



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 36

Jônatas Ferro Cavalcante

**Determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker:
Sequência didática para o ensino médio.**

Maceió - AL

2025

Jônatas Ferro Cavalcante

**Determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker:
Sequência didática para o ensino médio.**

Dissertação apresentada ao Polo 36 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva.

Maceió - AL
2025

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

C377d Cavalcante, Jônatas Ferro.

Determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker :
sequência didática para o ensino médio / Jônatas Ferro Cavalcante. – 2025.
[130] f. : il. color.

Orientador: Wagner Ferreira da Silva
Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) –
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-
Graduação em Física. Maceió, 2025.
Inclui produto educacional.

Bibliografia: f. 87-90.

Apêndices: f. 91-[130].

1. Força de arrasto. 2. Velocidade terminal. 3. Física – Estudo e ensino
(Ensino médio). 4. Software Tracker. 5. Sequência didática. I. Título.

CDU: 53:371.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 36 - UFAL
Campus A. C. Simões - Av. Lourival de Melo Mota, S/Nº.
Tabuleiro dos Martins - 57.072-970 - Maceió - AL - Brasil
Tels.: Direção: (82) 3214-1645; Coordenação Graduação: (82) 3214.1421;
Coordenação Pós-Graduação: (82) 3214-1423 / 3214 – 1267

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**“DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE TERMINAL UTILIZANDO O SOFTWARE
TRACKER: SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO”.**

por

Jônatas Ferro Cavalcante

A Banca Examinadora composta pelos professores, Dr. Wagner Ferreira da Silva (Orientador), do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Dr. Fábio Ferreira Monteiro, da Universidade de Brasília (UnB) e Dr. Samuel Silva de Albuquerque, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Campus Arapiraca, consideram o candidato **aprovado**.

Maceió/AL, 29 de agosto de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br **WAGNER FERREIRA DA SILVA**
Data: 02/09/2025 13:48:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva

Documento assinado digitalmente
gov.br **FABIO FERREIRA MONTEIRO**
Data: 29/08/2025 11:58:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Ferreira Monteiro

Documento assinado digitalmente
gov.br **SAMUEL SILVA DE ALBUQUERQUE**
Data: 29/08/2025 12:16:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Samuel Silva de Albuquerque

Dedico este trabalho à minha família, que esteve ao meu lado em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Nesses dois anos de mestrado, tive a oportunidade de compartilhar com meus colegas de turma muitas alegrias. Agradeço a todos os professores pelos momentos de aprendizado e pelo empenho em tornar suas aulas verdadeiros alicerces de conhecimento.

Sou grato aos meus pais, pois sei que sou fruto de suas orações e de todo o esforço para que a educação sempre fosse prioridade em minha vida.

Agradeço à minha esposa por compreender todo esse processo, no qual precisei conciliar estudo e trabalho.

Agradeço também aos meus filhos, Jordana e Pedro, por serem um presente de Deus em minha vida.

Agradeço ao meu colega de profissão, Prof. Dr. Elielson Magalhães Lima, por ter contribuído na construção dos objetos em 3D e a minha amiga Cryslene Ferreira dos Santos, que contribuiu com o uso do canva na elaboração dos roteiros.

Agradeço aos professores da banca, Prof. Dr. Fábio Ferreira Monteiro e Prof. Dr. Samuel Silva de Albuquerque, por aceitarem participar da avaliação deste trabalho, e ao Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva, pela orientação dedicada ao longo de todo o processo.

Agradecemos, também, à direção da escola pela autorização para a aplicação desta sequência didática, bem como a todos os alunos que participaram voluntariamente desta atividade.

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

RESUMO

O ensino de conceitos como força de arrasto e velocidade terminal no Ensino Médio apresenta desafios significativos, especialmente por se tratar de temas que envolvem variáveis físicas de difícil visualização e compreensão intuitiva. Tais dificuldades reforçam a necessidade de abordagens didáticas que promovam a experimentação e o protagonismo estudantil. Este trabalho teve como objetivo investigar o uso de tecnologias digitais, em especial o software Tracker, associadas à produção e análise de experimentos, como ferramenta didático-pedagógica para o ensino desses conceitos físicos. Para isso, foi desenvolvido e aplicado um produto educacional baseado em metodologias ativas, no qual os estudantes realizaram experimentos com objetos de formatos variados (esfera, cubo e cilindro), confeccionados em impressora 3D, além de produzirem seus próprios objetos utilizando massa de biscoito. Os objetos foram soltos em três líquidos distintos (água, óleo e álcool), e os vídeos obtidos foram analisados com o uso do Tracker. Foram elaborados roteiros para orientar tanto a realização dos experimentos quanto a análise computacional dos dados. Os resultados obtidos, tanto a partir dos questionários aplicados antes e depois da sequência didática quanto das análises dos objetos produzidos pelos alunos, indicaram avanços significativos na compreensão conceitual dos estudantes. Houve uma melhora substancial no entendimento sobre a influência da forma do objeto, da densidade e viscosidade do fluido, e da atuação da força de resistência no movimento com velocidade terminal. Este trabalho reforça a importância da experimentação aliada ao uso de recursos digitais no processo de ensino-aprendizagem, mostrando-se uma estratégia eficaz para tornar conceitos complexos mais acessíveis, envolventes e significativos para os alunos do Ensino Médio.

Palavras-chave: Ensino de física; Força de arrasto; Velocidade terminal; Software Tracker.

ABSTRACT

Determining Terminal Velocity Using Tracker Software: A Teaching Sequence for High School Students

Jônatas Ferro Cavalcante

Supervisor:

Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Teaching concepts such as drag force and terminal velocity at the high school level presents significant challenges, particularly because these topics involve physical variables that are difficult to visualize and intuitively comprehend. These difficulties highlight the need for didactic approaches that foster experimentation and student protagonism. This study aimed to investigate the use of digital technologies—specifically the Tracker software—in conjunction with the production and analysis of experiments, as a pedagogical tool for teaching these physical concepts. To this end, an educational product based on active learning methodologies was developed and implemented. In this approach, students conducted experiments using objects of various shapes (sphere, cube, and cylinder) produced with a 3D printer, and also created their own objects using modeling clay (biscuit dough). The objects were released in three different liquids (water, oil, and alcohol), and the resulting videos were analyzed using Tracker. Instructional guides were designed to support both the execution of the experiments and the computational analysis of the data. The results, drawn from pre- and post-activity questionnaires as well as from the analysis of the objects created by students, indicated significant improvements in students' conceptual understanding. Notably, there was substantial progress in their grasp of how the shape of the object, as well as the density and viscosity of the fluid, influence the motion under the action of drag force and terminal velocity. This study reinforces the importance of experimentation combined with digital resources in the teaching-learning process, demonstrating that such strategies can effectively make complex concepts more accessible, engaging, and meaningful for high school students.

Keywords: Physics education; Drag force; Terminal velocity; Tracker software.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1. Contextualização do tema.....	9
1.2. Justificativa.....	10
1.3. Objetivos do trabalho	11
1.4. Delimitação do estudo	13
1.5. Estrutura do trabalho	13
2. REVISÃO BILIOGRÁFICA.....	16
2.1. O ensino de dinâmica no ensino médio	16
2.2. Uso de softwares no ensino de Física.....	18
2.3. Uso de simuladores no ensino de Física.....	21
2.4. Aplicações no ensino de física envolvendo o Software Tracker	22
3. REFERENCIAL TEÓRICO-PEDAGÓGICO	26
3.1. O Construtivismo.....	26
3.2. A teoria da aprendizagem significativa	27
3.3. O Cognitivismo	29
3.4. As teorias pedagógicas e suas relações com este trabalho	30
4. QUEDA LIVRE, LANÇAMENTO OBLÍQUO E RESISTÊNCIA DO AR	32
4.1. Queda livre	32
4.2. Forças de resistência no regime laminar (baixas velocidades).....	33
4.3. Lançamento de projéteis.....	37
4.4. Força de arrasto em um regime de turbulência (altas velocidades).....	42
4.5. Velocidade terminal no regime de turbulência.....	43
5. O PRODUTO EDUCACIONAL	44
5.1. O roteiro experimental.....	45
5.2. O roteiro do uso do software tracker	47
6. METODOLOGIA.....	50
6.1. A escola e a turma em que o produto didático foi aplicado	51
6.2. O tipo de pesquisa que foi realizada.....	52
6.3. A apresentação do produto educacional para os alunos	53
6.4. Aula 1: Aplicação do questionário pré-teste e produção do objeto com massa de biscoito. 54	
6.5. Aula 2 e 3: Exposição de conteúdo.	55
6.6. Aula 4: Realização do experimento com o auxílio do roteiro	55
6.7. Aula 5: Uso do software Tracker com auxílio do roteiro para encontrar a velocidade limite. 56	
6.8. Questionário pós teste e a Escala Likert	57
6.9. Aula 6: Entrega dos resultados, criação de um novo objeto e resolução do questionário pós aplicação.....	59

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
7.1. Análises dos resultados dos objetos em queda nos líquidos.....	61
7.2. Análises das respostas do questionário antes da aplicação do experimento.....	63
7.3. Análises das respostas do questionário após a aplicação do experimento	69
7.4. Análises dos relatórios produzidos pelos alunos	81
8. CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE I – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA	91
APÊNDICE II – TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO (TLC)	92
APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO APLICADO ANTES DA PRÁTICA.....	93
APÊNDICE IV – QUESTIONÁRIO APLICADO DEPOIS DA PRÁTICA	95
APÊNDICE V – O PRODUTO EDUCACIONAL	98

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresentaremos uma visão geral do trabalho, iniciando com a contextualização do tema relacionado ao ensino de conceitos de força de arrasto e velocidade terminal no Ensino Médio. Na sequência, justificaremos a relevância da pesquisa, destacando as dificuldades enfrentadas pelos alunos e a importância de metodologias ativas no processo de aprendizagem. Também serão apresentados os objetivos gerais e específicos do estudo, além da delimitação da pesquisa, indicando o recorte metodológico adotado. Por fim, descreveremos a organização dos capítulos que compõem este trabalho.

1.1.Contextualização do tema

O ensino de Física tem se tornado cada vez mais desafiador. Vivemos em um momento histórico em que os alunos estão profundamente inseridos no mundo da tecnologia, o que torna o modelo tradicional de ensino — no qual o professor é o detentor exclusivo do conhecimento — insuficiente. Nesse novo cenário, o professor passa a ser um mediador no processo de aprendizagem, contribuindo para a construção do conhecimento de forma mais ativa, colaborativa e contextualizada.

De acordo com Moran (2007), “o professor deixa de ser o único detentor do saber e passa a ser um mediador do conhecimento, alguém que estimula, orienta e desafia os alunos a construir sentido para o que aprendem”. Essa nova era precisa ser compreendida com urgência, exigindo uma transformação na mentalidade dos docentes. Caso contrário, corre-se o risco de perder uma geração que já está profundamente enraizada no universo das tecnologias digitais.

Nesse processo de aprendizagem, isso não significa que o professor tenha perdido sua importância, mas sim que assumiu um novo papel. É fundamental compreender que os conceitos, as demonstrações e os exercícios tradicionais continuam sendo indispensáveis. No entanto, eles precisam estar alinhados às novas demandas educacionais, integrando-se ao uso de tecnologias e metodologias mais interativas, capazes de dialogar com a realidade dos alunos. Além disso, existem algumas lacunas no ensino de Física que contribuem para tornar certos conteúdos engessados, dificultando o aprofundamento conceitual. A tendência de idealizar processos físicos e de simplificar excessivamente determinados conceitos acabou tornando o

ensino básico de Física rígido e superficial, muitas vezes desconectado da realidade dos estudantes.

De acordo com Moreira (2011), “o ensino de Física, muitas vezes, apresenta-se desarticulado da realidade dos alunos, com excessiva ênfase em formalismos matemáticos e idealizações que afastam o estudante da compreensão dos fenômenos do mundo real”. Nesse sentido, ferramentas como o software **Tracker** tornam-se eficazes por possibilitarem a visualização e a análise de fenômenos físicos a partir de situações concretas. Mesmo quando envolvem conceitos matemáticos mais avançados, essas ferramentas apresentam os resultados de forma acessível, facilitando a compreensão por parte dos alunos e aproximando o ensino da realidade observável.

1.2. Justificativa

Os conceitos de força de resistência e velocidade terminal possuem ampla aplicação em diversos campos do conhecimento, como na engenharia aeronáutica, na construção naval e no esporte de alto rendimento. Entretanto, no contexto do ensino médio, esses temas são geralmente pouco abordados. Essa lacuna pode ser atribuída, em parte, à ênfase tradicional no estudo de modelos idealizados de movimento, como o da queda livre no vácuo, que desconsideram a atuação de forças dissipativas. Além disso, a complexidade envolvida na análise de sistemas reais, nos quais múltiplas variáveis estão inter-relacionadas, representa um desafio adicional à sua abordagem em sala de aula.

Quando um corpo se desloca verticalmente para baixo em um meio fluido, sua velocidade tende a aumentar devido à ação da força gravitacional. No entanto, o movimento é simultaneamente afetado pela presença de uma força de resistência do fluido, que se opõe ao deslocamento. Essa força resistiva não é constante: ela varia em função da velocidade do objeto, crescendo à medida que essa aumenta.

Em determinado instante, a força de resistência atinge um valor tal que se iguala, em módulo, à força gravitacional. Nesse momento, a força resultante sobre o corpo torna-se nula, o que implica a ausência de aceleração. A partir desse ponto, o corpo passa a se mover com velocidade constante, denominada **velocidade terminal**. Esse fenômeno é de grande relevância para a compreensão de movimentos reais em fluidos e, portanto, sua inserção no ensino médio pode contribuir significativamente para uma formação científica mais completa e contextualizada, como defendem Barbosa e Villani (1999), ao destacarem que a abordagem de

conceitos que articulam teoria e situações do cotidiano favorece o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa em Física.

Apesar de serem conceitos relativamente simples em sua essência, a força de arrasto e a velocidade terminal podem apresentar um nível de complexidade que os alunos do ensino básico nem sempre possuem o embasamento necessário para compreender plenamente. Isso ocorre, em parte, pela abordagem tradicional adotada no ensino de cinemática, na qual é comum desconsiderar a dissipação de energia causada por forças resistivas. Ao se estudar a queda de corpos em sala de aula, muitas vezes assume-se que não há qualquer tipo de resistência atuando sobre o objeto, o que acaba por gerar uma compreensão superficial e idealizada desse fenômeno.

Uma alternativa eficaz para aprofundar esse entendimento é a realização de experimentos práticos que envolvam a queda de objetos sujeitos à ação da resistência de um fluido. Um exemplo particularmente instigante é a participação dos estudantes na Olimpíada Brasileira de Foguetes (OBAFOG), competição anual em que os alunos são desafiados a construir foguetes utilizando garrafas PET, com o objetivo de alcançar a maior distância possível no lançamento. Durante esse processo, os estudantes deparam-se com questões diretamente relacionadas à aerodinâmica, como a definição do formato ideal para o bico do foguete, o dimensionamento adequado das aletas e a identificação do centro de massa — fatores que influenciam de maneira significativa o desempenho do foguete.

Essa experiência prática contribui não apenas para a compreensão de conceitos físicos, mas também promove o trabalho colaborativo e a aprendizagem ativa, colocando os alunos como protagonistas do processo e o professor como mediador, responsável por orientar e estimular a investigação científica. Nesse contexto, como afirmam Carvalho e Gil-Pérez (2011), a prática experimental no ensino de Ciências favorece a construção do conhecimento e o desenvolvimento da autonomia intelectual dos estudantes, ao aproximar o ensino da realidade investigativa.

1.3. Objetivos do trabalho

Objetivo geral: Proporcionar aos estudantes do ensino médio uma compreensão significativa do conceito de velocidade terminal por meio da elaboração e aplicação de uma sequência didática investigativa, utilizando o software *Tracker* como ferramenta para análise e interpretação de movimentos verticais em meio fluido.

Objetivos específicos:

- Desenvolver uma sequência didática que integre o uso do software *Tracker* ao ensino de cinemática, com foco na compreensão da força de resistência do ar e da velocidade terminal;
- Aplicar a sequência didática em sala de aula, promovendo o protagonismo estudantil e a aprendizagem ativa por meio de práticas experimentais e do uso de tecnologias digitais;
- Estimular a análise crítica dos dados experimentais obtidos com o auxílio do *Tracker*, favorecendo a articulação entre teoria e prática;
- Avaliar o impacto da proposta na compreensão dos alunos sobre os conceitos de força resistiva e velocidade terminal;
- Incentivar o trabalho colaborativo e o desenvolvimento da autonomia intelectual por meio de atividades investigativas no contexto escolar.

De modo geral, tivemos como objetivo foi proporcionar uma experiência prazerosa no contexto de um conteúdo pouco explorado no ensino básico, conferindo autonomia e protagonismo ao aluno. Dessa forma, os estudantes não apenas se deslumbraram com um novo conteúdo, mas também perceberam a importância de construir o conhecimento por meio da observação e da investigação prática. Como afirmam Carvalho e Gil-Pérez (2011), práticas baseadas na investigação favorecem o desenvolvimento da autonomia intelectual e promovem o protagonismo estudantil no processo de ensino-aprendizagem.

Este trabalho vai além da análise quantitativa dos resultados, buscando também valorizar o desenvolvimento de práticas que contribuam para uma observação mais qualificada e contextualizada dos fenômenos estudados. A combinação entre a investigação prática e a interpretação dos dados possibilitou uma compreensão mais ampla e significativa dos resultados obtidos, em conformidade com o que destacam Delizoicov e Angotti (1994), ao apontarem que a prática investigativa no ensino de Ciências potencializa a compreensão crítica e reflexiva dos conteúdos, aproximando o aluno da realidade científica.

Busca-se, ainda, estimular a autonomia e o protagonismo dos alunos, promovendo o trabalho em equipe e proporcionando uma experiência prazerosa por meio de uma sequência didática que os permita investigar resultados com o auxílio de ferramentas tecnológicas, como o software *Tracker*, para analisar e interpretar dados de forma colaborativa e investigativa. Nesse sentido, como destacam Kenski (2012) e Carvalho (2013), o uso de tecnologias digitais

no ensino de Ciências contribui para o desenvolvimento da autonomia, do pensamento crítico e da aprendizagem significativa, ao criar oportunidades para práticas colaborativas e investigativas.

1.4. Delimitação do estudo

Esta pesquisa foi realizada em uma escola da rede privada localizada na cidade de Arapiraca, no agreste alagoano. A instituição, reconhecida por sua infraestrutura de qualidade, conta com espaços adequados para a realização de atividades experimentais, como laboratórios bem equipados de Ciências e Matemática. A comunidade escolar é composta majoritariamente por estudantes de classe média, muitos dos quais residem em municípios vizinhos e se deslocam diariamente para assistir às aulas. Esse contexto favoreceu a aplicação da sequência didática proposta, sem a necessidade de aquisição de materiais adicionais.

A proposta foi aplicada em duas turmas da 1ª série do ensino médio, totalizando 55 estudantes. A realização da intervenção pedagógica contou com o apoio da equipe gestora e da coordenação pedagógica, que demonstraram receptividade e interesse pela iniciativa. Embora a aplicação de sequências didáticas investigativas não seja prática recorrente na instituição, a atividade foi cuidadosamente planejada para se adequar ao cronograma escolar vigente, evitando impactos no cumprimento da carga horária do conteúdo programático.

A pesquisa desenvolvida adotou uma abordagem metodológica mista, integrando técnicas quantitativas e qualitativas para a coleta e análise dos dados. Foram considerados tanto os resultados do teste diagnóstico (pré e pós-intervenção) quanto as produções práticas dos alunos, como os objetos confeccionados e as respostas às atividades propostas. Essa delimitação metodológica visou captar não apenas o desempenho acadêmico mensurável, mas também os aspectos qualitativos relacionados à compreensão conceitual, ao raciocínio científico e à construção do conhecimento por parte dos estudantes, oferecendo uma análise mais ampla e consistente dos efeitos da proposta pedagógica.

1.5. Estrutura do trabalho

Esta dissertação está estruturada em oito capítulos, nos quais se apresentam os fundamentos que embasam a sequência didática elaborada, bem como os resultados obtidos a

partir de sua aplicação. No Capítulo 1, são abordados aspectos introdutórios, discorrendo-se sobre a motivação para a realização do trabalho, bem como os objetivos e a metodologia adotados. Além disso, apresenta-se a organização da estrutura geral do texto.

No Capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica, com ênfase nos conteúdos de forças resistivas e velocidade dos corpos, articulando-os às habilidades e competências previstas pela BNCC para o ensino médio. Discutem-se as formas como esses temas são abordados no contexto escolar, destacando-se metodologias e práticas pedagógicas utilizadas. São também analisados estudos que envolvem o uso do software *Tracker* e pesquisas semelhantes à proposta deste trabalho, possibilitando uma compreensão mais ampla e contextualizada do tema.

O Capítulo 3 trata das principais teorias pedagógicas que fundamentam esta pesquisa, considerando-as não apenas como base para a discussão dos resultados, mas também como elementos que sustentam um modelo de ensino pautado no compartilhamento do conhecimento. Dentre essas teorias, destaca-se o cognitivismo, por apresentar maior consonância com a abordagem adotada.

No Capítulo 4, são apresentados os fundamentos físicos que embasam o trabalho, abrangendo conteúdos de cinemática e dinâmica. Discutem-se conceitos relacionados ao movimento dos corpos, considerando-se tanto a presença quanto a ausência da resistência do ar. São abordados temas como a queda dos corpos e o lançamento oblíquo, com ênfase na análise das forças envolvidas e das trajetórias resultantes.

O Capítulo 5 apresenta a metodologia da pesquisa, incluindo informações sobre a escola e a turma onde o experimento foi aplicado, bem como o tipo de abordagem metodológica adotada. São descritos os encontros realizados durante a aplicação da sequência didática, detalhando-se o planejamento, a condução das atividades e os recursos utilizados.

No Capítulo 6, é apresentado o produto educacional que foi desenvolvido e aplicado, com uma descrição detalhada dos manuais que orientaram a execução do experimento pelos alunos. Além disso, discute-se o questionário utilizado, destacando-se sua estrutura, seus objetivos e os tipos de informações coletadas para avaliar tanto o aprendizado quanto a percepção dos estudantes em relação à proposta.

O Capítulo 7 expõe e analisa os resultados obtidos durante o experimento. As respostas dos alunos foram examinadas por meio de gráficos, permitindo uma interpretação clara dos dados. Também foi observada a modificação nos objetos produzidos com massinha de biscuit, evidenciando a aplicação prática dos conceitos aprendidos.

Por fim, no Capítulo 8, são apresentadas as conclusões do trabalho, incluindo uma análise das possibilidades de aplicação da proposta em outros contextos e uma reflexão sobre os acertos e desafios enfrentados ao longo do processo. Destacam-se, ainda, os ganhos proporcionados pela realização do experimento, evidenciando sua relevância para a comunidade escolar e seu potencial como recurso didático no ensino de Física.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, abordaremos a importância do uso do software Tracker como uma ferramenta didática para o ensino de física, destacando suas funcionalidades e benefícios. Além disso, exploraremos ferramentas similares que também podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, ampliando as possibilidades de experimentação e visualização de conceitos físicos. Por fim, discutiremos trabalhos já realizados que utilizaram o Tracker, demonstrando sua aplicação prática e eficácia em diferentes contextos educacionais.

2.1.O ensino de dinâmica no ensino médio

Estudar as causas do movimento, tentando entender como é o comportamento de um objeto ao interagir com forças externas, traz ao aluno a oportunidade de compreender como as Leis de Newton e suas aplicações estão inteiramente ligadas ao nosso cotidiano. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) contempla esse estudo e indica que o ensino da Dinâmica é fundamental não apenas para o conhecimento e compreensão do conteúdo, mas também para a formação cidadã.

A parte destinada ao estudo da dinâmica na BNCC integra o eixo temático Matéria e Energia, na área de Ciências da Natureza. O documento orienta o desenvolvimento de competências e habilidades como: compreender as leis de Newton e suas aplicações; analisar situações-problema; relacionar o conhecimento científico a situações do cotidiano; e promover o pensamento crítico e a investigação científica. Como destacam Silva e Ostermann (2020), a BNCC propõe um ensino de Física voltado não apenas à aquisição de conceitos, mas também ao desenvolvimento de competências que favoreçam a reflexão e a tomada de decisões de forma contextualizada.

A BNCC também enfatiza a importância de metodologias ativas, como experimentos, simulações e projetos, para que os alunos vivenciem na prática os conceitos teóricos. Isso permite que eles compreendam, por exemplo, como as forças atuam em um objeto em movimento ou em repouso, e como essas forças influenciam o comportamento dos corpos no dia a dia.

De acordo com a BNCC (BRASIL, 2018), o ensino de Física no Ensino Médio deve possibilitar a análise qualitativa dos movimentos dos corpos, com a identificação das forças que

atuam sobre eles, suas causas e efeitos, bem como o reconhecimento das variáveis envolvidas e sua explicação com base nas Leis de Newton. A seguir, serão descritas algumas das habilidades presentes na BNCC que devem ser desenvolvidas pelos alunos em relação a este conteúdo, e será destacado de que maneira, por meio da sequência didática elaborada nesta dissertação, buscou-se favorecer o desenvolvimento dessas habilidades:

- **(EM13CNT304):** *Analisar situações do cotidiano e identificar as forças envolvidas, seus tipos e efeitos.* No experimento que foi realizado, os alunos observaram os efeitos das forças resistivas que atuam sobre os objetos em queda. Eles analisaram como essas forças variam de acordo com o líquido utilizado, percebendo que diferentes fluidos exercem diferentes resistências ao movimento dos corpos.
- **(EM13CNT306):** *Aplicar o conceito de força resultante para explicar movimentos e equilíbrio de corpos.* Essa habilidade foi desenvolvida no experimento ao permitir que os alunos observassem que, em determinado momento, a força de arrasto se iguala à força peso do corpo, caracterizando o equilíbrio dinâmico e resultando na velocidade terminal.
- **(EM13CNT308):** *Identificar e calcular a força de atrito e sua influência em diferentes contextos.* No contexto do nosso experimento, o conceito de força de atrito foi ampliado para incluir a força de arrasto, que está diretamente associada à dissipação de energia durante o movimento dos objetos em queda.
- **(EM13CNT309):** *Analisar o movimento de corpos em queda livre, considerando a resistência do ar e a força de arrasto.* Essa habilidade foi abordada ao longo de todo o experimento. Embora os conceitos de resistência do ar e força de arrasto não sejam, em geral, formalmente explorados no ensino básico, a observação prática do comportamento de objetos em queda, imersos em diferentes líquidos, permite que os alunos desenvolvam uma compreensão intuitiva desses fenômenos. Os estudantes percebem que a resistência oferecida pelo meio ao movimento dos corpos afeta sua aceleração e, em última instância, define uma velocidade terminal. Dessa forma, mesmo sem uma abordagem

matemática aprofundada, os alunos passam a reconhecer a presença e os efeitos das forças resistivas em sistemas reais.

Alguns problemas em vestibulares cobram habilidades relacionadas ao estudo da dinâmica, como na questão 38 do vestibular da UNICAMP de 2024, que apresenta o seguinte enunciado: *Um corpo em queda nas proximidades da superfície terrestre sofre a ação da força gravitacional e da força de resistência do ar, $\vec{F}_{ar}$; essa última atua em sentido oposto à força gravitacional. Nos primeiros instantes, $\vec{F}_{ar} \cong 0$, se o corpo parte do repouso. À medida que a velocidade aumenta, $\vec{F}_{ar}$ também aumenta. Com isso, a aceleração do corpo diminui gradativamente, tornando-se praticamente nula a partir de certo momento. Desse ponto em diante, o corpo passa a cair com velocidade constante, chamada de velocidade terminal. Um objeto de massa $m = 200\text{ g}$ é solto a partir de certa altura e atinge a velocidade terminal após determinado tempo. Qual é o módulo da força de resistência do ar depois que o objeto atinge a velocidade terminal?*

No contexto desse problema da UNICAMP, a habilidade de analisar o movimento de corpos em queda livre, considerando a resistência do ar e a força de arrasto, é diretamente explorada. Ao atingir a velocidade terminal, o corpo alcança o equilíbrio dinâmico, ou seja, a força peso que atua para baixo é exatamente igual à força de resistência do ar que atua para cima.

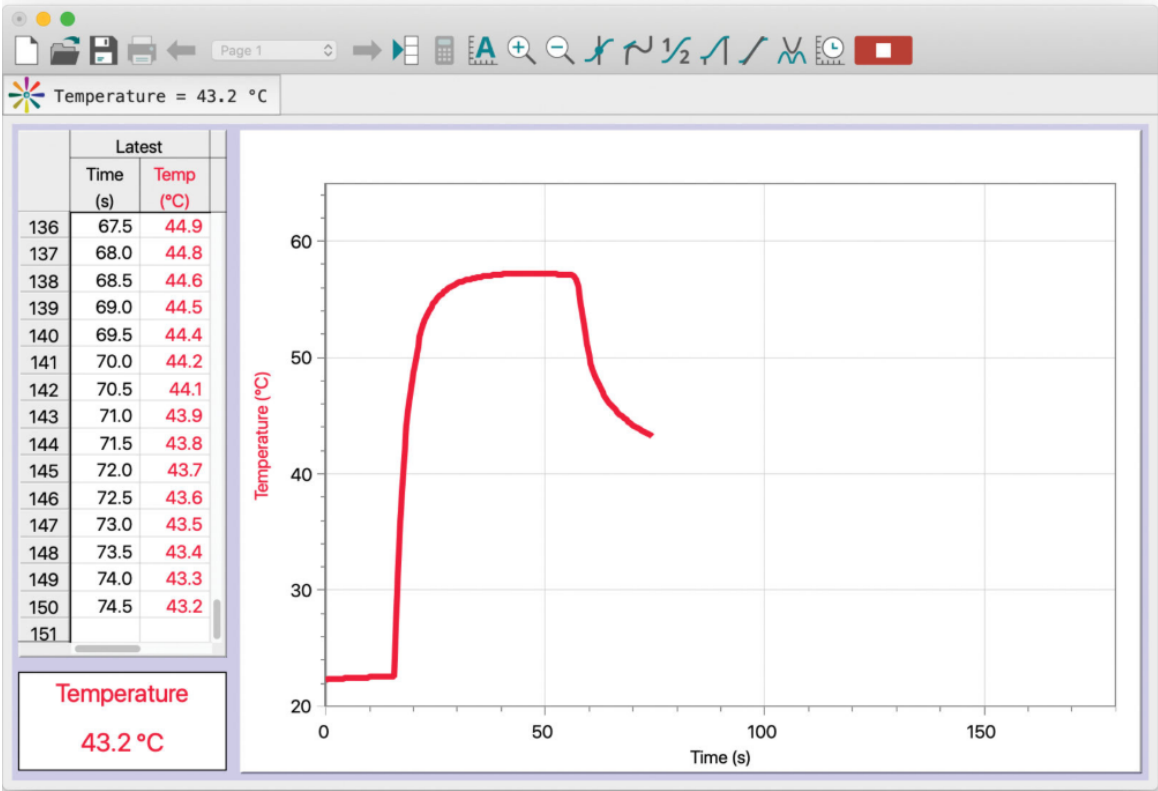
2.2. Uso de softwares no ensino de Física

Ferramentas educacionais voltadas para a experimentação têm se mostrado especialmente eficazes na abordagem de problemas clássicos da Física, em particular aqueles relacionados à dinâmica. De acordo com Moreira (2011), o ensino de Física muitas vezes se apresenta desarticulado da realidade dos alunos, com ênfase excessiva em formalismos matemáticos e idealizações. Nesse contexto, o uso de softwares e aplicativos de fácil manuseio contribui para tornar os conteúdos mais acessíveis e significativos, permitindo a visualização de conceitos abstratos por meio de simulações e análises baseadas em dados reais.

Existem diversas ferramentas semelhantes ao *Tracker*, cuja principal função é analisar vídeos a partir do movimento de corpos e permitir o estudo quantitativo e qualitativo de fenômenos físicos. Como destacam Brown (2009) e Menezes et al. (2017), o uso de softwares de análise de movimento contribui para aproximar os estudantes da prática científica, ao possibilitar a modelagem de situações reais e o aprofundamento da compreensão conceitual.

Um exemplo inicial que pode ser citado é o software *Logger Pro*, que possibilita a análise de vídeos, a coleta de dados em tempo real e a modelagem de fenômenos físicos. Uma imagem da interface dele é mostrada na Figura 2.1. Ele é muito utilizado em laboratórios de Ciências, esse recurso se destaca como uma ferramenta versátil para a realização de experimentos e para o estudo aprofundado de conceitos físicos, promovendo uma maior integração entre teoria e prática no ensino de Física (Vernier, 2016).

Figura 2.1: Interface do software Logger Pro.



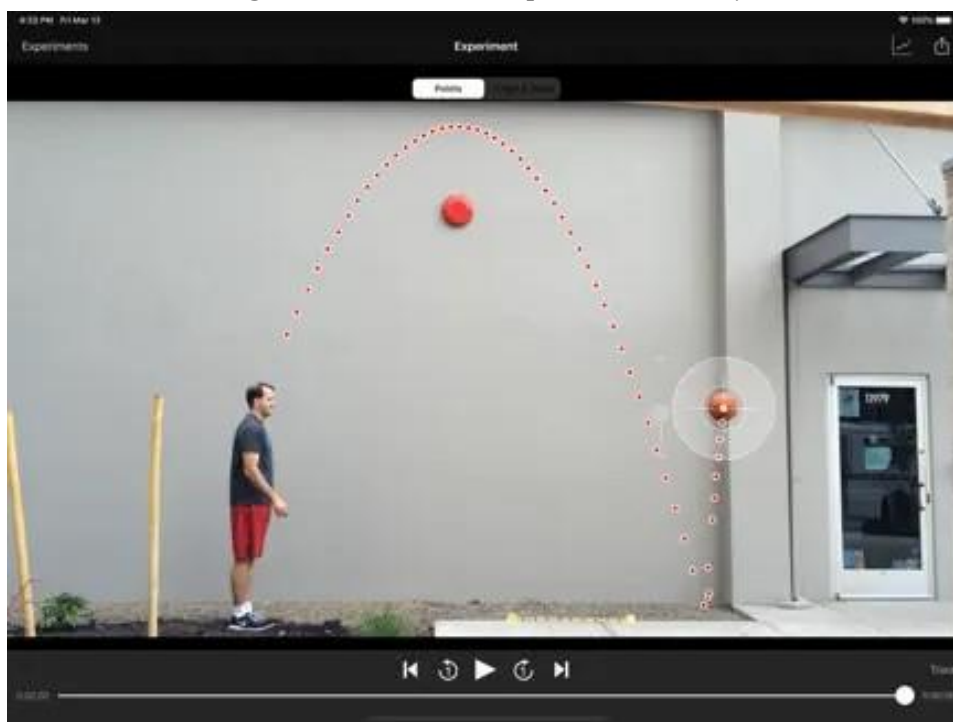
Fonte: Vernier Software & Technology (2025).

Segundo a OSB Software (2023), o *Logger Pro* é um software premiado de coleta e análise de dados, que suporta mais de 80 sensores, permite a captura de vídeos para registro visual de experimentos e oferece ferramentas avançadas para a modelagem de dados. Como pode ser observado na Figura 2.1, sua interface apresenta semelhanças significativas com a do software *Tracker*, especialmente no que se refere à organização dos comandos e à exibição gráfica dos dados.

Outro exemplo que pode ser citado é o aplicativo *VideoPhysics*, desenvolvido para a análise de vídeos diretamente em dispositivos móveis com sistema iOS. Ele oferece praticidade e agilidade no estudo de movimentos, e sua interface intuitiva facilita tanto a coleta quanto a interpretação dos dados, tornando-se uma ferramenta valiosa para experimentos e atividades

didáticas no contexto escolar. A Figura 2.2 ilustra a utilização desse software para capturar o movimento parabólico de uma bola lançada por uma pessoa mostrada no vídeo.

Figura 2.2: Interface do aplicativo *VideoPhysics*.

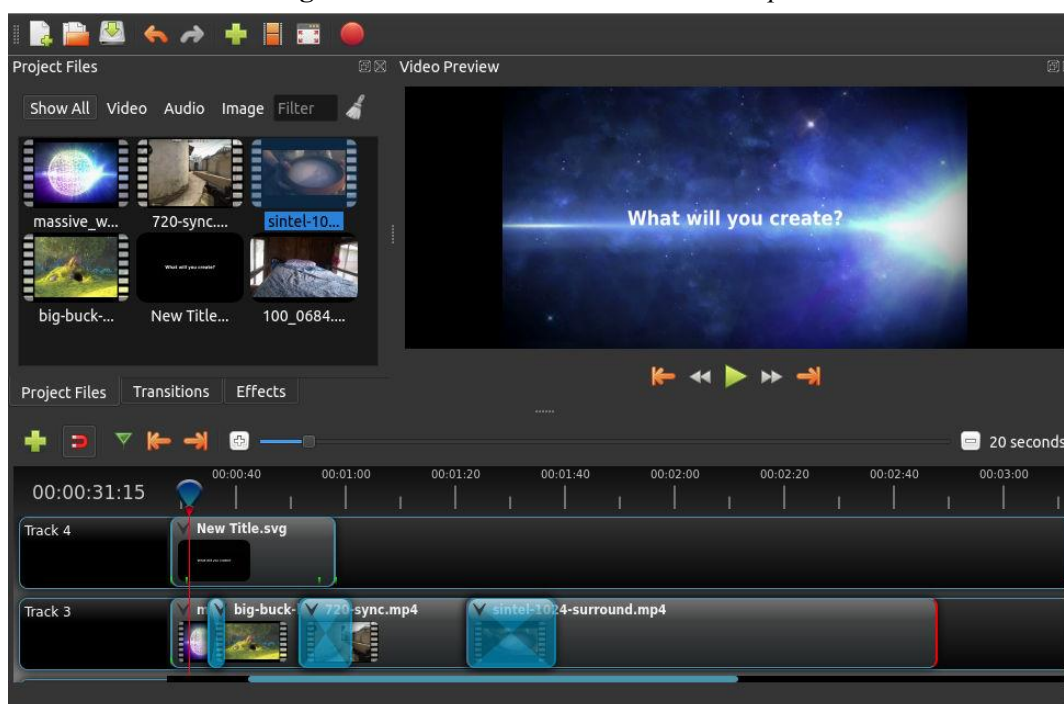


Fonte: Vernier Software & Technology (2025).

Como ilustrado na Figura 2.2, a leitura de vídeos pelo aplicativo VideoPhysics também é realizada por meio da análise de quadros (frames), de forma semelhante ao que ocorre no software Tracker. Segundo Gearhart (2010), o VideoPhysics permite aos estudantes capturar e analisar movimentos de forma interativa e intuitiva, tornando-se uma ferramenta eficaz para o ensino de cinemática.

Outra ferramenta gratuita e bastante interessante é o editor de vídeo *OpenShot*, cuja interface é mostrada na Figura 2.3. Embora ele não tenha sido desenvolvido especificamente para análises científicas, ele pode ser utilizado de forma criativa para marcar e examinar manualmente o movimento de corpos em vídeos. Sua interface simples e acessível o torna uma boa opção para explorar conceitos de Física de maneira prática e visual. Segundo o OpenShot Developers (2023), o software foi projetado para ser fácil de usar, rápido de aprender e poderoso o suficiente para aplicações profissionais.

Figura 2.3: Interface do editor de vídeo *OpenShot*.



Fonte: OpenShot Studios, LLC (2025).

Em síntese, existem diversas ferramentas valiosas para o ensino de física, e as mencionadas aqui são apenas algumas delas. Como ressaltam Menezes et al. (2017), o uso de tecnologias digitais no ensino de Física contribui para a aproximação entre teoria e prática, favorecendo a visualização de fenômenos e o desenvolvimento de uma aprendizagem mais crítica e reflexiva. Elas têm o potencial de tornar o ensino de cinemática mais acessível, facilitando a compreensão dos conceitos ao tornar o conteúdo visualmente mais claro e interativo para os alunos.

2.3. Uso de simuladores no ensino de Física

Outro tipo de ferramenta didática bastante útil no ensino da cinemática e da dinâmica são os simuladores e aplicativos que utilizam os sensores dos dispositivos móveis. Alguns desses recursos focam em simulações virtuais, como o *Algodo*, enquanto outros fazem uso de sensores ou de análises de vídeo para explorar fenômenos físicos, como o *Phyphox*. Essas ferramentas ampliam as possibilidades de ensino, tornando o aprendizado mais dinâmico, interativo e acessível.

Podemos citar aqui também o software *Modellus*, amplamente difundido no ensino de Física e em áreas afins, sendo utilizado em diversos trabalhos acadêmicos voltados à exploração

e compreensão de conceitos físicos. Seu funcionamento é simples e de fácil manuseio, permitindo que os usuários criem e manipulem modelos matemáticos de forma visual e interativa, sem a necessidade de conhecimentos avançados em programação. Trata-se, portanto, de um software interativo voltado à modelagem matemática e à simulação de fenômenos físicos.

Diversos estudos utilizaram o Modellus para descrever conceitos físicos. Carvalho (2018), por exemplo, desenvolveu uma aula sobre queda livre, com o objetivo de facilitar as práticas docentes por meio de apresentações contextualizadas e atividades práticas. Lima e Souza (2023), por sua vez, realizaram um estudo sobre o movimento de queda livre, demonstrando como a simulação contribui para a compreensão dos conceitos envolvidos. Ademais, Oliveira et al. (2022) propuseram uma sequência didática para o ensino de temas relacionados à cinemática escalar, evidenciando a aplicabilidade do Modellus no ensino de Física.

2.4. Aplicações no ensino de física envolvendo o Software Tracker

Vamos, agora, dedicar-nos a explorar mais detalhadamente as aplicações do software Tracker no ensino de Física, uma vez que ele foi a ferramenta utilizada na sequência didática desenvolvida neste trabalho. O Tracker tem sido amplamente empregado no contexto educacional por permitir que o aluno assuma um papel de protagonismo na construção do próprio conhecimento. Essa ferramenta de videoanálise facilita a compreensão de conceitos físicos complexos ao possibilitar a observação e a análise quantitativa de fenômenos a partir de vídeos, tornando o aprendizado mais interativo e contextualizado.

Diversos estudos têm explorado o uso do Tracker como ferramenta pedagógica no ensino de Física. Por exemplo, Alves, Ferreira e Silva Filho (2019) abordam, em seu trabalho, a teoria da mediação de Vygotsky, destacando a introdução do Tracker em aulas de Física. Os autores indicam que a interação entre o conteúdo e as tecnologias educacionais potencializa o aprendizado, tornando o ensino mais dinâmico e efetivo.

Em estudos realizados por Bordin (2019), a realização de oficinas de ensino sobre videoanálise voltadas para professores destacou as potencialidades do uso do Tracker no ensino de Física. O trabalho teve como objetivo desenvolver materiais didáticos para serem utilizados em sala de aula, promovendo o ensino por investigação e incentivando uma abordagem mais interativa e experimental.

Antes da ampla difusão do software Tracker, Lenz et al. (2011) trouxeram contribuições valiosas sobre a popularização dessa ferramenta no ensino de Física. Em seus estudos, os autores destacaram que o Tracker facilita a compreensão de conceitos fundamentais da Cinemática, permitindo uma análise mais precisa dos movimentos e auxiliando no processo de ensino-aprendizagem.

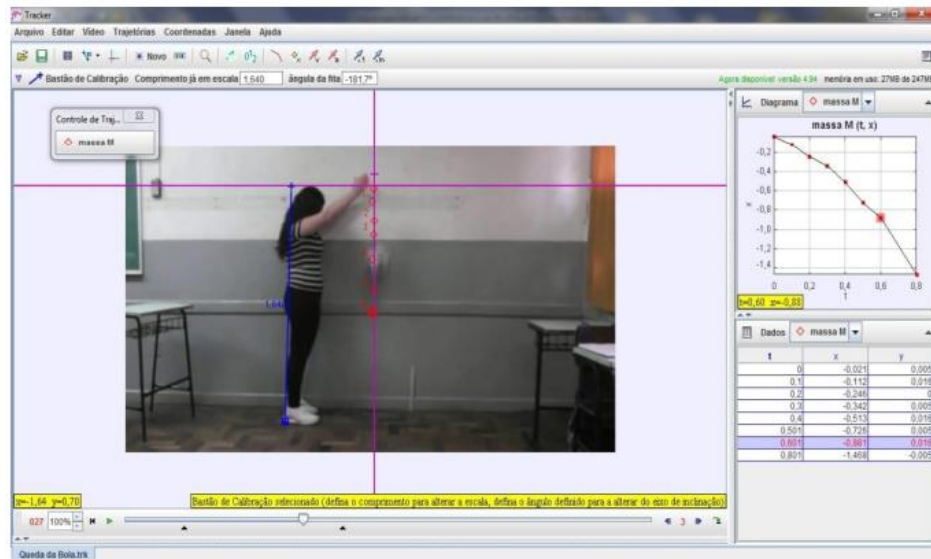
Outro trabalho relevante é o de Lima et al. (2018), que investigou o uso do Tracker no estudo da Óptica Física, demonstrando o potencial dessa ferramenta no ensino de conceitos dessa área. A pesquisa evidenciou que a videoanálise pode ser fundamental para estabelecer uma interação mais efetiva entre teoria e prática, permitindo que os conceitos sejam observados e analisados diretamente a partir de experimentos visuais.

No estudo da queda livre, o uso do Tracker tem se mostrado uma ferramenta essencial, especialmente no que se refere à análise das diferenças entre a queda livre idealizada e a queda real de um corpo submetido à resistência de um fluido. Como destacam Alberton, De Souza e Philippsen (2020), “a videoanálise permite verificar a discrepância entre a queda livre idealizada e a realidade, na qual a resistência do ar desempenha um papel fundamental”. Essa abordagem possibilita uma compreensão mais precisa do fenômeno, evidenciando de que forma a força de arrasto influencia o movimento e conduz à identificação da velocidade terminal.

De acordo com Dutra (2018), o uso do software Tracker possibilita “a promoção de uma aprendizagem mais significativa, uma vez que os alunos conseguem visualizar o fenômeno físico, analisar dados reais e estabelecer relações com os conceitos teóricos”. Embora o autor não tenha proposto um problema específico em seu trabalho, ele abordou conceitos fundamentais da cinemática. Como ilustrado na Figura 2.4, o conceito estudado foi o de queda de corpos, permitindo aos alunos observar e analisar esse fenômeno a partir de registros reais, relacionando-os com os princípios teóricos da Física.

Outro trabalho relevante, defendido na Universidade Federal de Juiz de Fora, é a dissertação de mestrado de Silva (2022), que propôs uma sequência didática para o ensino da resistência do ar, utilizando o Tracker para a análise de vídeos de paraquedismo. O estudo concluiu que, após a aplicação da metodologia, os alunos assimilaram os conceitos abordados e aprimoraram suas habilidades no uso de tecnologias educacionais.

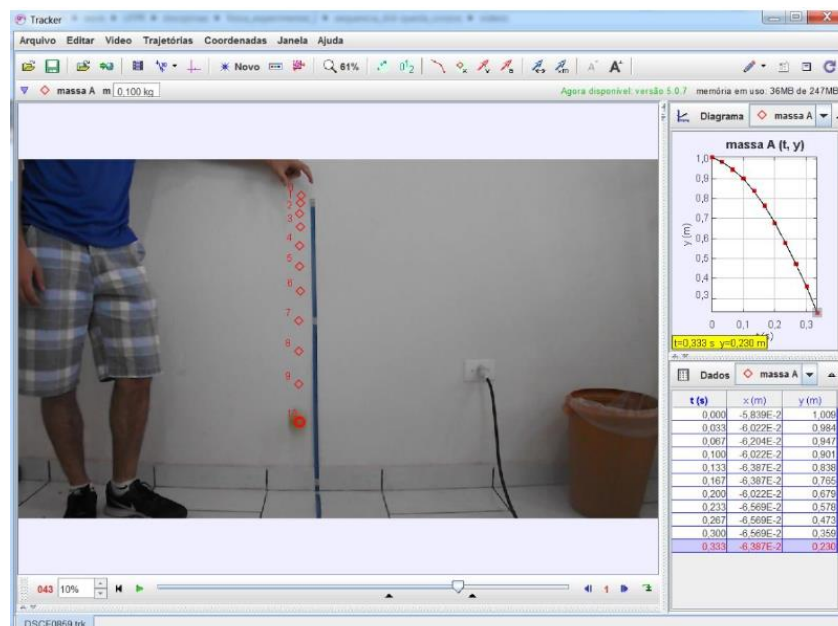
Figura 2.4: Vídeo análise do movimento de queda de uma bola.



Fonte: Dutra (2018).

Outro exemplo do uso do Tracker na análise do movimento de queda livre foi realizado por Alberton, De Souza e Philippsen (2020), conforme mostrado na Figura 2.5. Nesse estudo, os autores realizaram a análise da queda de uma bolinha de tênis, utilizando o software Tracker para extrair informações relevantes sobre a cinemática do movimento. Posteriormente, compararam os dados obtidos com um modelo idealizado, evidenciando as diferenças entre a situação real e a ideal.

Figura 2.5: Vídeo análise do movimento de queda de uma bolinha de tênis.



Fonte: Alberton, De Souza e Philippsen (2020).

Já no artigo publicado na *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, Oliveira e Santos (2023) analisaram os limites e as possibilidades da utilização de smartphones e do software Tracker na videoanálise de quedas verticais no ensino médio. Os autores observaram que essa abordagem incentivou uma aprendizagem ativa e reflexiva, ampliando a compreensão dos alunos sobre os fenômenos físicos envolvidos. De forma semelhante, Silva e Nunes (2023) realizaram a análise da queda de corpos utilizando o Tracker. Nessa pesquisa, os autores empregaram smartphones para capturar e analisar dados precisos do movimento de corpos em queda livre, destacando a eficácia da videoanálise no estudo de fenômenos físicos.

Por fim, vale ressaltar que, em nossa pesquisa bibliográfica, não foram encontrados trabalhos que utilizassem o software Tracker para explorar a queda de corpos em recipientes contendo diferentes líquidos, com o objetivo de investigar a determinação da velocidade terminal. Essa lacuna evidencia a originalidade da presente pesquisa, que busca analisar como o meio líquido afeta o movimento dos corpos, permitindo uma investigação mais detalhada das variáveis envolvidas, como a resistência do meio e a velocidade terminal.

3. REFERENCIAL TEÓRICO-PEDAGÓGICO

Neste capítulo, trataremos, de forma geral, das principais teorias pedagógicas que embasam o ensino de Ciências e, mais especificamente de Física, onde detalharemos aquela com a qual este trabalho mantém maior afinidade. Essa contextualização é essencial para fundamentar as escolhas metodológicas e pedagógicas adotadas ao longo da pesquisa. Serão abordadas a teoria do construtivismo, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e o cognitivismo.

3.1. O Construtivismo

O construtivismo propõe que o conhecimento é construído a partir de reflexões e experiências acumuladas. Nesse processo, o aluno assume o papel de protagonista do próprio aprendizado, enquanto o professor atua como mediador, como ilustrado na Figura 3.1, orientando e facilitando a construção do conhecimento. De acordo com Coll (1996), o construtivismo destaca a importância das interações sociais e das atividades significativas para a construção ativa do saber, enfatizando o papel do professor como organizador de situações que favoreçam a aprendizagem.

Figura 3.1: Ilustração do papel do professor em sala de aula de acordo com a teoria do construtivismo, em que o professor atua como um mediador.



Fonte: Autor/Usando IAG, 2025.

Essa teoria incentiva o aluno a trabalhar em grupo e a transformar o conhecimento em uma prática do cotidiano. Dessa forma, os estudantes têm a oportunidade de interagir e construir o conhecimento com base nas experiências acumuladas durante as atividades práticas. Conforme destaca Vygotsky (1991), a interação social é fundamental para o desenvolvimento cognitivo, permitindo que os alunos aprendam uns com os outros e construam significados compartilhados por meio da mediação social.

O construtivismo foi amplamente difundido pelas ideias de Piaget e Vygotsky, que defendiam que o conhecimento é construído por meio das interações. Ambos enfatizavam a importância do contexto social e das experiências compartilhadas na formação do aprendizado, destacando que a colaboração e a troca de ideias são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Na teoria elaborada por Piaget (1970), a aprendizagem ocorre por meio da interação entre o sujeito e o objeto de estudo. Ele argumenta que, à medida que os alunos acumulam experiências, eles conseguem tornar o conhecimento mais significativo e relevante para suas vidas. Essa interação é fundamental para o processo de construção do conhecimento.

Já Vygotsky (1978) introduziu o conceito de mediação social e cultural no aprendizado, destacando que o desenvolvimento cognitivo é influenciado pelo contexto social em que o aluno está inserido. No ensino de Física, esse princípio se manifesta quando os estudantes são incentivados a interagir, trocar ideias e discutir conceitos para resolver problemas. Esse processo colaborativo promove a construção do conhecimento de forma coletiva, enriquecendo a compreensão dos fenômenos físicos.

Como podemos observar, essa teoria se aplica diretamente ao trabalho aqui desenvolvido, ao colocar o aluno como protagonista e o professor como mediador. Isso se evidencia principalmente nas atividades práticas realizadas, onde a troca de ideias e o acúmulo de experiências se mostraram essenciais para o desenvolvimento da aprendizagem.

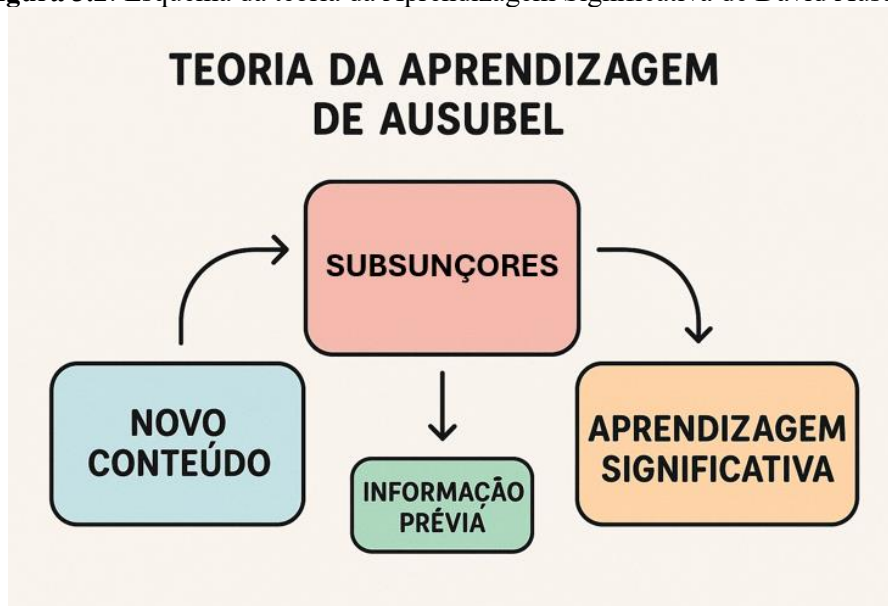
3.2.A teoria da aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, apresenta semelhanças com o construtivismo, embora possua características próprias. Ausubel enfatiza a importância da estrutura cognitiva prévia, ou seja, do conhecimento que o aluno já possui antes de aprender algo novo. Para o autor, a aprendizagem eficaz ocorre quando novas informações se relacionam de forma significativa com conhecimentos previamente adquiridos, e não por

meio da simples repetição ou da descoberta descontextualizada. Como o próprio autor afirma: “a principal influência na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe” (Ausubel, 2003, p. 15).

A Figura 3.2 ilustra de forma esquemática os principais elementos da teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel. No centro do processo estão os subsunçores, que representam as ideias e conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aluno. Quando o novo conteúdo é introduzido, ele pode ser relacionado aos conceitos já existentes — desde que esses sejam suficientemente claros e inclusivos para acolher a nova informação. Esse processo depende da informação prévia que o aluno possui e, quando ocorre de maneira adequada, resulta em aprendizagem significativa, ou seja, em uma assimilação estável e compreensiva do novo conhecimento. Assim, o esquema evidencia que o papel dos subsunçores é essencial para mediar a integração entre o que o aluno já sabe e o que ele está aprendendo.

Figura 3.2: Esquema da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.



Fonte: Autor/Usando IAG, 2025.

Como citado anteriormente, a aprendizagem significativa acontece quando novas ideias se conectam de maneira substancial com conceitos prévios. Por outro lado, a memorização descontextualizada, sem compreensão, resulta em uma aprendizagem mecânica, pouco duradoura e sem aplicação prática. Ausubel (2003) destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando o conteúdo novo é incorporado de forma consciente aos conhecimentos já existentes, favorecendo a retenção e a aplicação do conhecimento. Quanto mais claros e organizados forem esses conhecimentos anteriores, mais eficaz será a aprendizagem de novas

informações. Segundo Ausubel (2003), a organização e a clareza dos conhecimentos prévios facilitam a incorporação de novos conteúdos, tornando a aprendizagem mais significativa e duradoura.

Essa teoria pode ser aplicada de diferentes formas, como por meio do uso de mapas conceituais, atividades experimentais e da avaliação prévia dos conhecimentos dos alunos. Essas estratégias permitem ao professor construir pontes entre o conhecimento anterior e o novo, promovendo uma aprendizagem mais duradoura e significativa. Novak (2010) destaca que ferramentas como mapas conceituais são eficazes para organizar e relacionar conceitos, facilitando a integração de novos conhecimentos ao repertório pré-existente dos alunos.

Na construção deste trabalho, foi fundamental considerar, antes da aplicação da proposta, os conhecimentos prévios dos alunos, a fim de conduzi-los à compreensão de novos conteúdos. Nesse sentido, tanto a aula expositiva quanto os momentos de experimentação foram essenciais para auxiliar os estudantes a compreenderem como as forças resistivas influenciam o movimento dos corpos, partindo do que já sabiam sobre a queda livre.

3.3. O Cognitivismo

O cognitivismo diferencia-se de outras teorias da aprendizagem, como o behaviorismo, que, segundo Skinner (1953, p. 23), “foca exclusivamente no comportamento observável, tratando a mente como uma ‘caixa preta’ inacessível”. Enquanto essas abordagens negligenciam os processos mentais internos, o cognitivismo, conforme descreve Ausubel (1968, p. 17), “centra-se nos processos cognitivos como elementos fundamentais para a compreensão da aprendizagem humana”.

Processos como o pensamento, a memória, a atenção e a percepção são considerados cruciais para compreender como os indivíduos aprendem, pensam e se comportam. Como afirma Bruner (1966, p. 45), “a verdadeira aprendizagem ocorre quando o sujeito reorganiza internamente suas estruturas cognitivas”, destacando que a mente não é meramente reativa, mas ativamente construtiva. A Figura 3.3 ilustra que, segundo a teoria do cognitivismo, os processos mentais são fundamentais para que ocorra uma aprendizagem efetiva.

Figura 3.3: Ilustração destacando a importância dos processos mentais no aprendizado na teoria do Cognitivismo.



Fonte: Autor/Usando IAG, 2025.

No campo do cognitivismo, Jerome Bruner contribuiu com a ideia de que a aprendizagem ocorre por meio da descoberta, sendo o conhecimento organizado de maneira estruturada. Ulric Neisser, considerado o pai do cognitivismo, consolidou essa abordagem ao publicar, em 1967, a obra *Cognitive Psychology*, que marcou o início formal da psicologia cognitiva como campo de estudo.

Vale destacar também que os fundamentos da teoria do cognitivismo estão alinhados à proposta da BNCC, que valoriza o protagonismo do estudante e a aprendizagem ativa e significativa no ensino de Ciências da Natureza. Nesse contexto, “no ensino de Física, o cognitivismo tem contribuído significativamente ao propor estratégias que estimulem a organização do conhecimento e a construção ativa por parte do aluno.” (Silva; Pereira, 2013, p. 1).

3.4. As teorias pedagógicas e suas relações com este trabalho

O uso de tecnologias educacionais, como o software Tracker, pode contribuir significativamente para a resolução de problemas, sobretudo aqueles relacionados à cinemática. No entanto, é fundamental que a inserção dessas ferramentas esteja alinhada a uma

fundamentação pedagógica sólida, que considere não apenas a construção individual do conhecimento, mas também sua dimensão social. De acordo com Moran (2015), a integração de tecnologias no ensino deve estar associada a abordagens pedagógicas que promovam a interação, a colaboração e a contextualização dos conteúdos, potencializando a aprendizagem.

Segundo Lev Vygotsky (1991, p. 86), "a aprendizagem desperta uma variedade de processos internos de desenvolvimento, os quais só podem ocorrer quando a criança está em interação com pessoas em seu ambiente e numa colaboração com seus pares." Na sequência didática aplicada, essa perspectiva foi contemplada pelo trabalho em grupos, em que o professor assumiu o papel de mediador do processo, orientando, esclarecendo dúvidas e promovendo o desenvolvimento coletivo do saber, como detalharemos nos próximos capítulos.

Um ponto importante a se destacar é que para potencializar a dinâmica colaborativa, torna-se estratégico identificar os alunos com maior familiaridade com o uso da tecnologia e distribuí-los de maneira equilibrada entre as equipes. Essa organização favorece um desempenho mais equilibrado entre os grupos, permitindo que todos os estudantes se beneficiem plenamente da experiência de aprendizagem. Tal prática se ancora no princípio da cooperação, um elemento central das metodologias ativas e da abordagem vygotskiana, que valoriza a construção compartilhada do conhecimento. Segundo Belloni (2009), as metodologias ativas promovem ambientes de aprendizagem colaborativos, nos quais a interação social potencializa a construção do saber de forma coletiva e contextualizada.

Nesse cenário, o software Tracker se apresenta como uma ferramenta de mediação pedagógica eficaz, ao estimular o trabalho cooperativo e a troca de saberes entre os alunos durante as atividades. Essa dinâmica está intrinsecamente relacionada ao conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que define o espaço entre aquilo que o aluno já é capaz de realizar de forma autônoma e aquilo que consegue realizar com o apoio de outros, como colegas mais experientes ou o professor. Conforme Vygotsky (1991, p. 94), "o que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela poderá fazer sozinha amanhã", evidenciando a importância da mediação social para o desenvolvimento cognitivo.

Ao utilizar o Tracker em grupos, os estudantes têm a oportunidade de compartilhar conhecimentos, discutir estratégias e construir juntos a compreensão dos fenômenos físicos, favorecendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais complexas e promovendo uma aprendizagem mais significativa. Segundo Johnson, Johnson e Smith (1998), o aprendizado colaborativo estimula a interação social, a troca de ideias e o pensamento crítico, resultando em uma compreensão mais profunda dos conteúdos estudados.

4. QUEDA LIVRE, LANÇAMENTO OBLÍQUO E RESISTÊNCIA DO AR

Neste capítulo, trataremos de alguns conceitos físicos presentes na sequência didática desenvolvida, relacionados ao estudo da cinemática e da dinâmica. Serão abordados temas como queda livre, lançamento de projéteis, velocidade terminal, entre outros.

4.1. Queda livre

Para entendermos o movimento de um objeto em queda dentro de um fluido, primeiro realizaremos uma análise de um objeto em queda sem a influência desse fluido, ou seja, em queda livre, desconsiderando forças dissipativas. No contexto do estudo do movimento vertical dos corpos, é imprescindível considerar a atuação da força gravitacional, uma vez que ela é a responsável por determinar a aceleração que incide sobre o corpo durante sua trajetória. Nas proximidades da superfície terrestre, essa aceleração pode ser considerada uniforme, apresentando um valor médio aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$.

Como na queda dos corpos a força gravitacional imprime uma aceleração praticamente constante, esse tipo de movimento é classificado como uniformemente variado. Isso implica que a velocidade do corpo varia de forma linear em relação ao tempo, ou seja, aumenta de maneira uniforme à medida que o corpo se desloca sob a ação exclusiva da gravidade. Segundo Serway e Jewett (2014), no movimento uniformemente variado, a aceleração constante resulta em uma variação linear da velocidade com o tempo, caracterizando o comportamento típico da queda livre. No contexto do movimento sem a ação de forças dissipativas, a única força atuante sobre o corpo é a força peso, que possui direção vertical e sentido para baixo.

Iremos descrever o movimento de um corpo em queda livre utilizando as equações do movimento, considerando que o movimento é exclusivamente influenciado pela ação da gravidade. Como a gravidade aponta para baixo e o movimento do corpo também é para baixo, consideraremos para todas as equações o referencial para baixo positivo. Nesse contexto, podemos definir a função horária da posição como sendo:

$$y(t) = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2. \quad (4.1)$$

Na qual, y_0 e v_0 são a posição e velocidade inicial, respectivamente, e g é a aceleração gravitacional.

A taxa de variação da posição com relação ao tempo é o que chamamos de velocidade instantânea e a mesma pode ser obtida pela equação:

$$v(t) = \frac{dy}{dt} = v_0 + gt. \quad (4.2)$$

Quando a velocidade de um corpo sofre variação ao longo do tempo, afirma-se que ele está submetido a uma aceleração. Do ponto de vista físico, a aceleração é definida como a derivada da velocidade em relação ao tempo, ou, de forma mais geral, como a taxa de variação temporal da velocidade. Trata-se, portanto, de uma grandeza vetorial que expressa não apenas a magnitude dessa variação, mas também a direção e o sentido em que ela ocorre, sendo fundamental para a caracterização dos movimentos não uniformes. Neste caso, teremos aqui que:

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = g. \quad (4.3)$$

Vemos assim que a aceleração que atua sobre um corpo em queda livre é equivalente à aceleração gravitacional. Isso significa que, na ausência de outras forças resistivas, como o atrito do ar, a aceleração do corpo é determinada pela gravidade.

4.2. Forças de resistência no regime laminar (baixas velocidades)

Existem diversas forças que atuam como resistência ao movimento dos corpos, desde forças de contato com superfícies, como o atrito, até forças exercidas por fluidos, como o ar ou a água. Entre essas, destaca-se a força de arrasto, que é a força que surge quando um corpo se movimenta no interior de um fluido (seja líquido ou gasoso). No caso de um corpo em queda, sua velocidade pode sofrer alterações, ele pode acelerar ou desacelerar. Essa variação na velocidade é sempre causada pela ação de uma ou mais forças.

Isaac Newton foi o primeiro a sistematizar, de maneira rigorosa, as relações entre forças e movimentos, estabelecendo as bases da mecânica clássica por meio de suas Leis do Movimento. Essas leis descrevem como as forças influenciam o estado de movimento de um corpo, permitindo não apenas prever a ocorrência de aceleração, mas também compreender suas causas a partir da interação entre corpos. Em particular, a Segunda Lei de Newton fundamenta-

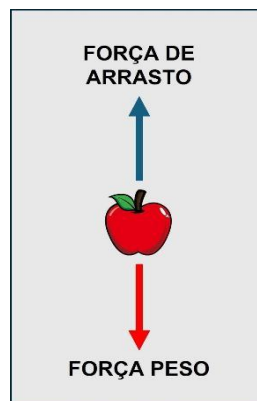
se na premissa de que a força resultante atuante sobre um corpo é proporcional ao produto da massa desse corpo e à aceleração que ele experimenta, sendo essa relação expressa matematicamente pela seguinte equação:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = m\vec{a}. \quad (4.4)$$

Na qual, $\vec{p}$ é o momento linear, e m é a massa do corpo. Na Equação (4.4) a igualdade $\vec{F} = m\vec{a}$ é válida em situações em que o corpo se desloca com velocidades muito inferiores à da luz, ou seja, no regime não relativístico, em que a massa do corpo é constante ao longo do tempo. Considera-se, ainda, que o sistema é fechado, isto é, não há perda de massa.

Como falamos anteriormente, quando um corpo está em queda livre sob a ação de um fluido, além da força peso resultante da gravidade, também incide sobre ele a força de arrasto, que representa a resistência ao movimento do corpo através do fluido, como ilustrado na Figura 4.1. Essa resistência decorre da interação entre o corpo e as partículas do fluido, que retêm e desaceleram o movimento do objeto.

Figura 4.1: Forças atuantes em um corpo em queda sobre ação de um fluido.



Fonte: Autor, 2024.

Na situação descrita anteriormente, a força resultante que atua no corpo será dada por:

$$\vec{F} = m\vec{g} + \vec{F}_a. \quad (4.5)$$

Na qual, $m\vec{g}$ é a força peso e $\vec{F}_a$ é a força de arrasto. Como podemos observar na Figura 4.1, em um corpo em queda dentro de um fluido, a força de arrasto possui a mesma direção da força peso, porém em sentido oposto. Enquanto a força peso impulsiona o corpo para baixo devido à

gravidade, a força de arrasto exerce uma oposição ao deslocamento, reduzindo progressivamente a aceleração do corpo à medida que a velocidade aumenta.

A intensidade da força de arrasto pode ser expressa como uma função que depende de diversos parâmetros, como a velocidade do corpo, a densidade do fluido, o coeficiente de arrasto e a área de seção transversal do corpo em movimento. No caso do regime laminar (baixas velocidades) e considerando o referencial para baixo positivo, essa relação é descrita em módulo pela seguinte equação:

$$F_a = -bv. \quad (4.6)$$

Na qual, F_a é a força de arrasto, b é coeficiente de arrasto que engloba os parâmetros mencionados e v é a velocidade do corpo. O sinal negativo na Equação (4.6) indica justamente que a força de arrasto atua em sentido oposto ao movimento do corpo.

Como destacam Halliday, Resnick e Walker (2011), a força de arrasto cresce com o aumento da velocidade e, em determinado momento, iguala-se à força peso, fazendo com que o corpo atinja a velocidade terminal e passe a se mover com velocidade constante. Isso pode ser visto na Equação (4.5), em que, nesta situação, teremos que $\vec{F} = 0$.

Podemos reescrever a Equação 4.5, relacionando-a com a Equação 4.4 e a Equação 4.6, obtendo a equação do movimento para um corpo em queda dentro de um fluido:

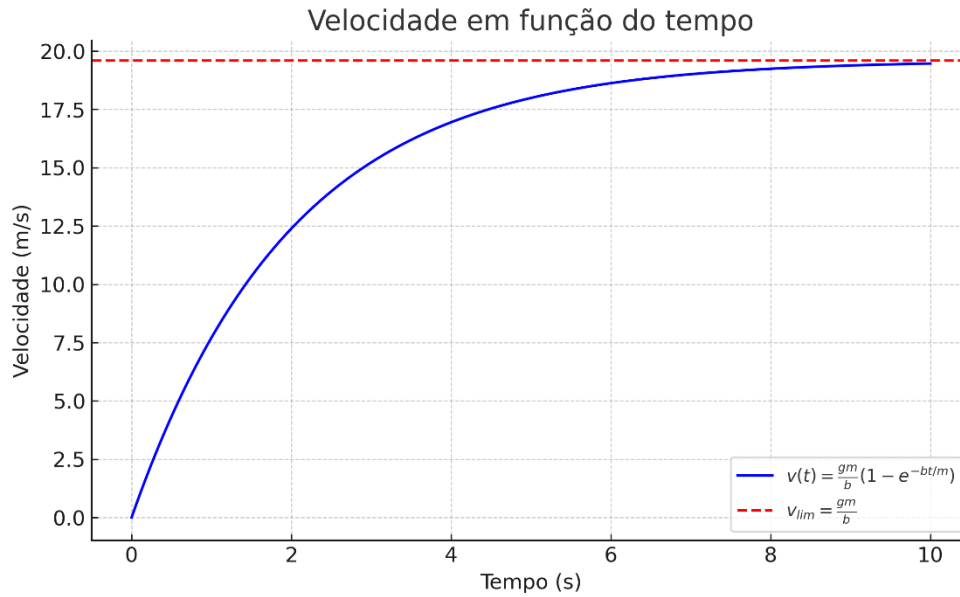
$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{b}{m}v. \quad (4.7)$$

Essa é uma equação diferencial linear de primeira ordem na variável $v(t)$. Considerando que $v(0) = 0$, a solução desta equação diferencial é a seguinte:

$$v(t) = \frac{mg}{b} \left(1 - e^{-\frac{bt}{m}} \right). \quad (4.8)$$

A Figura 4.2 mostra um gráfico desta função usando os seguintes valores: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $m = 1,0 \text{ kg}$, e $b = 0,5 \text{ kg/s}$. Neste caso, observamos que a velocidade terminal será $v_t = \frac{mg}{b} = 19,6 \text{ m/s}$.

Figura 4.2: Gráfico da velocidade em função do tempo obtido a partir da Equação (4.8) usando $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $m = 1,0 \text{ kg}$, e $b = 0,5 \text{ kg/s}$.



Fonte: Autor/Usando IAG, 2025.

Como falamos anteriormente, durante a queda em um meio fluido, a força de arrasto aumenta progressivamente até atingir um valor tal que se iguala à força peso. Nesse instante, ocorre um equilíbrio dinâmico, no qual a força resultante é nula. Como consequência, o corpo deixa de acelerar e passa a mover-se com velocidade constante, atingindo o regime denominado velocidade terminal, caracterizado por aceleração igual a zero. Então, de acordo com a Equação 4.7, como a aceleração é nula, temos:

$$v_t = \frac{mg}{b}. \quad (4.9)$$

Na qual, v_t é a velocidade terminal do corpo. Usando esta definição, podemos reescrever a Equação (4.9) da seguinte forma:

$$v(t) = v_t \left(1 - e^{-\frac{bt}{m}} \right). \quad (4.10)$$

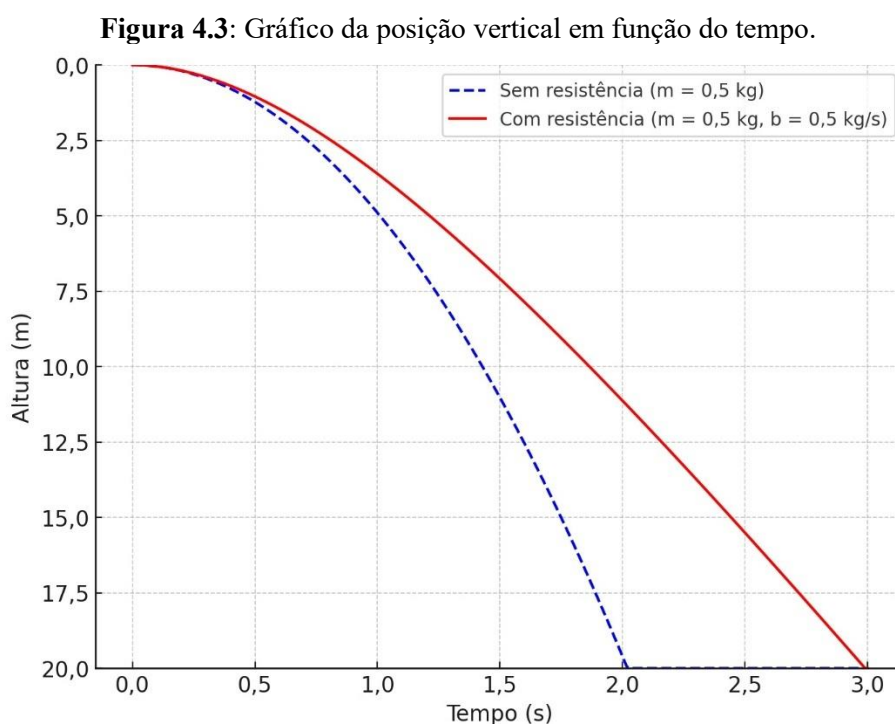
Como $v(t) = \frac{dy}{dt}$, podemos obter a equação horária da posição integrando a Equação 4.10.

Neste caso, considerando $y(0) = 0$, obtemos que

$$y(t) = v_t t - \frac{m}{b} v_t \left(1 - e^{-\frac{bt}{m}} \right). \quad (4.11)$$

A Equação (4.11) é fundamental para entendermos como se comporta um objeto em queda dentro de um fluido. Sem a presença da resistência do ar, de acordo com a Equação 4.1, o gráfico da posição vertical $y(t)$ é uma parábola simétrica, refletindo o movimento uniforme acelerado na subida e na descida do projétil. No entanto, ao considerar a resistência do ar, usando agora a Equação (4.11), o movimento vertical do projétil torna-se progressivamente mais desacelerado, especialmente durante a descida. Como resultado, o gráfico da posição vertical $y(t)$ apresenta uma curvatura mais achatada e menos simétrica, como visto na Figura 4.3, evidenciando o efeito da força de arrasto que reduz a aceleração do corpo em queda.

Como podemos observar na Figura 4.3, o tempo de queda do objeto, na presença da resistência do ar com os parâmetros adotados ($m = 0,5 \text{ kg}$ e $b = 0,5 \text{ kg/s}$), é maior do que na situação idealizada sem resistência. Isso ocorre porque a força de resistência reduz a aceleração efetiva do corpo, prolongando o tempo necessário para atingir o solo.



Fonte: Autor/Usando IAG, 2025.

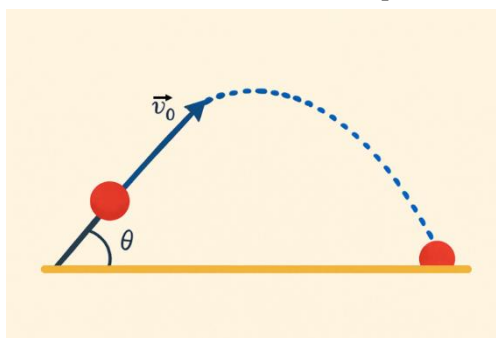
4.3. Lançamento de projéteis

Embora o presente trabalho tenha se dedicado exclusivamente a experimentos envolvendo objetos em queda dentro de um fluido, conforme mencionado na introdução, uma das motivações para sua realização foi também auxiliar os alunos na compreensão de como a

resistência do ar afeta o lançamento de projéteis — conceito extremamente útil, por exemplo, na construção de foguetes com garrafas PET. Dessa forma, nesta seção, comentaremos brevemente sobre os efeitos da resistência do ar no alcance de objetos lançados, estabelecendo uma ponte com os conhecimentos desenvolvidos ao longo da sequência didática.

Ao analisarmos o lançamento de um projétil, é importante compreender que esse movimento ocorre em duas direções, conforme ilustrado na Figura 4.4. Enquanto o corpo se desloca na horizontal, ele também apresenta uma componente de movimento na direção vertical. Isso se deve ao fato de que sua velocidade inicial forma um ângulo com a horizontal. A seguir, analisaremos o comportamento do movimento oblíquo em duas situações distintas: com e sem a presença da resistência do ar.

Figura 4.4: Ilustração do movimento oblíquo sem resistência do ar.



Fonte: Autor/Usando IAG, 2025.

❖ Lançamento oblíquo sem a resistência do ar.

No movimento oblíquo de um projétil, o movimento pode ser analisado em duas direções independentes: horizontal e vertical. Inicialmente, analisemos a situação sem resistência do ar. Na direção horizontal, não há aceleração atuando sobre o corpo, o que significa que sua velocidade permanece constante ao longo do tempo. Já na direção vertical, o projétil está sujeito à aceleração da gravidade, que atua para baixo e provoca uma variação em sua velocidade vertical ao longo do tempo. Dessa forma, o movimento na direção horizontal (eixo x) caracteriza-se como um movimento uniforme, o que permite expressar a equação da posição em função do tempo como:

$$x = v_x t. \quad (4.12)$$

Na qual, x é a posição horizontal e v_x é a velocidade na direção do eixo x (considerando o eixo x , considerando-o orientado para a direita. Considerando que o lançamento ocorreu obliquamente e que o ângulo entre a velocidade inicial v_0 e o eixo x é θ , podemos reescrever a equação, na forma:

$$x = v_0 \cos \theta t. \quad (4.13)$$

Na direção vertical, a aceleração que atua sobre o corpo é a da gravidade. Assim, temos:

$$\frac{dv_y}{dt} = -g. \quad (4.14)$$

Em que g é a aceleração da gravidade, e o sinal negativo indica que a força gravitacional atua em sentido oposto ao da velocidade inicial vertical (que, no lançamento, é para cima). Estamos adotando, nesse caso, o eixo y orientado positivamente para cima.

Integrando a Equação (4.14) duas vezes em relação ao tempo, obtemos a equação da posição vertical em função do tempo:

$$y = (v_0 \sin \theta)t - \frac{g}{2}t^2. \quad (4.15)$$

Podemos então escrever uma equação da posição vertical em função da posição horizontal, para isto, basta isolarmos o tempo na Equação 4.13 e substituímos na Equação 4.15:

$$y(x) = -\frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} + x \tan \theta. \quad (4.16)$$

Essa é a equação da trajetória $y(x)$ de um lançamento oblíquo sem resistência do ar, e mostra que a curva descrita é uma parábola.

❖ Lançamento oblíquo com a resistência do ar.

Para analisarmos o movimento oblíquo de um objeto na presença da resistência do ar, consideraremos uma pequena esfera, de modo a evitar que o objeto esteja submetido a um

regime turbulento e a garantir que, em todas as direções, ele apresente a mesma área de contato com o fluido (o ar).

Ao considerarmos o movimento de um projétil com resistência do ar, como destacam Tipler e Mosca (2016), a presença da resistência do ar torna o movimento do projétil consideravelmente mais complexo, exigindo, muitas vezes, o uso de métodos numéricos ou de aproximações para a resolução das equações do movimento. Nesse caso, tanto a componente horizontal quanto a vertical do movimento são afetadas pela resistência do ar, resultando em acelerações em ambas as direções. Na direção horizontal, a resistência provoca uma redução gradual da velocidade, o que descaracteriza o movimento uniforme. Na direção vertical, além da aceleração da gravidade, o projétil sofre uma força de resistência oposta ao seu movimento.

Podemos encontrar a componente horizontal da velocidade no lançamento oblíquo com ação da resistência do ar, igualando a força resultante na direção x a força de resistência descrita na Equação 4.6:

$$\frac{dv_x}{dt} = -\frac{b}{m}v_x. \quad (4.17)$$

Como podemos ver a componente horizontal da velocidade na direção x , não possui ação da gravidade. Já na direção y , a componente da aceleração possui ação além da força de resistência, da força peso. De modo que podemos descrever que:

$$\frac{dv_y}{dt} = -g - \frac{b}{m}v_y. \quad (4.18)$$

Se integrarmos ambos os lados destas duas equações com relação ao tempo, obtemos, respectivamente:

$$v_x = v_{0x}e^{-\frac{b}{m}t} \quad (4.19)$$

e,

$$v_y = \left(\frac{mg}{b} + v_{0y}\right)e^{-\frac{b}{m}t} - \frac{mg}{b}. \quad (4.20)$$

Na qual v_{0x} é a velocidade inicial na direção x e v_{0y} é a velocidade inicial na direção y . Como a velocidade é a derivada da posição com relação ao tempo, podemos reescrever as Equações 4.19 e 4.20, respectivamente, como:

$$\frac{dx}{dt} = v_{0x} e^{-\frac{b}{m}t}. \quad (4.21)$$

e,

$$\frac{dy}{dt} = \left(\frac{mg}{b} + v_{0y} \right) e^{-\frac{b}{m}t} - \frac{mg}{b}. \quad (4.22)$$

Podemos então integrar ambos os lados destas duas equações com relação ao tempo e encontrar as posições em função do tempo, no caso que:

$$x(t) = \frac{mv_{0x}}{b} \left(1 - e^{-\frac{b}{m}t} \right). \quad (4.23)$$

e,

$$y(t) = \frac{m}{b} \left[\left(1 - e^{-\frac{b}{m}t} \right) \left(v_{0y} + \frac{mg}{b} \right) - gt \right]. \quad (4.24)$$

Aplicando logaritmo natural em ambos os lados na Equação 4.23 e isolando o tempo, obtemos a seguinte equação:

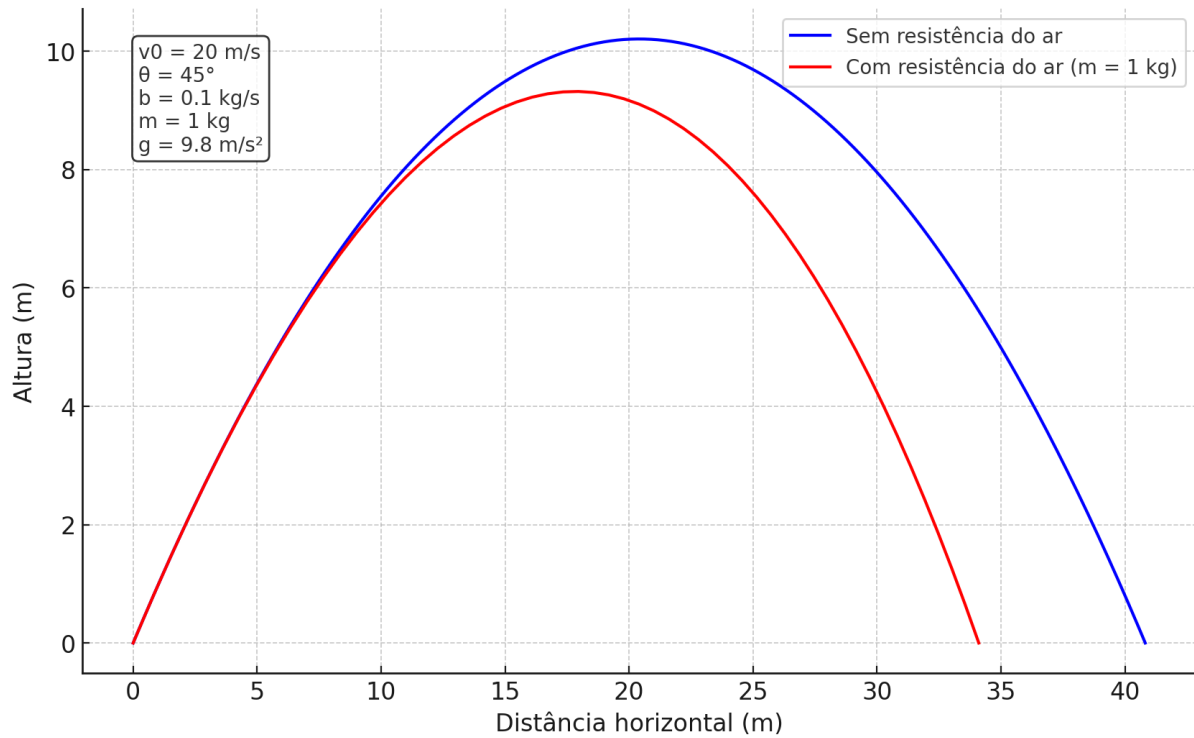
$$t = -\frac{m}{b} \ln \left(1 - \frac{b}{mv_{0x}} x \right). \quad (4.25)$$

Substituindo a Equação 4.25 na Equação 4.24, obtemos a equação da posição y em função da posição x :

$$y(x) = \frac{m}{b} \left[\left(v_{0y} + \frac{mg}{b} \right) \frac{b}{mv_{0x}} x - g \frac{m}{b} \ln \left(1 - \frac{b}{mv_{0x}} x \right) \right] \quad (4.26)$$

O gráfico da Figura 4.5 mostra a variação da posição de um corpo nas situações com e sem resistência do ar, a partir das Equações (4.16) e (4.26), respectivamente. Os valores utilizados encontram-se descritos na própria figura. Como se pode observar no comportamento das duas curvas, o maior alcance horizontal ocorre na ausência da resistência do ar, como era de se esperar. Observa-se, ainda, que a maior altura atingida também ocorre quando não há resistência do ar. Além disso, a trajetória deixa de ser simétrica quando o corpo está sujeito à resistência do ar, apresentando uma descida mais acentuada

Figura 4.5: Gráfico do lançamento oblíquo: trajetória com e sem resistência do ar.



Fonte: Autor/Usando IAG, 2025.

4.4. Força de arrasto em um regime de turbulência (altas velocidades)

Quando um corpo cai em alta velocidade dentro de um líquido com baixa viscosidade, a resistência imposta por esse líquido é proporcional ao quadrado da velocidade do corpo. Neste caso, o módulo desta força é dado por:

$$F_a = \frac{1}{2} C_d \rho A v^2. \quad (4.27)$$

Na qual, C_d é o coeficiente de arrasto, que depende da forma do objeto, ρ é a densidade do fluido no qual o corpo se desloca, A é a área transversal do objeto em relação ao movimento e v é a velocidade instantânea do corpo. A força de arrasto possui direção coincidente com a velocidade do corpo, porém com sentido oposto, atuando como uma força dissipativa que resiste ao movimento. Vemos assim que, à medida que o corpo acelera durante a queda no fluido, a magnitude dessa força aumenta proporcionalmente ao quadrado da velocidade.

4.5. Velocidade terminal no regime de turbulência

Como falado anteriormente, durante a queda em um meio fluido, a força de arrasto aumenta progressivamente até atingir um valor tal que se iguala à força peso, neste caso:

$$F_a = mg. \quad (4.28)$$

Substituindo a Equação (4.28) na Equação (4.29) e isolando o termo de velocidade, obtemos que a velocidade terminal será:

$$v_t = \sqrt{\frac{2mg}{C_d \rho A}}. \quad (4.29)$$

A partir dessa equação, é possível inferir que a velocidade terminal está diretamente relacionada às características aerodinâmicas do corpo, bem como à densidade do meio fluido no qual ocorre o movimento. Quanto maiores forem essas duas grandezas, menor será o valor da velocidade terminal.

Por fim, vale destacar que, em nosso trabalho, como os experimentos foram realizados em baixas velocidades, não foi alcançado o regime de turbulência. Portanto, não iremos nos aprofundar na discussão desse caso.

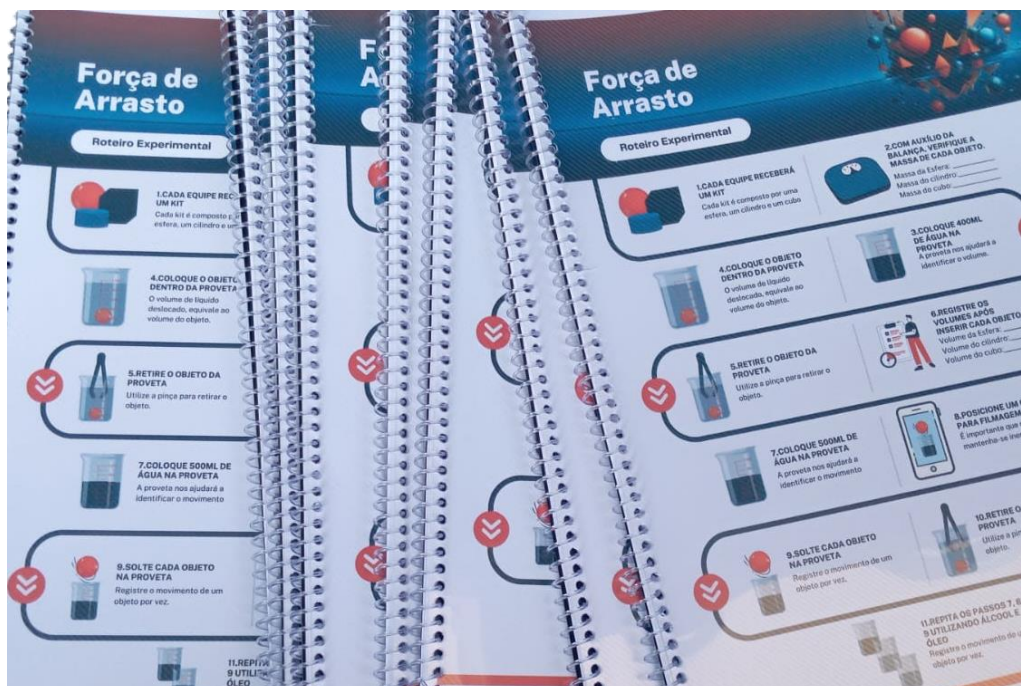
5. O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional, uma sequência didática, que criamos foi desenvolvido para abordar um tema pouco explorado no ensino médio, mas de ampla aplicação no cotidiano: a resistência de um líquido sobre um objeto em queda. A atividade foi planejada para ser realizada ao longo de seis aulas e envolveu o uso do software *Tracker* para determinar a velocidade terminal de diferentes objetos em queda em líquidos distintos, conforme será detalhado no próximo capítulo. Sua aplicação contribui para o ensino de Física ao permitir que os alunos compreendam, na prática, conceitos relacionados à resistência do meio e ao movimento de corpos em fluidos.

Nossa proposta inicial era analisar o voo de um foguete, construído para a OBAFOG, por meio do software *Tracker*. No entanto, a dificuldade em registrar adequadamente o movimento dos foguetes com câmeras de celular tornou essa proposta inviável. Como alternativa, optou-se por realizar experimentos envolvendo a queda de corpos a partir de alturas controladas, o que possibilitou uma observação mais precisa dos efeitos da resistência dos fluidos. Ao repetir o experimento com diferentes objetos e em distintos meios fluidos, os alunos puderam identificar as variáveis que afetam diretamente a resistência ao movimento e, com isso, determinar a velocidade terminal de cada corpo testado — como será discutido nos capítulos seguintes.

Para um melhor desenvolvimento durante a aplicação do produto educacional, buscamos elaborar roteiros bem ilustrados: um voltado para a realização do experimento de determinação da velocidade terminal de diferentes objetos e outro destinado ao aprendizado do uso do software *Tracker*. Para isso, utilizamos o *Canva*, uma ferramenta bastante versátil, que nos permitiu criar não apenas os roteiros, mas também as imagens utilizadas em diversos momentos deste trabalho. Os roteiros estão disponíveis no Apêndice V desta dissertação. Ambos os roteiros foram entregues aos alunos no quarto encontro e, conforme ilustrado na Figura 5.1, foram encadernados para facilitar o manuseio e garantir maior durabilidade.

Figura 5.1: Cadernos com os roteiros.



Fonte: Autor, 2025.

5.1.O roteiro experimental.

O roteiro experimental foi elaborado para auxiliar os alunos na produção dos vídeos referentes à queda de corpos em fluidos (água, álcool e óleo), garantindo que apresentassem boa qualidade para posterior análise. Além disso, o roteiro contribuiu para que os estudantes coletassem valores essenciais, fundamentais para a elaboração do relatório a ser entregue ao final da aplicação da sequência didática.

No início do roteiro, os alunos são orientados a medir a massa e o volume dos objetos que haviam sido previamente confeccionados e fornecidos a eles. Em seguida, devem soltar os objetos nos líquidos e capturar os vídeos que serão utilizados para determinar a velocidade terminal dos corpos.

Os objetos utilizados na produção dos vídeos foram previamente fabricados com o uso da impressora 3D da escola: uma esfera, um cubo e um cilindro, todos com massas e volumes aproximadamente iguais. Essa padronização permite uma comparação equilibrada sobre como o formato influencia a velocidade terminal. A sequência didática também propõe que os alunos incluam nas gravações os movimentos de objetos confeccionados manualmente com massa de biscoito.

Como destacam Valente e Costa (2017), o uso de tecnologias como a impressão 3D e a manipulação de objetos concretos no ensino “favorece o desenvolvimento do pensamento científico e aproxima os alunos dos conceitos trabalhados em sala” (p. 45). Essa abordagem permite que os estudantes não apenas observem e registrem as características físicas dos objetos impressos em 3D, mas também comparem seus comportamentos com os dos objetos moldados manualmente com biscuit.

A Figura 5.2 apresenta uma página do roteiro experimental, evidenciando as etapas descritas anteriormente: a determinação da massa e do volume dos objetos, bem como o momento em que os objetos devem ser soltos nos líquidos para que seus movimentos sejam registrados em vídeo.

Figura 5.2: Roteiro experimental.



Fonte: Autor, 2025.

5.2. O roteiro do uso do software tracker

O roteiro de uso do software *Tracker* foi desenvolvido com o objetivo de orientar as equipes em todas as etapas necessárias para a realização das análises, permitindo que os alunos assumam um papel protagonista no processo de obtenção dos resultados. Como ilustrado na Figura 5.3, onde se vê uma das páginas do roteiro, as etapas de análise dos vídeos para a determinação das velocidades são apresentadas de forma clara e estruturada. O roteiro em tamanho real se encontra no Apêndice V.

Figura 5.3: Página do roteiro para uso do software Tracker.



Fonte: Autor, 2025.

O roteiro detalha cada passo do processo, assegurando que os alunos compreendam a sequência necessária para a coleta dos dados. Além disso, a repetição dessas etapas para todos os objetos analisados está explicitamente descrita, o que facilita a padronização e a organização da atividade. Essa preocupação é fundamental, pois, segundo Zabala (1998, p. 135), “a clareza na organização das atividades didáticas contribui diretamente para a autonomia e para o desenvolvimento das competências dos alunos”.

Na última página do roteiro do software Tracker, os alunos encontram um pequeno questionário, como mostrado na Figura 5.4. Em nosso caso, como os roteiros foram encadernados para serem utilizados em outros momentos, optamos por xerocopiar essa página e entregá-la separadamente às equipes. Dessa forma, os alunos puderam preencher e responder às questões sem comprometer a integridade do material original.

Figura 5.4: Questões a serem analisadas pelos alunos presente na última página do roteiro sobre o uso do software Tracker.

9. REGISTRE NA TABELA ABAIXO O CORRESPONDENTE ANGULAR DA RETA ENCONTRADO PARA CADA OBJETO, E CADA TIPO DE MATERIAL:

	ÁGUA	ÓLEO	ÁLCOOL
ESFERA			
CILINDRO			
CUBO			

A) QUAL OBJETO TEVE A MAIOR VELOCIDADE TERMINAL?

B) O FORMATO DO OBJETO INFLUENCIA A VELOCIDADE TERMINAL? JUSTIFIQUE SUA RESPOSTA.

C) O LÍQUIDO INFLUENCIA A VELOCIDADE TERMINAL? JUSTIFIQUE SUA RESPOSTA.

Fonte: Autor, 2025.

As perguntas presentes na última página do roteiro desempenham um papel fundamental tanto na análise dos resultados quanto na elaboração dos relatórios. Conforme ilustrado na Figura 5.4, todos os resultados obtidos para a velocidade terminal, assim como as questões relacionadas a esses resultados, estão detalhadamente organizados no roteiro. Essa estrutura

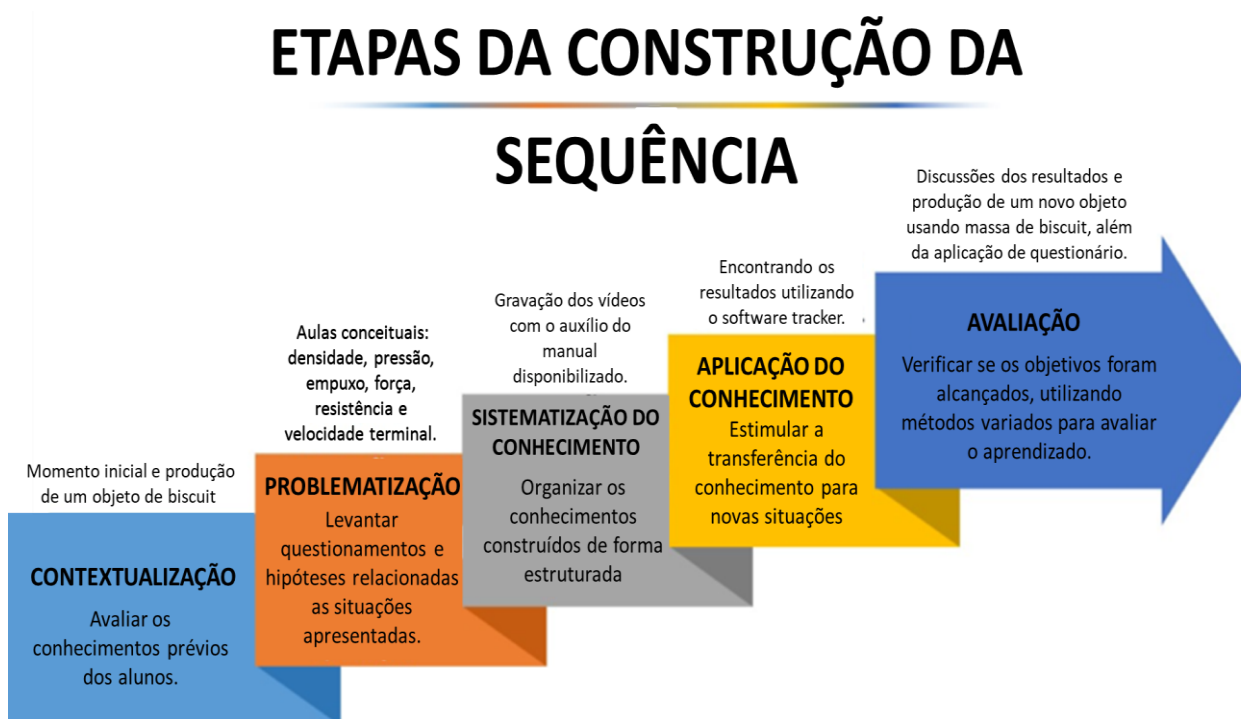
não apenas auxilia no registro dos dados, mas também incentiva a equipe a refletir de forma crítica sobre as informações obtidas, promovendo uma compreensão mais aprofundada do fenômeno estudado. Como destaca Luckesi (2002, p. 78), “a prática avaliativa, ao propor questões que desafiem o aluno a pensar, torna-se parte essencial do processo de construção do conhecimento”.

No próximo capítulo, detalharemos a metodologia do trabalho e a forma como os roteiros foram utilizados em sala de aula, o que poderá servir como referência para outros professores que desejem aplicar este produto educacional em seus contextos de ensino. Uma proposta de sequência didática para aplicação destes roteiros se encontra no Apêndice V.

6. METODOLOGIA

Neste capítulo, descreveremos a metodologia adotada no trabalho e o modo como ocorreu a aplicação do produto educacional. A proposta foi implementada ao longo de seis encontros, organizados em cinco momentos distintos, conforme ilustrado na Figura 6.1. Durante essas sessões, a principal função do professor foi atuar como mediador do processo, no qual os alunos obtiveram resultados e, de forma acessível, descreveram os conceitos que assimilaram.

Figura 6.1: Etapas da sequência didática aplicada em sala.



Fonte: Autor, 2024.

A divisão dos momentos descritos na Figura 6.1 tem como base o modelo proposto por Zabala, segundo o qual a construção de uma sequência didática deve estar claramente estruturada. De acordo com Zabala (1998, p. 29), “uma sequência didática é um conjunto de atividades organizadas de maneira sistemática, com a finalidade de promover a aprendizagem”.

No processo de elaboração da sequência didática, é fundamental que os objetivos estejam bem definidos, a fim de garantir que os alunos desenvolvam as habilidades propostas. O objetivo principal da sequência desenvolvida neste trabalho é demonstrar como a resistência do meio influencia o movimento de um objeto em queda dentro de um líquido, permitindo que os alunos analisem a relação entre essa força de resistência e a velocidade terminal. Por meio

dessa abordagem, buscou-se promover o desenvolvimento de habilidades como a compreensão da influência da resistência do meio na queda dos corpos, a análise do conceito de velocidade terminal e a identificação das forças atuantes no movimento. Além disso, os alunos tiveram a oportunidade de realizar análises experimentais, interpretar gráficos de velocidade em função do tempo e elaborar hipóteses com base em observações. A atividade também teve como objetivo incentivar o trabalho em equipe e a comunicação dos resultados, promovendo a argumentação e o pensamento crítico.

6.1. A escola e a turma em que o produto didático foi aplicado

A aplicação do produto educacional foi realizada em uma escola da rede privada localizada na cidade de Arapiraca, situada na região agreste do estado de Alagoas. Os estudantes atendidos pertencem majoritariamente à classe média, sendo que muitos deles residem em municípios vizinhos e se deslocam diariamente para assistir às aulas. A instituição possui excelente infraestrutura, com destaque para um laboratório de ciências bem equipado, o que dispensou a necessidade de aquisição de materiais adicionais para a realização da proposta.

A proposta de aplicação foi prontamente aceita pela direção e pela coordenação pedagógica da escola, que demonstraram abertura e interesse pela iniciativa. O modelo de autorização assinado pela direção da escola se encontra no Apêndice I. Embora houvesse, inicialmente, certa preocupação quanto à viabilidade da intervenção em uma escola particular, esse receio foi rapidamente superado diante da receptividade institucional e do comprometimento demonstrado pelos envolvidos. Apesar da concordância da escola, vale destacar que não é habitual a realização desse tipo de atividade na instituição. Por essa razão, a principal preocupação consistiu em adequar a proposta ao cronograma de conteúdos já estabelecido pelo sistema de ensino, a fim de evitar impactos no calendário escolar.

Participaram da experiência 55 alunos da primeira série do ensino médio, distribuídos em duas turmas. A aplicação ocorreu entre os dias 30 de setembro e 10 de outubro de 2024, em encontros de 50 minutos. As turmas demonstraram bom rendimento e alta capacidade de trabalho colaborativo, o que contribuiu positivamente para o desenvolvimento das atividades e para a obtenção de resultados significativos.

Além do laboratório de Ciências, a escola também conta com um laboratório de Matemática, onde o professor da área, a nosso pedido e com o apoio dos estudantes, confeccionou três objetos utilizando a impressora 3D disponível na instituição, os quais foram

utilizados nos experimentos descritos mais adiante. Para garantir a uniformidade e a validade experimental, foi solicitado que todos os objetos produzidos apresentassem o mesmo volume e, conseqüentemente, a mesma massa, assegurando condições ideais para a realização dos experimentos propostos.

Além do laboratório de Ciências, as salas de aula também foram utilizadas durante a aplicação do produto educacional. Esses espaços serviram como ambientes propícios para a apresentação e discussão dos conceitos físicos fundamentais ao entendimento e à execução das atividades propostas. Nesses momentos, os alunos foram introduzidos aos conteúdos teóricos que embasariam os experimentos, promovendo uma articulação entre teoria e prática essencial para a consolidação do aprendizado.

6.2.O tipo de pesquisa que foi realizada

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, articulando técnicas quantitativas e qualitativas com o objetivo de investigar, de forma abrangente, tanto a compreensão teórica quanto o desempenho prático dos estudantes, conforme preconiza Creswell (2010) ao destacar a importância da integração de métodos para uma análise mais completa dos fenômenos educacionais.

A comparação entre os resultados do teste diagnóstico aplicado antes e após a implementação do produto educacional permitiu avaliar o nível de compreensão dos alunos acerca dos conteúdos abordados, quantificando a variação no número de acertos. Essa etapa caracteriza-se como de natureza quantitativa, uma vez que gera dados objetivos e mensuráveis, possibilitando análises estatísticas sobre a eficácia da intervenção pedagógica, conforme propõe Lakatos e Marconi (2003), para quem o método quantitativo visa analisar a realidade por meio de dados concretos e verificáveis, permitindo generalizações.

Paralelamente, a análise comparativa dos objetos criados pelos alunos antes e após a intervenção evidenciou mudanças significativas em seus projetos, refletindo uma evolução qualitativa na forma como os conceitos físicos foram compreendidos e aplicados. Essa dimensão qualitativa da pesquisa aprofunda a compreensão dos processos de aprendizagem vivenciados, complementando os dados quantitativos obtidos, alinhando-se ao que defende Minayo (2012), ao afirmar que a abordagem qualitativa permite captar o significado das ações, das relações e das práticas no contexto em que ocorrem.

Dessa forma, podemos concluir que esta investigação se configura como uma pesquisa de abordagem mista, ao integrar diferentes métodos de coleta e análise de dados, de modo a oferecer uma visão mais ampla e consistente sobre os efeitos do processo educativo desenvolvido.

6.3. A apresentação do produto educacional para os alunos

No início do primeiro encontro, apresentei aos alunos a organização das aulas e a divisão das etapas ao longo dos dias de aplicação. Em seguida, introduzi brevemente o software Tracker, destacando suas funcionalidades básicas. Para despertar o interesse da turma, compartilhei uma experiência pessoal em que utilizei o Tracker em uma perícia técnica. A menção a essa aplicação real chamou a atenção de muitos estudantes, que demonstraram curiosidade e engajamento ao perceberem a utilidade prática da ferramenta. Neste primeiro encontro, os alunos assinaram também o Termo de Livre Consentimento (TLC) para participar desta pesquisa, disponível no Apêndice II.

Aproveitei o momento inicial para apresentar o funcionamento do software Tracker utilizando um vídeo simples de um carrinho em movimento, o que facilitou a compreensão inicial da interface e das possibilidades de análise oferecidas pela plataforma. Paralelamente, resgatei um projeto desenvolvido anteriormente pelos alunos, a construção de foguetes, para estabelecer uma conexão entre os conteúdos. Expliquei, de forma acessível, como elementos como o formato do bico, as aletas e a massa influenciam diretamente o desempenho dos foguetes, reforçando a importância da física na interpretação e otimização de fenômenos reais.

No processo de formação dos alunos desta escola, já há aulas de programação, o que contribuiu para que eles se familiarizassem mais facilmente com o uso do software *Tracker*. Como os recursos necessários para a atividade envolviam apenas elementos básicos do programa, não houve grandes dificuldades em sua utilização. Desse modo, a aceitação da proposta foi positiva e o desenvolvimento do trabalho ocorreu de forma fluida e satisfatória.

As turmas foram organizadas em grupos de cinco estudantes, e cada equipe ficou responsável por levar seu próprio notebook para registrar e analisar os dados obtidos durante os experimentos. Como destacam Zabala (1998) e outros estudiosos das metodologias ativas, o trabalho em equipe e a autonomia dos alunos contribuem para o desenvolvimento de competências relacionadas à cooperação, à responsabilidade e à construção coletiva do conhecimento. A autonomia concedida aos alunos foi essencial para o bom andamento da

proposta, favorecendo uma interação ativa entre os integrantes das equipes ao longo de toda a atividade.

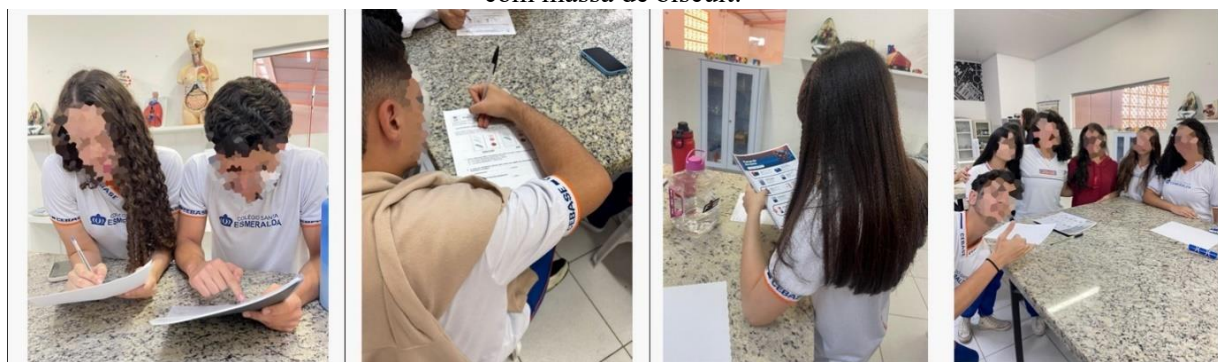
6.4. Aula 1: Aplicação do questionário pré-teste e produção do objeto com massa de biscuit.

Como todos os encontros tinham duração de 50 minutos, preparei antecipadamente pequenas porções de massa de biscuit, medi suas massas e as armazenei adequadamente para evitar o ressecamento. Além disso, como o questionário era simples e continha apenas oito questões, o tempo disponível mostrou-se suficiente para a aplicação das atividades planejadas.

No questionário pré-teste (Apêndice III) abordamos conceitos básicos sobre força de arrasto e velocidade terminal. Essa etapa foi fundamental para avaliar o nível de conhecimento dos participantes sobre esses temas. A partir das respostas obtidas, pudemos identificar possíveis dificuldades e direcionar melhor as atividades seguintes, garantindo um aprendizado mais significativo.

Posteriormente, entregamos a cada equipe uma pequena porção de massa de biscuit, equivalente a 22 gramas, e os alunos foram organizados em grupos de cinco integrantes. Foi informado a eles que o objetivo era confeccionar um objeto capaz de alcançar a maior velocidade terminal possível. A proposta visava verificar, em um momento posterior, se, após a aplicação da sequência didática, os alunos confeccionariam objetos diferentes ou manteriam o mesmo formato criado nesse primeiro momento. Os resultados obtidos serão discutidos mais adiante. A Figura 6.2 mostra os alunos durante a execução das atividades realizadas no primeiro encontro.

Figura 6.2: Primeiro encontro, os alunos respondendo o questionário e produzindo em equipe o objeto com massa de biscuit.



Fonte: Autor, 2025.

6.5. Aula 2 e 3: Exposição de conteúdo.

A aula expositiva do conteúdo foi fundamental, uma vez que muitos dos conceitos aplicados no trabalho ainda não haviam sido abordados com os alunos, embora eles já possuissem alguns conhecimentos prévios que contribuíram para o bom andamento das atividades. Por essa razão, neste momento, o conteúdo foi apresentado com o apoio de exemplos do cotidiano e de experimentos simples, facilitando a compreensão dos fenômenos estudados.

Nas aulas 2 e 3, conforme ilustrado na Figura 6.3, as atividades foram conduzidas em sala de aula, com exposição exclusivamente no quadro. Para melhor assimilação do conteúdo, essa etapa foi dividida em dois momentos: na Aula 2, foram abordadas grandezas hidrostáticas, como densidade, pressão e empuxo; já na Aula 3, os alunos estudaram força de resistência e velocidade terminal.

Essas duas aulas favoreceram a construção do conhecimento, permitindo que os alunos relacionassem os conceitos teóricos com a prática experimental (realizada nas Aulas 4 e 5). Ao estabelecer uma base conceitual sólida, os estudantes puderam compreender melhor as questões envolvidas no experimento, o que facilitou a análise dos resultados e a aplicação dos princípios trabalhados. Dessa forma, essas aulas preparatórias foram essenciais tanto para o desenvolvimento do experimento quanto para a promoção de uma aprendizagem significativa.

Figura 6.3: Alunos na Aula 2 e 3, destinada a exposição do conteúdo.



Fonte: Autor, 2025.

6.6. Aula 4: Realização do experimento com o auxílio do roteiro

Esse momento da sequência didática foi um dos que mais demandou esforço, devido à necessidade de realizar boas filmagens que possibilitassem análises precisas posteriormente. O laboratório utilizado era bem iluminado, o que favoreceu as gravações, e os smartphones dos

alunos, equipados com câmeras de boa qualidade, foram fundamentais para garantir a nitidez e a precisão dos vídeos.

Seguindo o roteiro, comecei a Aula 4 medindo, com os alunos, as massas e os volumes dos objetos. Para determinar o volume, utilizamos um método simples: colocar o objeto dentro de uma proveta com água e observar a posição do líquido que foi deslocado. A medição da massa foi feita com o auxílio de uma balança.

Para a gravação do vídeo, cada equipe recebeu um kit contendo uma proveta, uma balança e o roteiro de execução do experimento, como isto nas imagens da Figura 6.4. As equipes foram as mesmas que produziram os objetos de biscoito na Aula 1. Além do objeto fabricado por cada grupo, os alunos precisaram também realizar as gravações dos vídeos com três objetos predefinidos: uma esfera, um cilindro e um cubo, todos produzidos com uma impressora 3D, conforme detalhamos no início deste capítulo.

Os objetos foram soltos para se deslocarem em três líquidos diferentes: água, óleo e álcool. Para garantir uma boa qualidade visual nas gravações, orientei os alunos a realizarem as filmagens em uma área bem iluminada do laboratório.

Figura 6.4: Aula 4, destinada a gravação dos vídeos com o auxílio do roteiro.



Fonte: Autor, 2025.

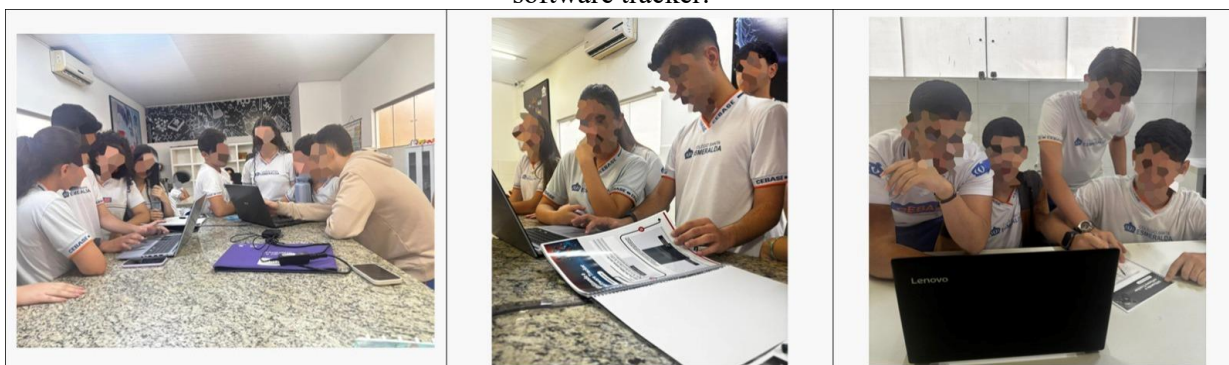
6.7. Aula 5: Uso do software Tracker com auxílio do roteiro para encontrar a velocidade limite.

No dia anterior à aplicação da aula, enviei no grupo do WhatsApp das turmas o link para que os alunos baixassem o software em seus notebooks. No dia da aula, cada equipe levou um notebook com o software já instalado, o que ajudou a otimizar o tempo. Assim que a aula começou, entreguei um roteiro com todos os passos a serem seguidos.

Nesse encontro, novamente, os alunos trabalharam em equipe, como visto na Figura 6.5, e solicitei que todos participassem ativamente, revezando no manuseio do software. Essa estratégia tornou a atividade mais proveitosa, promovendo a colaboração e a interação entre os alunos, além de fortalecer o aprendizado coletivo. Como nenhum dos participantes tinha conhecimento prévio do software Tracker, o primeiro vídeo demorou bastante para ser analisado pelos alunos, causando um atraso já esperado. A atividade envolvia a análise de 10 vídeos, mas a equipe que conseguiu obter o maior número de resultados analisou apenas 5 durante o encontro. Por isso, solicitei que as equipes finalizassem a atividade em casa e trouxessem os resultados acompanhados de um pequeno relatório para ser entregue no último encontro.

Apesar de ter enviado previamente o link para que os alunos realizassem o download do software, uma das equipes ainda não havia feito a instalação em seu notebook. Além disso, foi necessário auxiliar algumas equipes no manuseio da ferramenta. No entanto, embora essa tenha sido a etapa mais desafiadora da sequência didática, também se mostrou a mais gratificante, pois pude observar o entusiasmo dos alunos ao analisarem os resultados e acompanharem o comportamento gráfico do experimento, demonstrando um real envolvimento com a atividade.

Figura 6.5: Aula 5, destinada a encontrar a velocidade limite (terminal) dos objetos com auxílio do software tracker.



Fonte: Autor, 2025.

6.8. Questionário pós teste e a Escala Likerd

O questionário aplicado após a implementação do produto educacional estava dividido em três partes. Primeiramente, haviam feitas perguntas sobre conceitos físicos. Em seguida,

abordamos questões relacionadas ao ensino de Física na escola. Por fim, os alunos responderam perguntas sobre o experimento realizado na sequência didática.

Nas duas últimas partes, utilizamos a escala Likert, que permite uma análise mais detalhada das respostas. Além de quantificar as opiniões dos participantes, essa escala ajuda a estabelecer parâmetros comparativos e identificar tendências nas respostas.

A escala Likert pode ser estruturada de diferentes formas, dependendo do objetivo da pesquisa. Geralmente, é dividida em cinco pontos, porém, existem variações no número de opções de resposta. Em nossa pesquisa, utilizamos a escala com cinco alternativas, garantindo uma avaliação equilibrada das percepções dos participantes. Segundo Gil (2008), a escala Likert é amplamente empregada em pesquisas sociais e educacionais por permitir mensurar atitudes, opiniões e percepções de forma simples e eficiente. Como destaca o próprio criador da escala, Likert (1932), essa metodologia permite medir atitudes e percepções de maneira estruturada, facilitando a interpretação dos dados coletados.

A utilização da escala Likert apresenta diversas vantagens. Entre elas, destaca-se sua linguagem simplificada, que facilita tanto a compreensão das perguntas quanto a resposta dos participantes. Além disso, sua versatilidade permite a adaptação a diferentes temas, tornando-a uma ferramenta ampla e eficaz. Por fim, a possibilidade de análise estatística das respostas foi essencial para a avaliação dos resultados deste trabalho.

A escala Likert tem sido amplamente utilizada em pesquisas voltadas ao ensino de Física para a análise de resultados. Segundo Silva et al. (2020, p. 112), *"em estudos sobre eficácia de sequências didáticas em Física, a escala Likert mostrou-se particularmente útil para quantificar a aceitação dos alunos em relação às atividades propostas"*. Nesse mesmo contexto, Rodrigues e Fernandes (2019, p. 78) destacam que *"a transformação de respostas qualitativas em dados quantitativos através da escala Likert permitiu análises estatísticas robustas em nossa pesquisa sobre aprendizagem de conceitos de eletromagnetismo"*.

Para o nosso trabalho, a escala Likert também mostrou-se muito eficaz, pois simplificou a análise dos dados e permitiu que os alunos respondessem de forma mais rápida e sem dificuldades na compreensão das perguntas.

6.9. Aula 6: Entrega dos resultados, criação de um novo objeto e resolução do questionário pós aplicação.

Assim que chegaram para a Aula 6, os alunos entregaram o relatório com os resultados obtidos, acompanhado das três respostas às perguntas que haviam sido feitas ao final do experimento. Em seguida, cada equipe recebeu uma quantidade de massa de biscoito equivalente à utilizada no primeiro encontro, sendo solicitado que confeccionassem um novo objeto, aplicando os conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática, com o objetivo de alcançar a maior velocidade terminal possível. O objetivo dessa atividade era observar se os alunos manteriam as formas construídas na Aula 1 ou se, após a aplicação da sequência didática, modificariam o formato dos objetos com base nos novos conhecimentos adquiridos.

Na última etapa da aplicação da sequência didática, os alunos responderam individualmente a um questionário composto por 17 questões (Apêndice IV), abordando três aspectos principais: as grandezas físicas estudadas, a percepção sobre o ensino de Física na escola e a experiência com o experimento realizado. Uma foto deste momento se encontra na Figura 6.5. O objetivo principal desse questionário foi avaliar o avanço na compreensão do fenômeno investigado. Além disso, buscou-se compreender como os alunos percebem o ensino de Física e registrar suas opiniões sobre o experimento e o uso do software *Tracker*.

Figura 6.6: Aula 6, entrega dos relatórios, criação do objeto com massa de biscoito e resolução do questionário pós-teste.



Fonte: Autor, 2025.

O momento mais significativo da experiência ocorreu no último encontro, quando os grupos, mesmo sem interagirem diretamente entre si, apresentaram projetos com características aerodinâmicas semelhantes. Esse fato evidenciou a evolução conceitual dos alunos e a consolidação do aprendizado ao longo da sequência didática. A convergência das soluções

desenvolvidas demonstra que os estudantes não apenas assimilaram os conteúdos trabalhados, mas também foram capazes de aplicá-los de forma autônoma e crítica.

O software *Tracker* revelou-se uma ferramenta valiosa nesse processo, pois, além de ser de fácil manuseio, oferece recursos que permitem uma análise de dados extremamente rica. Com isso, um experimento aparentemente simples transforma-se em uma experiência significativa de interação, investigação e comunicação entre os participantes, ampliando o engajamento e a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos. De acordo com Valente (1999), as tecnologias digitais, quando integradas de forma pedagógica, permitem ao aluno assumir um papel ativo na construção do conhecimento, favorecendo a aprendizagem significativa.

No experimento desenvolvido, foram analisadas as quedas de quatro diferentes corpos: uma esfera, um cubo, um cilindro e um objeto construído pelos próprios alunos. As quedas foram registradas com o uso de um telefone celular, utilizando três provetas preenchidas com diferentes fluidos, que para nosso trabalho foram: álcool, água e óleo. Os vídeos obtidos foram posteriormente analisados no software Tracker, o que possibilitou a observação detalhada da variação da velocidade dos corpos ao longo do tempo.

Durante a análise, verificou-se que, ao final do movimento, os gráficos de posição em função do tempo apresentaram uma tendência linear, indicando que os corpos atingiram uma velocidade constante. Esse comportamento caracteriza o momento em que a força de resistência do fluido iguala-se, em módulo, à força peso do objeto, resultando em força resultante nula e, consequentemente, na velocidade terminal.

Como destaca Moran (2015, p. 17), “as tecnologias digitais, quando bem integradas ao ensino, potencializam a aprendizagem e tornam os conteúdos mais atrativos e compreensíveis”.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho teve como principal objetivo proporcionar aos alunos uma compreensão fundamentada sobre a força de arrasto e a velocidade terminal na queda de um objeto dentro de uma proveta contendo líquidos distintos. Para avaliar os conhecimentos antes e depois do experimento, foram aplicados dois questionários.

O primeiro questionário foi aplicado no encontro inicial, com o intuito de sondar o conhecimento prévio dos alunos sobre esses temas. Já no último encontro, aplicou-se um novo questionário com o objetivo de verificar a assimilação dos conceitos abordados ao longo da atividade. Além disso, os alunos também foram questionados sobre a percepção que têm do ensino de Física na escola e sobre sua opinião em relação ao experimento realizado. Segundo Triviños (1987), o uso de questionários em pesquisas educacionais permite coletar dados de forma sistemática e comparar percepções e conhecimentos em diferentes momentos, favorecendo uma análise mais completa dos processos de ensino-aprendizagem.

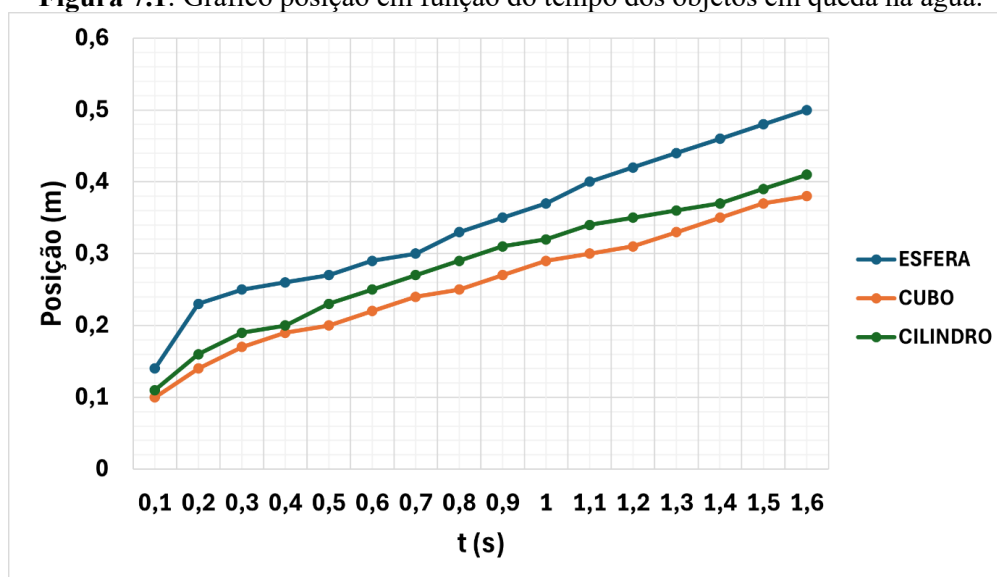
7.1. Análises dos resultados dos objetos em queda nos líquidos

Os gráficos a presentes na Figura 7.1 representam os resultados obtidos ao abandonar diferentes objetos — esfera, cubo e cilindro — de uma certa altura na água. A análise foi realizada a partir dos dados gerados pelo software Tracker, e os resultados foram plotados no Excel para facilitar a visualização e interpretação das informações.

Embora esses gráficos não tenham sido produzidos pelos alunos, o gráfico gerado pelo Tracker é de fácil compreensão e permitiu que os estudantes acompanhassem o comportamento dos corpos em queda dentro dos líquidos analisados. A produção dos gráficos no Excel teve como objetivo proporcionar uma observação comparativa da dinâmica do movimento dos três objetos usados no experimento. Como destaca Zabala (1998), recursos visuais como gráficos são fundamentais para favorecer a análise crítica e a compreensão dos fenômenos, pois permitem ao aluno estabelecer relações e identificar padrões de maneira mais acessível e significativa.

Como ilustrado na Figura 7.1, entre 0,3 e 0,4 segundos, o movimento dos objetos já se estabiliza, caracterizado pela relação linear entre a posição e o tempo, indicando que, a partir desse ponto, a velocidade permanece praticamente constante. Esse comportamento caracteriza o momento em que os objetos atingiram suas respectivas velocidades terminais.

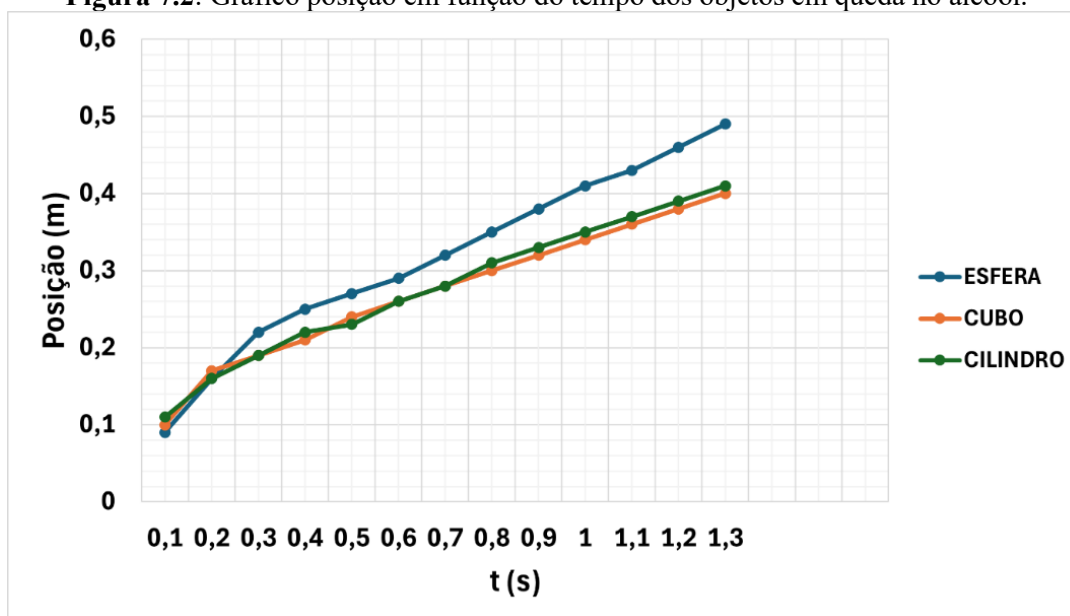
Figura 7.1: Gráfico posição em função do tempo dos objetos em queda na água.



Fonte: Autor, 2025.

Na Figura 7.2, observa-se que, ao cair no álcool, o objeto atinge a velocidade terminal aproximadamente 0,1 segundo depois em comparação com a queda na água, representada na Figura 7.1. Esse resultado era esperado, uma vez que a densidade da água é maior do que a do álcool. Considerando que a força de arrasto depende tanto da viscosidade do fluido quanto da velocidade do objeto, a água impõe uma resistência maior ao movimento do corpo em relação ao álcool. Dessa forma, a força resultante sobre o objeto se equilibra mais rapidamente na água, fazendo com que os corpos atinjam a velocidade terminal em um intervalo de tempo menor.

Figura 7.2: Gráfico posição em função do tempo dos objetos em queda no álcool.

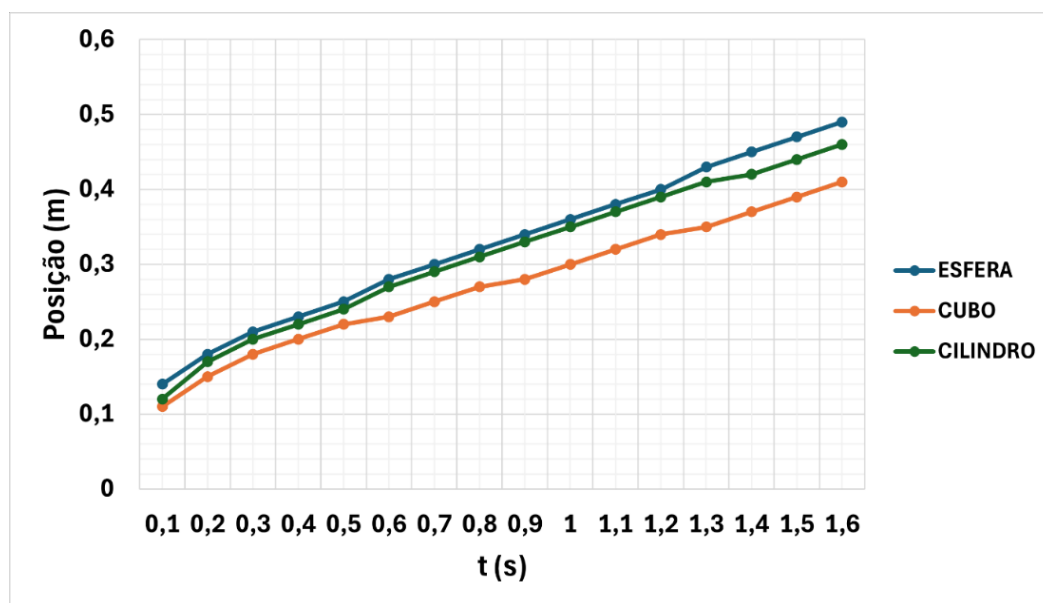


Fonte: Autor, 2025.

Na comparação com o óleo, a estabilização da velocidade ocorre mais rapidamente do que na água, conforme ilustrado na Figura 7.3. No entanto, em relação ao álcool, a velocidade terminal é atingida um pouco mais tarde. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que a densidade do óleo é maior do que a do álcool, porém menor do que a da água.

A maior viscosidade do fluido influencia diretamente a resistência ao movimento do objeto, gerando uma força de arrasto mais intensa. Como consequência, a velocidade terminal é alcançada mais rapidamente, pois o equilíbrio entre a força gravitacional e a força de arrasto ocorre em um intervalo de tempo menor. Conforme explica Serway (2014, p. 220), “a viscosidade do fluido é um fator chave na determinação da força de arrasto, afetando significativamente a rapidez com que um objeto atinge sua velocidade terminal”.

Figura 7.3: Gráfico posição em função do tempo dos objetos em queda no óleo.



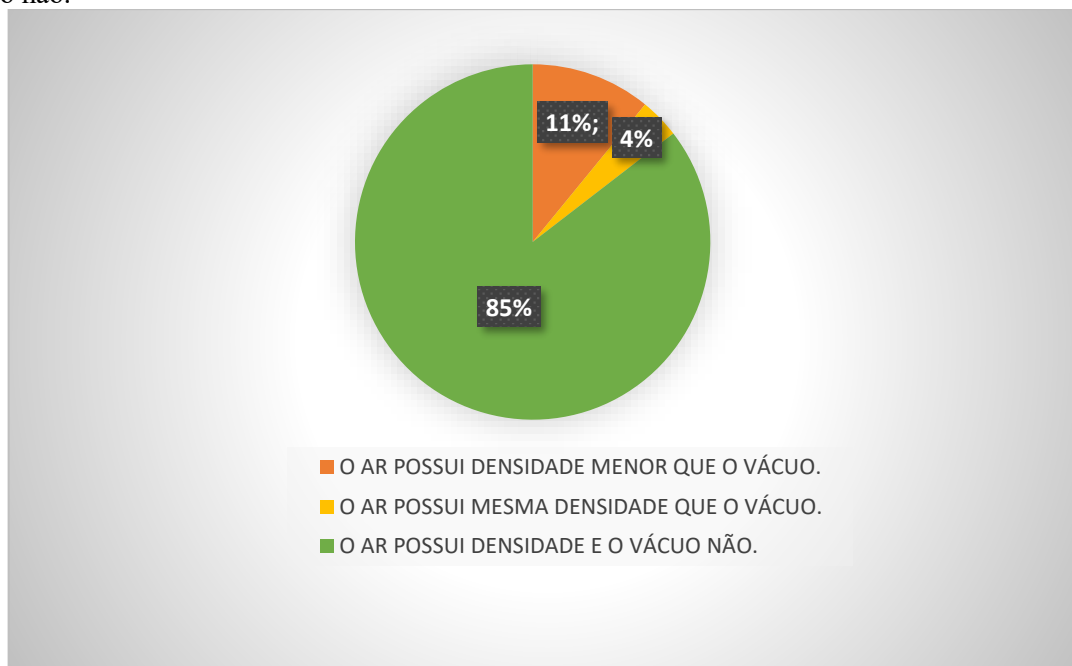
Fonte: Autor, 2025.

7.2. Análises das respostas do questionário antes da aplicação do experimento

Inicialmente, no questionário, investigamos o conhecimento dos alunos com relação a densidade do ar e do vácuo, no caso, havia a seguinte pergunta: “Qual a diferença entre a densidade dos meios em que a maçã e a pena estão caindo?”. Como resultado, obtivemos que 85% dos alunos acertaram a resposta, enquanto 15% erraram, 11% marcaram que o ar possui densidade menor que o vácuo e 4% que o ar possui mesma densidade que o vácuo, conforme

mostrado na Figura 7.4. Assim, vemos que grande parte da turma já possuía um bom conhecimento sobre o tema, visto que a grande maioria acertou a resposta.

Figura 7.4: Percentagem de respostas dos alunos à pergunta: “Qual a diferença entre a densidade dos meios em que a maçã e a pena estão caindo?”. A resposta correta é a que diz o ar possui densidade e o vácuo não.

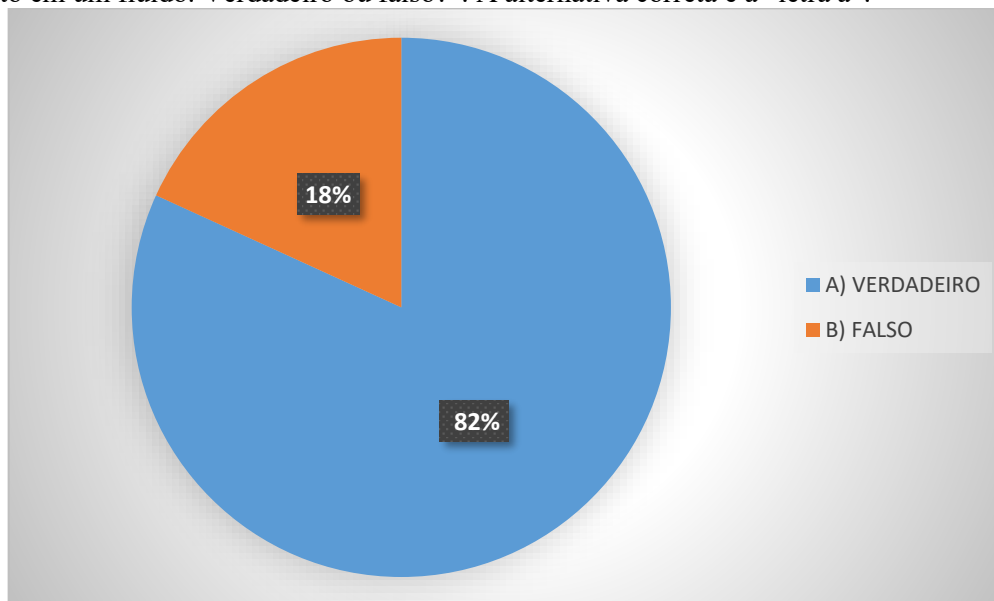


Fonte: Autor, 2025.

O resultado do questionário comentado no parágrafo anterior indica que a maioria dos alunos já compreende corretamente a diferença entre a densidade do ar e do vácuo. No entanto, os erros apresentados por 15% dos estudantes (11% da resposta 1 + 4% da resposta 2) revelam concepções alternativas que podem ser decorrentes de interpretações equivocadas ou da falta de clareza na distinção entre os conceitos de densidade e presença de matéria. Os 11% que afirmaram que o ar possui densidade menor que o vácuo pode estar demonstrando uma confusão conceitual quanto à ausência de matéria no vácuo. Já os 4% que marcaram que o ar possui a mesma densidade que o vácuo possivelmente não assimilaram que o vácuo, por definição, possui densidade nula.

De acordo com a Figura 7.5, ao perguntar “A força de resistência sempre atua sobre um objeto em um fluido. Verdadeiro ou falso?”, buscou-se verificar se os alunos possuíam conhecimento acerca das forças de resistência. Com base nas respostas, observa-se que uma parcela significativa dos estudantes compreende corretamente o conteúdo abordado. O percentual de acertos foi de 82%, enquanto apenas 18% indicaram, de forma incorreta, que o fluido não exerce força sobre o objeto em queda.

Figura 7.5: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “A força de resistência sempre atua sobre um objeto em um fluido. Verdadeiro ou falso?”. A alternativa correta é a “letra a”.

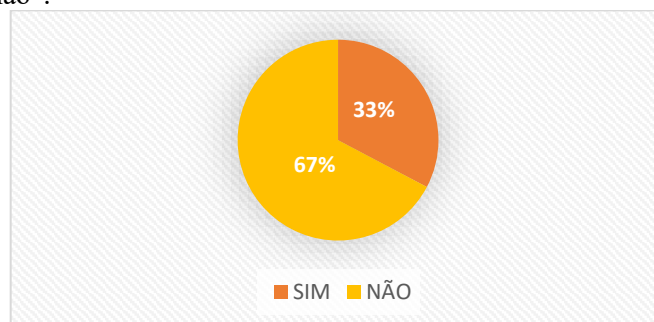


Fonte: Autor, 2025.

Os resultados da Figura 7.5 indicam que a maioria dos alunos (82%) possui uma compreensão adequada sobre as forças de resistência em fluidos, reconhecendo que sempre há uma interação entre o meio e o objeto em queda. No entanto, os 18% que responderam incorretamente podem estar subestimando a influência do fluido ou confundindo o conceito de resistência com outras forças, como a força gravitacional. Segundo Guisard e Causse (2010, p. 58), “a compreensão das forças que atuam sobre os corpos em movimento em meios fluidos é um desafio conceitual comum entre os estudantes, requerendo abordagens didáticas que esclareçam essas interações”.

Podemos observar, na Figura 7.6, que alguns alunos ainda apresentam dúvidas em relação ao conceito de vácuo. Quando questionados se “No vácuo existe força de resistência?”, 67% dos estudantes responderam corretamente. No entanto, 33% — uma porcentagem considerável — afirmaram, de forma equivocada, que o vácuo possui força de resistência. Esses dados indicam que, embora a maioria da turma tenha demonstrado compreensão adequada, há um número relativamente alto de alunos com conhecimento limitado sobre definições básicas relacionadas ao vácuo.

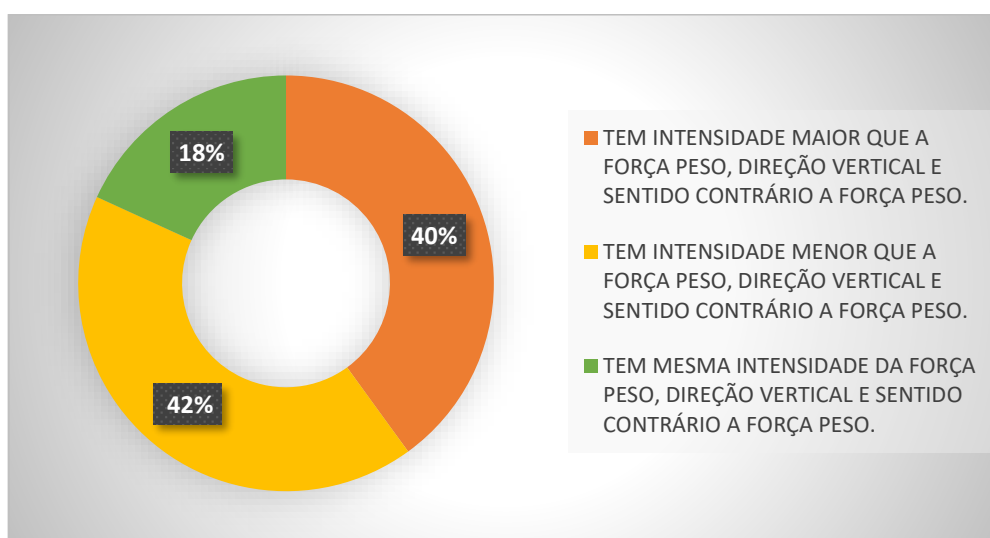
Figura 7.6: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “No vácuo existe força de resistência?”. A resposta correta é “não”.



Fonte: Autor, 2025.

Quando questionados sobre “Quais são as características do vetor força de resistência (arrasto) quando se estabelece a velocidade limite?”, conforme ilustrado na Figura 7.7, apenas 18% dos alunos responderam corretamente, enquanto 82% deram respostas incorretas. Dentre esses, 42% afirmaram que, ao se atingir a velocidade limite, a força de resistência possui intensidade menor que a força peso, e 40% disseram que sua intensidade é maior que a força peso do objeto. Esses resultados possivelmente estão associados à dificuldade dos alunos em recordar a definição e as propriedades de um vetor, como direção, sentido e intensidade.

Figura 7.7: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Quais são as características do vetor força de resistência (arrasto) quando se estabelece a velocidade limite?”. A resposta correta é a que indica mesma intensidade.

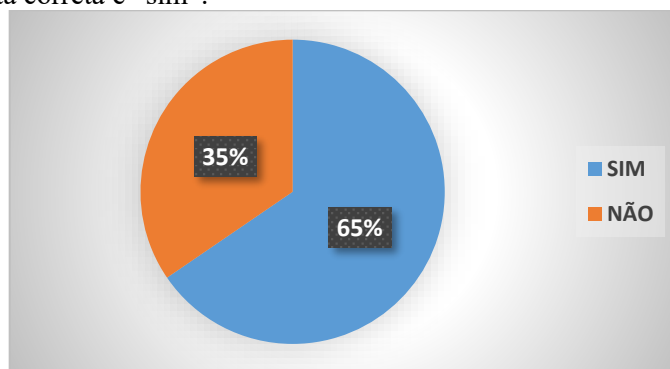


Fonte: Autor, 2025.

Para avaliar o conhecimento dos alunos sobre a relação entre a força de resistência e o formato do objeto, foi feita a seguinte pergunta: “A força de resistência depende da forma do

objeto?”. De acordo com a Figura 7.8, observa-se que, embora 65% dos alunos tenham respondido corretamente, 35% não associaram o formato do objeto à resistência que o fluido exerce sobre ele. Esse resultado indica que a maioria dos estudantes já possuía um bom entendimento sobre a influência das características do objeto no seu movimento de queda. No entanto, no caso dos alunos que erraram, é possível que isso esteja relacionado à tendência de responderem com base na intuição, sem considerar os princípios físicos envolvidos. Como a resistência do ar não é um conceito intuitivo para todos, isso pode ter contribuído para os equívocos observados.

Figura 7.8: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “A força de resistência depende da forma do objeto?”. A resposta correta é “sim”.



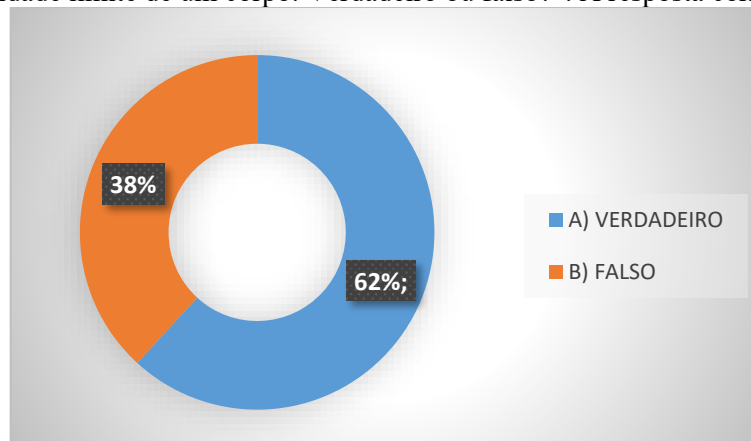
Fonte: Autor, 2025.

A densidade do fluido também influencia o movimento de queda de um objeto. No entanto, a maioria dos alunos respondeu, de forma equivocada, que essa grandeza se relaciona de maneira diretamente proporcional com a velocidade limite. Esse equívoco foi observado quando os alunos foram questionados: “Quanto maior a densidade de um fluido, maior será a velocidade limite de um corpo. Verdadeiro ou falso?”. De acordo com a Figura 7.9, a maior parte dos estudantes respondeu incorretamente que o aumento da densidade do fluido implicaria em maior velocidade limite. Apenas 38% responderam corretamente.

Na maioria das vezes, esse erro pode estar relacionado a uma interpretação intuitiva equivocada, em que os alunos associam, de forma direta, a densidade do fluido ao aumento da velocidade limite, sem levar em conta o papel da resistência do meio. O fato de 38% dos estudantes terem acertado sugere que uma parte da turma compreende adequadamente essa relação física. Isso evidencia a necessidade de retomar e aprofundar esses conceitos durante a aplicação da sequência didática, enfatizando que a relação entre densidade do fluido e velocidade limite é, na verdade, inversamente proporcional. Conforme destaca Duit (2009, p.

85), “a superação de concepções intuitivas inadequadas requer estratégias de ensino que promovam a reflexão crítica e a construção ativa do conhecimento científico”.

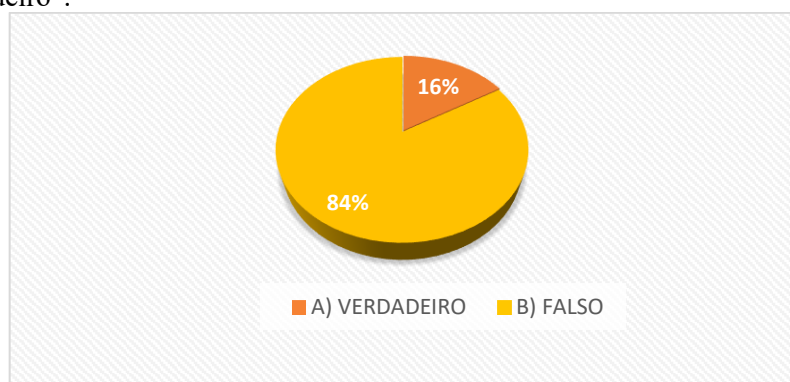
Figura 7.9: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Quanto maior a densidade de um fluido, maior será a velocidade limite de um corpo. Verdadeiro ou falso?”. A resposta correta é “falso”.



Fonte: Autor, 2025.

Para analisar o conhecimento dos alunos sobre velocidade terminal, fizemos a seguinte pergunta: “Os objetos terão a mesma velocidade terminal ao serem soltos em três fluidos de densidades diferentes. Verdadeiro ou falso?”. De acordo com a Figura 7.10, observamos que 84% dos alunos responderam corretamente, enquanto 16% afirmaram, de forma equivocada, que a densidade do fluido não altera a velocidade terminal. Esses resultados indicam que a maioria dos alunos compreende corretamente que a velocidade terminal de um objeto em queda dentro de um fluido varia de acordo com a densidade do meio.

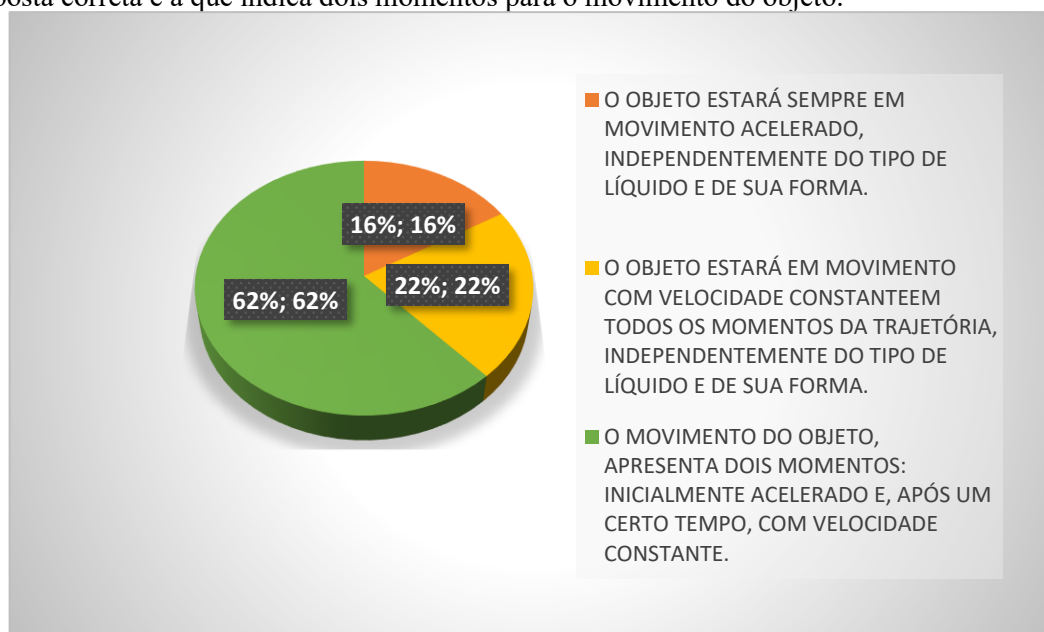
Figura 7.10: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Os objetos terão a mesma velocidade terminal ao serem soltos em três fluidos de densidades diferentes. Verdadeiro ou falso?”. A alternativa correta é “verdadeiro”.



Fonte: Autor, 2025.

Observamos na Figura 7.11 que 38% dos alunos responderam incorretamente à pergunta: “Marque a alternativa abaixo que apresenta corretamente as características do movimento de um objeto se movendo dentro de um fluido.” Dentre eles, 16% acreditam que, em toda a trajetória, o movimento é acelerado, enquanto 22% afirmaram que o movimento é uniforme durante a queda. Por outro lado, 62% dos alunos responderam corretamente, indicando que a velocidade varia inicialmente e, após certo tempo, torna-se constante. Esses resultados sugerem que, ao aprender sobre cinemática, os alunos compreendem o movimento de queda na ausência de um fluido, associando-o diretamente à ação da gravidade. No entanto, como a pergunta mencionava explicitamente a presença de um fluido, a maioria conseguiu identificar corretamente que, nesse caso, há um segundo estágio no movimento, no qual a velocidade se estabiliza devido à resistência do meio.

Figura 7.11: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Marque a alternativa abaixo que apresenta corretamente as características do movimento de um objeto se movendo dentro de um fluido.”. A resposta correta é a que indica dois momentos para o movimento do objeto.



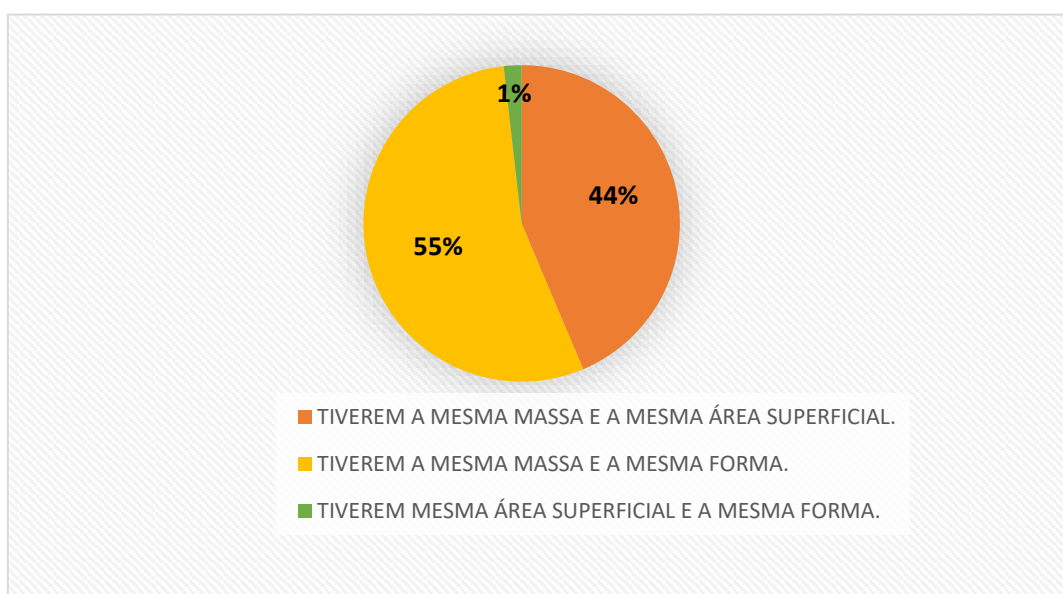
Fonte: Autor, 2025.

7.3. Análises das respostas do questionário após a aplicação do experimento

No último encontro, aplicamos um novo questionário dividido em três partes. A primeira parte abordou os conceitos de velocidade terminal e força de resistência. Na segunda, os alunos responderam a perguntas sobre a disciplina de Física. Por fim, na terceira parte, foram questionados sobre o experimento realizado ao longo dessa sequência didática.

Na Figura 7.12, ao responderem à pergunta: “Ao abandonar três objetos de mesmo volume dentro de um recipiente com água, eles chegarão ao mesmo tempo ao fundo do recipiente se:”, observamos que, embora a maioria tenha acertado (55%), uma parcela significativa da turma cometeu equívocos (45%). Entre os que erraram, 44% afirmaram, de maneira equivocada, que os objetos teriam a mesma velocidade terminal caso possuísem a mesma massa e a mesma área superficial, enquanto 1% indicou que bastaria que os objetos tivessem a mesma área superficial e a mesma forma. Possivelmente, esse erro esteja relacionado à confusão entre área superficial e forma do objeto. Se os objetos possuem o mesmo volume, massa e forma, logicamente são idênticos e, portanto, terão a mesma velocidade terminal. A confusão pode ter surgido da dificuldade em compreender como a área superficial impacta a resistência do fluido, ao passo que a forma do objeto também desempenha um papel importante na dinâmica do movimento. Como destacam Serway e Jewett (2014, p. 358), “a resistência do fluido depende não apenas da área superficial, mas também do formato do objeto, que influencia o arrasto e o comportamento do fluxo ao redor do corpo”.

Figura 7.12: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Ao abandonar três objetos de mesmo volume dentro de um recipiente com água, eles chegarão ao mesmo tempo no fundo do recipiente, se:”. A resposta correta é a que indica mesma massa e mesma forma.

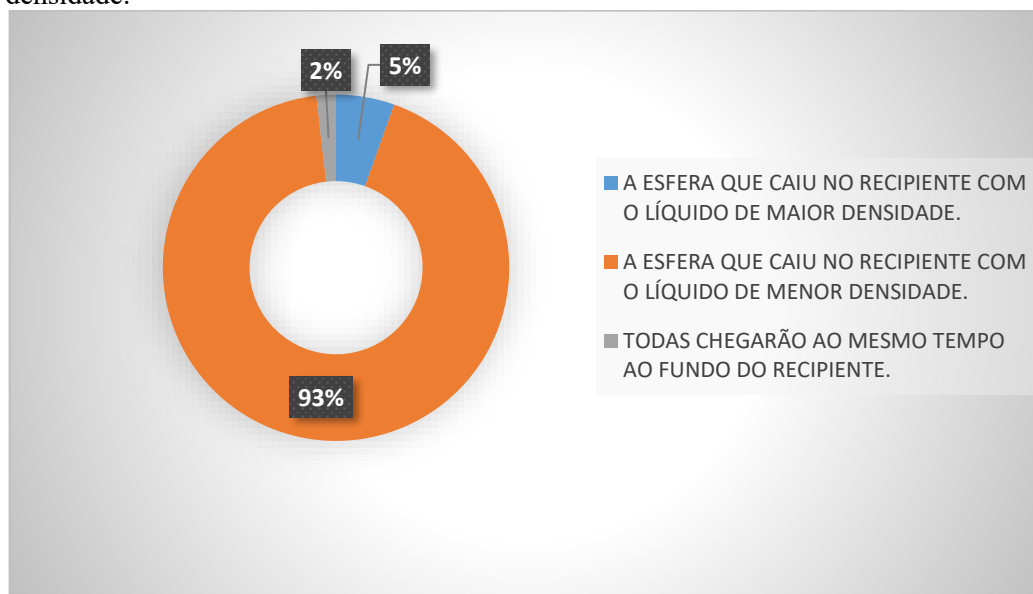


Fonte: Autor, 2025.

Para avaliar se, após a sequência didática, os alunos compreenderam a relação entre a velocidade terminal e a densidade do líquido, foi feita a seguinte pergunta: “Três esferas de massas e volumes iguais são soltas de uma mesma altura dentro de três líquidos de densidades

diferentes. Qual delas chegará primeiro ao fundo do recipiente?”. De acordo com a Figura 7.13, 93% dos alunos responderam corretamente, enquanto 7% erraram. Dentre os que erraram, 5% afirmaram, equivocadamente, que a maior velocidade ocorreria no líquido de maior densidade, e 2% responderam que, independentemente do fluido, os objetos teriam a mesma velocidade terminal. Como citado nos capítulos anteriores, o experimento foi realizado em sala com os alunos utilizando três líquidos diferentes (água, óleo e álcool), o que lhes permitiu observar essa variação na prática — fator que provavelmente contribuiu para o alto índice de acertos.

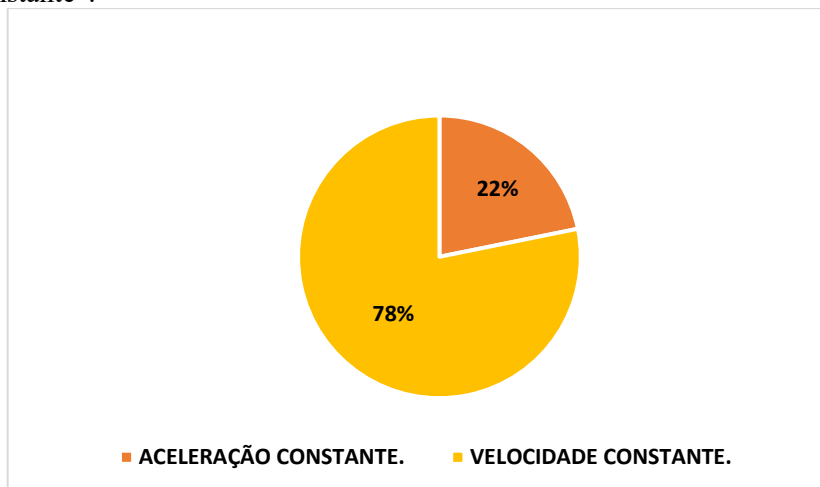
Figura 7.13: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Três esferas de massas e volumes iguais são soltas de uma mesma altura dentro de três líquidos de densidades diferentes. Qual delas chegará primeiro ao fundo do recipiente?”. A resposta correta é a esfera que caiu no recipiente com líquido de menor densidade.



Fonte: Autor, 2025.

Também foi perguntado aos alunos: “Quando a velocidade limite é alcançada, o corpo possui: (a) aceleração constante ou (b) velocidade constante?”. Conforme mostrado na Figura 7.14, 78% dos alunos responderam corretamente, enquanto 22% erraram ao afirmar que, após o estabelecimento da velocidade limite, a aceleração permanece constante. Durante a análise dos experimentos com o software Tracker, os alunos examinaram os gráficos obtidos, o que possivelmente contribuiu para o alto índice de acertos. Por outro lado, os erros podem estar relacionados à dificuldade de compreender o significado exato da pergunta, especialmente no que diz respeito à relação entre aceleração e velocidade terminal.

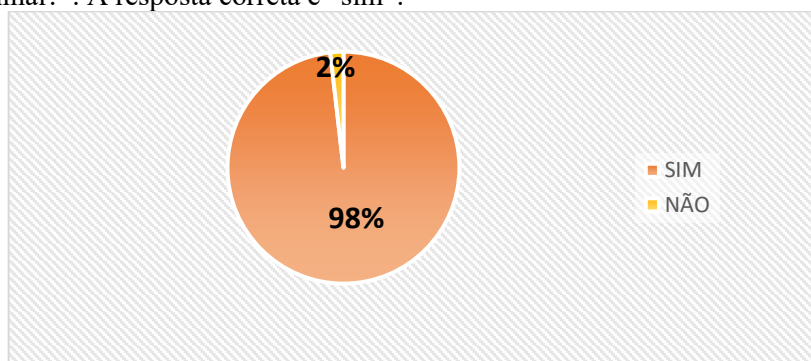
Figura 7.14: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Quando a velocidade limite é alcançada, o corpo possui: (a) aceleração constante, (b) velocidade constante”. A resposta correta é a que indica “velocidade constante”.



Fonte: Autor, 2025.

Outra pergunta feita aos alunos foi a seguinte: “O formato do objeto influencia a velocidade terminal?”. Esperava-se que, após todo o processo de aplicação deste trabalho, os participantes respondessem corretamente a essa pergunta. De fato, a maior parte da turma respondeu de maneira correta, possivelmente em razão da realização do experimento com objetos de formatos distintos. Dos alunos participantes, 98% reconheceram corretamente que a forma do objeto influencia sua velocidade terminal, enquanto apenas 2% responderam de forma equivocada, conforme apresentado na Figura 7.15.

Figura 7.15: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “O formato do objeto influencia a velocidade terminal?”. A resposta correta é “sim”.

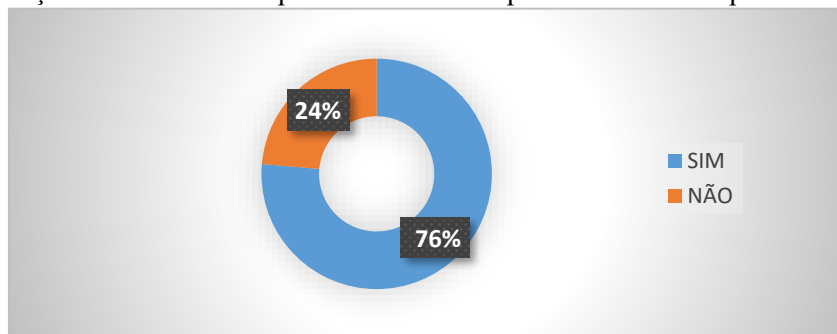


Fonte: Autor, 2025.

Outra pergunta presente no questionário sobre velocidade terminal foi a seguinte: “A velocidade terminal foi menor na água em comparação com os outros líquidos usados no experimento?”. De acordo com a Figura 7.16, a maioria dos alunos (76%) respondeu

corretamente, enquanto 24% afirmaram, de forma equivocada, que a velocidade terminal do objeto na água foi menor do que no álcool e no óleo. Possivelmente, esses erros ocorreram porque alguns alunos não se recordavam dos valores das velocidades terminais obtidos durante os experimentos.

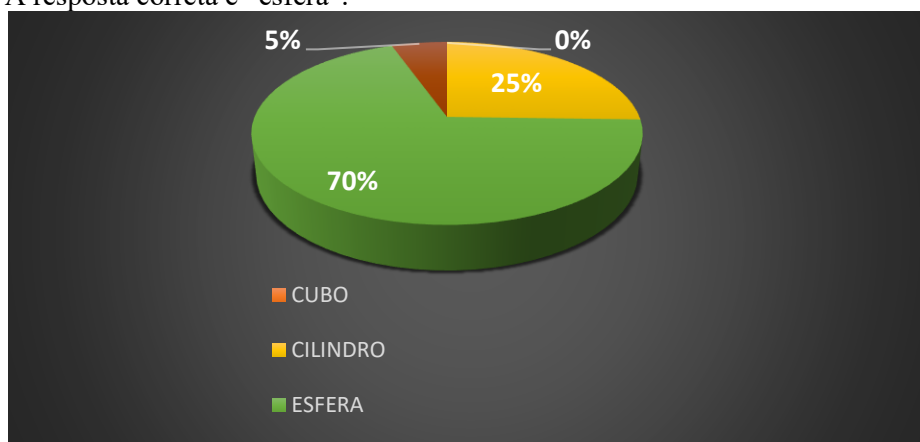
Figura 7.16: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “A velocidade terminal foi menor na água em comparação com os outros líquidos usados no experimento?”. A resposta correta é “sim”.



Fonte: Autor, 2025.

Para analisarmos se os alunos compreenderam que a velocidade terminal varia conforme o formato do objeto, foi feita a seguinte pergunta: “Qual objeto teve a maior velocidade terminal?”. Como mostrado na Figura 7.17, a maioria (70%) respondeu corretamente que foi a esfera, enquanto 25% indicaram o cilindro e 5% apontaram o cubo. O percentual relativamente alto de erros pode estar relacionado a ajustes inadequados durante a realização do experimento, os quais podem ter levado a valores diferentes dos esperados. Outra possibilidade é que alguns alunos não se lembrassem dos valores obtidos e tenham respondido com base apenas em suas intuições.

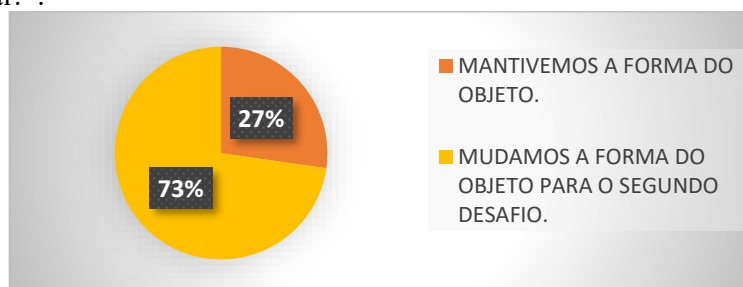
Figura 7.17: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Qual objeto teve a maior velocidade terminal?”. A resposta correta é “esfera”.



Fonte: Autor, 2025.

Conforme citado no capítulo de metodologia, os alunos confeccionaram objetos com massa de biscoito antes e após a aplicação da sequência didática. Para investigar se eles haviam modificado ou não a forma dos objetos no segundo momento, foi feita a seguinte pergunta: “Sua equipe manteve ou mudou a forma do objeto no primeiro e no segundo desafio, que consistia em criar um objeto que alcançasse a maior velocidade terminal?”. A partir da Figura 7.18, observa-se que 73% dos participantes modificaram o objeto, enquanto 27% optaram por manter a forma inicial. Como será discutido no próximo parágrafo, na análise das fotos dos objetos confeccionados, no primeiro momento a maioria dos alunos criou formas mais arredondadas. No entanto, após passarem por todas as etapas da sequência didática e analisarem os resultados obtidos, muitos decidiram desenvolver objetos com formatos mais pontiagudos, como cones alongados, com o intuito de minimizar a resistência do fluido e, assim, maximizar a velocidade terminal.

Figura 7.18: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Sua equipe manteve ou mudou a forma do objeto no primeiro e no segundo desafio, que consiste em criar um objeto que alcançasse a maior velocidade terminal?”.



Fonte: Autor, 2025.

A partir das fotos dos objetos produzidos pelos alunos da Turma A (composta por 30 alunos), antes e após a realização da sequência didática, representadas no Quadro 7.1, é possível notar que todos os grupos dessa turma modificaram a forma dos objetos no segundo momento. Inicialmente, quase todas as equipes confeccionaram objetos com formatos mais arredondados. No entanto, após a aplicação do produto educacional, observou-se uma alteração significativa, com a criação de objetos mais alongados e pontiagudos. Esse resultado foi extremamente relevante para o desenvolvimento das habilidades que se pretendia que os alunos adquirissem. Além disso, os dados obtidos por meio do software Tracker indicaram uma velocidade terminal maior para esses novos objetos, em comparação com os produzidos inicialmente, evidenciando a eficácia da modificação no formato. Conforme explicam Serway e Jewett (2014, p. 360), “objetos com formatos aerodinâmicos apresentam menor força de arrasto, o que permite atingir velocidades terminais maiores”.

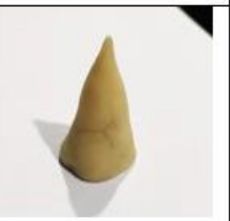
Quadro 7.1: Foto dos objetos produzidos antes e depois da aplicação da sequência didática, produzidos pelos alunos da Turma A.

GRUPO	01	02	03	04	05
ANTES					
DEPOIS					

Fonte: Autor, 2025.

A Turma B era composta por 25 alunos, organizados em quatro equipes, conforme indicado no Quadro 7.2. Observa-se, mais uma vez, que todas as equipes modificaram a forma dos objetos, ainda que, em alguns casos, essas mudanças tenham consistido apenas em torná-los mais pontiagudos e alongados do que os modelos anteriores. Tais modificações trouxeram resultados bastante positivos, pois, após a aplicação do produto educacional, foram registradas, por meio do software Tracker, velocidades terminais maiores para esses novos objetos em comparação com os valores obtidos anteriormente pelos grupos.

Quadro 7.2: Foto dos objetos produzidos antes e depois da aplicação da sequência didática, produzidos pelos alunos da Turma B.

GRUPO	06	07	08	09
ANTES				
DEPOIS				

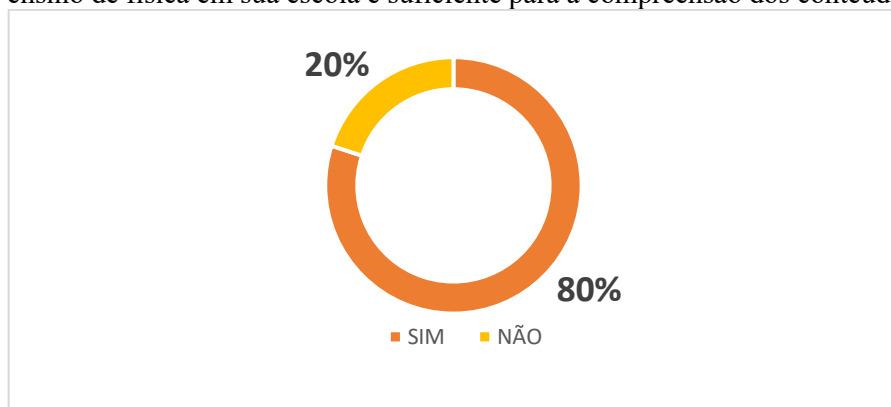
Fonte: Autor, 2025.

A outra parte do questionário aplicado após a sequência didática teve como objetivo analisar a percepção dos alunos sobre a disciplina de Física, a realização de experimentos em sala de aula, e suas impressões sobre a atividade desenvolvida com o produto educacional, entre outros aspectos. A seguir, analisaremos essas respostas.

Inicialmente, foi perguntado aos alunos: *“Você considera que a carga horária destinada ao ensino de Física em sua escola é suficiente para a compreensão dos conteúdos?”* A maioria respondeu que a carga horária é suficiente, enquanto 20% indicaram que necessitariam de mais aulas, conforme mostra a Figura 7.19. Atualmente, a escola oferece três aulas semanais da disciplina, o que permite a realização tanto de aulas teóricas quanto práticas. Esse tempo, em geral, tem se mostrado adequado para o cumprimento do conteúdo programático.

Contudo, no passado, a carga horária dedicada ao ensino de Física era significativamente maior. De acordo com a Sociedade Brasileira de Física, “a carga horária que era de seis horas semanais em décadas passadas, diminuiu para quatro e hoje, em muitas escolas, é de uma ou duas horas por semana”. No contexto deste trabalho, desenvolvido em uma escola particular, a carga horária destinada à disciplina de Física mostrou-se, em comparação com outras realidades educacionais, geralmente suficiente para favorecer tanto a compreensão conceitual quanto a aplicação prática dos conteúdos.

Figura 7.19: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Você considera que a carga horária destinada ao ensino de física em sua escola é suficiente para a compreensão dos conteúdos?”.

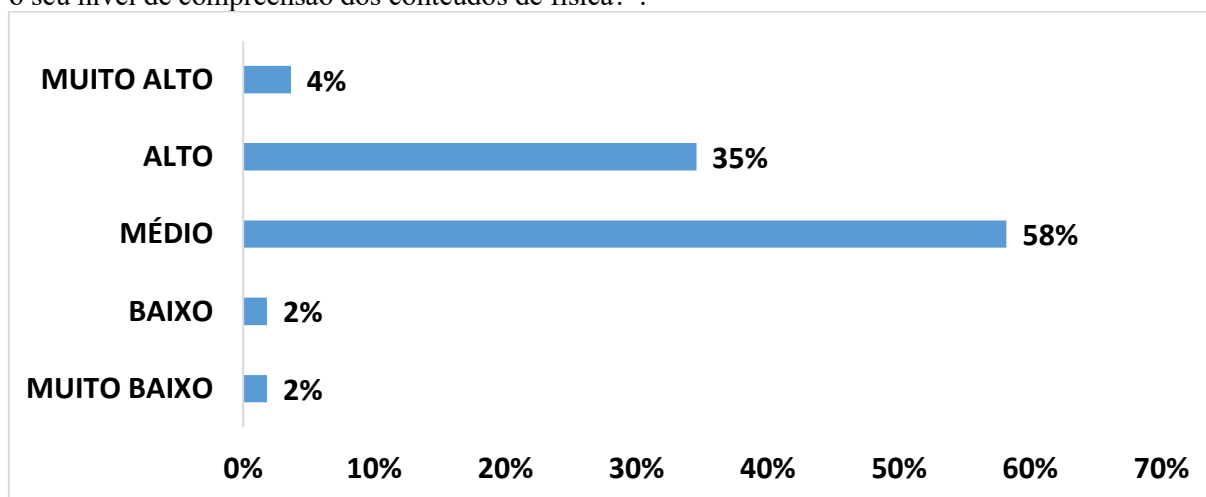


Fonte: Autor, 2025.

Em relação ao entendimento dos alunos quanto aos conteúdos de Física, foi feita a seguinte pergunta: *“Na escala de 1 a 5, como você considera o seu nível de compreensão dos conteúdos de Física?”*. Conforme ilustrado na Figura 7.20, a grande maioria dos alunos respondeu que seu nível de compreensão era médio (58%), alto (35%) ou muito alto (4%). Esse

resultado era esperado, considerando que a turma é composta por alunos com grande potencial acadêmico, incluindo alguns medalhistas em olimpíadas científicas. Outro fator relevante é que a maioria dos estudantes possui uma base sólida de conhecimentos prévios, o que contribui significativamente para um melhor desempenho e compreensão dos conteúdos abordados. É importante destacar que esses resultados poderiam ser consideravelmente diferentes se considerados em outras redes de ensino. O acesso a um laboratório de Ciências bem equipado, a materiais didáticos de qualidade e, em muitos casos, ao suporte de professores particulares, são fatores que certamente influenciaram positivamente a percepção dos alunos sobre sua compreensão dos conteúdos.

Figura 7.20: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Na escala de 1 a 5, como você considera o seu nível de compreensão dos conteúdos de física?”.



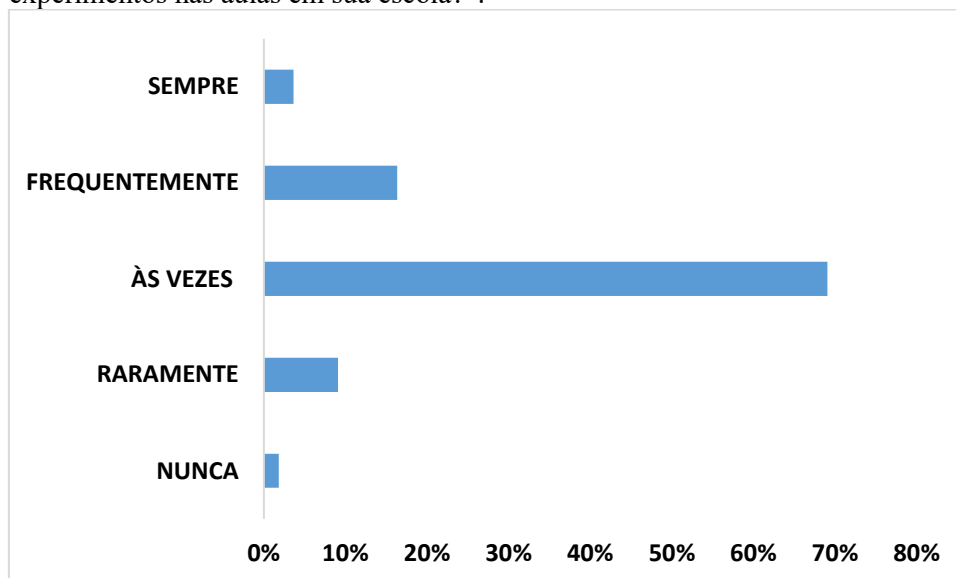
Fonte: Autor, 2025.

Quando foi perguntado: “*Com que frequência há a realização de experimentos nas aulas em sua escola?*”, conforme apresentado na Figura 7.21, observou-se que a maioria dos alunos respondeu “às vezes”. Por se tratar de uma escola particular, a conclusão de todos os conteúdos programáticos é uma prioridade, o que, em alguns casos, pode dificultar a ida dos alunos ao laboratório. No entanto, demonstrações práticas são frequentemente realizadas em sala de aula, o que garante algum nível de experimentação, mesmo quando o laboratório não pode ser utilizado.

A aula expositiva permite a organização estruturada do conhecimento, sendo essencial para a introdução teórica de conceitos antes da aplicação prática. Por outro lado, o contato prático com os conteúdos pode tornar os alunos mais motivados e interessados pela disciplina. Dessa forma, é desejável a combinação entre esses dois modelos de ensino, de modo que o estudante desenvolva uma compreensão teórica sólida e, ao mesmo tempo, possa visualizar a

aplicação dos conceitos por meio dos experimentos. Nesse sentido, Ruver (2014) destaca a relevância das atividades práticas no ensino de Física, ressaltando que a execução de experimentos deve complementar a teoria apresentada nas aulas expositivas, potencializando a aprendizagem.

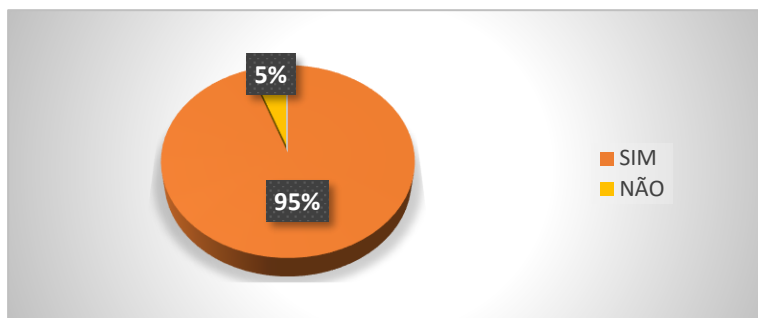
Figura 7.21: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Com que frequência há a realização de experimentos nas aulas em sua escola?”.



Fonte: Autor, 2025.

Quando questionados sobre: “*Você acha importante a realização de experimentos nas aulas de Física?*”, a expectativa era de uma avaliação majoritariamente positiva — o que, de fato, se confirmou. Conforme apresentado na Figura 7.22, 95% dos participantes afirmaram que sim, enquanto apenas 5% indicaram que não consideram essa prática importante. As aulas experimentais são, em geral, bem recebidas pelos alunos, pois deslocam o estudante do ambiente tradicional da sala de aula e o colocam em uma posição de maior protagonismo em seu próprio processo de aprendizagem. Essa abordagem tende a gerar resultados mais positivos, pois favorece a aprendizagem significativa, permitindo que os estudantes construam o conhecimento de forma ativa e contextualizada (Moreira, 1999). Segundo Novak (2002), a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno consegue relacionar novas informações aos seus conhecimentos prévios, promovendo, assim, uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos.

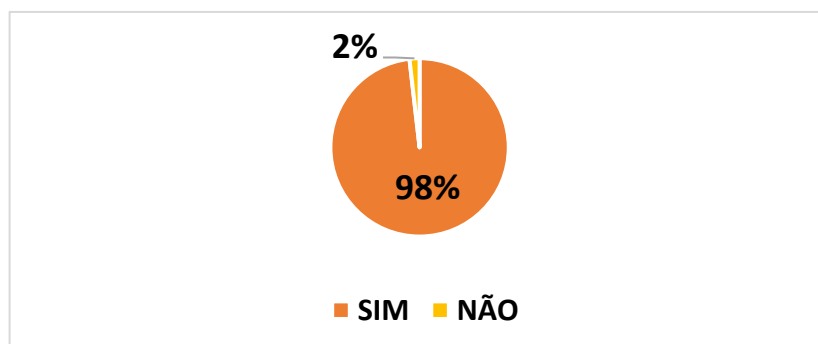
Figura 7.22: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Você acha importante a realização de experimentos nas aulas de Física?”.



Fonte: Autor, 2025.

Como o tema abordado no experimento — força de arrasto e velocidade terminal — não é comumente explorado em sala de aula, foi perguntado aos alunos: “*O experimento ajudou você a compreender como a resistência em um fluido pode alterar a velocidade do objeto?*” O resultado, apresentado na Figura 7.23, indica que 98% dos participantes responderam afirmativamente, o que representa um resultado extremamente positivo e evidencia a eficácia da sequência didática desenvolvida. Apenas 2% dos alunos afirmaram que o experimento não contribuiu significativamente para a compreensão da força de resistência e de como essa força pode alterar a velocidade de queda de um objeto.

Figura 7.23: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “O experimento ajudou você a compreender como a resistência em um fluido pode alterar a velocidade do objeto?”.

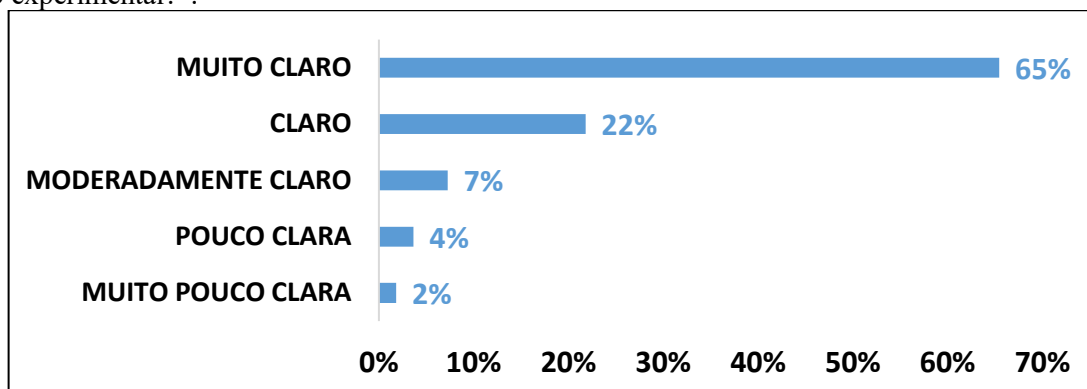


Fonte: Autor, 2025.

Com relação ao roteiro elaborado para a realização dos experimentos, foi perguntado aos alunos: “Como você considera a clareza do roteiro experimental?” Como resultado, a maioria dos participantes avaliou o roteiro como muito claro (65%), claro (22%) e moderadamente claro (7%), conforme ilustrado na Figura 7.24. Apenas uma pequena parcela dos alunos considerou a redação do roteiro pouco clara (4%) ou muito pouco clara (2%). Esses

dados indicam que, embora o roteiro tenha sido bem avaliado pela maioria dos estudantes, ainda existem oportunidades de aperfeiçoamento pontual, com vistas a torná-lo ainda mais acessível, didático e eficiente no apoio à realização das atividades experimentais.

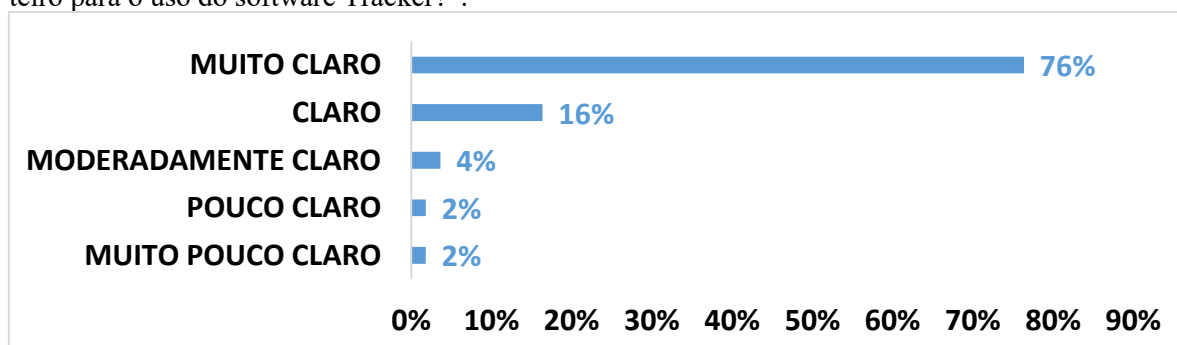
Figura 7.24: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Como você considera a clareza do roteiro experimental?”.



Fonte: Autor, 2025.

Com relação ao roteiro elaborado para o uso do software Tracker, foi perguntado aos alunos: “*Como você considera a clareza do roteiro para o uso do software Tracker?*” A partir da Figura 7.25, observa-se que 76% dos estudantes o consideraram muito claro, 16% o classificaram como claro e 4% como moderadamente claro. Novamente, apenas uma pequena parcela avaliou o roteiro como pouco claro (2%) ou muito pouco claro (2%). Esses dados indicam que, embora o roteiro tenha sido bem avaliado pela maioria dos participantes, ainda há espaço para melhorias pontuais que possam torná-lo ainda mais acessível e didaticamente eficaz. Pois, segundo Nielsen (1993), quando as instruções são claras, o nível de autonomia do usuário tende a aumentar, sendo esse um aspecto essencial para a usabilidade de qualquer sistema ou ferramenta educacional.

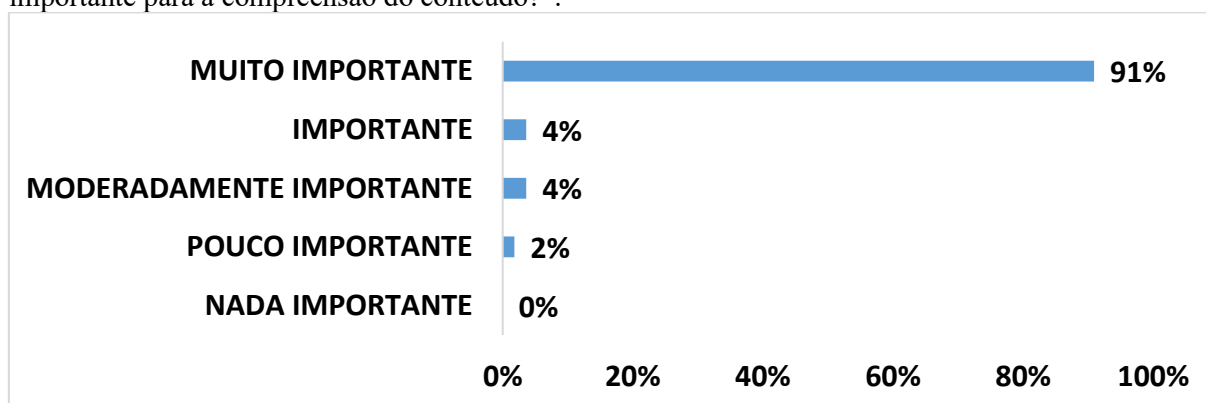
Figura 7.25: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Como você considera a clareza do roteiro para o uso do software Tracker?”.



Fonte: Autor, 2025.

Ao perguntarmos: “*Você considera que o experimento foi importante para a compreensão do conteúdo?*”, a maioria da turma (91%) respondeu que o experimento foi muito importante para a assimilação do tema, conforme mostrado na Figura 7.25. Apenas 2% afirmaram que ele foi pouco importante. De acordo com Ausubel (1968), as experiências práticas tornam-se significativas quando o aluno consegue relacioná-las aos conteúdos teóricos. No entanto, é importante destacar que as aulas experimentais não devem ser o único caminho para a construção do conhecimento. Ademais, considerando que as turmas são, em geral, heterogêneas, torna-se cada vez mais desafiador viabilizar esse tipo de atividade. A realização de experimentos muitas vezes depende do momento em que o professor percebe maior segurança de que houve uma assimilação prévia dos conceitos fundamentais por parte dos alunos.

Figura 7.26: Percentagem de respostas dos alunos a pergunta: “Você considera que o experimento foi importante para a compreensão do conteúdo?”.



Fonte: Autor, 2025.

7.4. Análises dos relatórios produzidos pelos alunos

Ao final da aplicação do produto educacional, cada grupo de alunos elaborou um pequeno relatório, no qual preencheram uma tabela com os dados obtidos da velocidade terminal dos objetos analisados nos três líquidos utilizados no experimento. Esses dados foram extraídos a partir da análise dos vídeos com o software Tracker. Além do preenchimento da tabela, os alunos responderam a três questões reflexivas relacionadas aos resultados obtidos, permitindo uma análise crítica do experimento e a consolidação dos conceitos físicos envolvidos, como força de arrasto e velocidade terminal. Essas perguntas estão presentes no roteiro do software Tracker, disponível no Apêndice V.

Como pode ser observado na Figura 7.27, a tabela apresenta os dados coletados por uma das equipes, referentes à velocidade terminal de quatro objetos: uma esfera, um cubo, um cilindro e um objeto criado pelos próprios alunos com massa de biscoito. Os experimentos foram realizados em três líquidos distintos: água, óleo e álcool. Os resultados indicam que a esfera produzida em impressora 3D apresentou, de forma consistente, a maior velocidade terminal em todos os líquidos analisados. Esse comportamento pode ser atribuído à sua forma aerodinâmica e à regularidade da superfície, que contribuem para a redução da força de arrasto durante a queda.

Outro resultado relevante observado na tabela (Figura 7.27) é que a maior velocidade terminal foi registrada nos experimentos realizados com álcool, enquanto a menor ocorreu no óleo. Esse resultado era esperado, uma vez que tal comportamento está diretamente relacionado à viscosidade dos líquidos: quanto menor a viscosidade, menor a resistência ao movimento do corpo, o que permite que ele atinja velocidades terminais mais elevadas.

Figura 7.27: Tabela produzida pelos alunos de um dos grupos com os dados das velocidades terminais dos objetos em cada líquido analisado.

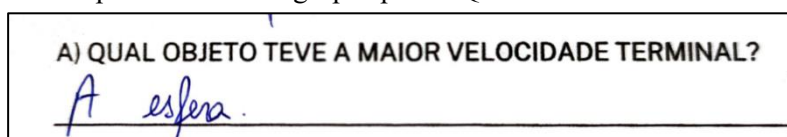
	Água	Óleo	Alcool
Esfera	1,91 m/s	1,74 m/s	2,23 m/s
Cubo	1,48 m/s	1,29 m/s	1,87 m/s
Cilindro	1,54 m/s	1,32 m/s	1,96 m/s
Cone ← Biscoito	1,63 m/s	1,45 m/s	1,85 m/s

Fonte: Autor, 2025.

Com base nos resultados obtidos com o uso do software, as equipes foram questionadas sobre qual dos três objetos fornecidos (esfera, cubo e cilindro) atingiu a maior velocidade terminal. A maioria dos alunos respondeu que a esfera foi o objeto que apresentou a maior velocidade, como visto na resposta de um dos grupos mostrada na Figura 7.28. Considerando que todos os corpos utilizados no experimento possuíam, aproximadamente, a mesma massa e

o mesmo volume, já era esperado que a esfera atingisse a maior velocidade terminal. Isso se deve à sua forma aerodinâmica, que reduz significativamente a força de arrasto durante a queda, justificando, assim, o resultado observado. Conforme apresentado na tabela da Figura 7.27, o cilindro foi o objeto cujo desempenho mais se aproximou do da esfera. É possível que, ao se alterar a área da base do cilindro, sua velocidade terminal se aproxime ainda mais da obtida pela esfera, ou até a ultrapasse, a depender da configuração adotada. Esses resultados evidenciam a importância da forma e da área de contato na dinâmica do movimento de corpos em meios com resistência de fluido.

Figura 7.28: Resposta de um dos grupos para a Questão A do roteiro do software Tracker.

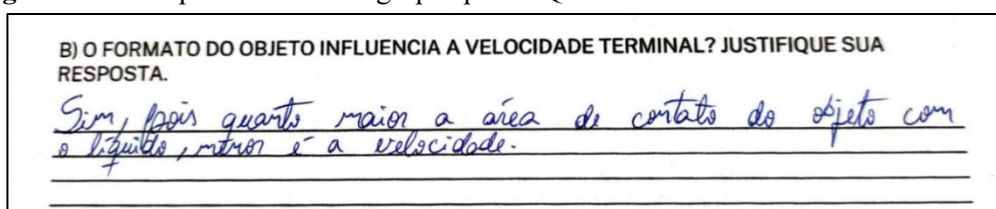


A) QUAL OBJETO TEVE A MAIOR VELOCIDADE TERMINAL?
A esfera.

Fonte: Autor, 2025.

Apesar de a questão anterior já ter abordado qual objeto atingiu a maior velocidade terminal, ao serem questionadas especificamente sobre a influência do formato no movimento, todas as equipes reconheceram que o formato do objeto interfere significativamente em sua dinâmica. Uma das respostas, destacada na Figura 7.29, foi particularmente relevante, pois apontou corretamente que, como não havia diferença de massa entre os objetos, uma das grandezas determinantes para a variação da velocidade terminal era a área transversal. O grupo afirmou que “Sim, pois quanto maior a área de contato do objeto com o líquido, menor é a velocidade”. Essa resposta evidencia que a sequência didática desenvolvida contribuiu efetivamente para que os alunos compreendessem como a forma dos objetos afeta a velocidade terminal alcançada, demonstrando uma apropriação dos conceitos físicos envolvidos.

Figura 7.29: Resposta de um dos grupos para a Questão B do roteiro do software Tracker.



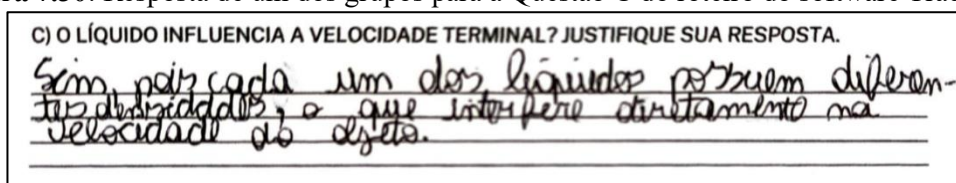
B) O FORMATO DO OBJETO INFLUENCIA A VELOCIDADE TERMINAL? JUSTIFIQUE SUA RESPOSTA.
Sim, pois quanto maior a área de contato do objeto com o líquido, menor é a velocidade.

Fonte: Autor, 2025.

Foi apresentada às equipes uma questão sobre a influência da diferença entre os líquidos no valor da velocidade terminal. A Questão C do roteiro perguntava: “O líquido influencia a

velocidade terminal?”. As respostas indicaram que os alunos reconheceram essa influência, destacando que a velocidade terminal está relacionada à densidade do líquido. Como podemos observar na resposta de um dos grupos, ilustrada na Figura 7.30, foi afirmado que “Sim, pois cada um dos líquidos possui diferentes densidades, o que interfere diretamente na velocidade do objeto”. Essa observação está em conformidade com os fundamentos teóricos, uma vez que, em meios fluidos mais densos, a resistência ao movimento do corpo tende a ser maior, o que pode levar à redução da velocidade terminal.

Figura 7.30: Resposta de um dos grupos para a Questão C do roteiro do software Tracker.



Fonte: Autor, 2025.

É importante destacar aqui que os desafios na aplicação de um produto educacional como esse são inúmeros. Tornar os manuais de uso mais atrativos para os alunos e organizar adequadamente os espaços utilizados na produção do trabalho foram aspectos fundamentais para o bom andamento da atividade. Além disso, fundamentar todos os conceitos no momento exato em que estavam sendo abordados no conteúdo programático foi essencial. Essa integração evitou atrasos no planejamento anual e, ao mesmo tempo, tornou o próprio conteúdo mais atrativo e significativo para os alunos.

Por fim, os dados analisados ao longo deste capítulo evidenciam a eficácia da sequência didática proposta na promoção da aprendizagem dos conceitos de força de arrasto e velocidade terminal. A comparação entre os questionários aplicados antes e após a realização dos experimentos demonstrou avanços significativos na compreensão dos fenômenos físicos envolvidos. Além disso, a análise qualitativa das respostas dos alunos revelou que, ao vivenciarem o experimento e interpretarem os dados com o apoio do software Tracker, os estudantes foram capazes de estabelecer relações entre variáveis físicas relevantes, como densidade do fluido, formato e área de contato dos objetos. A mudança nas formas dos objetos confeccionados após a atividade e a capacidade de justificar os resultados obtidos indicam que a proposta contribuiu para o desenvolvimento do pensamento científico e da autonomia dos alunos. Dessa forma, os resultados reforçam a importância da experimentação aliada a estratégias bem estruturadas como ferramenta para potencializar o ensino de Física de maneira significativa e contextualizada.

8. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal investigar a eficácia do uso de tecnologias digitais, em especial o software Tracker, como recurso didático para o ensino dos conceitos de força de arrasto e velocidade terminal no Ensino Médio. A proposta consistiu na elaboração, aplicação e avaliação de um produto educacional estruturado em uma sequência didática composta por aulas expositivas, experimentos práticos, construção de objetos com massa de biscoito, análise de vídeos e produção de relatórios. A metodologia adotada baseou-se em práticas de ensino ativas, voltadas à promoção da aprendizagem significativa e do protagonismo estudantil.

Os resultados obtidos foram bastante expressivos. Houve uma melhoria significativa na compreensão dos conceitos trabalhados, como evidenciado pela comparação entre os questionários aplicados antes e após a sequência didática. No pós-teste, por exemplo, 93% dos alunos compreenderam corretamente a relação entre a densidade do fluido e a velocidade terminal, e 98% reconheceram a importância do formato do objeto na determinação dessa velocidade. Além disso, a maioria das equipes modificou os objetos produzidos inicialmente, optando por formas mais pontiagudas após compreenderem como a aerodinâmica influencia o movimento em meios fluidos. Essa mudança revela não apenas o domínio conceitual, mas também o desenvolvimento da capacidade de aplicar esse conhecimento em situações práticas.

Outro dado relevante diz respeito à percepção dos alunos sobre o experimento e os materiais utilizados. A maioria considerou os roteiros (tanto do experimento quanto do uso do software Tracker) claros e bem estruturados, o que facilitou a realização das atividades e contribuiu para o sucesso da proposta. Além disso, 91% dos estudantes afirmaram que o experimento foi importante para a assimilação do conteúdo, o que reforça a ideia de que abordagens experimentais, quando bem planejadas, podem tornar o ensino de Física mais interessante e eficaz.

Embora este trabalho tenha sido aplicado em um contexto específico, ou seja, em uma escola privada com boa infraestrutura e alunos com bom desempenho, o produto educacional desenvolvido possui caráter flexível e pode ser reorganizado conforme as condições de outras realidades escolares. Sua estrutura permite adaptações tanto em termos de recursos quanto de estratégias metodológicas, possibilitando sua implementação em diferentes cenários educacionais, inclusive em contextos com menor acesso a tecnologias ou com demandas pedagógicas distintas.

A relevância deste trabalho está em demonstrar como o uso de recursos digitais e metodologias ativas pode transformar a forma como conteúdos abstratos são ensinados, promovendo uma aprendizagem mais profunda e contextualizada. A integração entre teoria e prática, aliada ao uso de tecnologias acessíveis e ao envolvimento ativo dos alunos, mostrou-se eficaz na superação de concepções alternativas e na construção de conhecimentos científicos sólidos. Espera-se que este trabalho possa servir como referência para outros professores e pesquisadores interessados em inovar suas práticas pedagógicas e tornar o ensino de Física mais atrativo, significativo e conectado às realidades dos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTON, B.; DE SOUZA, F. M.; PHILIPPSEN, A. Videoanálise no ensino de Física: Explorando a queda dos corpos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, n. 1, p. 1-10, 2020.
- ALVES, R.; FERREIRA, J.; SILVA FILHO, M. A mediação de Vygotsky e o uso do Tracker no ensino de Física. *Caderno de Educação Física e Ensino*, v. 20, n. 2, p. 35-50, 2019.
- AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, David Paul. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Tradução de Maria Helena da Silva Pereira. São Paulo: Moraes, 2003.
- BARBOSA, José André; VILLANI, Alberto. A contextualização no ensino de Ciências: algumas contribuições. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 5, n. 1, p. 25-36, 1999.
- BELLONI, Maria Luiza. Educação a distância. 2. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2009.
- BORDIN, R. Oficinas de ensino e videoanálise: uma proposta para professores de Física. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 15, n. 3, p. 89-105, 2019.
- BRASIL. *Ministério da Educação*. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 04 abr. 2025.
- BROWN, Douglas. Tracker Video Analysis and Modeling Tool. versão 4.81. Disponível em: <https://physlets.org/tracker/>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- BRUNER, J. S. *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge: Harvard University Press, 1966.
- CARVALHO, A. Utilização do software Modellus como ferramenta pedagógica no ensino de Física. Disponível em: bdm.ufpa.br. Acesso em: 26 mar. 2025.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez, 2011.
- COLL, César. *Psicologia e currículo: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar*. 3. ed. São Paulo: Ática, 1996.
- CORDEIRO, A. L., & Rodrigues, F. L. O. (2019). *O Software Tracker: Uma Ferramenta Educacional Para Potencializar O Ensino De Física*. *Essentia*, 20(2), 1-12.
- CRESWELL, John W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 1994.

DUIT, Reinders. Learning Science in a Learner-Centered Classroom: A Theoretical and Empirical Exploration. In: International Journal of Science Education, v. 31, n. 1, 2009, p. 79-100.

GEARHART, B. *Vernier Video Physics for iOS (Mac iPhone, iPad, and iPod touch) released for download*. The Physics Teacher, v. 48, n. 9, p. 622, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1119/1.3517041>. Acesso em: 4 abr. 2025.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física: mecânica. 10. ed. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KENSKI, Vani Moreira. Tecnologias e ensino presencial e a distância. 6. ed. Campinas: Papirus, 2012.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LENZ, R. et al. Popularização do software Tracker no ensino de Física: aplicações na Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências*, v. 31, n. 4, p. 112-125, 2011.

LIKERT, R. *A technique for the measurement of attitudes*. Archives of Psychology, v. 140, p. 1-55, 1932.

LIMA, B.; SOUZA, C. Tecnologias Digitais Aplicadas ao Ensino de Física: Sequência Didática Mediada pelo Software Modellus. Disponível em: researchgate.net. Acesso em: 26 mar. 2025.

LIMA, P. et al. O uso do Tracker no estudo da Óptica Física: uma abordagem experimental e interativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 2, p. 56-68, 2018.

MENEZES, Luís Cláudio de Souza; LIMA, Edmar de Oliveira; SILVA, Edmilson Ferreira da. O uso do software Tracker no estudo do movimento: potencialidades e limitações. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 3, e3307, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0337>.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2012.

MORAN, José Manuel. *A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá*. 4. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007.

MORAN, José Manuel. *A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá*. 7. ed. Campinas, SP: Papirus, 2015.

MORAN, José Manuel. Novas tecnologias e mediação pedagógica. 10. ed. Campinas, SP: Papirus, 2015.

MOREIRA, M. A. *A aprendizagem significativa e o uso de computadores na educação*. São Paulo: Centauro, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB. Revisado em 2012.

NIELSEN, Jakob. *Usability Engineering*. Boston: Academic Press, 1993.

NOVAK, J. D. *Aprendizagem significativa: teoria e prática*. São Paulo: Cortez, 2002.

NOVAK, Joseph D. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Tradução de Alda de Almeida. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

OLIVEIRA, D. et al. Sequência didática para cinemática escalar, usando o software Modellus: um estudo sobre o MRU, MRUV, queda livre e lançamento vertical para cima. Disponível em: periodicos.unb.br. Acesso em: 26 mar. 2025.

OPENSOT DEVELOPERS. *OpenShot Video Editor*. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.openshot.org/>. Acesso em: 4 abr. 2025.

OSB SOFTWARE. *Logger Pro*. São Paulo: OSB Software, 2023. Disponível em: <https://osbsoftware.com.br/produto/logger-pro>. Acesso em: 4 abr. 2025.

RODRIGUES, C. C.; FERNANDES, B. J. R. *Análise de dados em pesquisas educacionais: técnicas quantitativas*. 2. ed. Curitiba: Appris, 2019.

RUVER, V. V. (2014). *Guia para Atividades Práticas no Ensino de Física*. Universidade Federal de Mato Grosso.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. *Física: mecânica clássica*. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

SERWAY, Raymond A. *Física para cientistas e engenheiros*. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. Jr. *Física para cientistas e engenheiros*. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SILVA, Cláudio Márcio de Souza; OSTERMANN, Fernanda. O ensino de Física na BNCC: implicações e desafios. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 37, n. 1, p. 125-146, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n1p125>.

SILVA, I. P. da; NUNES, E. T. Limites e possibilidades da utilização do smartphone e do software Tracker para a realização da videoanálise no estudo do fenômeno de queda de objetos na vertical. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 5, n. 2, 2023. DOI: 10.5335/rbecm.v5i2.13160.

SILVA, L. F. et al. Avaliação de uma sequência didática sobre Física Moderna utilizando escalas Likert. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 42, n. 1, e20200234, 2020.

SILVA, M. A.; PEREIRA, J. L. A aprendizagem significativa no ensino de Física: uma abordagem cognitivista. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 1–8, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Ts4kfqHkZB9f3rzv3VxFHfp/?lang=pt>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SKINNER, B. F. Sobre o behaviorismo. Tradução de Maria E. G. S. Sette-Câmara. São Paulo: Cultrix, 1972.

SKINNER, B. F. *Science and Human Behavior*. New York: Macmillan, 1953.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. 6. ed. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VALENTE, J. A. Tecnologia educacional: reflexões sobre a prática. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VALENTE, José Armando; COSTA, Francisco José. Tecnologias digitais na educação: o futuro chegou. São Paulo: Avercamp, 2017.

VERNIER SOFTWARE & TECHNOLOGY. Logger Pro 3: user manual. Beaverton: Vernier Software & Technology, 2016.

VERNIER SOFTWARE & TECHNOLOGY. Vernier Video Physics. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://apps.apple.com/us/app/vernier-video-physics/id389784247>. Acesso em: 4 abr. 2025.

VYGOTSKY, Lev S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.



APÊNDICE I – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)
Polo 36 – UFAL



Autorização para Realização de Pesquisa

Título do Projeto: Determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker.

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva.

Contato: wagner@fis.ufal.br e (82) 99982-8863.

Aluno do MNPEF participante do projeto: Jônatas Ferro Cavalcante.

Instituição: Universidade Federal de Alagoas/Instituto de Física.

Prezado(a) Coordenador(a)/Responsável,

Eu, Professor Dr. Wagner Ferreira da Silva, escrevo para solicitar sua gentil autorização para a realização de uma pesquisa educacional com os alunos da Turma 1ºA e 1ºB do Colégio XXXX. Um dos objetivos deste estudo é investigar se a sequência didática elaborada facilita o aprendizado dos alunos sobre a velocidade terminal de um corpo e os efeitos da resistência que ele sofre ao se mover em um fluido.

Descrição da pesquisa: A pesquisa consistirá em uma série de atividades que serão conduzidas pelo professor da referida turma, Jônatas Ferro Cavalcante, que atualmente está matriculado no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no polo 36-UFAL, sob o número de matrícula 2023102954. Este estudo é resultado de um Produto Educacional desenvolvido pelo aluno, conforme um dos requisitos exigidos pelo programa.

Metodologia da pesquisa: Inicialmente, o Prof. Jônatas Ferro ministrará aos alunos uma revisão sobre os conteúdos de física relacionados à sequência didática desenvolvida, como os conceitos de velocidade, aceleração e forças resistivas. Posteriormente, os alunos participarão de um experimento no qual diversos objetos serão colocados para se mover em diferentes tipos de fluidos, e suas respectivas velocidades terminais serão medidas.

Como será a participação dos alunos: Eles serão convidados a participar voluntariamente da pesquisa, preenchendo questionários relacionados ao seu nível de conhecimento sobre o conteúdo abordado na sequência didática, questões relacionadas ao ensino de física na escola, sua percepção sobre a atividade desenvolvida, além de outras questões relevantes para a pesquisa. É importante destacar que a participação dos alunos é totalmente voluntária, e eles poderão retirar seu consentimento a qualquer momento sem sofrer penalidades.

Como os dados serão analisados: Todas as informações coletadas serão mantidas estritamente confidenciais. O nome da escola, dos alunos e quaisquer informações pessoais não serão divulgados. Os dados serão utilizados apenas para fins de pesquisa acadêmica e estatística.

Riscos e Benefícios: Não há riscos significativos associados à participação dos alunos nesta pesquisa. No entanto, acreditamos que esta pesquisa pode contribuir significativamente para uma melhor compreensão de como experimentos podem melhorar o aprendizado dos alunos em física.

Por favor, sinta-se à vontade para entrar em contato comigo caso haja alguma dúvida ou se precisar de mais informações sobre a pesquisa. Agradeço antecipadamente pela sua atenção e consideração.

Consentimento: Ao concordar com este termo, você está autorizando a realização da pesquisa de acordo com os termos descritos acima e aqueles presentes no Termo de Livre Consentimento (TLC), que será assinado pelos alunos. Além disso, você está consentindo que os resultados desta pesquisa sejam publicados na dissertação do Jônatas Ferro, em artigos, congressos e outros meios. Com relação a isso, garantimos que o anonimato dos alunos participantes da pesquisa será mantido em todas as publicações. Sua assinatura abaixo confirma seu consentimento.

Nome completo (Letras maiúsculas): _____

Local: _____ Data: ____/____/____.

Entendi e autorizo a realização da pesquisa conforme termos apresentados acima.

Assinatura

APÊNDICE II – TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO (TLC)

Termo de Livre Consentimento para Participação em Pesquisa

Título do Projeto: Determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker.

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva.

Mestrando: Jônatas Ferro Cavalcante.

Instituição: Universidade Federal de Alagoas/Instituto de Física.

Prezado(a) Aluno(a),

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa referente ao Produto Educacional intitulado "**Determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker**", conduzida pelo **Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva** e pelo aluno do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) **Jônatas Ferro Cavalcante**, da Universidade Federal de Alagoas/Instituto de Física. Este termo tem o objetivo de esclarecer os detalhes da pesquisa e garantir que sua participação seja voluntária, informada e protegida.

Descrição da Pesquisa: Um dos objetivos deste estudo é investigar se a sequência didática elaborada facilita o aprendizado dos alunos sobre a velocidade terminal de um corpo e os efeitos da resistência que ele sofre ao se mover em um fluido.

Procedimentos: Você será solicitado(a) a preencher questionários relacionados ao seu nível de conhecimento sobre o conteúdo abordado na sequência didática, questões relacionadas ao ensino de física em sua escola, sua percepção sobre a atividade que foi realizada, além de outras questões relevantes para a pesquisa. Também poderá ser agendada uma entrevista futuramente para discutir sua percepção sobre essa atividade realizada em sala de aula.

Confidencialidade: Todas as informações coletadas serão mantidas em estrita confidencialidade. Seu nome e informações pessoais não serão divulgados. Os dados serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa acadêmica e estatística. Caso haja necessidade de registro fotográfico, ele será realizado de forma que sua identidade seja preservada em anonimato.

Voluntariedade: Sua participação é voluntária, e você pode retirar seu consentimento a qualquer momento sem penalidades. Sua decisão de participar ou não nesta pesquisa não afetará seu status acadêmico ou sua relação com a instituição de forma alguma.

Riscos e Benefícios: Não há riscos significativos associados à participação nesta pesquisa. No entanto, a pesquisa pode contribuir para uma melhor compreensão de como experimentos podem aprimorar o entendimento dos conteúdos de física pelos alunos.

Autorização de Publicação: Ao concordar com este termo, você autoriza a publicação dos resultados desta pesquisa, desde que sua identidade permaneça anônima. Qualquer informação divulgada garantirá que sua identidade não seja revelada.

Contato: Se você tiver alguma dúvida ou preocupação sobre a pesquisa, sinta-se à vontade para entrar em contato com o prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva pelo e-mail wagner@fis.ufal.br.

Consentimento: Ao concordar com este termo, você está indicando sua disposição voluntária de participar desta pesquisa. Sua assinatura abaixo confirma seu consentimento.

Nome completo (Letras maiúsculas): _____ **Data:** ____/____/____.

Se você concorda em participar da pesquisa, por favor, assine este Termo de Livre Consentimento. Sua participação é muito valiosa para nós, e agradecemos sua colaboração!

Entendi e concordo em participar da pesquisa conforme descrito acima.

Assinatura

APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO APLICADO ANTES DA PRÁTICA

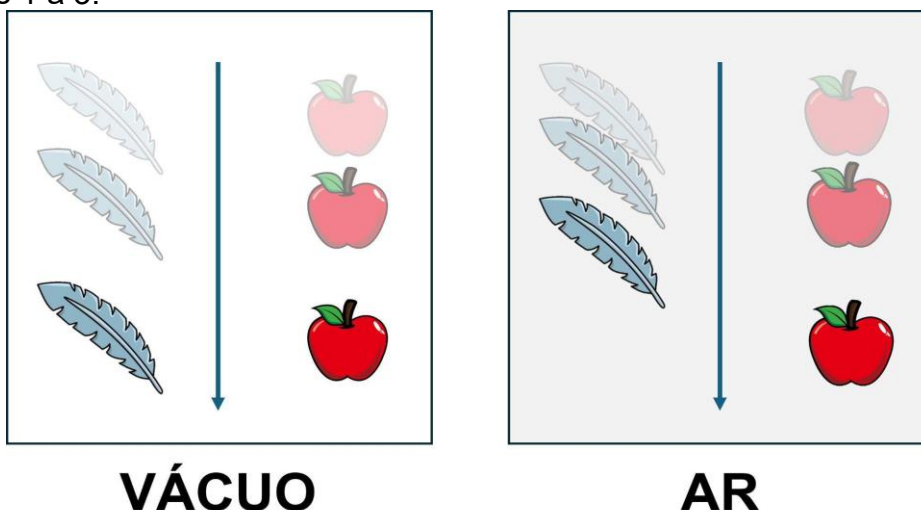
	Universidade Federal de Alagoas Mestrado Profissional em Ensino de Física Instituto de Física – Polo 36	
---	--	---

Professor: Jônatas Ferro Cavalcante.

Data da aplicação: ____/____/____

QUESTIONÁRIO SOBRE FORÇA DE ARRASTO E VELOCIDADE LIMITE – PRÉ-TESTE

A figura abaixo mostra uma maçã e uma pena caindo em dois meios diferentes: ar e vácuo. A distância vertical entre as imagens está associada às suas velocidades — quanto maior a distância, maior a velocidade correspondente. Com base na figura, responda às questões de 1 a 3.



1. Qual a diferença entre a densidade dos meios em que a maçã e a pena estão caindo?

- a) o ar possui densidade menor que o vácuo.
- b) o ar possui mesma densidade que o vácuo.
- c) o ar possui densidade e o vácuo não.

2. A força de resistência sempre atua sobre um objeto em movimento em um meio fluido. Verdadeiro ou falso?

() VERDADEIRO

() FALSO

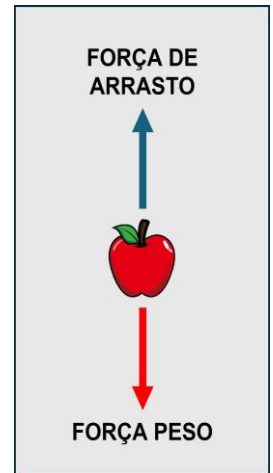
3. No vácuo existe força de resistência?

() SIM

() NÃO

Com base no texto abaixo, responda às questões de 4 a 6.

Um objeto em queda dentro de um fluido sofre uma força contrária ao movimento, como mostrado na figura ao lado, que é diretamente proporcional à sua velocidade.



4. Quais são as características do vetor força de resistência (arrasto) quando se estabelece a velocidade limite?

- a) Tem intensidade maior que a força peso, direção vertical e contrária a força peso.
- b) Tem intensidade menor que a força peso, direção vertical e contrária a força peso.
- c) Tem mesma intensidade que a força peso, direção vertical e contrária a força peso.

5. A força de resistência depende da forma do objeto?

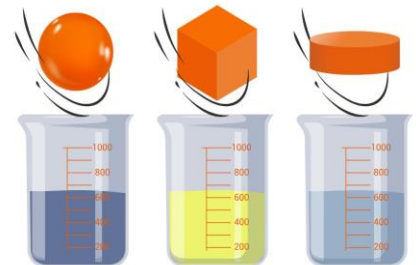
() SIM () NÃO

6. Quanto maior for a densidade de um fluido, maior será a velocidade limite de um corpo. Verdadeiro ou falso?

() VERDADEIRO () FALSO

Com base no texto abaixo e na figura ao lado, responda às questões de 7 a 8.

A figura ao lado mostra três recipientes com líquidos de diferentes densidades, mas com o mesmo volume. Dentro desses líquidos, foram soltos um cubo, uma esfera e um cilindro, todos com o mesmo volume e a mesma massa.



7. Os objetos terão a mesma velocidade terminal ao serem soltos nesses fluidos, já que possuem o mesmo volume e a mesma massa. Verdadeiro ou falso?

() VERDADEIRO () FALSO

8. Marque a alternativa abaixo que apresenta corretamente as características do movimento de um objeto se movendo dentro do fluido.

- a) O objeto estará sempre em movimento acelerado, independentemente do tipo de líquido e de sua forma.
- b) O objeto estará em movimento com velocidade constante em todos os momentos da trajetória, independentemente do tipo de líquido e de sua forma.
- c) O movimento do objeto apresenta dois momentos: inicialmente acelerado e, após um certo tempo, com velocidade constante.

APÊNDICE IV – QUESTIONÁRIO APLICADO DEPOIS DA PRÁTICA

	Universidade Federal de Alagoas Mestrado Profissional em Ensino de Física Instituto de Física – Polo 36	
---	--	---

Professor: Jônatas Ferro Cavalcante

Data da aplicação: ____/____/____.

QUESTIONÁRIO SOBRE FORÇA DE ARRASTO E VELOCIDADE LIMITE – PÓS-TESTE

1. **Ao abandonarmos três objetos de mesmo volume dentro de um recipiente com água, eles chegarão ao mesmo tempo no fundo do recipiente, se:**
 - a) Tiverem a mesma massa e a mesma área superficial.
 - b) Tiverem a mesma massa e a mesma forma.
 - c) Tiverem a mesma área superficial e a mesma forma.

2. **Três esferas de massas e volumes iguais são soltas de uma mesma altura dentro de três recipientes com líquidos de densidades diferentes. Qual delas chegará primeiro ao fundo do recipiente?**
 - a) A esfera que caiu no recipiente com o líquido de maior densidade.
 - b) A esfera que caiu no recipiente com o líquido de menor densidade.
 - c) Todas chegarão ao mesmo tempo ao fundo do recipiente.

3. **Quando a velocidade limite é alcançada, o corpo possui:**
 - a) Aceleração constante.
 - b) Velocidade constante.

4. **O formato do objeto influencia a velocidade terminal?**
☐ Sim ☐ Não

Entre os líquidos usados no experimento, a água é o que possui maior densidade. Com base no experimento realizado em sala, responda às questões de 7 a 9.

5. **A velocidade terminal foi menor na água em comparação com os outros líquidos usados no experimento?**
☐ Sim ☐ Não

6. **Qual objeto teve a maior velocidade terminal?**
 - a) Cubo.
 - b) Cilindro.
 - c) Esfera.
 - d) Todos tiveram a mesma velocidade terminal.

7. Sua equipe manteve ou mudou a forma do objeto no primeiro e no segundo desafio, que consistia em criar um objeto que alcançasse a maior velocidade terminal?
- () Mantivemos a mesma forma do objeto.
- () Mudamos a forma do objeto para o segundo desafio.

8. Justifique por que você mudou ou manteve a forma do objeto no desafio:

QUESTÕES SOBRE SUA OPINIÃO COM RELAÇÃO A DISCIPLINA DE FÍSICA

9. Você considera que a carga horária destinada ao ensino de Física em sua escola é suficiente para a compreensão dos conteúdos?

() Sim () Não

10. Na escala de 1 a 5, como você considera o seu nível de compreensão dos conteúdos de Física?

- () 1 - Muito baixo: Não compreendo quase nada dos conteúdos de Física.
- () 2 - Baixo: Tenho dificuldade em entender os conteúdos de Física.
- () 3 - Médio: Entendo alguns conteúdos de Física, mas ainda há muitos que não compreendo bem.
- () 4 - Alto: Tenho uma boa compreensão dos conteúdos de Física, com apenas algumas dificuldades.
- () 5 - Muito alto: Compreendo plenamente os conteúdos de Física e consigo aplicá-los.

11. Na escala de 1 a 5, com que frequência há a realização de experimentos nas aulas em sua escola?

- () 1 - Nunca: Não há realização de experimentos nas aulas.
- () 2 - Raramente: Experimentos são realizados ocasionalmente, mas não são uma prática comum.
- () 3 - Às vezes: Experimentos são realizados em algumas aulas, mas não com regularidade.
- () 4 - Frequentemente: Experimentos são realizados com regularidade nas aulas.
- () 5 - Sempre: A realização de experimentos é uma prática constante e regular nas aulas.

12. Você acha importante a realização de experimentos nas aulas de Física?

() Sim () Não

QUESTÕES SOBRE SUA OPINIÃO EM RELAÇÃO AO EXPERIMENTO REALIZADO EM SALA

13. O experimento ajudou você a compreender como a resistência em um fluido pode alterar a velocidade do objeto?

() Sim () Não

14. Na escala de 1 a 5, como você considera a clareza do roteiro experimental?

- () 1 - Muito pouco claro: O roteiro experimental era confuso e difícil de entender.
- () 2 - Pouco claro: O roteiro experimental tinha várias partes que não eram claras e causaram confusão.
- () 3 - Moderadamente claro: O roteiro experimental era compreensível, mas algumas partes poderiam ser mais bem explicadas.
- () 4 - Claro: O roteiro experimental era claro e fácil de seguir, com poucas dúvidas.
- () 5 - Muito claro: O roteiro experimental era extremamente claro, fácil de entender e segui-lo foi simples.

15. Na escala de 1 a 5, como você considera a clareza do roteiro para o uso do software Tracker?

- ☐ 1 - Muito pouco claro: O roteiro para o uso do software Tracker era confuso e difícil de entender.
- ☐ 2 - Pouco claro: O roteiro apresentava várias partes que não eram claras e causaram confusão durante o uso do software.
- ☐ 3 - Moderadamente claro: O roteiro era compreensível, mas algumas instruções poderiam ser mais bem explicadas.
- ☐ 4 - Claro: O roteiro era claro e fácil de seguir, com poucas dúvidas sobre o uso do software.
- ☐ 5 - Muito claro: O roteiro era extremamente claro e fácil de entender, tornando o uso do software Tracker simples e intuitivo

16. Na escala de 1 a 5, você considera que o experimento foi importante para a compreensão do conteúdo?

- ☐ 1 - Nada importante: O experimento não contribuiu em nada para a minha compreensão do conteúdo.
- ☐ 2 - Pouco importante: O experimento teve uma contribuição mínima para a minha compreensão do conteúdo.
- ☐ 3 - Moderadamente importante: O experimento ajudou em alguns aspectos, mas não foi crucial para a minha compreensão do conteúdo.
- ☐ 4 - Importante: O experimento foi importante e contribuiu significativamente para a minha compreensão do conteúdo.
- ☐ 5 - Muito importante: O experimento foi fundamental e crucial para a minha compreensão do conteúdo, tornando-o muito mais claro.

17. Caso deseje fazer algum comentário ou sugestão relacionada à melhoria dos roteiros utilizados, ou qualquer outro comentário, escreva aqui:

APÊNDICE V – O PRODUTO EDUCACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE
TERMINAL UTILIZANDO O SOFTWARE TRACKER



Autores:

Jônatas Ferro Cavalcante
Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva



Maceió – AL, 2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Jônatas Ferro Cavalcante

PRODUTO EDUCACIONAL

Sequência didática para a determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker.

Maceió – AL, 2025

Jônatas Ferro Cavalcante

Sequência didática para a determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker.

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: *Determinação da velocidade terminal utilizando o software Tracker: Sequência didática para o ensino médio*, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 36 – UFAL, Maceió - AL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Wagner Ferreira da Silva

Maceió - AL
2025

Agradecimentos

Agradeço à minha esposa, Wigna, e aos meus dois filhos, Jordana e Pedro, por todo o amor com que sou recebido ao entrar e sair de casa.

Agradeço ao meu colega de profissão, Prof. Dr. Elielson Magalhães Lima, por ter contribuído na construção dos objetos em 3D e a minha amiga Cryslene Ferreira dos Santos, que contribuiu com o uso do canva na elaboração dos roteiros.

Sou grato ao professor Wagner, por sua constante disponibilidade e apoio ao longo deste trabalho.

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

Sumário

1. Apresentação do produto educacional	5
2. Fundamentação teórica	6
2.1 Força de Arrasto.....	6
2.2 Velocidade Terminal.....	7
3. Descrição da sequência didática	9
4. Roteiro experimental.....	13
5. Roteiro para uso do Tracker	15
6. Questionário – Antes do experimento	24
7. Questionário – Após o experimento	27
8. Considerações finais.....	30
Referências	31



1. Apresentação do produto educacional

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) com o intuito de contribuir para o aperfeiçoamento do ensino de conceitos fundamentais da mecânica, em especial a força de arrasto e a velocidade terminal, que, apesar de sua relevância no cotidiano e na ciência, ainda são pouco explorados nas salas de aula do Ensino Médio. A proposta central foi a elaboração e aplicação de uma sequência didática investigativa, apoiada no uso do software Tracker e em experimentos práticos com objetos em queda em meios líquidos, de forma a integrar teoria e prática de maneira significativa para os estudantes.

A dinâmica em meios resistivos pode nos conduzir a problemas fascinantes, como é o caso do movimento de um objeto em queda dentro de um recipiente com líquido. Quando o aluno observa que, em determinado instante, não há mais aceleração e o corpo passa a cair com velocidade constante, surgem diversas possibilidades de análise, como compreender que o formato, a densidade do líquido e a área transversal do objeto influenciam diretamente na velocidade terminal.

O problema sugerido neste produto educacional consiste em abandonar diferentes objetos dentro de uma proveta contendo líquido e observar a relação entre a velocidade terminal, a densidade do fluido e os parâmetros físicos dos corpos. O experimento proposto é de fácil aplicação e foi pensado para ser desenvolvido ao longo de seis aulas. Embora esse seja um tema relacionado à hidrodinâmica, a abordagem de problemas envolvendo velocidade terminal ainda é pouco comum no Ensino Médio. Para isso, propomos a utilização do software Tracker, que é um software gratuito e de fácil manuseio, que funciona por meio da leitura dos quadros (frames) de um vídeo gravado pelos próprios alunos.

Este material é destinado a professores, formadores e pesquisadores interessados em metodologias inovadoras para o ensino de Física, servindo também como referência prática e teórica para a implementação de atividades didáticas significativas.

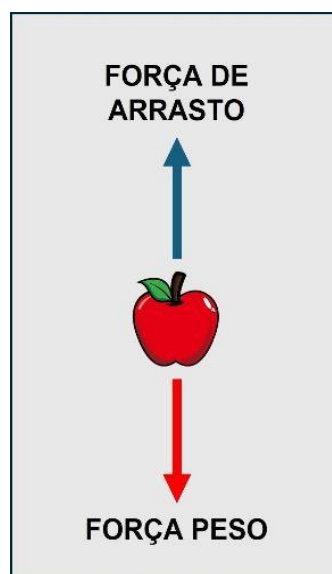
2. Fundamentação teórica

Na queda de corpos em fluidos, a variação da velocidade está inicialmente relacionada à aceleração da gravidade. No entanto, há uma força de reação à queda — a força de arrasto — que está associada à viscosidade do fluido e depende diretamente da velocidade instantânea do objeto: quanto maior a velocidade, maior será essa força resistiva. À medida que a velocidade do corpo aumenta com o tempo, chega-se a um ponto em que a força de arrasto iguala em módulo a força peso, que é a responsável pela aceleração inicial do corpo. A partir desse instante, as forças que atuam sobre o objeto se equilibram, não havendo mais aceleração, e o corpo passa a se mover com velocidade constante. Essa velocidade constante é denominada velocidade terminal.

2.1 Força de Arrasto

A força de arrasto é a resistência ao movimento de um corpo devido a um fluido. Um corpo em queda, terá uma força de arrasto na mesma direção da força peso, porém no sentido contrário, como ilustrado na Figura 2.1

Figura 2.1: Diagrama de forças de um corpo num movimento vertical dentro de um fluido.



Fonte: Autor, 2025.

A intensidade da força de arrasto pode ser expressa como uma função que depende de diversos parâmetros, como a velocidade do corpo, a densidade do fluido, o coeficiente de arrasto e a área de seção transversal do corpo em movimento. No caso do regime laminar (baixas velocidades), essa relação é descrita pela seguinte equação:

$$F_a = bv. \quad (2.1)$$

Na qual, F_a é o módulo da força de arrasto, b é coeficiente de arrasto que engloba os parâmetros mencionados e v é a velocidade do corpo. O sinal negativo na Equação (4.6) indica justamente que a força de arrasto atua em sentido oposto ao movimento do corpo.

Já quando um corpo cai em alta velocidade dentro de um líquido com baixa viscosidade (regime de turbulência), a resistência imposta por esse líquido é proporcional ao quadrado da velocidade do corpo. Neste caso, o módulo desta força é dado por:

$$F_a = \frac{1}{2} C_d \rho A v^2. \quad (2.2)$$

Na qual, C_d é o coeficiente de arrasto, que depende da forma do objeto, ρ é a densidade do fluido no qual o corpo se desloca, A é a área transversal do objeto em relação ao movimento e v é a velocidade instantânea do corpo. Como dito anteriormente, a força de arrasto possui direção coincidente com a velocidade do corpo, porém com sentido oposto, atuando como uma força dissipativa que resiste ao movimento. Vemos, assim, que, à medida que o corpo acelera durante a queda em um fluido, a magnitude da força de arrasto aumenta proporcionalmente ao quadrado da velocidade, nos casos em que o objeto se desloca em alta velocidade em meios fluidos.

2.2 Velocidade Terminal

De acordo com a Equação (2.1) e (2.2), podemos observar que quanto maior a velocidade, maior será a resistência do fluido sobre o objeto, de modo que em um certo momento haverá um equilíbrio com a força peso, assim o

mesmo não estará mais acelerando e a partir desse momento a velocidade de queda se torna constante, a essa velocidade damos nome de velocidade terminal ou velocidade limite. Portanto, no equilíbrio, temos:

$$P = F_a. \quad (2.3)$$

Assim, no caso de regimes turbulentos em que a força de arrasto é dada pela Equação (2.2), teremos que a velocidade terminal, usando que $P = mg$, será dada por:

$$v_t = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{c \cdot \rho \cdot A}}. \quad (2.4)$$

A partir da Equação (2.4), observamos que a velocidade terminal está diretamente relacionada à aerodinâmica do objeto. Carros de Fórmula 1, aviões, paraquedas, foguetes de garrafa PET, entre outros exemplos do cotidiano, são corpos que, durante o movimento, sofrem os efeitos da viscosidade do fluido. Como consequência, atingem uma velocidade máxima, denominada velocidade terminal.

3. Descrição da sequência didática

Este produto educacional foi planejado para ser aplicado de maneira simples e prática, permitindo que os alunos visualizem o movimento de um corpo em queda sofrendo a resistência de um líquido. A sequência didática foi pensada para ser aplicada em seis aulas. Como a atividade requer o uso de computadores, é importante que os alunos instalem previamente o software, disponível no seguinte link: https://utfpr.curitiba.br/trackerbrasil/?page_id=24.

A sequência didática proposta neste trabalho está estruturada em duas partes principais: um **roteiro experimental** e um **roteiro para uso do software Tracker**. Ambos os roteiros foram elaborados com o objetivo de guiar os alunos na realização do experimento de forma autônoma e investigativa, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa sobre os conceitos de força de arrasto e velocidade terminal.

Na primeira parte da sequência didática os alunos deverão confeccionar objetos com massa de biscoito, com o objetivo de atingir a maior velocidade terminal possível.

No **roteiro experimental**, os alunos deverão:

- Utilizar também objetos previamente produzidos com impressora 3D (esfera, cubo e cilindro), todos com aproximadamente o mesmo volume e massa;
- Lançar esses objetos em recipientes contendo três líquidos diferentes: água, óleo e álcool;
- Registrar os movimentos com vídeos gravados por dispositivos móveis, garantindo boa iluminação e estabilidade da câmera;
- Observar e anotar os tempos de queda e as diferenças de comportamento dos objetos nos diferentes líquidos.

No **roteiro para uso do Tracker**, os alunos deverão:

- Importar os vídeos gravados para o software Tracker;
- Calibrar o sistema de referência e definir a escala utilizando um objeto de medida conhecido (ex: régua);

- Marcar quadro a quadro a posição dos objetos em queda;
- Gerar gráficos de velocidade em função do tempo;
- Identificar, a partir do gráfico, o trecho em que a velocidade se estabiliza e determinar, assim, a velocidade terminal de cada objeto em cada fluido;
- Registrar os valores obtidos em uma tabela comparativa e responder a perguntas reflexivas sobre os fatores que influenciam a velocidade terminal.

Essa estrutura permite aos alunos integrar teoria e prática, promovendo a construção do conhecimento a partir da observação e da análise de dados experimentais reais. Nos quadros a seguir iremos detalhar as etapas desta sequência didática.

Quadro 3.1: Primeira aula da sequência didática.

AULA 1	
Disciplina: Física	
Duração: 1h / aula (50 min)	
Conteúdo: Força de arrasto.	
Objetivo da aula: Identificar os conhecimentos prévios do aluno relacionados a força de arrasto.	
Recursos Utilizados: Massa de biscoito para produção do objeto e questionário individual impresso em folha de papel.	
Metodologia: A turma será dividida em grupos, sendo sugerido que cada grupo seja composto por seis alunos. Cada grupo deverá confeccionar um objeto que, segundo suas hipóteses, seja capaz de atingir a maior velocidade terminal possível. Além disso, cada aluno responderá individualmente a um questionário, com o objetivo de avaliar seus conhecimentos prévios sobre o tema.	
Descrição da Atividade: O professor deve acompanhar e observar a realização das atividades propostas.	
Avaliação: O professor deverá observar a interação das equipes.	

Quadro 3.2: Segunda aula da sequência didática.

AULA 2	
Disciplina:	Física
Duração:	1h / aula (50 min)
Conteúdo:	Densidade, pressão e empuxo.
Objetivo da aula:	Definir algumas grandezas presentes na hidrostática.
Recursos Utilizados:	Exposição do conteúdo no quadro.
Metodologia:	Exposição do conteúdo através de aula expositiva.
Descrição da Atividade:	O professor deverá apresentar esses conteúdos, de maneira simples e com exemplos práticos do cotidiano.
Avaliação:	O professor deverá questionar os alunos com respeito às grandezas definidas.

Quadro 3.3: Terceira aula da sequência didática.

AULA 3	
Disciplina:	Física
Duração:	1h / aula (50 min)
Conteúdo:	Força de arrasto e velocidade limite.
Objetivo da aula:	Definir algumas grandezas presentes no movimento de queda de um objeto dentro de um recipiente com líquido .
Recursos Utilizados:	Exposição do conteúdo no quadro.
Metodologia:	Exposição do conteúdo.
Descrição da Atividade:	O professor deverá apresentar esses conteúdos, de maneira simples e com exemplos práticos do cotidiano.
Avaliação:	O professor deverá questionar os alunos com respeito às grandezas definidas.

Quadro 3.4: Quarta aula da sequência didática.

AULA 4	
Disciplina:	Física
Duração:	1h / aula (50 min)
Conteúdo:	Força de arrasto e velocidade limite.
Objetivo da aula:	Gravar os vídeos para que no próximo encontro possam ser utilizados no software Tracker.
Recursos Utilizados:	Câmera do celular, proveta, objetos, líquidos e o roteiro de como será a realização do experimento.
Metodologia:	Gravar os vídeos de uma mesma posição.
Descrição da Atividade:	Gravar os vídeos, mantendo a câmera parada e em um local bem iluminado.
Avaliação:	Não haverá.

Quadro 3.5: Quinta aula da sequência didática.

AULA 5	
Disciplina:	Física
Duração:	1h / aula (50 min)
Conteúdo:	Força de arrasto e velocidade limite.
Objetivo da aula:	Encontrar as velocidades terminais dos objetos.
Recursos Utilizados:	Notebook com o software Tracker instalado e roteiro de uso.
Metodologia:	Em grupos de 6 pessoas os alunos deverão encontrar as velocidades dos objetos e responder ao questionário que está no final do roteiro.
Descrição da Atividade:	Os alunos deverão utilizar o software para encontrar as velocidades dos objetos que foram gravados na aula anterior.
Avaliação:	O professor deverá observar a interação das equipes e fazer considerações sobre os resultados encontrados.

Quadro 3.6: Sexta aula da sequência didática.

AULA 6	
Disciplina:	Física
Duração:	1h / aula (50 min)
Conteúdo:	Força de arrasto e velocidade terminal.
Objetivo da aula:	Identificar os conhecimentos pós aplicação do aluno relacionados a força de arrasto e velocidade terminal.
Recursos Utilizados:	Massa de biscoito para produção do objeto e questionário individual impresso em folha de papel A4.
Metodologia:	Em equipes de 6 pessoas os alunos deverão produzir um objeto que eles acreditem ter a maior velocidade terminal e individualmente, responderão a um questionário para verificação de conhecimentos pós aplicação da sequência didática.
Descrição da Atividade:	O professor deve acompanhar e observar a realização das atividades propostas.
Avaliação:	O professor deverá observar a interação das equipes.

Por fim, sugerimos que os roteiros sejam impressos em folhas com gramatura de 180 g e encadernados, a fim de garantir maior durabilidade e facilitar o manuseio pelos alunos durante a realização das atividades. No entanto, caso não seja possível, a impressão em folhas A4 comuns também é viável, desde que sejam organizadas de forma adequada para o uso em sala de aula. Nos próximos capítulos se encontram os roteiros que devem ser impressos.

4. Roteiro experimental

Força de Arrasto



Roteiro Experimental



1.CADA EQUIPE RECEBERÁ UM KIT

Cada kit é composto por uma esfera, um cilindro e um cubo



2.COM AUXÍLIO DA BALANÇA, VERIFIQUE A MASSA DE CADA OBJETO.

Massa da Esfera: _____

Massa do cilindro: _____

Massa do cubo: _____



4.COLOQUE O OBJETO DENTRO DA PROVETA

O volume de líquido deslocado, equivale ao volume do objeto.



3.COLOQUE 400ML DE ÁGUA NA PROVETA

A proveta nos ajudará a identificar o volume.



5.RETIRE O OBJETO DA PROVETA

Utilize a pinça para retirar o objeto.



6.REGISTRE OS VOLUMES APÓS INSERIR CADA OBJETO

Volume da Esfera: _____

Volume do cilindro: _____

Volume do cubo: _____



7.COLOQUE 500ML DE ÁGUA NA PROVETA

A proveta nos ajudará a identificar o movimento



8.POSICIONE UM CELULAR PARA FILMAGEM

É importante que o celular mantenha-se inerte.



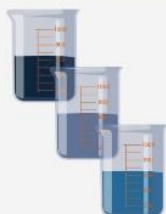
9.SOLTE CADA OBJETO NA PROVETA

Registre o movimento de um objeto por vez.



10.RETIRE O OBJETO DA PROVETA

Utilize a pinça para retirar o objeto.



11.REPITA OS PASSOS 7, 8 E 9 UTILIZANDO ÁLCOOL E ÓLEO

Registre o movimento de um objeto por vez.

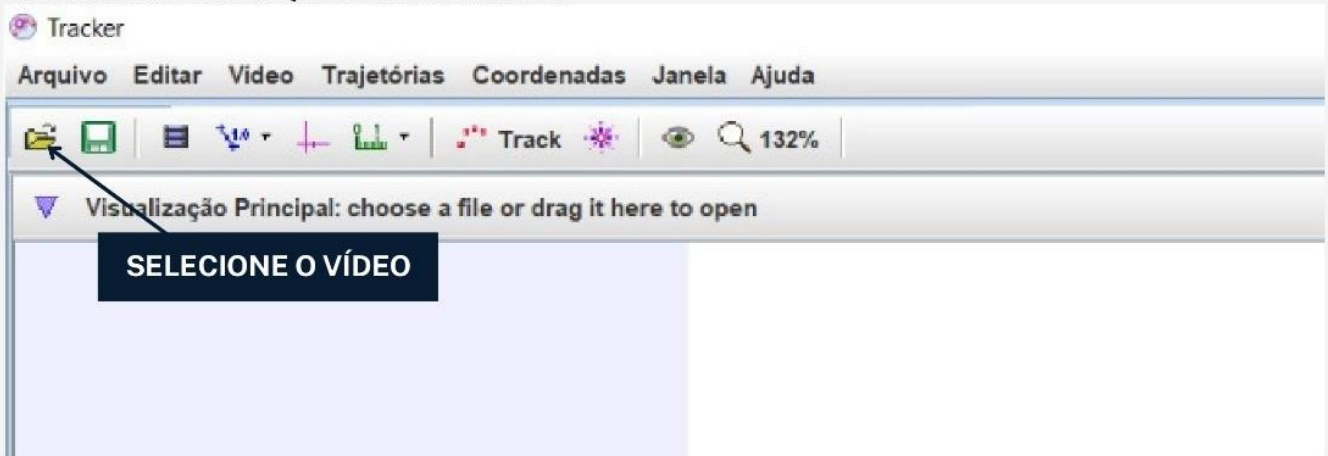
5. Roteiro para uso do Tracker

Utilizando o software Tracker

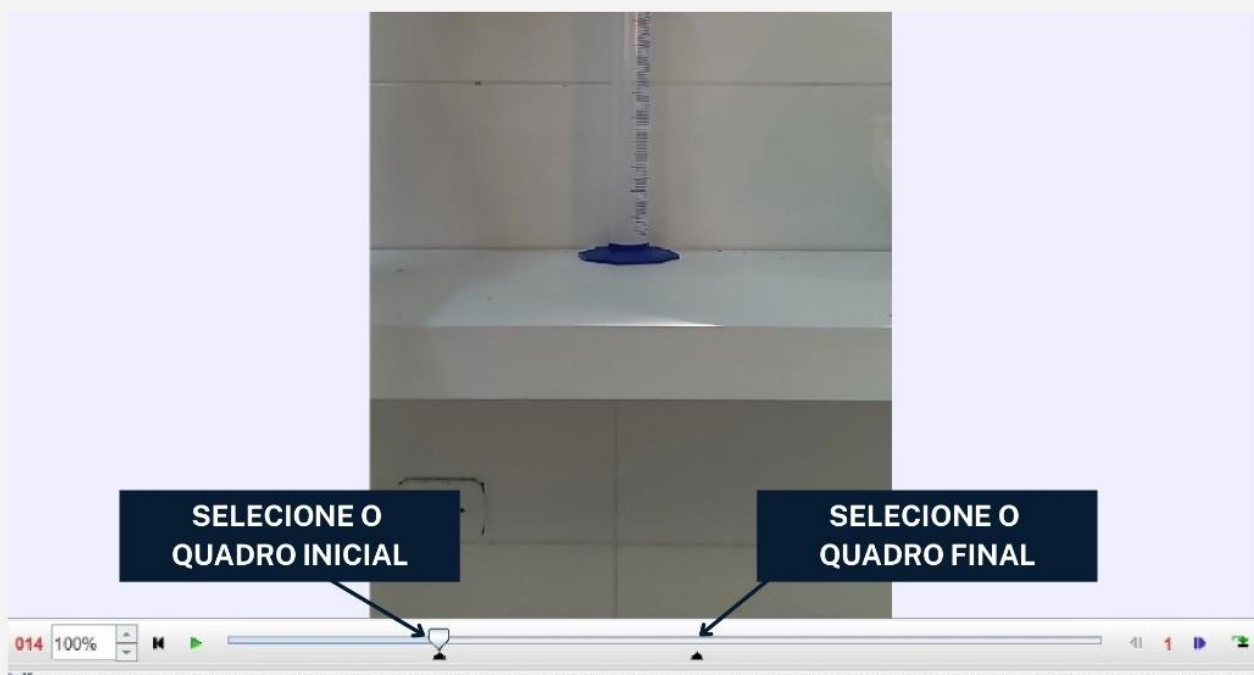


Orientações para uso

1. SELECIONE O VÍDEO QUE SERÁ ANALISADO.



2. POSICIONE O INÍCIO DO MOVIMENTO DA BOLINHA E SELECIONE COMO QUADRO INICIAL, DA MESMA FORMA SELECIONE COMO QUADRO FINAL O INSTANTE EM QUE A BOLINHA ATINGE O FUNDO DO RECIPIENTE.

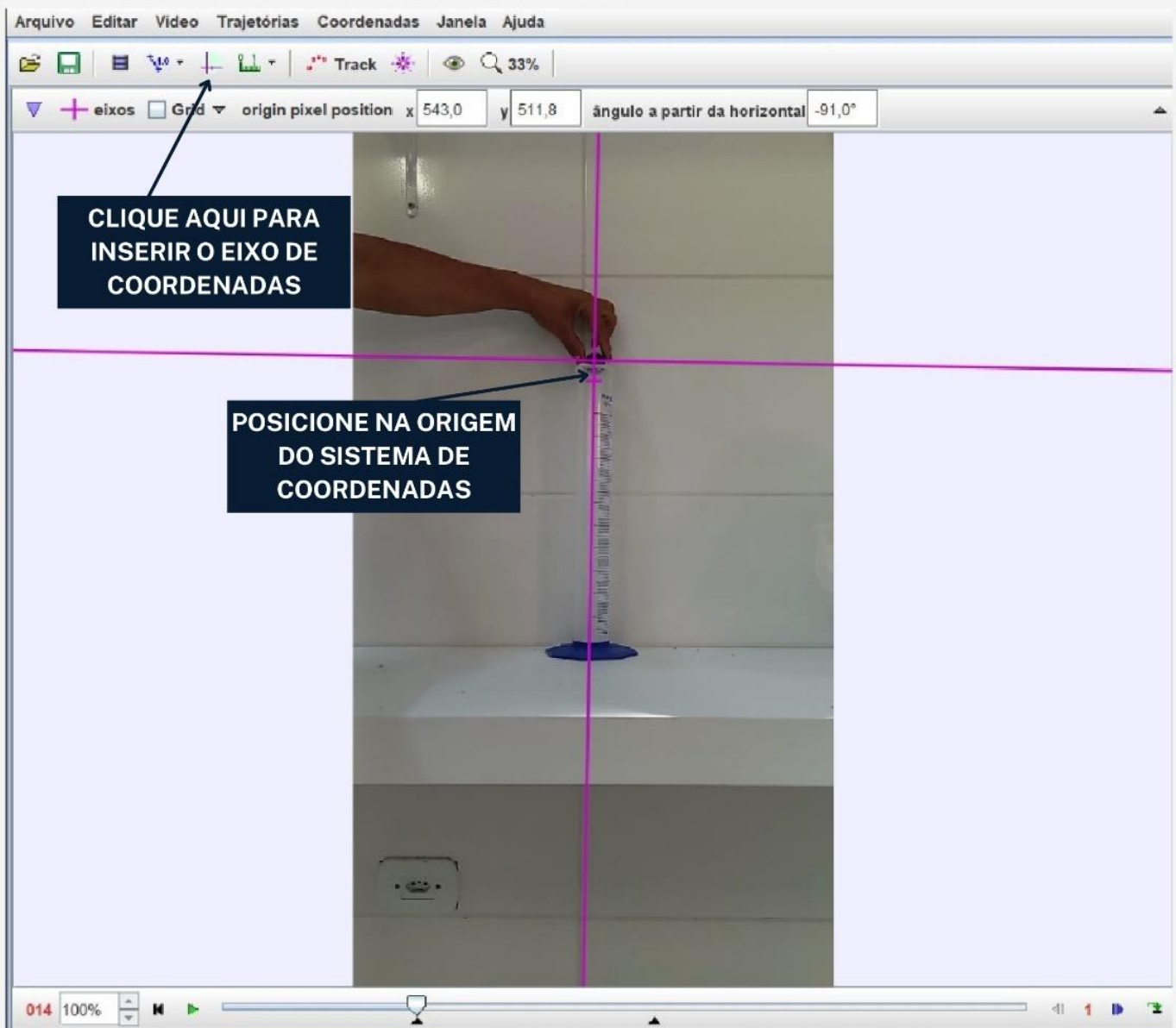


Utilizando o software Tracker

Orientações para uso



3. SELECIONE O EIXO DE COORDENADAS E ROTACIONE 90 GRAUS NO SENTIDO HORÁRIO. PARA QUE OS VALORES DA TABELA SEJAM SEMPRE POSITIVOS, POSICIONE UM DOS EIXOS SOBRE O CENTRO DA BOLINHA.

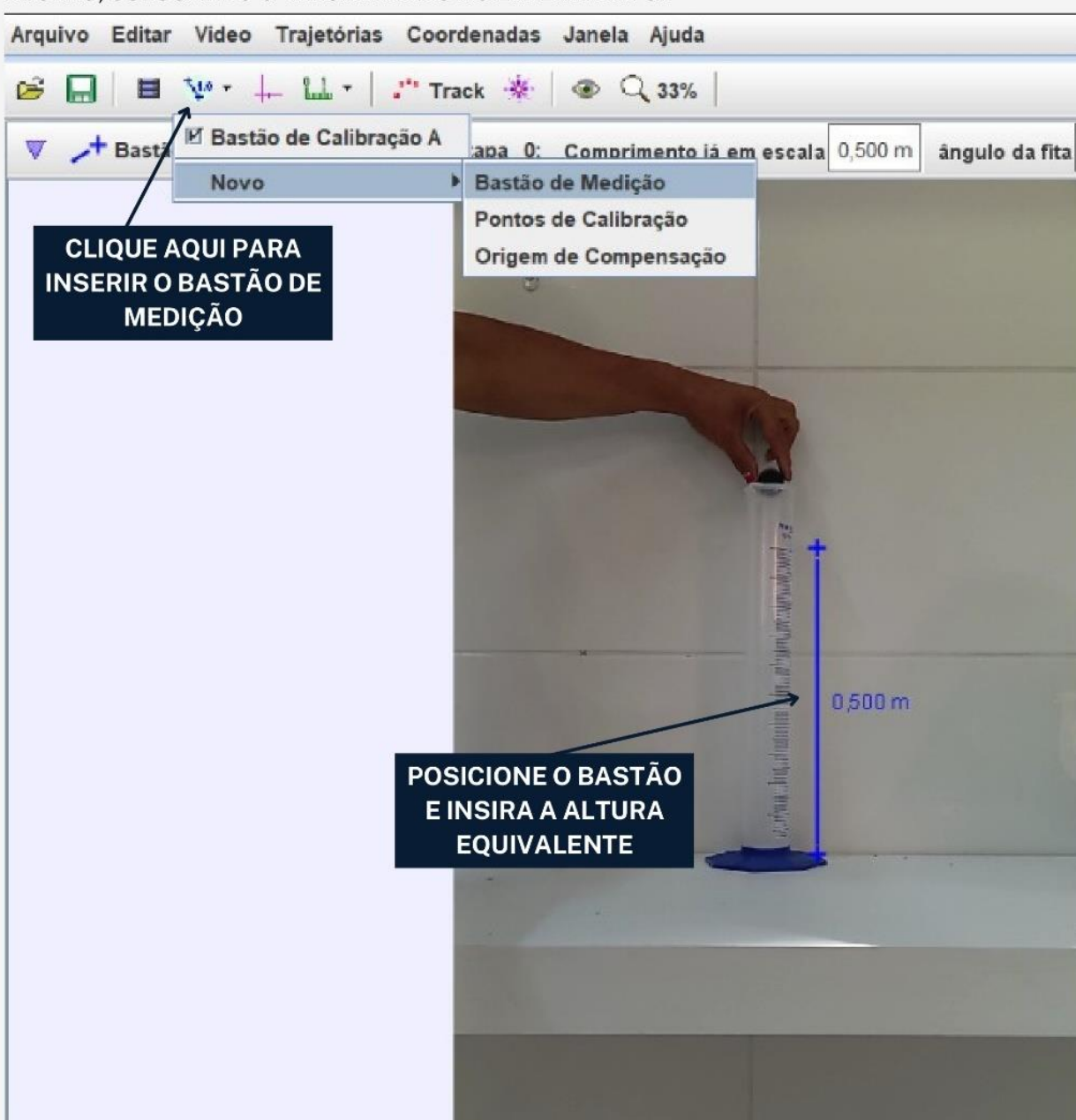


Utilizando o software Tracker

Orientações para uso



4. SELECIONE O BASTÃO DE MEDIÇÃO E POSICIONE NOS PONTOS MAIS ALTOS E MAIS BAIXOS DA COLUNA DE ÁGUA. ALTERE O VALOR INDICADO AO LADO DO BASTÃO, COLOCANDO O VALOR MEDIDO NO EXPERIMENTO.

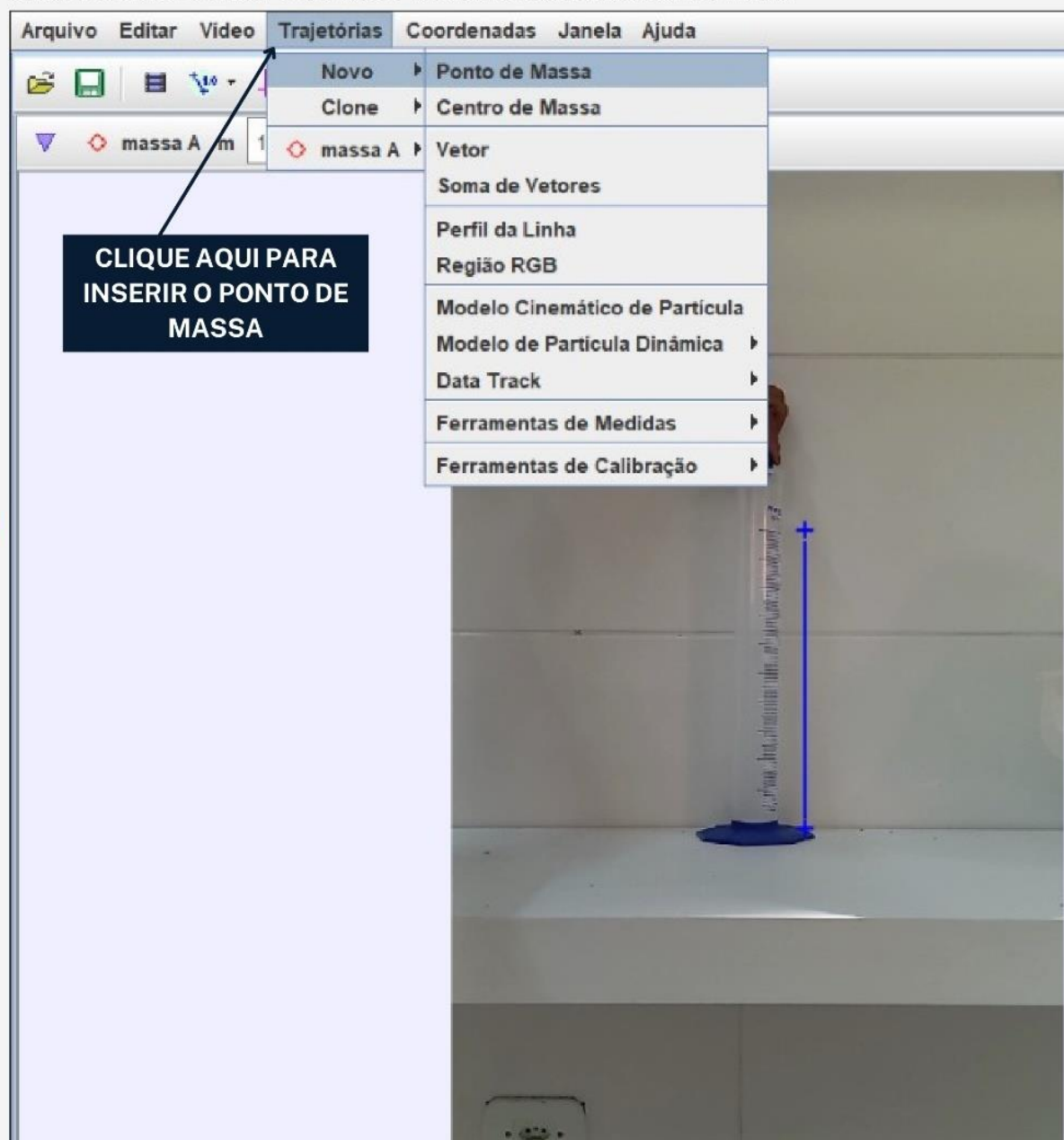


Utilizando o software Tracker

Orientações para uso



5. SELECIONE PONTO DE MASSA E POSICIONE A SETA DO MOUSE SOBRE O CENTRO DA BOLINHA. APERTE AO MESMO TEMPO AS TECLAS **CTRL** E **SHIFT** E CLIQUE COM O BOTÃO ESQUERDO EM CIMA DO CENTRO DA BOLINHA.

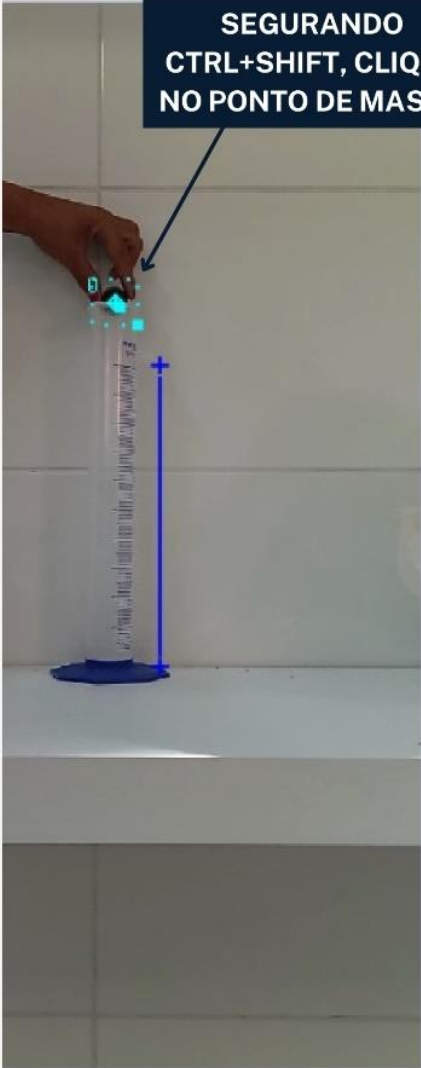


Utilizando o software Tracker

Orientações para uso



6. SEGURANDO CTRL+SHIFT E CLIQUE NO PONTO DE MASSA. CLIQUE EM PESQUISAR E DEPOIS FECHAR.



SEGURANDO CTRL+SHIFT, CLIQUE NO PONTO DE MASSA

Trajetória Automática: massa B posição

Pesquisar Step Back **Pesquisar Próximo**

Quadro 14: Modelo Correspondência

Modelo: Taxa de Evolução 20% Tether 5% Auto Marcação 4

Pesquisar: ☐ Coordenada X apenas ☒ Olhar à Frente ☐ Autoskip

Alvo: Track massa B Ponto posição

Quadro 14 (quadro chave): Este quadro chave define o modelo e alvo mostrados. Clique no botão Pesquisar para procurar por correspondência para o modelo.

Você deve arrastar o alvo, modelo ou área de pesquisa, para mover ou redimensionar. Passe o mouse sobre os controles acima para saber mais sobre as configurações e ajuste

CLIQUE EM FECHAR

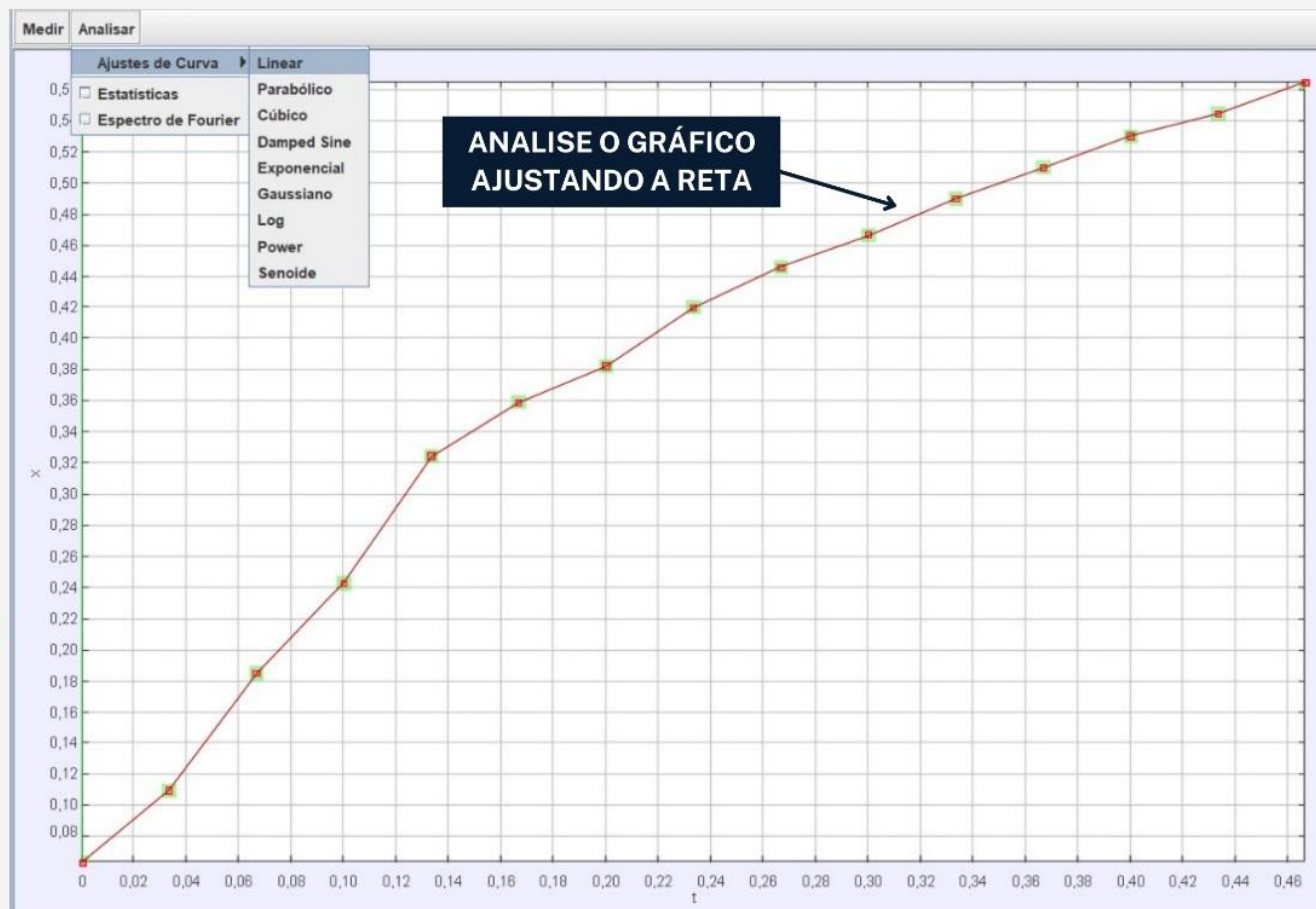
Ajuda Mostrar Quadro Chave Deletar **Fechar**

Utilizando o software Tracker

Orientações para uso



7. CLIQUE DUAS VEZES SOBRE O PRIMEIRO GRÁFICO, PARA FAZERMOS AS ANÁLISES.

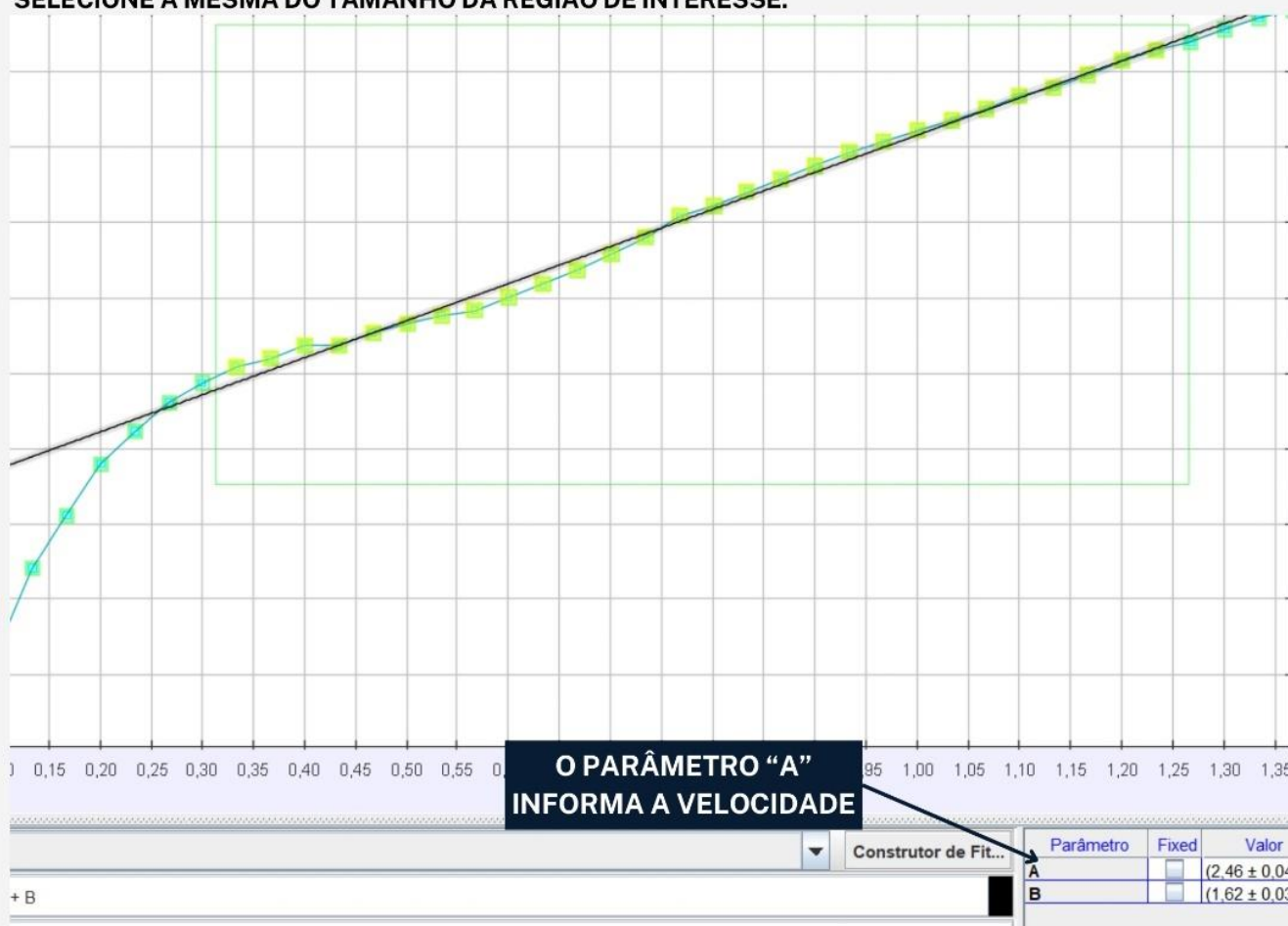


Utilizando o software Tracker

Orientações para uso



8. AO CLICAR COM O BOTÃO DIREITO, APARECERÁ UMA REGIÃO RETANGULAR PONTILHADA, SELECIONE A MESMA DO TAMANHO DA REGIÃO DE INTERESSE.



NA IMAGEM ACIMA, POR EXEMPLO, O COMPORTAMENTO LINEAR SE INICIA EM APROXIMADAMENTE 0,3 ATÉ 1,35 SEGUNDOS.

O PARÂMETRO "A" CORRESPONDE AO COEFICIENTE ANGULAR DA RETA, ENQUANTO O "B" CORRESPONDE AO COEFICIENTE LINEAR.

Utilizando o software Tracker

Orientações para uso



9. REGISTRE NA TABELA ABAIXO O CORRESPONDENTE ANGULAR DA RETA ENCONTRADO PARA CADA OBJETO, E CADA TIPO DE MATERIAL:

	ÁGUA	ÓLEO	ÁLCOOL
ESFERA			
CILINDRO			
CUBO			



A) QUAL OBJETO TEVE A MAIOR VELOCIDADE TERMINAL?

B) O FORMATO DO OBJETO INFLUENCIA A VELOCIDADE TERMINAL? JUSTIFIQUE SUA RESPOSTA.

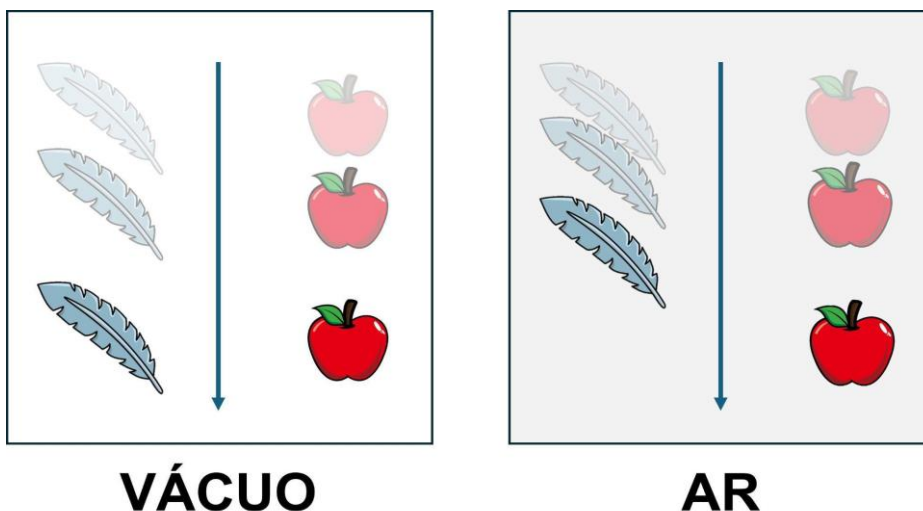
C) O LÍQUIDO INFLUENCIA A VELOCIDADE TERMINAL? JUSTIFIQUE SUA RESPOSTA.



6. Questionário – Antes do experimento

QUESTIONÁRIO SOBRE FORÇA DE ARRASTO E VELOCIDADE LIMITE – PRÉ-TESTE

A figura abaixo mostra uma maçã e uma pena caindo em dois meios diferentes: ar e vácuo. A distância vertical entre as imagens está associada às suas velocidades — quanto maior a distância, maior a velocidade correspondente. Com base na figura, responda às questões de 1 a 3.



1. Qual a diferença entre a densidade dos meios em que a maçã e a pena estão caindo?

- a) o ar possui densidade menor que o vácuo.
- b) o ar possui mesma densidade que o vácuo.
- c) o ar possui densidade e o vácuo não.

2. A força de resistência sempre atua sobre um objeto em movimento em um meio fluido. Verdadeiro ou falso?

() VERDADEIRO

() FALSO

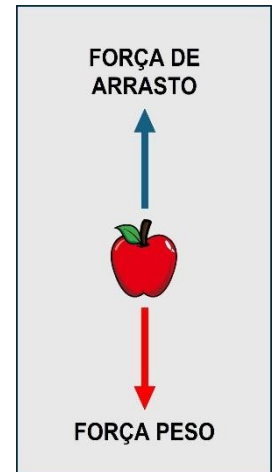
3. No vácuo existe força de resistência?

() SIM

() NÃO

Com base no texto abaixo, responda às questões de 4 a 6.

Um objeto em queda dentro de um fluido sofre uma força contrária ao movimento, como mostrado na figura ao lado, que é diretamente proporcional à sua velocidade.



4. Quais são as características do vetor força de resistência (arrasto) quando se estabelece a velocidade limite?

- a) Tem intensidade maior que a força peso, direção vertical e contrária a força peso.
- b) Tem intensidade menor que a força peso, direção vertical e contrária a força peso.
- c) Tem mesma intensidade que a força peso, direção vertical e contrária a força peso.

5. A força de resistência depende da forma do objeto?

☐ SIM

☐ NÃO

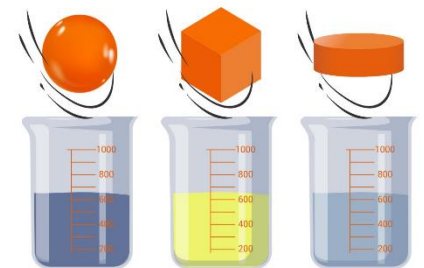
6. Quanto maior for a densidade de um fluido, maior será a velocidade limite de um corpo. Verdadeiro ou falso?

☐ VERDADEIRO

☐ FALSO

Com base no texto abaixo e na figura ao lado, responda às questões de 7 a 8.

A figura ao lado mostra três recipientes com líquidos de diferentes densidades, mas com o mesmo volume. Dentro desses líquidos, foram soltos um cubo, uma esfera e um cilindro, todos com o mesmo volume e a mesma massa.



7. Os objetos terão a mesma velocidade terminal ao serem soltos nesses fluidos, já que possuem o mesmo volume e a mesma massa. Verdadeiro ou falso?

☐ VERDADEIRO

☐ FALSO

8. Marque a alternativa abaixo que apresenta corretamente as características do movimento de um objeto se movendo dentro do fluido.

- a) O objeto estará sempre em movimento acelerado, independentemente do tipo de líquido e de sua forma.

- b) O objeto estará em movimento com velocidade constante em todos os momentos da trajetória, independentemente do tipo de líquido e de sua forma.
- c) O movimento do objeto apresenta dois momentos: inicialmente acelerado e, após um certo tempo, com velocidade constante.

7. Questionário – Após o experimento

QUESTIONÁRIO SOBRE FORÇA DE ARRASTO E VELOCIDADE LIMITE – PÓS-TESTE

1. **Ao abandonarmos três objetos de mesmo volume dentro de um recipiente com água, eles chegarão ao mesmo tempo no fundo do recipiente, se:**
 - a) Tiverem a mesma massa e a mesma área superficial.
 - b) Tiverem a mesma massa e a mesma forma.
 - c) Tiverem a mesma área superficial e a mesma forma.
2. **Três esferas de massas e volumes iguais são soltas de uma mesma altura dentro de três recipientes com líquidos de densidades diferentes. Qual delas chegará primeiro ao fundo do recipiente?**
 - a) A esfera que caiu no recipiente com o líquido de maior densidade.
 - b) A esfera que caiu no recipiente com o líquido de menor densidade.
 - c) Todas chegarão ao mesmo tempo ao fundo do recipiente.
3. **Quando a velocidade limite é alcançada, o corpo possui:**
 - a) Aceleração constante.
 - b) Velocidade constante.
4. **O formato do objeto influencia a velocidade terminal?**
() Sim () Não

Entre os líquidos usados no experimento, a água é o que possui maior densidade. Com base no experimento realizado em sala, responda às questões de 7 a 9.

5. **A velocidade terminal foi menor na água em comparação com os outros líquidos usados no experimento?**
() Sim () Não
6. **Qual objeto teve a maior velocidade terminal?**
 - a) Cubo.
 - b) Cilindro.
 - c) Esfera.
 - d) Todos tiveram a mesma velocidade terminal.
7. **Sua equipe manteve ou mudou a forma do objeto no primeiro e no segundo desafio, que consistia em criar um objeto que alcançasse a maior velocidade terminal?**
() Mantivemos a mesma forma do objeto.
() Mudamos a forma do objeto para o segundo desafio.

8. **Justifique por que você mudou ou manteve a forma do objeto no desafio:**

QUESTÕES SOBRE SUA OPINIÃO COM RELAÇÃO A DISCIPLINA DE FÍSICA

9. Você considera que a carga horária destinada ao ensino de Física em sua escola é suficiente para a compreensão dos conteúdos?

- ☐ Sim ☐ Não

10. Na escala de 1 a 5, como você considera o seu nível de compreensão dos conteúdos de Física?

- ☐ 1 - Muito baixo: Não compreendo quase nada dos conteúdos de Física.
☐ 2 - Baixo: Tenho dificuldade em entender os conteúdos de Física.
☐ 3 - Médio: Entendo alguns conteúdos de Física, mas ainda há muitos que não compreendo bem.
☐ 4 - Alto: Tenho uma boa compreensão dos conteúdos de Física, com apenas algumas dificuldades.
☐ 5 - Muito alto: Compreendo plenamente os conteúdos de Física e consigo aplicá-los.

11. Na escala de 1 a 5, com que frequência há a realização de experimentos nas aulas em sua escola?

- ☐ 1 - Nunca: Não há realização de experimentos nas aulas.
☐ 2 - Raramente: Experimentos são realizados ocasionalmente, mas não são uma prática comum.
☐ 3 - Às vezes: Experimentos são realizados em algumas aulas, mas não com regularidade.
☐ 4 - Frequentemente: Experimentos são realizados com regularidade nas aulas.
☐ 5 - Sempre: A realização de experimentos é uma prática constante e regular nas aulas.

12. Você acha importante a realização de experimentos nas aulas de Física?

- ☐ Sim ☐ Não

QUESTÕES SOBRE SUA OPINIÃO EM RELAÇÃO AO EXPERIMENTO REALIZADO EM SALA

13. O experimento ajudou você a compreender como a resistência em um fluido pode alterar a velocidade do objeto?

- ☐ Sim ☐ Não

14. Na escala de 1 a 5, como você considera a clareza do roteiro experimental?

- ☐ 1 - Muito pouco claro: O roteiro experimental era confuso e difícil de entender.
☐ 2 - Pouco claro: O roteiro experimental tinha várias partes que não eram claras e causaram confusão.
☐ 3 - Moderadamente claro: O roteiro experimental era compreensível, mas algumas partes poderiam ser mais bem explicadas.
☐ 4 - Claro: O roteiro experimental era claro e fácil de seguir, com poucas dúvidas.
☐ 5 - Muito claro: O roteiro experimental era extremamente claro, fácil de entender e segui-lo foi simples.

15. Na escala de 1 a 5, como você considera a clareza do roteiro para o uso do software Tracker?

- ☐ 1 - Muito pouco claro: O roteiro para o uso do software Tracker era confuso e difícil de entender.
☐ 2 - Pouco claro: O roteiro apresentava várias partes que não eram claras e causaram confusão durante o uso do software.
☐ 3 - Moderadamente claro: O roteiro era compreensível, mas algumas instruções poderiam ser mais bem explicadas.
☐ 4 - Claro: O roteiro era claro e fácil de seguir, com poucas dúvidas sobre o uso do software.
☐ 5 - Muito claro: O roteiro era extremamente claro e fácil de entender, tornando o uso do software Tracker simples e intuitivo.

16. Na escala de 1 a 5, você considera que o experimento foi importante para a compreensão do conteúdo?

- ☐ 1 - Nada importante: O experimento não contribuiu em nada para a minha compreensão do conteúdo.
☐ 2 - Pouco importante: O experimento teve uma contribuição mínima para a minha compreensão do conteúdo.

- () 3 - Moderadamente importante: O experimento ajudou em alguns aspectos, mas não foi crucial para a minha compreensão do conteúdo.
- () 4 - Importante: O experimento foi importante e contribuiu significativamente para a minha compreensão do conteúdo.
- () 5 - Muito importante: O experimento foi fundamental e crucial para a minha compreensão do conteúdo, tornando-o muito mais claro.

17. Caso deseje fazer algum comentário ou sugestão relacionada à melhoria dos roteiros utilizados, ou qualquer outro comentário, escreva aqui:

8. Considerações finais

O uso de experimentos durante as aulas de Física é de suma importância para a aprendizagem. Além disso, visualizar o problema de maneira prática é fundamental para a sua compreensão. Deste modo, possibilitar ao aluno o contato com uma nova ferramenta, como o software Tracker, e, ao mesmo tempo, levá-lo a entender como um objeto sofre alterações em seu movimento de queda dentro de um recipiente com líquido, foi o que motivou a elaboração deste trabalho.

Embora tenha sido planejado para ser aplicado em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, este material pode ser facilmente adaptado para outras séries, inclusive para o ensino superior. Além disso, é possível utilizar diferentes objetos ou até mesmo testar os mesmos objetos em outros fluidos. Essas adaptações e variações podem conduzir a descobertas interessantes e enriquecer ainda mais a experiência didática.

É importante enfatizar que, durante toda a sequência didática, haja uma interação constante entre os grupos e o professor. As discussões dos resultados obtidos podem ampliar a compreensão dos alunos, permitindo que eles reflitam sobre os conceitos e os apliquem em diferentes contextos.

Em síntese, acreditamos que esta sequência didática representa uma valiosa ferramenta para os professores que desejam trabalhar com seus alunos os conceitos de força de arrasto e velocidade terminal — temas relevantes, mas que, ainda são pouco explorados na educação básica.

Referências

HALLIDAY, D; RESNICK, R. & WALKER, J. 2016. Fundamentos de Física - Mecânica, Vol 1, 10ª ed. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora.