devido ao ensino remoto durante a pandemia e a metodologia de trabalho. No capítulo 3 abordaremos os resultados dessa pesquisa e discutiremos o que foi evidenciado. Por último, no capítulo 4, a conclusão, no qual abordaremos os possíveis meios de intervenções que podem ser desenvolvidos para solucionar esse problema e a contribuição desse estudo para literatura.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 O SENSO COMUM E O PAPEL CRÍTICO DA EDUCAÇÃO**

Não podemos conceber a compreensão e a comunicação de ideias sem fazer referência ao senso comum. Porém, por outro lado, todo conhecimento novo que seja importante precisa transcender o senso comum e, portanto, romper com ele (PATY, 2003). Por estranho que pareça as noções da maioria das pessoas a respeito do movimento, são parte de um esquema da Física que foi proposto há mais de 2000

anos, e experimentalmente demonstrado inexato e insuficiente pelo menos há 1400 anos atrás (COHEN, 1967). Contudo, ao decorrer da evolução da ciência, ainda existem indivíduos, bem-educados, que mesmo sabendo que há evidências que a Terra está em movimento, isto é, que dá voltas em torno do seu próprio eixo e em torno do Sol, continuam a enxergar um mundo físico no qual a Terra está em repouso (ELIAS et al., 2011).

Entretanto, mesmo que evidentemente, devido a evolução da nossa concepção de mundo a partir de um novo senso comum, isto é, de forma grosseira, mais evoluído, essa concepção não é intuitiva, pelo contrário, é contraintuitivo. Por exemplo, quando vamos analisar o movimento de um objeto, é imprescindível a necessidade de adotarmos um referencial, e neste caso, podemos dizer que é a Terra, sendo assim, é indubitável que se observarmos o movimento dos corpos celestes, daqueles que sejam possíveis observar a olho nu, aparentemente deduziríamos intuitivamente e instintivamente que a Terra está em repouso e/ou que é o centro do universo, assim como Aristóteles e Ptolomeu, no século V a.C., fizeram. Esta análise de mundo é relativa, pois é o que aparenta ser, é o que o senso comum nos leva a pensar que é, e tomar como verdade absoluta sem comprovar tal fato. Além disso, a análise de um mundo físico de uma Terra em movimento em relação a uma Terra em repouso é muito diferente, fenômenos distintos acontecem, podemos citar como exemplo a variação climática.

O senso comum assim como a ciência, evolui e é como um organismo vivo, sendo enriquecido pela assimilação dos conhecimentos científicos e, de maneira geral, pela experiência humana (PATY, 2003), ainda assim, mesmo com essas alterações, continua sendo uma opinião comum que se opõe à razão crítica e ao espírito científico. Nesse contexto, na área da educação, é preciso que o professor estimule o aluno a sempre evidenciar as razões que o levaram a formular determinadas convicções e estar sempre atento aos procedimentos que adotará para desenvolver a capacidade crítica dos alunos (SILVA, 2003, pp. 60–61). Por exemplo, no ensino do componente curricular física, quando é mencionado que “todos os corpos caem com a mesma aceleração, independente da sua massa”. Mas, se tal fato é realmente verdade, por que uma folha de papel e uma bolinha de papel, ambas de mesma massa e material, soltas de uma mesma altura, chegam ao solo em tempos diferentes? É necessário discutir sobre a interferência do ar no movimento, é

importante comparar e, se possível, demonstrar a diferença do modelo idealizado e o real. Logo, é essencial saber posicionar-se objetivamente diante as ideias veiculadas pelo senso comum, estabelecendo um ponto de vista próprio, e é um dos principais objetivos da educação (*Ibidem*, p. 62).

A velha física, chamada as vezes de a física do senso comum, porque

“é a espécie de física em que a maioria das pessoas acreditam e pela qual se guia intuitivamente, ou a espécie de física que parece interessar e agradar a qualquer pessoa que use a sua natural inteligência, mas não tenha aprendido os modernos princípios da dinâmica.” (COHEN, 1967, p.12).

Sendo assim, vamos analisar a evolução das ideias de movimento, tendo como centro desse trabalho a queda dos corpos, transcendendo o conhecimento comum aristotélico até a revolução científica, com o nascimento do método científico, que surgiu, primordialmente, com Galileu Galilei.

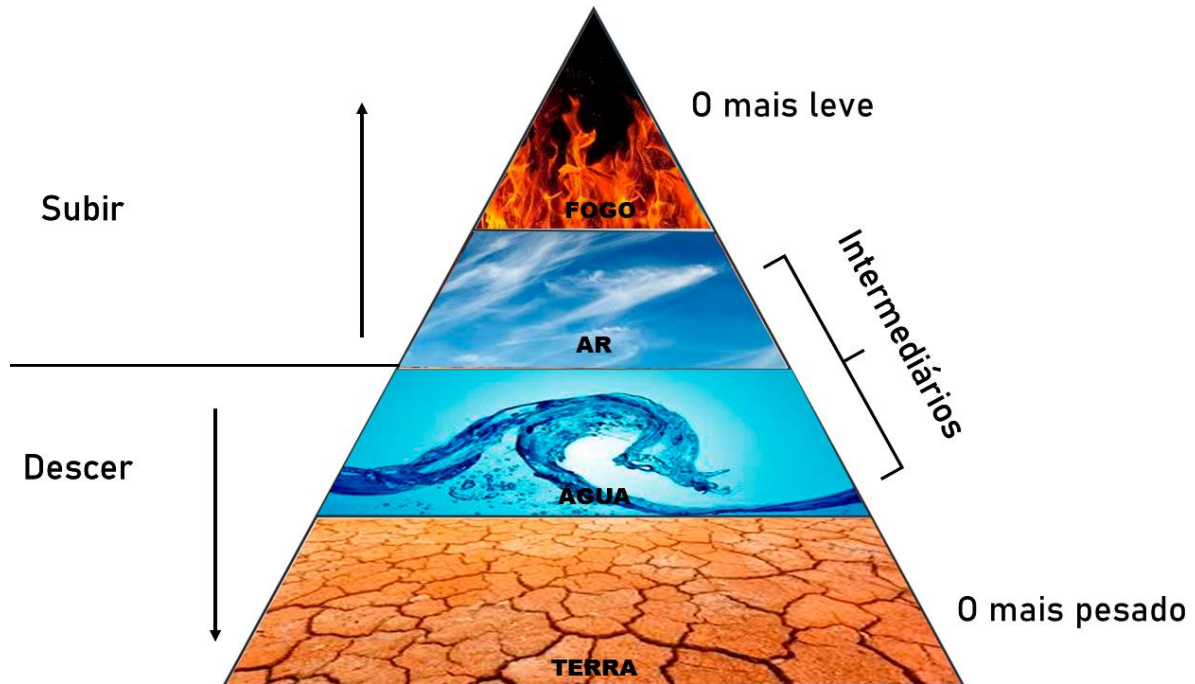
## 2.2 O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA DESCONSTRUÇÃO DA DEPENDÊNCIA DA MASSA NO ESTUDO DA QUEDA DOS CORPOS

No século V a.C., Aristóteles, um grande cientista e filósofo grego da época, possuía alguns conceitos formados sobre o movimento, os quais partiam de suas observações e deduções que, no presente momento, não eram submetidas a nenhum teste ou experimentação (COHEN, 1967).

Para Aristóteles, existiam dois tipos de movimentos, o natural e o violento (PICKARD, 1987). Deste modo, se caracterizava um movimento violento quando empurramos ou puxamos um objeto, que por consequência se move contrariando sua natureza (COHEN, 1967), pois necessitou de um agente para fazê-lo. Contudo, ao deixar de aplicar essa força, o objeto deveria voltar ao seu estado de repouso, o que caracteriza um movimento, dito por ele, como natural (PICKARD, 1987).

Na opinião de Aristóteles, era básico o princípio de que todos os objetos que encontramos na natureza são compostos de quatro elementos: ar, terra, fogo e água (PORTO, 2009). Logo, a ideia de leve e pesado ou do que vai cair ou subir, dependia da porcentagem que cada objeto configurava de cada elemento, sendo fogo e terra seus extremos (*Ibidem*) (fig. 1).

**Figura 1** – Hierarquia dos quatro elementos dito por Aristóteles, do mais leve ao mais pesado e suas tendências naturais.



Fonte: Compilação de Pedro Silva<sup>1</sup>

Deste modo, os objetos pesados caem em queda livre, em direção a Terra, porque há em sua composição uma grande quantidade de terra, o que explicava sua tendência natural para baixo. Já a subida dos objetos leves se dava, sobretudo, porque em sua composição havia mais fogo, e, deste modo, sua tendência natural seria para cima (a água e o ar eram intermediários entre os dois extremos) (COHEN, 1967). Portanto, entende-se que, para Aristóteles, se soltarmos objetos de pesos diferentes de uma mesma altura, chegam ao solo de forma mais rápida os que possuem mais terra em sua composição. Por exemplo, se soltarmos um objeto de 10 kg e outro de 1 kg, de uma mesma altura, para Aristóteles, o objeto de 10 kg iria cair 10 vezes mais rápido que o objeto de 1 kg. Além disso, ele aborda que a velocidade de queda dos objetos é inalterável (*Ibidem*, p. 23-24). Assim sendo, seguindo a analogia, o objeto de 10 kg iria cair com uma velocidade constante e maior que o objeto de 1 kg, que também cai com uma velocidade constante.

Essa concepção sobre o movimento abordado por Aristóteles era para um sistema geocêntrico, modelado por Ptolomeu, e que tinha muitos adeptos a essas ideias, como a própria igreja cristã (PORTO; PORTO, 2008). Neste sistema, a Terra

<sup>1</sup> Montagem a partir de imagens coletadas nos sites: [hypescience](http://hypescience.com), [preparaenem](http://preparaenem.com), [nowmaste](http://nowmaste.com), [eusemfronteiras](http://eusemfronteiras.com).

está estática e localizada no centro do universo. A sua composição era diferente dos demais planetas, uma vez que o cosmo estaria separado em dois espaços distintos: mundo terrestre (sublunar), constituído pelos quatro elementos herdados da cosmologia de Empédocles e caracterizada por movimentos retilíneos e descontínuos e o mundo celeste (supralunar), constituídos por uma “quinta essência”, o éter (PICKARD, 1987). Assim, Aristóteles conclui que

“O movimento de um corpo composto de éter é circular, de modo que o observado movimento circular dos corpos celestes é o seu movimento natural, de acordo com a sua natureza, exatamente como o movimento para cima e para baixo em linha reta é o movimento natural de um objeto terrestre.” (COHEN, 1967, p. 16)

É complicado julgar Aristóteles pela sua incapacidade de entender que a Terra se move, visto que é um movimento contraintuitivo e os aparatos científicos que se dispunham na época eram muito primitivos em relação aos contemporâneos. Veja que na visão de Aristóteles, provar que a Terra estava em movimento, implicava em diversos fatores, como por exemplo: a Terra executa um movimento de rotação em torno do seu eixo, como sabemos hoje, tal movimento, na linha do Equador, tem uma velocidade aproximada de 460 m/s (JOKURA, 2020), com isso, se desprezarmos a resistência do meio e jogarmos uma bola para cima, e esta levar um segundo para subir e um segundo para descer, a bola “terá percorrido” 920 m de distância em relação a sua posição inicial. No entanto, podemos observar que isso não acontece.

Ptolomeu, defensor do sistema geocêntrico, escreveu que se a Terra tivesse movimento

“ela se adiantaria em relação a qualquer outro corpo que caísse, em virtude da sua enorme diferença de tamanho, e os animais e todos os pesos separados seriam deixados para trás flutuando no ar, enquanto a terra, por sua vez, com a sua grande velocidade cairia para fora do próprio universo” (COHEN, 1967, p. 27)

Consequentemente, por meio de uma analogia, se observarmos um gavião em uma árvore, - na visão de Aristóteles e Ptolomeu -, e a ave avista um rato e parte para capturá-lo, ela nunca deveria alcançá-lo, devido ao movimento de rotação da terra. Ademais, levando em consideração o movimento em torno do sol, de aproximadamente 30 km/s (JOKURA, 2020), o gavião ficaria perdido no espaço.

A física de Aristóteles e o modelo de universo de Ptolomeu perduraram por vários séculos (PORTO; PORTO, 2008), até que no século XVI d.C., Nicolau

Copérnico argumentou sobre uma hipótese de um modelo de universo, que tinha surgido na antiguidade grega, através de Aristarco de Samos (PORTO, 2020), no qual a Terra não estava mais no seu centro, e sim o Sol, dando início a revolução copernicana e assim transformando a forma como o homem via o universo e a si mesmo (*Ibidem*). Com o surgimento do primeiro Telescópio, que teve por finalidade a observação dos planetas e estrelas, em 1609, foi constatado que o cosmo era não-ptolomaico e não-aristotélico, e que se ajustava mais ao modelo de Copérnico (COHEN, 1967). Por conseguinte, as ideias afirmadas por Aristóteles e Ptolomeu de uma Terra fixa foram aos poucos abandonadas, já que se o modelo de universo não era geocêntrico, logo a física para esse mundo não era a de Aristóteles (*Ibidem*).

No Século XVII d.C., surge Galileu Galilei, que rompe com o senso comum da época, com a introdução do método científico e da matematização da natureza (GUÇÃO; CARNEIRO; BOSS, 2010), era um adepto ao modelo de universo de Copérnico (COHEN, 1967) e foi um revolucionário ao perceber a necessidade de uma nova física para um novo modelo de mundo, Heliocêntrico.

O movimento da Terra era um fator intrigante para as explicações físicas do movimento dos corpos, pois, como admitir o movimento da Terra se não observamos seus efeitos em nosso cotidiano (PORTO, 2020), assim como era destacado por Aristóteles e Ptolomeu? A solução para este problema era a elaboração de uma nova física, ou seja, uma física não aristotélica (COHEN, 1967). Assim sendo, Galileu analisou o que Aristóteles tinha afirmado sobre os movimentos dos corpos e em específico a queda livre, e que tais afirmações eram inverdades (*Ibidem*). A hipótese de que a velocidade de queda é constante e que os corpos muito mais pesados que outros chegam muito mais rápido ao solo não se comprovava, uma vez que há incrementos de velocidade com o passar do tempo e que a diferença de tempo em que ambos chegam ao solo não é muito maior (NASCIMENTO, 1980). Galileu, para provar a veracidade da sua hipótese, segundo boatos, subiu na torre de Pisa, na Itália, e abandonou objetos de várias formas e pesos (COHEN, 1967). Assim sendo, observou que um objeto com 10 vezes mais massa que o outro não cai 10 vezes mais rápido, e que de fato, a diferença no tempo que ambos chegam ao solo é muito pequena (*Ibidem*). Ele explica que essa diferença no tempo de queda acontecia por causa da resistência do meio (*Ibidem*). Por exemplo, se for dado um impulso em um bloco que está em uma superfície pouco rugosa, ele irá se mover e logo em seguida

parar, devido as forças resistivas do meio (Atritos), caso não houvesse nenhuma resistência, o bloco continuaria a se mover, afirma Galileu (*Ibidem*). O mesmo se aplica para a queda dos corpos. Mesmo sabendo disso, havia uma necessidade de provar suas evidências sobre esse movimento de queda.

Para medir um objeto em queda livre era muito difícil, devido ao erro no ato de medir ser muito grande, por causa do tempo de reação para marcar o intervalo que o objeto é solto até a chegada ao solo com o relógio de água, Clepsidra (*Ibidem*). Assim sendo, para executar essa medição observou e deduziu característica nesse movimento que se adequava a um plano inclinado. Essas características são: a velocidade varia proporcional ao tempo, o espaço percorrido é proporcional ao quadrado do tempo, a distâncias percorridas durante intervalos de tempo iguais por um corpo que cai partindo do repouso estão entre si na mesma razão que os números ímpares a partir da unidade (NASCIMENTO, 1980). No caso limite do plano inclinado, no qual faz um ângulo de  $90^\circ$  com a superfície, essas regras ainda se aplicam. Portanto, com o plano inclinado, foi possível diluir a aceleração sofrida pelos corpos em queda e, desta maneira, conseguir medir com uma precisão tal que o desvio entre duas observações nunca excedeu um décimo de uma pulsação (COHEN, 1967). Consequentemente, Galileu concluiu que, contrariamente ao que afirmava Aristóteles, os corpos levariam o mesmo tempo em queda livre a partir de uma mesma altura, independentemente de suas massas (PORTO; PORTO, 2008).

### 2.3 A FÍSICA DA QUEDA LIVRE DOS CORPOS

Como foi discutido anteriormente, Aristóteles acreditava que corpos mais pesados chegam ao solo mais rapidamente que os corpos mais leves, sendo a massa a principal responsável por essa diferença no tempo de queda. Posteriormente, após vários séculos dessas afirmações, surge Galileu Galilei que contradiz as concepções de Aristóteles, abordando, com base nas suas experiências e utilização do seu método científico, que a queda dos corpos é um movimento com aceleração constante e que não depende das massas dos corpos.

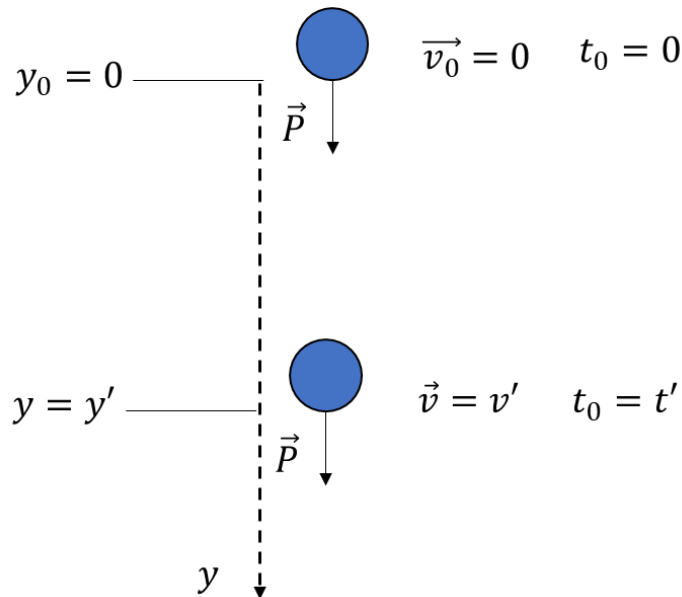
As experiências demonstram que na ausência da resistência do ar e quando a distância de queda é pequena em comparação ao raio da Terra e ignoramos os pequenos efeitos exercidos pela sua rotação (YOUNG; FREEDMAN, 2016), as afirmações de Galileu são realmente válidas. Sendo assim, quando levamos todos

esses fatores em consideração, temos um movimento denominado de **queda livre**. Este movimento, assim como vários outros na Física, é uma modelagem, ou seja, é um movimento que ocorre em condições idealizadas.

Atualmente, é conhecido que o valor dessa aceleração que todos os corpos sofrem, próximo a superfície terrestre, é de aproximadamente  $9,80665 \text{ m/s}^2$  (INMETRO, 2003), denominada de **Aceleração da Gravidade**. Essa grandeza Física é representada pela letra “ $g$ ”.

Podemos descrever o movimento de queda livre na vertical de uma partícula, tomando como referência o centro da Terra e a ação da força gravitacional como medida. O nosso sistema está representado na figura abaixo.

**Figura 2** – Partícula em queda na ausência da resistência do ar.



Fonte: Pedro Silva, 2022.

Consideramos a partícula em queda, sem resistências do meio, com um peso  $\vec{P}$ , solta de uma altura  $y_0 = 0$ , partindo do repouso ( $\vec{v}_0 = 0$ ), em um instante de tempo  $t_0 = 0$ . Como o movimento é descrito em apenas uma dimensão (na vertical), podemos descartar o formalismo vetorial e trabalharmos com as grandezas escalares. A orientação da trajetória é crescente de cima para baixo. Sabendo disso, descreveremos como será o seu movimento em um instante de tempo  $t = t'$ . Prontamente, de acordo com a segunda lei de Newton, temos que a força exercida sobre uma partícula devido ao campo gravitacional da Terra é igual a taxa de variação temporal do momento linear da partícula, descrito como:

$$F_y = \frac{dp_y}{dt}, \quad (1)$$

Como o corpo não sofre variação da sua massa, podemos reescrever a expressão como:

$$F_y = m \frac{dv_y}{dt}, \quad (2)$$

Como a força resultante que a partícula está sentindo é a do seu próprio peso, temos que:

$$m \frac{dv_y}{dt} = P, \quad (3)$$

Como a força peso pode ser escrita como:

$$P = mg. \quad (4)$$

Então, relacionando a eq. (3) e (4):

$$m \frac{dv_y}{dt} = mg, \quad (5)$$

E multiplicando a expressão por  $dt/m$ , ficamos:

$$dv_y = g dt. \quad (6)$$

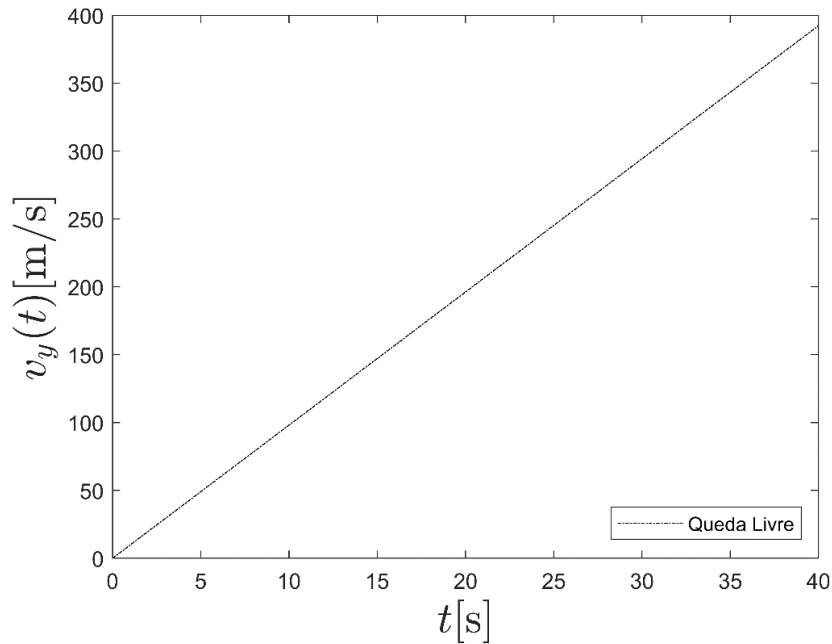
Integrando a expressão de  $v_{0y} = 0$  até  $v_y = v_y'$  e  $t_0 = 0$  até  $t = t'$ , temos:

$$\int_0^{v_y'} dv_y = g \int_0^{t'} dt, \quad (7)$$

$$v_y'(t') = gt'. \quad (8)$$

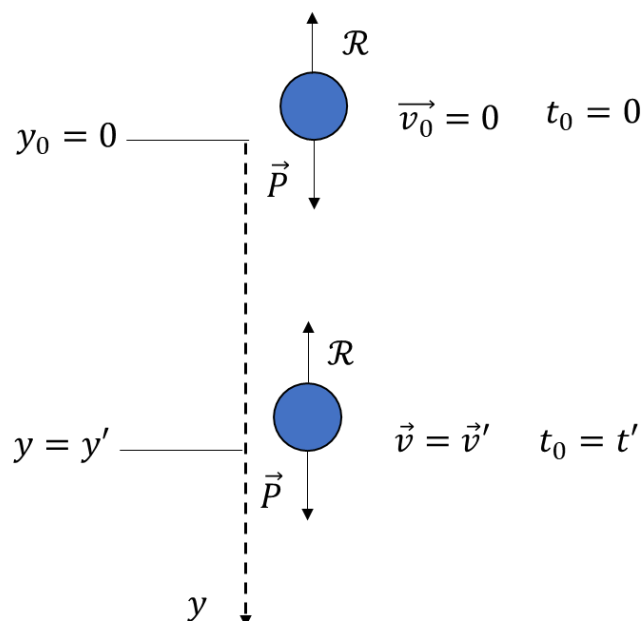
Então, por meio desse resultado, podemos verificar dois fatos sobre a equação (8). O primeiro é que o movimento da partícula não depende da massa do objeto. O segundo é que a velocidade é diretamente proporcional ao tempo de queda. Logo, fica claro que as afirmações de Galileu sobre o movimento de queda livre são verídicas e válidas.

Por fim, traçando um gráfico da velocidade em função do tempo (fig. 3), com base na equação (8), podemos observar um comportamento linear, indicando uma aceleração constante em todo o período de queda.

**Figura 3** – Gráfico da velocidade versus o tempo.

Fonte: Pedro Silva, 2022.

Contudo, se considerarmos um sistema onde existe a influência do ar, ou seja, uma força resistiva ao movimento, o comportamento será o mesmo? Sabemos que na realidade, um corpo em queda livre sem resistência do ar é um sistema idealizado, com isso, vamos tornar esse sistema mais realista, levando em consideração a força resistiva fornecida pelo ar. O sistema em questão está representado na figura abaixo.

**Figura 4** – Partícula em queda na presença da resistência do ar.

Fonte: Pedro Silva, 2022.

Sendo assim, a resistência que vamos considerar é a proporcional a velocidade, pois estamos trabalhando com corpos pequenos movendo-se em baixas velocidades (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Portanto, essa força é dada por:

$$\mathcal{R} = -\gamma v_y . \quad (9)$$

Onde  $\gamma$  é um fator de proporcionalidade que depende da forma, do tamanho do corpo e das propriedades do fluido.

Em seguida, montando a equação diferencial, temos que pela segunda lei de Newton, teremos que a taxa de variação temporal do momento linear será dada por:

$$F_y = \frac{dp_y}{dt} , \quad (10)$$

Logo, temos que a força resultante que está agindo sobre a partícula pode ser escrita como:

$$\frac{dp_y}{dt} = P + \mathcal{R} . \quad (11)$$

Substituindo a eq. (4) e (10) em (11), podemos reescrever a expressão como:

$$m \frac{dv_y}{dt} = mg - \gamma v_y , \quad (12)$$

Podemos reescrever essa equação, que é exata e separável, como:

$$\frac{1}{mg - \gamma v_y} dv_y = \frac{1}{m} dt , \quad (13)$$

Integrando a expressão de  $v_{0y} = 0$  até  $v_y = v'_y$  e  $t_0 = 0$  até  $t = t'$ , temos:

$$\int_0^{v'_y} \frac{1}{mg - \gamma v_y} dv_y = \frac{1}{m} \int_0^{t'} dt . \quad (14)$$

Utilizando o método da substituição para integração:

$$u = mg - \gamma v_y , \quad (15)$$

Derivando em  $u$  em relação a  $v_y$ , ficamos com:

$$du = -\gamma dv_y , \quad (16)$$

$$\frac{1}{-\gamma} du = dv_y . \quad (17)$$

Logo, substituindo as eq. (15) e (17) na eq. (14) e alterando os limites de integração:

$$\frac{1}{-\gamma} \int_{mg}^{mg-\gamma v_y} \frac{1}{u} du = \frac{1}{m} \int_0^{t'} dt, \quad (18)$$

Realizando a integração, teremos:

$$\frac{1}{-\gamma} \ln \left( \frac{mg - \gamma v_y'}{mg} \right) = \frac{t'}{m}, \quad (19)$$

Multiplicando a expressão pela constante  $-\gamma$  e a colocando na base do número de Euler ( $e$ ), ficamos:

$$\frac{mg - \gamma v_y'}{mg} = e^{-\frac{\gamma t}{m}}. \quad (20)$$

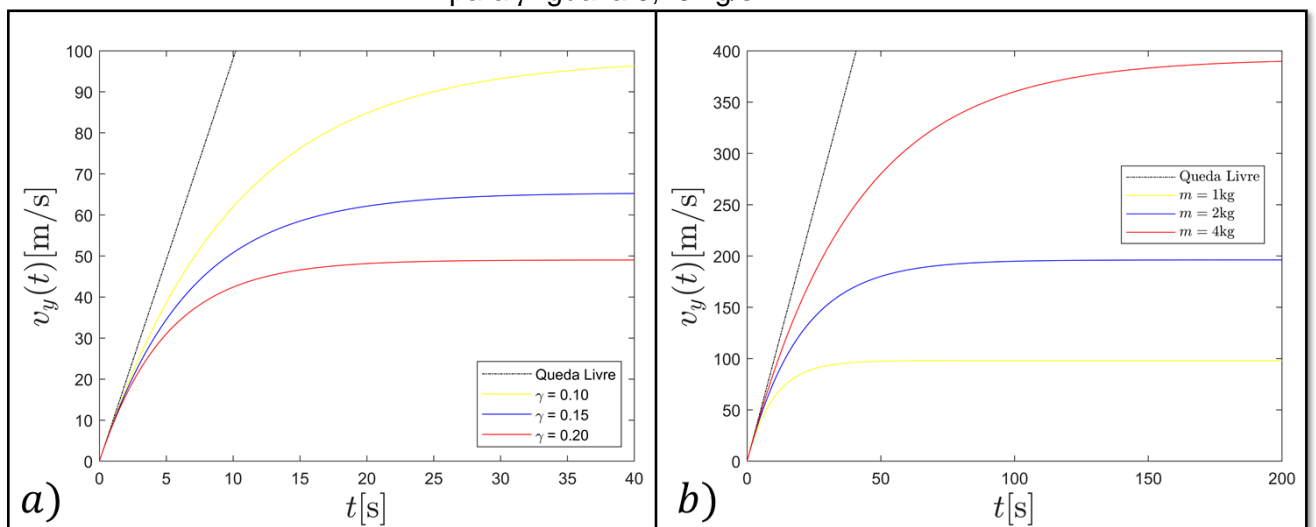
Desta forma, a velocidade da partícula será escrita como:

$$1 - \frac{\gamma v_y'}{mg} = e^{-\frac{\gamma t}{m}}, \quad (21)$$

$$v_y'(t') = \frac{mg}{\gamma} \left( 1 - e^{-\frac{t'\gamma}{m}} \right). \quad (22)$$

Observe que, diferentemente da eq. (8), a eq. (22) apresenta dependência da massa do objeto e de  $\gamma$  que indica a dependência do formato do objeto e do tipo de fluido que o corpo está inserido. Deste modo, se traçarmos dois gráficos comparando os dois casos, sendo o primeiro alterando o valor de  $\gamma$  para uma massa de 1 kg, e o segundo, considerando  $\gamma$  como um valor constante de 0,10 kg/s e variando o valor da massa, podemos notar que as curvas vermelha, azul e amarela apresentam um comportamento constante para um intervalo de tempo de queda muito grande (fig. 5), que indica o momento no qual o corpo em queda atinge a sua velocidade terminal.

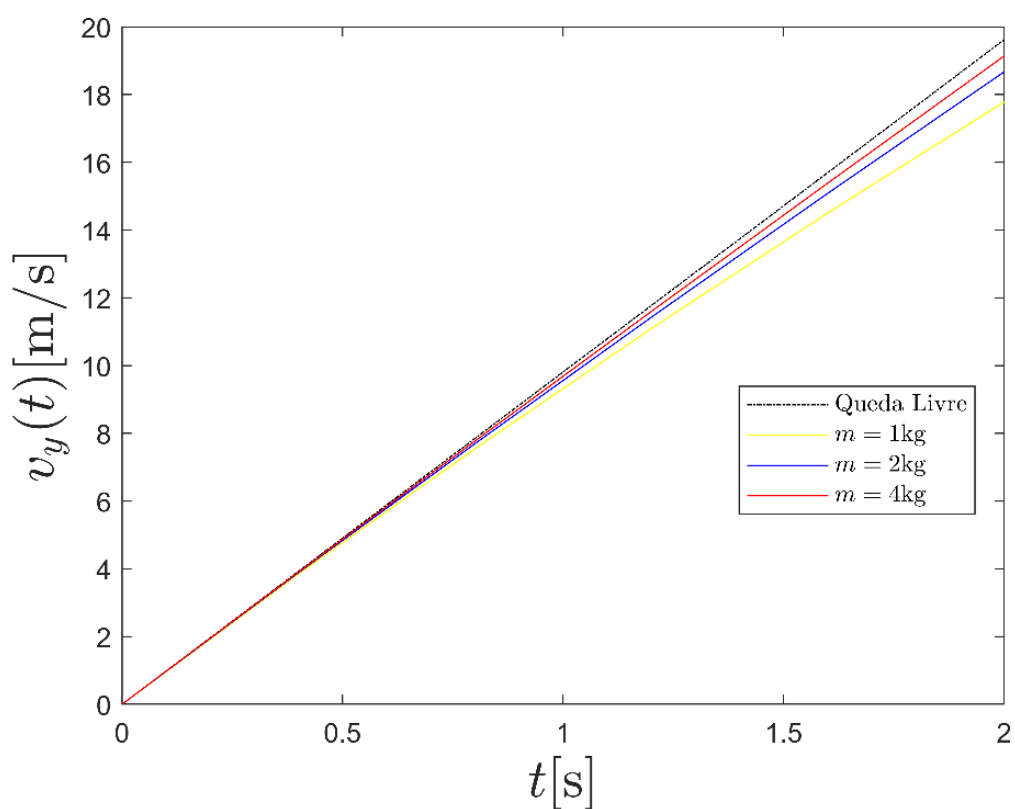
**Figura 5** – Gráficos da velocidade versus o tempo da queda de um objeto considerando a resistência do ar, **(a)** variando o valor de  $\gamma$  para uma massa de 1 kg e **(b)** variando a massa para  $\gamma$  igual a 0,10 kg/s.



Contudo, atividades que realizamos em sala de aula ou em laboratório ocorrem em intervalos de tempo curtos. Sendo assim, se focarmos nossa análise em intervalos de tempo pequeno, notaremos um comportamento semelhante entre os gráficos.

Ao realizarmos um zoom na figura 5b, podemos verificar que o comportamento de queda é aproximadamente linear, ou seja, é o mesmo comportamento para a situação idealizada, isto é, na ausência das resistências do meio (fig. 6).

**Figura 6** – zoom do gráfico da figura 5b.



Fonte: Pedro Silva, 2022.

Portanto, podemos concluir que para períodos curtos de tempo, a queda dos objetos na presença de forças resistivas fornecidas pelo ar, é aproximadamente livre, com aceleração constante, assim como verificado por Galileu. Por essa razão que, para práticas experimentais realizadas em laboratórios ou em sala de aula, uma queda de até 2 metros de altura, por exemplo, para uma massa de 1 kg e outra de 4 kg, não irá apresentar uma diferença significativa no tempo de queda.

Podemos demonstrar essa afirmação pela equação de torricelli para o movimento de queda livre. Considerando a aceleração da gravidade de  $9,80665 \text{ m/s}^2$  e uma altura de 2 metros, para um objeto que parte do repouso, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2gh, \quad (23)$$

$$v^2 = 2 \cdot 9,80655 \cdot 2, \quad (24)$$

$$v = \sqrt{39,2262} = 6,26 \text{ m/s} . \quad (25)$$

Observe no gráfico da figura 6 que para esse valor de velocidade de queda, a diferença gráfica entre as curvas é muito pequena, bem como a diferença no tempo de queda para esse valor de velocidade, dando validade a nossa afirmação.

Deste modo, está demonstrado que as ideias de proporcionalidade das massas no tempo de queda e velocidade de queda constante, ditas por Aristóteles, não se verifica.

#### 2.4 O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA E AS SUAS COMPLICAÇÕES EM TEMPOS DE PANDEMIA.

Segundo Freire (1996, p. 25), “Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção”. Ao nosso ver, é nessa perspectiva que se deve ensinar física, construir o conhecimento, criar possibilidades, desenvolver o senso crítico dos alunos, para que este, fruto de um trabalho educacional bem feito, rompa com as ideais comum da sociedade. Acreditamos que a física, como uma das ciências encantadoras e fascinantes, por tratar da natureza, da tecnologia e de situações da vivência do aluno (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007), tenha um dos papeis principais nessa ruptura.

Contudo, esse componente curricular é algumas vezes visto com maus olhares pelos alunos que o cursam ou já cursaram (RICARDO; FREIRE, 2007), pois ao invés de encantar os discentes, acaba frustrando-os. É discutido por diversos autores (MOREIRA, 2021), (RICARDO; FREIRE, 2007), (GRASSELLI; GARDELLI, 2014), (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007), a problemática do ensino de física, e

o tema mais discutido e relatado, até mesmo pelos alunos, é o ensino mecânico e o uso constante de fórmulas matemáticas sem nenhuma compreensão cotidiana, conceitual, filosófica e histórica. A insistência no uso de “macetes” e aplicações de fórmulas vem prejudicando o papel revolucionário da física na ruptura das ideias do senso comum, pois, por muitos alunos é tratado como apenas outra forma de aplicação da matemática (RICARDO; FREIRE, 2007). Esse fato contribui para que a disciplina seja vista como muito abstrata e distante da realidade dos alunos, fazendo com que perguntas como “por que eu tenho que aprender isso?” se tornem cada vez mais frequentes (*Ibidem*). Essa situação nos leva a pensar se os alunos, durante seu contato com a disciplina, estão realmente aprendendo física ou apenas decorando fórmulas para resolver problemas ou definições e leis para dar respostas corretas nas provas e esquecendo logo em seguida (MOREIRA, 2021).

Atualmente, a problemática no ensino de física pode ter sido agravada diante o cenário que o mundo se encontra. Em 2020 a COVID-19 foi caracterizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma pandemia, situação que prejudicou toda a sociedade em vários aspectos. Segundo a Unesco (2022), devido aos impactos da pandemia, a maioria dos países tiveram como plano de ação a adoção de estratégias temporárias de isolamento social, repercutindo na educação com a extrema necessidade do fechamento presencial das unidades escolares, afetando todos os níveis de educação ao longo do tempo. Portanto, assim como o avanço tecnológico e o combate ao vírus, dependem, antes de tudo, da educação, logo, esta não podia parar.

Deste modo, foi preciso nos adaptarmos a situação de calamidade que nos encontrávamos, assim, o Ministério da Educação e Cultura (MEC), por meio da Portaria nº 544 de 16 de junho de 2020, dispõe sobre a precisão de substituir o ensino presencial para o ensino à distância, no qual o Conselho Nacional de Educação (CNE), por meio do parecer CNE/CP nº 5/2020 recomendou e constatou a necessidade da utilização das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) para mediar, de forma online e remota, a educação.

Sendo assim, os docentes tiveram que inovar e se reinventar a procurar de novas abordagens para um ensino remoto, para que a aprendizagem dos alunos não fosse prejudicada devido o distanciamento social. Diante desse cenário, as dificuldades de adaptação dos docentes ao ensino remoto foram sendo evidenciadas.

A falta de preparo desses profissionais corroborou para que aulas, tidas como mecânicas e tradicionais no ensino presencial fossem dadas da mesma forma no ensino remoto, aflorando, durante esse ensino, uma perspectiva de educação instrucionista, conteudista e expositiva (SOUZA, 2020) intensificando a presença de métodos de ensino que retoma a educação bancária apresentada por Freire (1987).

Além dos problemas no processo de ensino, ainda existe os problemas apresentados pelos alunos no processo de aprendizagem. Segundo MELO, BRAZACA e SILVA (2022), a educação online traz um imenso prejuízo para aqueles que se encontram em condições econômicas delicadas, pois além da dificuldade de se ter acesso aos recursos tecnológicos ainda existe o problema do ambiente, ou seja, suas casas não são as mais adequadas para essa finalidade. A casa do aluno não é um ambiente recomendado para passar muitas horas de estudo, tendo em vista que existem outras pessoas na casa, bem como o acesso fácil ao smartphone e as redes sociais, que são agentes que competem pela atenção do aluno como o professor (*Ibidem*), logo, essas distrações foram, e são, nesse caso, um empecilho no processo de aprendizagem.

Portanto, processo de ensino-aprendizagem deve ser visto, de fato, como um processo, ou seja, o conhecimento deve ser construído pelo docente junto ao discente, momento no qual durante o ensino remoto, o docente deve mediar o conhecimento, que por sua vez, deve ser mediado pelas TDICs para os discentes. As TDICs, se mal compreendida em seu potencial, pode se tornar uma inimiga. A falta de conhecimento e domínio por partes dos professores podem ter gerado um grande problema nesse período remoto, que por fim, trazem malefícios para o processo de ensino-aprendizagem, tornando as aulas exaustivas. É possível verificar esse fato no trabalho de BARROS FILHO (2021), que tem como tema “*Aplicação de ferramentas online no ensino de física para corrigir deficiências dos fundamentos de matemática em alunos do curso integrado*”, onde é apresentado o ensino de cinemática em uma turma de reoferta do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), no qual faz o uso das TDICs com base nas metodologias tradicionais de ensino, na tentativa de tornar o ensino à distância o mais próximo possível do que era feito presencialmente. Os resultados apresentados pelo autor durante a utilização desse método de ensino foi a presença de um grande número de evasão desse grupo de alunos, bem como várias notas abaixo da média de aprovação, evidenciando uma falha no ensino de física durante o

ensino remoto, pois a metodologia tradicional de ensino apenas foi transferida para o ensino remoto, utilizando as TDICs como meras ferramentas de exposição e aplicação de conteúdo.

Logo, concluímos que durante o período de ensino remoto, as dificuldades de ensino-aprendizagem do componente curricular física se intensificaram, pois, como exposto anteriormente, o seu ensino no presencial é tido pelos alunos como mecânico, sem nenhuma relação cotidiana e como outra forma de aplicação da matemática, sendo este método de ensino apenas transferido para o remoto. Nesse aspecto, é possível que o estudo da queda dos corpos, que é a nossa preocupação nesse trabalho, tenha sido apresentado de forma expositiva e matemática, assim como no presencial, dando continuidade na falta de conceitos, contexto histórico e a filosofia que também fazem parte dessa ciência, corroborando para um prejuízo na aprendizagem e a reprodução de uma educação bancária.

## 2.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho tem como proposta efetuar um levantamento de dados com o intuito de se obter informações sobre a aprendizagem dos conceitos e significados da queda livre dos corpos. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho, segundo Marconi e Lakatos (2017), é de caso e de campo de natureza exploratória na área de Ciências Exatas e da Terra. Sendo assim, fizemos uso de um questionário para verificar se os alunos de uma escola estadual, durante sua passagem pelo ensino médio, estão aprendendo os conceitos e significados pertinentes a queda livre dos corpos. Posteriormente, a partir desses dados, executaremos um tratamento estatístico para a exposição dos resultados obtidos nesta pesquisa.

Nessa perspectiva, aplicamos o questionário, presencialmente, em uma turma da 2<sup>o</sup> série do EM da Escola Estadual Tiradentes da Polícia Militar do estado de Alagoas, no município de Maceió, pois já tinham voltado as suas atividades presenciais. A escolha dessa série do EM se deu pelo fato de tradicionalmente no ensino de física do 9<sup>o</sup> ano do ensino fundamental II e 1<sup>o</sup> do ensino médio serem tratados os conteúdos e formulados alguns conceitos sobre movimento, principalmente sobre o que tange a queda livre dos corpos, como pode ser verificado através dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) e atualmente na BNCC que entrou em vigência nesse ano de 2022, com a iniciativa do

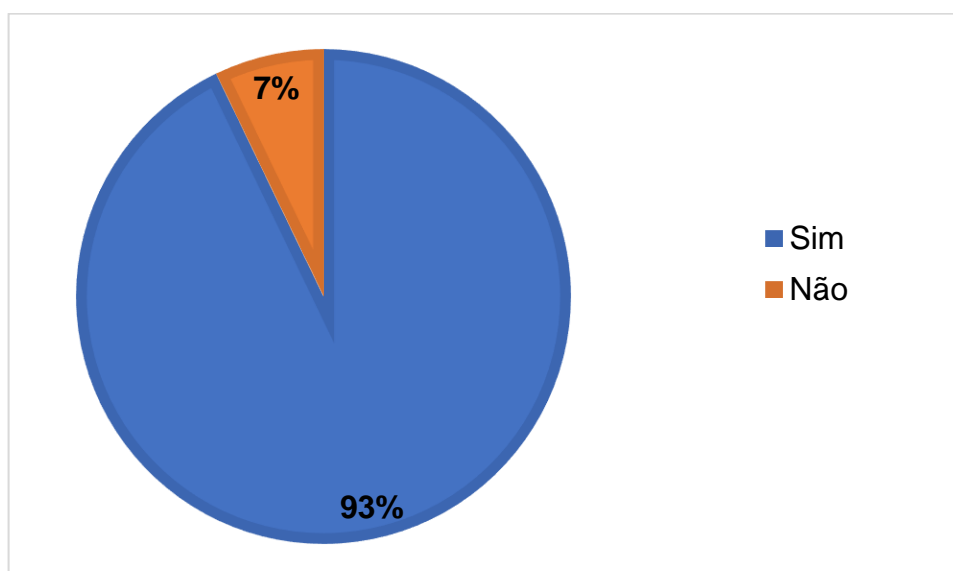
novo EM. Deste modo, espera-se que esses alunos, ao adentrar na 2<sup>o</sup> série do EM saibam os principais conceitos e significados sobre a queda livre dos corpos.

O questionário aplicado é composto por 7 questões (Apêndice A), nas quais acreditamos que sejam capazes de verificar, se de fato, os alunos da Escola Estadual Tiradentes da Polícia Militar compreenderam os conceitos e significados da queda livre dos corpos. O trabalho foi desenvolvido no período de março a maio de 2022 e o questionário aplicado no dia 28 e 29 de abril de 2022, em três turmas da 2<sup>o</sup> série do EM dessa escola.

### 3. RESULTADOS

Prontamente, após a aplicação do questionário nas três turmas de 2<sup>o</sup> série do EM da instituição de ensino, foi possível, através da primeira pergunta no questionário, distinguir os alunos que estão presente nessa escola desde o 9<sup>o</sup> ano do ensino fundamental II até a 2<sup>o</sup> série do EM, com o propósito de tornar os resultados da pesquisa mais consistentes, verificando apenas os alunos que tiveram contato com o componente curricular Física apenas nessa instituição de ensino. Deste modo, através do questionário (fig. 7), verificamos que, dos 56 alunos investigados, 52 alunos (93%) estavam presente na escola durante esse período, conseqüentemente, apenas as respostas desses 52 alunos serão validadas.

**Figura 7** – Gráfico das respostas dos alunos sobre a presença deles na escola desde o 9<sup>o</sup> ano do ensino fundamental II.

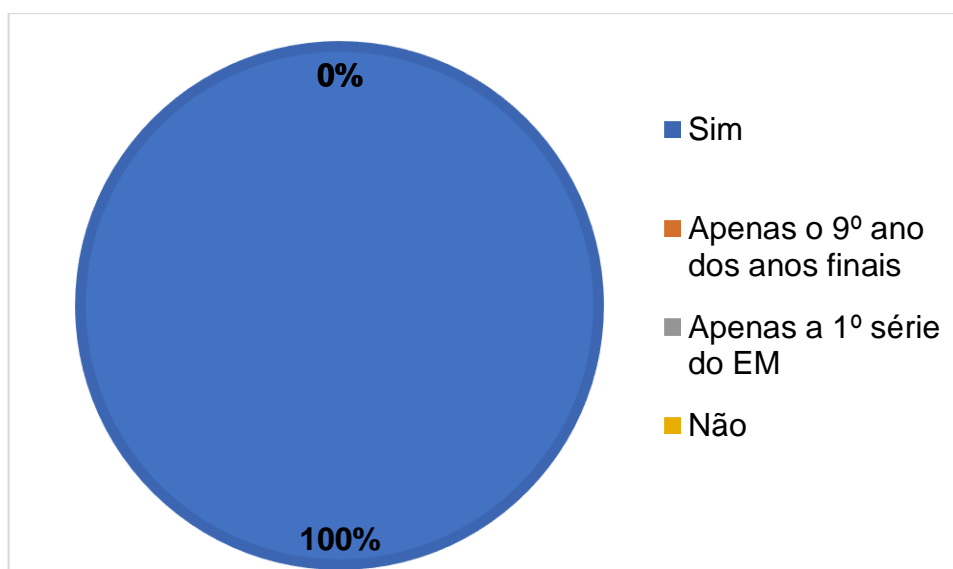


Fonte: Pedro Silva, 2022.

No segundo momento, verificamos se os alunos, durante o 9º ano do ensino fundamental II e a 1ª série do EM, tiveram aulas no modelo de ensino presencial ou remoto (a distância). A escolha dessa pergunta foi devido a esse período da formação desses alunos, tradicionalmente, ocorrer os primeiros contatos com os conceitos de movimento e, por consequência, o de queda livre dos corpos. Essa afirmação é com base nas informações recebidas pelo próprio professor de Física da escola, no livro didático adotado pela escola desde 2020 (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020), além de ser possível verificar na antiga base nacional curricular PCN+, que ainda estava em vigência até o ano de 2021.

Posto isso, o gráfico da figura 8 expõem que 100% dos 52 alunos tiveram aula de forma online e remota durante esse período de formação. Esse fato demonstra que esses alunos estavam propícios a passar por todas as dificuldades abordadas anteriormente sobre o ensino-aprendizagem durante o período de ensino a distância, principalmente no componente curricular Física.

**Figura 8** – Gráfico das respostas dos alunos sobre se durante o 9º ano do ensino fundamental II e a 1ª série do ensino médio, as aulas foram realizadas por meio do ensino remoto.

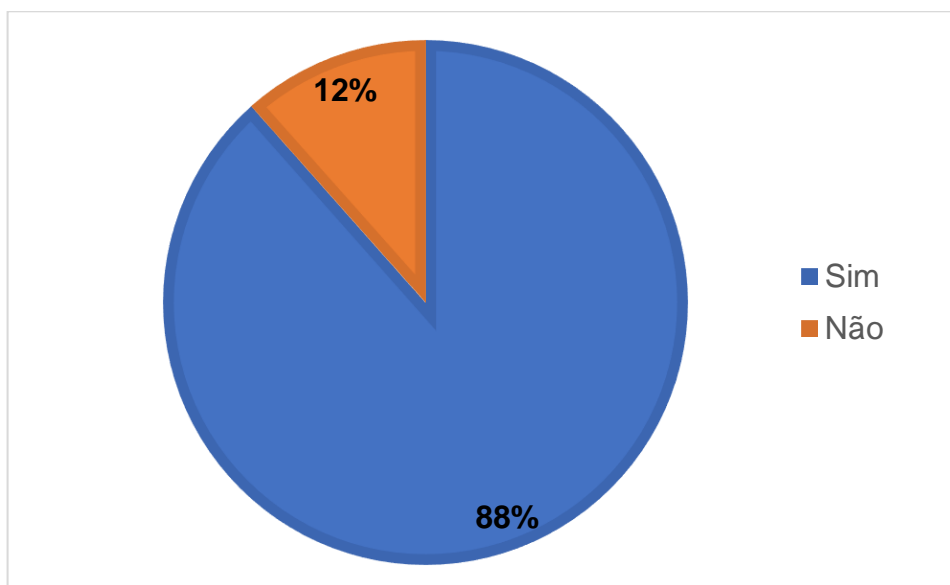


Fonte: Pedro Silva, 2022.

A próxima análise foi sobre os conceitos ligados diretamente a queda livre dos corpos. Nesse momento, almejamos saber, com base nas experiências corriqueiras dos alunos, se eles desconfiavam que o formato de um objeto, em queda livre, interfere no tempo de queda desse objeto. Pois, como é conhecido, o formato de

um objeto apenas vai implicar no tempo de queda, se o mesmo estiver imerso em um fluido, como, por exemplo, o ar ou a água (HEWITT, 2015). Veja que esse evento já era compreendido até por Aristóteles em seus estudos sobre a queda dos corpos. Aristóteles sabia que se os corpos detendo a mesma massa, o único fato que pode afetar o seu tempo de queda seria o seu formato (COHEN, 1967). Com isso, notamos, através do gráfico da figura 9, que uma boa parcela desses alunos (88%) acredita que o formato do objeto interfere no tempo de queda do mesmo, porém, existe uma minoria (12%) que acredita que não interfere. Logo, espera-se que, além da maioria desses alunos possuírem a compreensão desse acontecimento, que de forma implícita, eles também saibam que o ar é o grande responsável por essa condição.

**Figura 9** – Gráfico das respostas dos alunos sobre se durante a queda de um objeto, o formato do objeto interfere no tempo de queda.



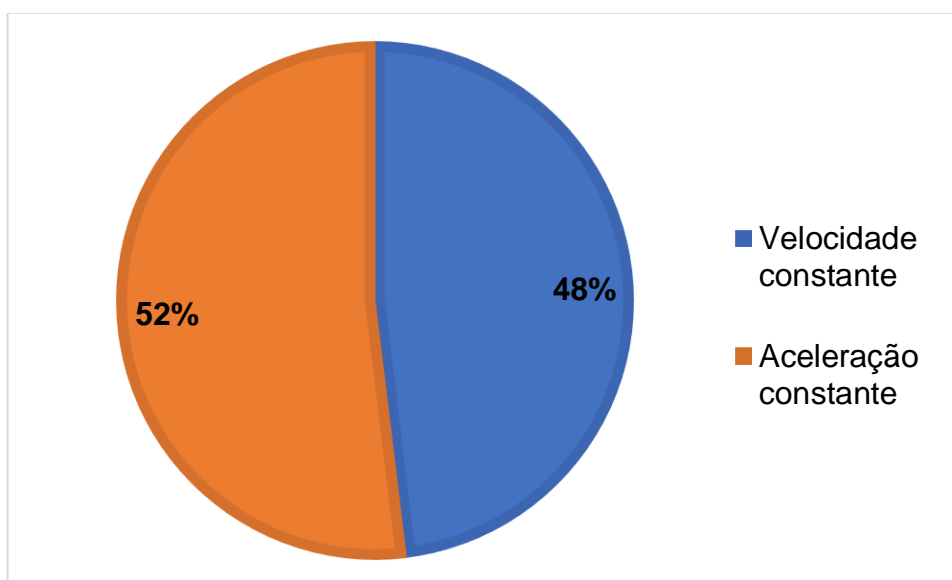
Fonte: Pedro Silva, 2022.

Em seguida, a próxima pergunta é com base em uma afirmação feita por Aristóteles sobre o tipo de movimento de queda dos objetos. Aristóteles, como já foi exposto anteriormente, acreditava que o movimento de queda de um objeto era com velocidade constante, portanto, queríamos verificar se os alunos, mesmo após vários séculos da comprovação de que o movimento de queda é acelerado, continuam firmemente ligados a visão aristotélica de movimento de queda. Sendo assim, o gráfico da figura 10 expõem que, 52% dos alunos acreditam que o movimento de queda é com aceleração constante, contudo, 48% desses alunos afirmam que é com velocidade constante. Veja que quase a metade dos indivíduos avaliados continuam

com uma visão aristotélica sobre o tipo de movimento dos corpos em queda. A nossa hipótese quanto a isso é dividida em duas considerações: a primeira é que os alunos realmente acreditam que esse movimento é com velocidade constante. A segunda consideração parte de uma situação que presenciamos durante a resolução dessa questão, pois, alguns alunos perguntavam “qual a diferença entre velocidade e aceleração?”. Logo, nossa segunda hipótese para esse resultado é a consequência desses alunos não saberem a diferença entre as grandezas Físicas velocidade e aceleração.

Por fim, com base no que foi relatado, quase a metade dos alunos avaliados não compreendem que o movimento de queda é acelerado, além de alguns deles apresentarem indícios que não sabem diferença entre velocidade e aceleração, deixando claro a existência de uma falha no processo de ensino-aprendizagem do componente curricular Física. O princípio de largarmos um objeto e ele começar a cair, já remete a existência de uma aceleração. Essas noções deveriam ter sido desenvolvidas pelos discentes na 1<sup>o</sup> série do EM, a partir do estudo das Leis de Newton, porém, observamos que não foi o caso, para uma parcela deles.

**Figura 10** – Gráfico das respostas dos alunos sobre o tipo de movimento de um objeto em queda livre.



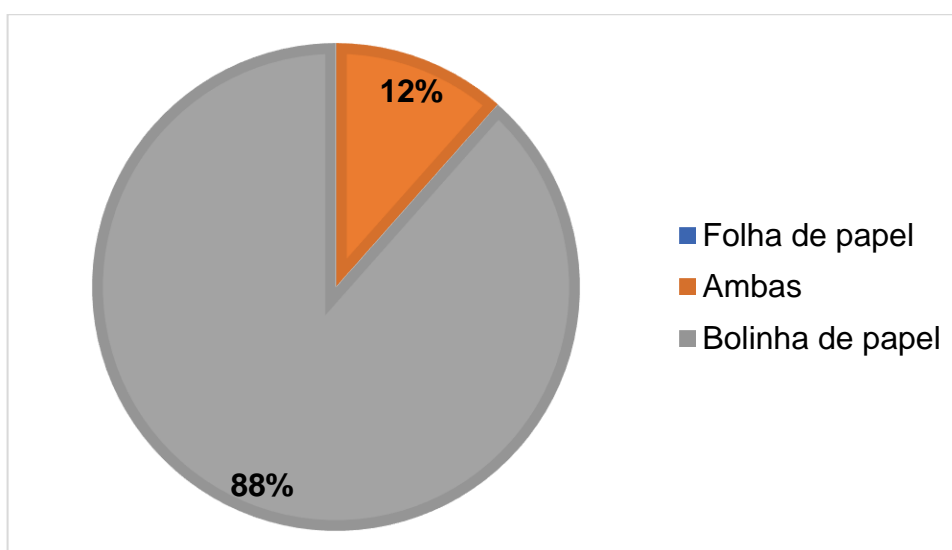
Fonte: Pedro Silva, 2022.

Posteriormente, almejamos saber, se em um experimento com duas folhas de papel, ambas de mesmas características de massa e densidade, sendo uma amassada em um formato esférico e outra sem sofrer nenhuma deformação,

abandonadas de uma mesma altura, qual deveria chegar ao solo primeiro. No gráfico da figura 11, podemos observar que 88% dos alunos compreende que a bolinha de papel deve chegar primeiro ao solo e 12% acreditam que não. Em vista disso, podemos relacionar essa questão com a terceira, que retoma a ideia de que o formato do objeto interfere no tempo de queda do mesmo.

Ao analisar as respostas de ambas as perguntas, observamos algumas incoerências nas respostas, mesmo que o número percentual das respostas (gráficos 9 e 11) tenha sido “coerentemente” o mesmo. A ideia é que se um aluno afirma que o formato do objeto interfere no tempo de queda do mesmo, logo, espera-se que na quinta questão o aluno escolha coerentemente que a bolinha de papel chega primeiro ao solo ao invés da folha de papel. Contudo, notamos que 5 alunos (aproximadamente 10%) disseram que o formato de um objeto interfere no tempo de queda, porém, na quinta pergunta responderam que ambas chegam ao mesmo tempo ao solo, mesmo deixando claro, durante a aplicação do questionário, que todas as perguntas se tratavam da perspectiva cotidiana deles, ou seja, considerando a resistência do ar. Além de que, 3 alunos (equivalente à aproximadamente 6%) afirmaram que o formato do objeto não interfere e, logo em seguida, marcaram a resposta que diz que a bolinha de papel chega ao solo primeiro.

**Figura 11** – Gráfico das respostas dos alunos sobre soltarmos uma bolinha e um folha, ambas de papel e as mesmas características, qual deveria chegar primeiro ao solo.

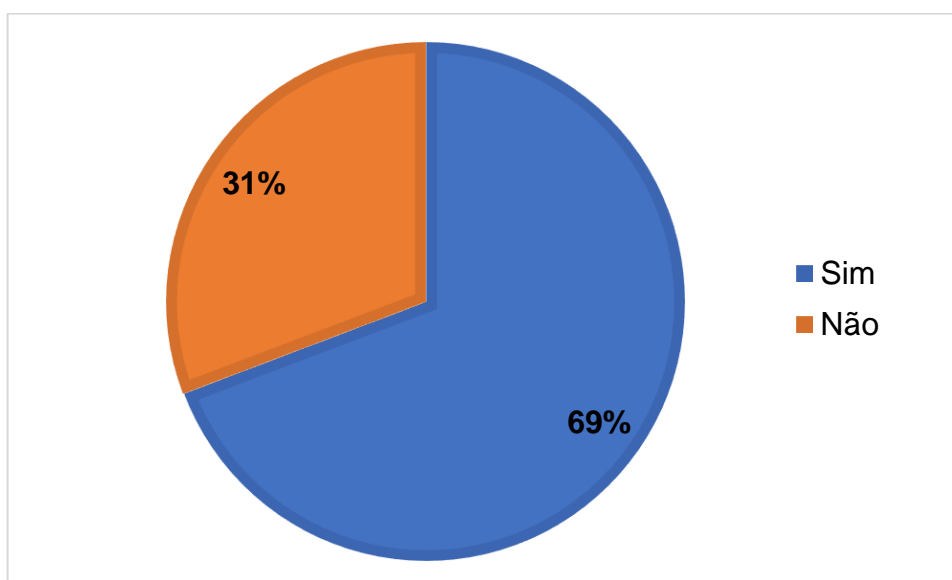


Fonte: Pedro Silva, 2022.

Na sexta questão, queríamos confirmar a presença de outro conceito abordado por Aristóteles, que é a proporcionalidade da massa durante o movimento de queda. Aristóteles afirmava que, além do movimento de queda ser em velocidade constante, ele dependia da massa do objeto. Sendo assim, um corpo 4 vezes mais pesado que outro, para Aristóteles, cai 4 vezes mais rápido. Deste modo, partindo desta mesma afirmação, realizamos a mesma pergunta para os alunos, e verificamos no gráfico da figura 12 que 69% dos alunos responderam que sim, um objeto 4 vezes mais pesado, cai 4 vezes mais rápido que o outro, e 31% responderam que não.

Diariamente os alunos veem objetos caindo, contudo, provavelmente não observam um detalhe importante, a nenhum momento um objeto muito mais pesado que outro chegou ao solo com uma diferença de tempo que fosse proporcional a massa. Certo que o de maior massa chega primeiro, por causa da resistência do meio, porém, a diferença no tempo de queda não é proporcional a massa dos objetos. Galileu mostrou esse fato em seu estudo sobre a queda livre dos corpos no século VII, contudo, por que essa dúvida continua a permear na nossa educação em pleno século XXI? Será que esse fato está sendo discutido em sala de aula? Ou os alunos estão estudando a Física apenas como uma forma de aplicação da matemática, a partir de fórmulas e macetes? É inquietante saber que alunos que nasceram no berço da física moderna, continuam com a visão da antiga Física aristotélica do senso comum.

**Figura 12** – Gráfico das respostas dos alunos sobre se um objeto 4 vezes mais pesado que o outro, cai 4 vezes mais rápido.

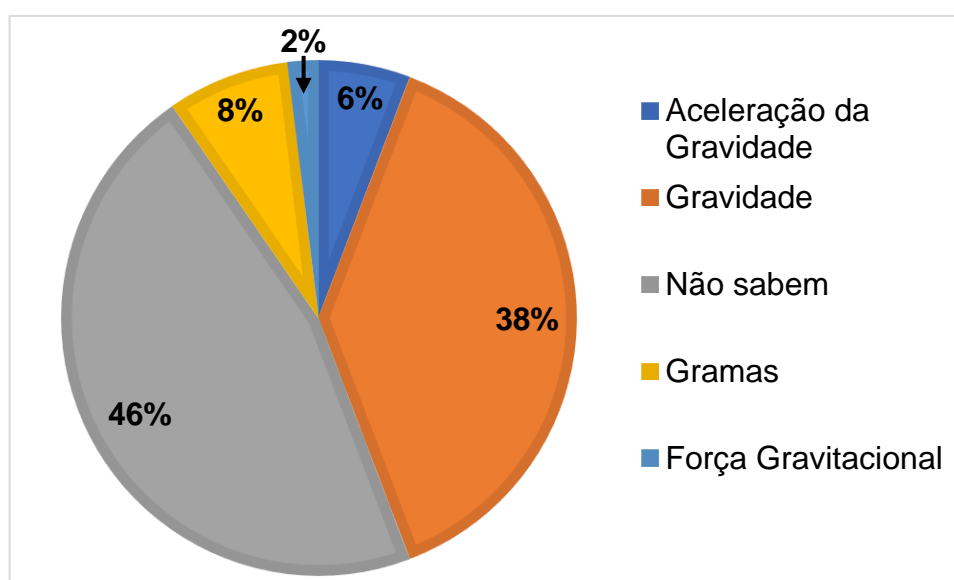


Fonte: Pedro Silva, 2022.

As últimas perguntas vêm com o propósito de verificar se durante o estudo da teoria sobre a queda livre dos corpos, os alunos aprendem que a grandeza Física representada por  $g$  é um tipo de aceleração, ou seja, que é a aceleração que todos os corpos sofrem devido a força gravitacional do nosso planeta. As respostas apresentadas no gráfico da figura 13 foram as mais diversas: 46% dos alunos não sabem o que é essa grandeza; 38% acreditam que é a gravidade; 2% dos alunos afirmam que é uma força gravitacional; 8% dos alunos acreditam que seja gramas (unidade de medida para massa), mesmo sendo esclarecido, durante a aplicação do questionário, que as perguntas eram sobre o estudo da queda livre; ademais, 6% dos alunos indicaram a resposta correta, afirmando que é a “aceleração da gravidade”.

Então, com base no que foi exposto, verificamos outro problema diante desse tema, a maioria dos alunos não sabem o que é a grandeza Física representada por  $g$ . Esses alunos não compreendem, em sua grande maioria, o que é a aceleração da gravidade, até mesmo por afirmar que o  $g$  é a gravidade. Então fica a dúvida, será que esses alunos sabem que todos os corpos, inclusive o dele, sofre constantemente essa aceleração diariamente? Que quando ele derruba um objeto, o mesmo sofre essa aceleração? Fica a indagação.

**Figura 13** – Gráficos das respostas dos alunos sobre o nome da grandeza física representada por  $g$ .

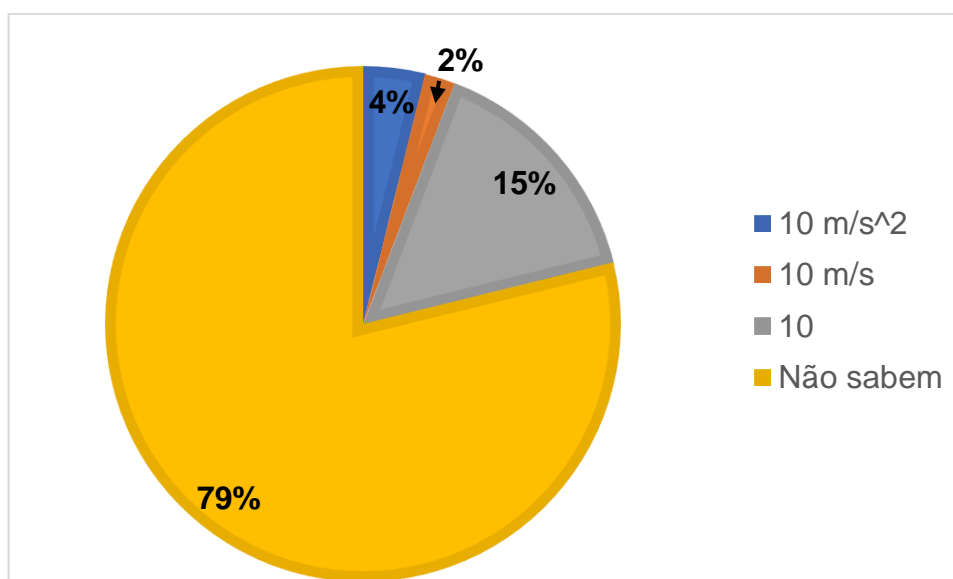


Fonte: Pedro Silva, 2022.

Outro problema evidenciado foi quando perguntamos qual é o valor da grandeza Física representada por  $g$ . Através do gráfico da figura 14, observamos que 79% desses alunos não sabem qual é o valor da aceleração da gravidade na Terra, e os que sabiam, deram respostas como: o valor é de 10 (15%), sem nenhuma unidade de medida, como fosse uma grandeza adimensional; outros afirmaram que era 10  $m/s$  (2%), ou seja, com uma unidade de velocidade; e por último, apenas 4% responderam corretamente o valor dessa grandeza, que é de 10  $m/s^2$ , além de utilizarem o símbolo de aproximação, pois o valor de 10  $m/s^2$  é um valor aproximado do valor real, que é de 9,80665  $m/s^2$  (INMETRO, 2003) ao nível do mar a uma latitude de 45°.

Então, observamos que a maioria desses alunos não sabem qual é o valor da aceleração da gravidade, além de negligenciar o uso da unidade de medida corretamente. Ainda arriscamos em afirmar que os alunos, provavelmente, não compreendem o significado de um objeto que se move com uma aceleração de 10 metros por segundo, por segundo, ou seja, a ideia de um incremento de 10  $m/s$  na velocidade de um objeto, a cada segundo.

**Figura 14** – Gráfico das respostas dos alunos sobre o valor da grandeza física representada por  $g$ .



Fontes: Pedro Silva, 2022.

Portanto, compreendemos que realmente existe um problema na compreensão dos conceitos e significados da queda livre dos corpos por partes desses alunos. Essa resposta nos faz refletir sobre o que esses alunos aprenderam

durante suas aulas iniciais de física, nos assuntos de cinemática e dinâmica durante o seu 9º ano do ensino fundamental II e a 1 série do EM. Será que as aulas de Física tiveram algum significado para esse aluno? O quão esses alunos foram prejudicados pelo ensino à distância? Será que esses assuntos foram abordados através de fórmulas, macetes e decoração de teorias e conceitos para apenas a realização de uma prova? São muitas perguntas que nesse momento não conseguiremos responder.

#### **4. CONCLUSÃO**

Neste trabalho, discutimos sobre o papel da Física com a sociedade, em especial, com a educação no processo de combate ao senso comum e a pseudociência. O estudo da Física remete diretamente em conhecer a natureza, conhecer o meio em que vivemos e poder descrevê-la através de equações matemática, mas sempre tendo em mente que essa ciência não é apenas equações. Essa ciência natural é construída de um processo de erros e acertos, de questionamentos, de tempo, sim, tempo, pois, como seres humanos, cometemos erros e levamos um certo tempo para entender e aceitar certas visões e concepções de mundo, além de levar um certo tempo para desenvolvermos recursos tecnológicos para realizarmos medidas mais precisas de um fenômeno físico. Assim como foi abordado no processo histórico de maturação dos conceitos e significados da queda livres dos corpos de Aristóteles até Galileu Galilei.

O processo de ensino-aprendizagem do componente curricular Física é um cenário preocupante, como foi exposto anteriormente. A pandemia dificultou ainda mais essa situação, devido a exigência do distanciamento social, obrigando as instituições de todos os níveis adotarem o ensino a distância. A necessidade da utilização das TDICs nesse período, evidenciou o despreparo dos docentes em mediar o conhecimento por meio das tecnologias digitais, no qual, em alguns casos, o ensino online foi utilizado como um meio de aplicação e exposição de conteúdo e o aluno, um mero receptor, deixando evidente, a realização de uma educação bancária abordada por Freire (1987).

Diante desse cenário, nos propomos a verificar a aprendizagem dos conceitos e significados da queda livre dos corpos em uma escola estatual, no qual acreditávamos que esses princípios não eram bem compreendidos por parte dos alunos e, com a presença da pandemia, essa situação poderia ter se agravado ainda

mais. Através dos resultados apresentados neste trabalho, observamos que realmente existe uma dificuldade no entendimento de alguns conceitos, além da presença de ideias Aristotélicas sobre esse fenômeno, algo que não deveria mais persistir contemporaneamente. Por fim, respondemos o nosso problema de pesquisa que indagava sobre: se durante o processo de ensino-aprendizagem em Física, do 9º ano do fundamental II a 2ª série do EM, houve uma real compreensão dos significados da queda livre dos corpos para os alunos da Escola Estadual Tiradentes da Polícia Militar.

Sendo assim, a nossa proposta para solucionar o problema revelado pela pesquisa é de investir em metodologias ativas (Gamificação, Cultura maker, Aprendizado por problemas, entre outros) e atividades experimentais, que estimule a autonomia e a independência dos alunos para que esses conceitos sejam compreendidos de forma significativa, e não apenas por mera exposição de conteúdo, decoração de fórmulas e resolução de exercícios, com intuito de resolver uma prova.

Por último, acrescentamos a necessidade de uma maior exploração da aprendizagem desse tema, para obtermos informações de como está o cenário brasileiro em relação a aprendizagem desse conhecimento. Então, os próximos passos para a pesquisa é a busca por mais informações sobre a aprendizagem desse conteúdo em outras escolas do município de Maceió e, posteriormente, do estado de Alagoas.

## REFERÊNCIAS

BARIFOUSE, B. **Fake news sobre vacinas contra a covid-19 ameaçam combate à doença**. BBC News Brasil, 17 ago. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-53795050>. Acesso em: 25 abr. 2022.

BEZERRA, N. P. X.; VELOSO, A. P.; RIBEIRO, E. Ressignificando a prática docente: experiências em tempos de pandemia. **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades-Rev. Pemo**, v. 3, n. 2, p. 323917-323917, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. *Portaria Nº 544, de 16 de junho de 2020*. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a situação de pandemia [...]. Brasília, DF: Gabinete do Ministro, [2020]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-544-de-16-de-junho-de-2020-261924872> .Acesso em: 10 abril 2022

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Pleno. Conselho Nacional de Educação. *Parecer CNE/CP nº 5/2020*. ASSUNTO: Reorganização do Calendário Escolar e da possibilidade de cômputo de atividades não presenciais [...] Brasília, DF: Ministério da Educação, 28 abr. 2020. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=14511-pcp005-20&category\\_slud=marco-2020-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=14511-pcp005-20&category_slud=marco-2020-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 10 abril 2022.

BARROS FILHO, D. A. **Aplicação de ferramentas online no ensino de Física para corrigir deficiências dos fundamentos de matemática em alunos do curso integrado**. 2021 Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Docência para o Ensino Profissional) – Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, Al, 2021

BRASIL, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2007. BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

COHEN, B. I. **O nascimento de uma nova física**. São Paulo: Edart, 1967.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, 2016.

COLUCI, V. R. et al. Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, 2013.

CORVELONI, E. P. et al. Utilização de máquina fotográfica digital (multi-burst) para aulas experimentais de cinemática-queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, p. 3504.1-3504.4, 2009.

ELIAS, D. C. N.; ARAÚJO, M. S. T.; AMARAL, L. H. Concepções de estudantes do ensino médio sobre conceitos de astronomia e as possíveis contribuições da articulação entre espaço formais e não formais de aprendizagem. **Revista de Ensino de Ciência e Matemática**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 50-68, 10 jan. 2012.

FEYNMAN, R. P. **Só pode ser brincadeira, sr. Feynman!**: as excêntricas aventuras de um físico. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2019. cap. 4, p. 145-207.

FONTES, A. S. et al. A utilização das tecnologias digitais de informação e comunicação como ferramenta potencializadora no ensino de queda livre. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 12, n. 3, 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GUÇÃO, M. F. B.; CANEIRO, M. C.; BOSS, S. L. B. **Uma análise de Galileu presente nos livros didáticos do ensino médio**: o conceito de movimento. Universidade Estadual Paulista – UNESP, p. 12, 2010.

GODOY, L. P.; AGNOLO, R. M. D.; MELO, W. C. **Ciências da natureza**: matéria, energia e a vida. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades**. 8. ed. Rio de Janeiro: Pearson, 2003. 116 p.

JOKURA, T. **Qual é a velocidade da Terra? É tanto número que um velocímetro iria pirar**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/colunas/pergunta-pro-jokura/2020/07/20/qual-e-a-velocidade-da-terra-e-tanto-numero-que-um-velocimetro-iria-pirar.htm>. Acesso em: 10 maio 2022.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

MENEZES, E.; SILVA, A. S. R. Ensino remoto emergencial nas instituições de ensino superior e as tecnologias adotadas: uma revisão integrativa. **Dialogia**, n. 40, p. 20579, 2022.

MELO, G. L.; BRAZACA, L. C.; SILVA, L. F. Online teaching modality in a pandemic time: the opinion from a group of undergraduate physics students. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2022.

NASCIMENTO, C. A. R. **Quatro textos de Galileu**. Trans/Form/Ação Revista de filosofia da Universidade Estadual Paulista/ Unesp. São Paulo, p. 3:143-7, 1980

PORTO, C.M.; PORTO, M.B.D.S.M. **A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 30, n. 4, p. 9, 2008.

PATY, M. A ciência e as idas e voltas do senso comum. **Scientiae Studia**, v. 1, p. 9-26, 2003.

PICKARD, W. A. **Os pensadores – Aristóteles**. Tradução: Leonel Vallandro e Gerd Bornheim. v. 1. São Paulo: Nova Cultural Ltda., 1987.

PORTO, C.M. **A física de Aristóteles**: uma construção ingênua?. Rev. Brasileira de ensino de Física. Departamento de Física, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil. v. 31, nº. 4, p. 8, 2009.

PORTO, C. M. **A Revolução Copernicana**: aspectos históricos e epistemológicos. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 42, p. 20, 2020.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

SILVA, E. R. O desenvolvimento do senso crítico no exercício de identificação e escolha de argumentos. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 3, n. 1, p. 57-68, 2003.

SOUZA, E. P. Educação em tempos de pandemia: desafios e possibilidades. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, p. 110-118, 2020.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. “COVID-19 Educational Disruption and Response”. **UNESCO Website** [10/04/2022]. Disponível em: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>. Acesso em 10/04/2022.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I: Mecânica**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2016. v. 1.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NA ESCOLA

**Questionário**

1) Você está na escola Tiradentes desde o 9º ano?

Sim ( )

Não ( )

2) O seu 9º ano do fundamental II e 1º série do ensino médio foi realizado durante o ensino remoto?

Sim ( ) apenas o 9º ano ( ) apenas o 1º série ( ) Não ( )

3) A partir das suas experiências no dia a dia, durante a queda de um objeto, o formato do objeto interfere no tempo de queda?

Sim ( )

Não ( )

4) O movimento de queda desses objetos é com

Velocidade constante? ( ) ou com Aceleração constante ( )

5) O que acontece se soltarmos uma folha e uma bolinha, ambas de papel, com as mesmas características?

A Folha de papel chega ao solo primeiro ( )

Ambas chegam ao mesmo tempo ao solo ( )

A bolinha de papel chega ao solo primeiro ( )

6) Um objeto 4 vezes mais pesado que o outro, cai 4 vezes mais rápido?

Sim ( )

Não ( )

7) Você saberia dizer o que é a grandeza Física representada por " $g$ " e seu valor?

R: \_\_\_\_\_