

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE**
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

Yuri Gonçalves Rodrigues

A influência da resistência do ar em objetos em movimento vertical descendente: uma
sequência didática com abordagem prática para alunos do Ensino Médio

Natal/RN

2026

Yuri Gonçalves Rodrigues

A influência da resistência do ar em objetos em movimento vertical descendente: uma sequência didática com abordagem prática para alunos do Ensino Médio

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal-Central como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino.

Orientador: Prof. Dr. Samuel R. Gomes Jr.
Coorientadora: Profa. Dra. Rafaela M. de Souza

Natal/RN
2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte – IFRN
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi

R696i	Rodrigues, Yuri Gonçalves. A influência da resistência do ar em objetos em movimento vertical descendente : uma sequência didática com abordagem prática para alunos do Ensino Médio. – 2026. 235 f. : il. color. Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2026. Orientador: Prof. Dr. Samuel R. Gomes JR. Coorientador : Profa. Dra. Rafaela M. de Souza. 1. Ensino de Física. 2. Didática. 3. Resistência do ar. I. Título. SIBi/IFRN CDU 53
-------	--

Elaborada pela Bibliotecária
Leticia P. A. de Sousa – CRB-15/1018

Yuri Gonçalves Rodrigues

A influência da resistência do ar em objetos em movimento vertical descendente: uma sequência didática com abordagem prática para alunos do Ensino Médio

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal-Central como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
SAMUEL RODRIGUES GOMES JÚNIOR
Data: 09/04/2026 22:31:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Samuel Rodrigues Gomes Júnior - Orientador
IFRN



Documento assinado digitalmente
EDEMERSON SOLANO BATISTA DE MORAIS
Data: 17/04/2026 20:58:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edemerson Solano Batista de Moraes – Examinador interno
IFRN



Documento assinado digitalmente
ANDRE STUART WAYLAND TORRES SILVA
Data: 11/04/2026 15:43:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Stuart Wayland Torres Silva – Examinador externo
EAJ - UFRN

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha mãe, com todo o amor e gratidão. Por cada gesto de carinho, por cada palavra de incentivo e por cada sacrifício feito em silêncio. Este trabalho é também fruto da sua força, da sua fé em mim e do exemplo que sempre me deu.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Maria Clara, pelo amor, paciência e apoio incondicional em cada etapa desta jornada, sendo meu porto seguro e maior motivação.

Ao pequeno Ravy, que trouxe alegria, carinho e leveza aos meus dias, tornando esta caminhada mais especial.

À minha mãe, Maria Aldinaide, pelo carinho, dedicação e por acreditar em mim mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu irmão, Igo Eudes, pela amizade, companheirismo e incentivo constante.

Ao meu pai, José Eudes (in memoriam), cuja memória e ensinamentos permanecem como inspiração e exemplo de determinação e caráter.

Aos meu orientador, professor Samuel e à minha coorientadora, professora Rafaela, pela orientação, paciência, confiança e contribuições fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao técnico de laboratório Jaílson, cuja colaboração foi fundamental para a realização das atividades experimentais desta pesquisa.

Aos professores do curso de Mestrado, pelo conhecimento compartilhado, pela parceria, companheirismo e pelas experiências que tornaram esse percurso mais leve e enriquecedor.

Aos colegas de turma Anderson, Cleiton, Edilson (Pipoca), João Paulo, Natanael, e Rogério e em especial à colega Gislânia Camarão pelo companheirismo e pela troca de experiências que enriqueceram esta caminhada.

Aos alunos participantes da pesquisa, pela disponibilidade e engajamento, sem os quais este estudo não teria sido possível.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste sonho, deixo aqui minha mais profunda gratidão.

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

RESUMO

O ensino básico no Brasil enfrenta desafios enormes. Não é só a qualidade que está abaixo do esperado em muitos lugares, mas também as condições de trabalho dos professores, que são bem difíceis. E, para completar, muitos docentes não se sentem totalmente preparados, o que é compreensível, já que a formação nem sempre acompanha as necessidades da sala de aula. Fatores assim podem desmotivar os alunos. Quando a análise é feita na área de exatas, com destaque para Física, a situação se torna mais clara. Muitas vezes, percebe-se que o ensino se resume a decorar fórmulas e conceitos, e o que era para ser fascinante acaba se tornando uma disciplina rígida e desinteressante. A partir dessa problemática, propõe-se a criação de um mecanismo que auxiliasse os professores a melhorarem o ensino de Física em algo mais interessante, dinâmico e conectado com a vida dos estudantes. A proposta consiste no desenvolvimento de uma sequência didática que trabalhasse o conceito de resistência do ar. Para tal unidade, foi construída uma máquina que apelidamos de “Tubo de vento”. Além do desenvolvimento do protótipo, utilizou-se uma ferramenta computacional que permitiu análises e discussões mais aprofundadas com a produção de gráficos com os dados coletados do próprio “tubo de vento”. Esse trabalho foi apoiado e referenciado nos estudos das teorias de Lev Vygotsky, que nos sugere que o conhecimento surge a partir do diálogo, da troca e da mediação entre professor e aluno. Essa proposta foi aplicada a uma turma do segundo ano do Ensino Médio na Escola Estadual Ivani Machado Bezerra, localizada na cidade de São Gonçalo do Amarante, no estado do Rio Grande do Norte. Apesar de ser um tema bastante presente no nosso dia a dia, a resistência do ar não é tão explorada de forma prática nas aulas, em virtude da dificuldade prática na construção de protótipos experimentais ou talvez devido aos avançados cálculos matemáticos que, muitas vezes, estão além da compreensão de estudantes do Ensino Médio. Com os dados obtidos pelas repostas dos alunos em questionários acredita-se que o objetivo, que era trazer ao professor uma ferramenta didática acessível que auxilie no processo de Ensino/aprendizagem, foi alcançado.

Palavras-chave: Ensino de Física; Sequência Didática; Resistência do Ar; Tubo de Vento.

ABSTRACT

Basic education in Brazil faces enormous challenges. It is not only the quality that is below expectations in many places, but also the working conditions of teachers, which are very difficult. And, to complete the picture, many teachers do not feel fully prepared, which is understandable, since training does not always keep up with the needs of the classroom. Factors like these can discourage students. When the analysis is made in the exact sciences, especially Physics, the situation becomes clearer. Many times, it is perceived that teaching is reduced to memorizing formulas and concepts, and what was supposed to be fascinating ends up becoming a rigid and uninteresting subject. From this issue, the creation of a mechanism is proposed to assist teachers in improving the teaching of Physics into something more interesting, dynamic, and connected with the students' lives. The proposal consists in the development of a teaching sequence that worked on the concept of air resistance. For this unit, a machine was built that we nicknamed the "Wind Tube." In addition to the development of the prototype, a computational tool was used that allowed deeper analyses and discussions through the production of graphs with data collected from the "Wind Tube" itself. This work was supported and referenced in the studies of the theories of Lev Vygotsky, who suggests that knowledge arises from dialogue, exchange, and mediation between teacher and student. This proposal was applied to a second-year high school class at Escola Estadual Ivani Machado Bezerra, located in the city of São Gonçalo do Amarante, in the state of Rio Grande do Norte. Although it is a topic very present in our daily lives, air resistance is not explored so much in a practical way in classes, due to the practical difficulty in constructing experimental prototypes or perhaps because of the advanced mathematical calculations that are often beyond the comprehension of high school students. From the data obtained from students' answers in questionnaires, it is believed that we achieved our objective, which was to bring teachers an accessible didactic tool that helps in the Teaching/Learning process.

Keywords: Physics Teaching; Teaching Sequence; Air Resistance; Wind Tube.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de forças em um corpo em queda em um fluido	40
Figura 2 - Caixa organizadora de PVC (55cm x 45cm x 35cm)	50
Figura 3 - Tampa da caixa organizadora com abertura	50
Figura 4 – Secador de cabelo bivolt	51
Figura 5 - Adaptador em “L”	51
Figura 6 - Botão On/Off (acima) e Dimmer (abaixo).....	52
Figura 7 - Arranjo técnico para o Dimmer e botão On/Off	52
Figura 8 - Secador preso no fundo da caixa organizadora	53
Figura 9 - Caixa organizadora. Visão lateral	55
Figura 10 – 3 (três) folhas de visor de projetor	55
Figura 11 – Folha de visor unidas com fita	55
Figura 12 – Tubo de vento. 1,5 m (um e meio) de comprimento	56
Figura 13 – Tubo conectado à tampa da caixa.	56
Figura 14 – Máquina de tubo de vento	57
Figura 15 – Bolinha de desodorante roll-on.	58
Figura 16 – Balança de precisão medindo massa das bolinhas.	60
Figura 17 – 6 (seis) bolinhas de desodorante roll-on.....	61
Figura 18 – Tabela do produto Educacional na Sequência Didática	63
Figura 19 - Recorte da Sequência didática do Produto Educacional.....	64
Figura 20 - Trecho da Sequência Didática: “partes”.	64
Figura 21 – Parte do Questionário I (QI).....	65
Figura 22 - Recorte de um dos Exercícios.....	66
Figura 23 - Recorte dos Gabaritos	67
Figura 24 - Recorte do Questionário Avaliativo	68
Figura 25 – Teste do Anemômetro	71
Figura 26 - Recorte da Sequência Didática	73
Figura 27 - Captura de tela da ferramenta computacional.....	74
Figura 28- Imagem 1 do trecho do vídeo do Youtube – ovo suspenso	78
Figura 29 - Imagem 2 do trecho do vídeo Youtube – ovo na água	79
Figura 30 - Registro da aula 5 - Explicação da força de arrasto.....	84
Figura 31 - Registro da aula 5 - Alunos respondendo o Exercício.....	86
Figura 32- Mala do Anemômetro, tubo de vento e bolinhas	88

Figura 33 - Registro da aula 6 - Utilização da Máquina Tubo de Vento.....	90
Figura 34 – Aluno inserindo os dados no computador.....	93
Figura 35 - Aluno consultando o Passo a Passo	94
Figura 36 - Registro da aula 7 - Projeção do gráfico.....	94
Figura 37 - Questão 1 – A pergunta e as 5 alternativas.....	102
Figura 38 - Questão 2 – A pergunta e as 5 alternativas.....	105
Figura 39 - Questão 3 – A pergunta e as 5 alternativas.....	108
Figura 40 - Questão 4 – A pergunta e as 5 alternativas.....	111
Figura 41 - Questão 5 – A pergunta e as 5 alternativas.....	114
Figura 42 - Questão 6 – A pergunta e as 5 alternativas.....	117
Figura 43 - Questão 7 – A pergunta e as 5 alternativas.....	119
Figura 44 - Questão 8 – A pergunta e as 5 alternativas.....	122
Figura 45 - Questão 9 – A pergunta e as 5 alternativas.....	124
Figura 46 - Questão 10 – A pergunta e as 5 alternativas.....	127
Figura 47 - Questão 1 do Questionário Avaliativo.....	132
Figura 48 - Questão 2 do Questionário Avaliativo.....	133
Figura 49 - Questão 2 do Questionário Avaliativo.....	135
Figura 50 - Questão 4 do Questionário Avaliativo.....	136
Figura 51 - Questão 5 do Questionário Avaliativo.....	138
Figura 52 - Questão 6 do Questionário Avaliativo.....	140
Figura 53 - Questão 7 do Questionário Avaliativo.....	141
Figura 54 - Questão 8 do Questionário Avaliativo.....	143
Figura 55 - Questão 9 do Questionário Avaliativo.....	145
Figura 56 - Questão 10 do Questionário Avaliativo.....	147

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação das escolhas da Questão 1 entre o Q1 e Q2 – correta (a).....	103
Gráfico 2 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 1 entre o Q1 e Q2	104
Gráfico 3 - Comparação das escolhas da Questão 2 entre o Q1 e Q2 – correta (c).....	106
Gráfico 4 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 2 entre o Q1 e Q2	107
Gráfico 5 - Comparação das escolhas da Questão 3 entre o Q1 e Q2 – correta (b)	109
Gráfico 6 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 3 entre o Q1 e Q2	110
Gráfico 7 - Comparação das escolhas da Questão 4 entre o Q1 e Q2 – correta (e).....	112
Gráfico 8 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 4 entre o Q1 e Q2	112
Gráfico 9 - Comparação das escolhas da Questão 5 entre o Q1 e Q2 – correta (c).....	115
Gráfico 10 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 5 entre o Q1 e Q2	115
Gráfico 11 - Comparação das escolhas da Questão 6 entre o Q1 e Q2 – correta (a).....	118
Gráfico 12 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 6 entre o QI e QII	118
Gráfico 13 - Comparação das escolhas da Questão 7 entre o Q1 e Q2 – correta (b)	120
Gráfico 14 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 7 entre o Q1 e Q2	121
Gráfico 15 - Comparação das escolhas da Questão 8 entre o Q1 e Q2 – correta (c).....	123
Gráfico 16 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 8 entre o Q1 e Q2	123
Gráfico 17 - Comparação das escolhas da Questão 9 entre o Q1 e Q2 – correta (b)	125
Gráfico 18 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 9 entre o Q1 e Q2	126
Gráfico 19 - Comparação das escolhas da Questão 10 entre o Q1 e Q2 – correta (a).....	128
Gráfico 20 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 10 entre o Q1 e Q2	129
Gráfico 21 – Visão geral da comparação entre porcentagens de acertos de todas as questões	130
Gráfico 22 - Gráfico da questão 1 - sobre o interesse do aluno ao tema abordado.	132
Gráfico 23 - Gráfico da questão 2 - sobre explicações claras do professor aos assuntos.....	134
Gráfico 24 - Gráfico da questão 3 - sobre a ajuda da atividade se prática	135
Gráfico 25 - Gráfico da questão 4 - sobre o tempo determinado para cada aula.....	137
Gráfico 26 - Gráfico da questão 5 - sobre a concentração e participação do aluno nas aulas.	139
Gráfico 27 - Gráfico da questão 6 - sobre o Tubo de Vento e outros recursos utilizados.....	140
Gráfico 28 - Gráfico da questão 8 - sobre a motivação do aluno ao tema abordado.....	142
Gráfico 29 - Gráfico da questão 9 - sobre o interesse do aluno da abordagem prática	144
Gráfico 30 - Gráfico da questão 9 - sobre a relação do tema com o dia a dia do aluno	146
Gráfico 31 - Gráfico da questão 10 - sobre a avaliação da SD na opinião do aluno	148

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista dos materiais e quantidades para o Tubo de Vento	47
Tabela 2 - Orientação de giro do botão do Dimmer	53
Tabela 3 – Valores das massas (g) das bolinhas.....	60
Tabela 4 - Discriminação das características da sequência didática	62
Tabela 5 - Descrição das atividades da aula 1	77
Tabela 6 - Descrição das atividades da aula 2	79
Tabela 7 - Descrição das atividades da aula 3	81
Tabela 8 – Descrição das atividades da aula 4	83
Tabela 9 - Descrição das atividades da aula 5	87
Tabela 10 - Ficha de Tabulação de dados.....	91
Tabela 11 - Descrição das atividades da aula 6	92
Tabela 12 - Descrição das atividades da aula 7	95
Tabela 13 - Descrição das atividades da aula 8	97
Tabela 14 - Gabarito dos Questionário I e II	102
Tabela 15 – Distribuição das respostas dos alunos – Questão 1 – correta (a).....	103
Tabela 16 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 2 – correta (c).....	105
Tabela 17 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 3 – correta (b).	108
Tabela 18 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 4 – correta (e).....	111
Tabela 19 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 5 – correta (a).....	114
Tabela 20 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 6 – correta (a).....	117
Tabela 21 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 7 – correta (b).	120
Tabela 22 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 8 – correta (c).....	122
Tabela 23 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 9 – correta (b).	125
Tabela 24 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 10 – correta (a).....	127

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 SEIS ELEMENTOS DA TEORIA E PRÁTICA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY	16
2.1.1 Desenvolvimento e Aprendizagem.....	17
2.1.2 Mediação	18
2.1.3 Interação Social	19
2.1.4 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)	20
2.1.5 Internalização.....	21
2.1.6 Linguagem	21
2.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE VYGOTSKY NA PRÁTICA PEDAGÓGICA...	22
2.2.1 Nível de Desenvolvimento Real (NDR)	22
2.2.2 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)	23
2.2.3 Planejamento de Atividades Desafiadoras	24
2.2.4 Mediação do Professor	24
2.2.5 Andaimagem (scaffolding): O Apoio Temporário do Professor	24
2.2.6 Estímulo à Interação Social	25
2.2.7 Valorização da Linguagem.....	25
2.2.8 Generalização e Autonomia.....	25
3 REVISÃO DA LITERATURA	27
3.1 DA QUEDA LIVRE AO PARAQUEDISMO – UMA PROPOSTA DE ENSINO DA RESISTÊNCIA DO AR POR MEIO DA ANÁLISE DE VÍDEOS UTILIZANDO O TRACKER, DE SIMONE DE AMORIM LIMA MORAIS	27
3.2 PROPOSTA DIDÁTICA MEDIADA PELO SOFTWARE <i>MODELLUS</i> : UM ESTUDO DO LANÇAMENTO OBLÍQUO SOB A INFLUÊNCIA DO AR, DE KELLY MOURA DOS SANTOS.....	29
4 A FÍSICA DA RESISTÊNCIA DO AR	31
4.1 A IMPORTÂNCIA DE SABER SOBRE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA	32
4.2 AS TRÊS LEIS DE NEWTON	33
4.2.1 Primeira Lei de Newton — Princípio da Inércia	33
4.2.2 Segunda Lei de Newton — Princípio Fundamental da Dinâmica.....	34
4.2.3 Terceira Lei de Newton — Princípio da Ação e Reação.....	35
4.2.4 Lei da Gravitação Universal	35
4.3 MODELAGEM MATEMÁTICA DA QUEDA COM RESISTÊNCIA DO AR	39
4.3.1 Modelo Linear: Força Proporcional à Velocidade	41
4.3.2 Modelo Quadrático: Força Proporcional ao Quadrado da Velocidade.....	44

5 PRODUTO EDUCACIONAL	46
5.1 UNIDADE DIDÁTICA – TUBO DE VENTO	46
5.1.1 Materiais Utilizados.....	47
5.1.2 Montagem e Funcionamento	48
5.1.3 Bolinhas de desodorante roll-on.....	57
5.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA - PLANOS DE AULAS.....	61
5.2.1 Metodologia.....	62
5.2.2 Avaliação de Desempenho dos Alunos com Base nos Questionário I e Questionário II.....	65
5.2.3 Questionário Avaliativo (QA)	67
6. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	69
6.1 MOTIVAÇÃO DA PROPOSTA.....	69
6.2 DO CONCEITO À PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E TESTES DO TUBO DE VENTO	70
6.3 A CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: ORGANIZAÇÃO E COERÊNCIA PEDAGÓGICA	72
6.4 DESCRIÇÃO DAS AULAS	74
6.4.1 Aula 1- Introdução à Força de Atrito do Ar e <i>Questionário I</i>	75
6.4.2 Aula 2 – A Primeira Lei de Newton - Inércia.....	77
6.4.3 Aula 3 – Terceira Lei de Newton - Ação e Reação	80
6.4.4 Aula 4 – A Segunda Lei de Newton $F = ma$	81
6.4.5 Aula 5 – A Queda dos Corpos com e Sem Resistência do Ar.....	83
6.4.6 Aula 6 – Aprendendo Sobre a Resistência do Ar Utilizando o Tubo de Vento.	87
6.4.7 Aula 7 – Aprendendo a Montar os Gráficos.....	92
6.4.8 Aula 8 – Questionário II e Questionário Avaliativo (QA)	95
7 RESULTADO E DISCUSSÕES	98
7.1 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS.....	98
7.2 DADOS DA TURMA E DOS QUESTIONÁRIOS I E II	99
7.3 ANÁLISE DA ESCOLA E CONTEXTO SOCIAL DA CIDADE DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	100
7.4 ANÁLISE DOS GRÁFICOS DO DESEMPENHO E EVOLUÇÃO NOS ALUNOS DOS QUESTIONÁRIO I E II.....	101
7.4.1 Questão 1 - A Primeira Lei de Newton - Inércia.....	102
7.4.2 Questão 2 – A Segunda Lei de Newton – Princípio Fundamental da Dinâmica...	104
7.4.3 Questão 3 - Aprendendo a Calcular a Força Peso	107
7.4.4 Questão 4 – A Terceira Lei de Newton – Ação e Reação	110
7.4.5 Questão 5 – Velocidade Terminal	113
7.4.6 Questão 6 – Depois do Salto e Antes de Abrir o Paraquedas.....	116
7.4.7 Questão 7 – Após o Acionamento do Paraquedas.....	119

7.4.8 Questão 8 – Velocidade Terminal igual a Aceleração Nula.....	121
7.4.9 Questão 9 – A Influência do Ar em Objetos em Queda	124
7.4.10 Questão 10 – A Folha Aberta e a Bolinha de Papel	126
7.4.11 – Comparação entre os gráficos das questões 1 à 10.....	130
7.5 PESQUISA DE SATISFAÇÃO	131
7.5.1 Questão 1 - O Interesse do Aluno Sobre o Tema Abordado	131
7.5.2 Questão 2 – A Opinião dos Alunos Quanto à Clareza das Explicações do Professor	133
7.5.3 Questão 3 – As Atividades Práticas Aplicada na Sequência Didática	134
7.5.4 Questão 4 – O Tempo das Aulas	136
7.5.5 Questão 5 - A Concentração e a Participação dos Alunos nas Aulas.....	137
7.5.6 Questão 6 - A Utilidade dos Materiais Usados como Tubo de Vento, Vídeos e Imagens.....	139
7.5.7 Questão 7 – O Nível de Motivação dos Alunos Diante das Aulas da Sequência Didática.....	141
7.5.8 Questão 8 – O Interesse dos Alunos Sobre essa Abordagem com Recursos Experimentais	143
7.5.9 Questão 9 – Correlação do Tema Abordado com o Dia a Dia do Aluno.	144
7.5.10 Questão 10 – Avaliação Geral do Aluno de Toda a Sequência Didática Aplicada	146
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
REFERÊNCIAS	151
APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL	153

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências, especialmente da Física, tem papel fundamental na formação dos estudantes da Educação Básica. Mais do que possibilitar a compreensão de fenômenos naturais, o ensino de Física deve favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas e do pensamento crítico, além de estimular competências sociais que permitam aos jovens participar ativamente da sociedade.

Assim, a escola não pode se limitar à transmissão de informações. Ela deve atuar como um espaço de construção do conhecimento, desenvolvimento de habilidades e crescimento intelectual, preparando os estudantes para enfrentar desafios concretos do cotidiano.

De acordo com Vygotsky (1991), um processo de ensino que se limita à repetição de conteúdos já dominados pelo estudante não contribui para o avanço de suas funções mentais superiores. Essas funções não são inatas, mas construídas social e culturalmente a partir da interação do indivíduo com o meio. Para o autor, a aprendizagem deve estar associada à construção de novos significados e ao desenvolvimento do pensamento, superando a simples memorização mecânica.

Em perspectiva semelhante, o educador e filósofo brasileiro Paulo Freire também destaca, em diversas de suas obras, a importância de um ensino significativo, que vá além da repetição. Freire (1996) afirma que ensinar não é apenas transmitir conhecimentos, mas criar condições para que os alunos construam e produzam o saber de forma crítica e autônoma.

Nesse contexto, a proposta desta dissertação insere-se no campo do Ensino de Física, tendo como foco o estudo da resistência do ar em objetos em movimento descendente. Trata-se de um tema relevante, pois se relaciona tanto com conceitos fundamentais da Mecânica quanto com experiências presentes no cotidiano dos estudantes.

Fundamentada na teoria de Vygotsky (1991), esta dissertação apresenta situações experimentais e reflexões mediadas por essa perspectiva teórica. Busca-se, assim, articular teoria e prática em uma abordagem que valoriza a aprendizagem significativa e socialmente contextualizada. Dessa forma, o ensino de Física é compreendido não apenas como domínio de conceitos, mas também como um processo que possibilita aos estudantes a inserção na cultura científica.

Outro aspecto importante refere-se ao papel da educação na formação integral dos estudantes. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), a educação deve promover o desenvolvimento pleno do aluno, ampliando não apenas suas

competências cognitivas, mas também sua autonomia, cidadania e capacidade de atuação crítica no mundo. Nesse sentido, o ensino de Física não pode ser reduzido a cálculos e fórmulas. É necessário estabelecer diálogo com as vivências dos estudantes, com a tecnologia e com os fenômenos observados em sua realidade. Assim, o presente trabalho está alinhado ao princípio de que o conhecimento escolar deve possuir relevância social e cultural para o aluno.

A área de Ensino de Ciências também ressalta a importância da mediação docente na construção de significados. De acordo com Moraes (2019), “a aprendizagem significativa ocorre quando os conteúdos são trabalhados de maneira contextualizada, permitindo que o estudante reconheça sua utilidade prática e social”. Nesse sentido, esta dissertação propõe a construção de uma proposta didática que articula experimentação e reflexão crítica, utilizando como recurso um tubo de vento que possibilita a observação da influência da resistência do ar sobre diferentes objetos.

Além disso, destaca-se a relevância da qualificação e valorização do profissional da educação como elemento central na transformação educacional. O professor, ao planejar e implementar sequências didáticas que dialoguem com a realidade dos estudantes, assume o papel de mediador e facilitador da aprendizagem. Como afirma Vygotsky (2001), “o que a criança consegue fazer hoje em colaboração conseguirá fazer sozinha amanhã”, reforçando a ideia de que o processo educativo é construído por meio da interação e da colaboração. Nesse contexto, o professor tem papel fundamental na criação de condições que favoreçam o avanço do aluno em sua Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Dessa forma, o presente trabalho não se limita à proposição de um recurso didático isolado. Ele se insere em um movimento mais amplo de busca por estratégias que contribuam para o aprimoramento do ensino de Física, por meio da construção de ferramentas que favoreçam a aprendizagem significativa.

Nesse sentido, a elaboração de uma unidade didática e de uma sequência didática com caráter experimental busca não apenas apresentar conceitos relacionados à resistência do ar, mas também proporcionar ao estudante a oportunidade de vivenciar, investigar e refletir sobre fenômenos naturais de forma crítica. Além disso, este trabalho reconhece a necessidade de aproximação entre a escola e a realidade tecnológica vivenciada pelos estudantes. A inserção desses recursos no ambiente educacional pode contribuir de maneira significativa para o processo de aprendizagem. Assim, foram incorporados recursos computacionais como instrumentos de apoio, reforçando o caráter interdisciplinar e inovador do ensino de Ciências.

No capítulo 2, apresenta-se o referencial teórico que fundamenta este estudo, baseado nas contribuições de Vygotsky. O objetivo é compreender aspectos relacionados ao desenvolvimento cognitivo e ao processo de aprendizagem. Nesse capítulo, são discutidos alguns elementos da teoria sociointeracionista, bem como aspectos relacionados à aplicação de seus princípios no contexto educacional.

No capítulo 3, é apresentada a análise de dois trabalhos acadêmicos desenvolvidos em dissertações de mestrado que também têm como foco o estudo da resistência do ar. A escolha dessas pesquisas se justifica pela relevância do tema para o ensino de Física. A análise busca destacar as contribuições desses estudos e evidenciar como diferentes pesquisadores têm abordado essa temática.

O capítulo 4 aborda a resistência do ar sob a perspectiva da Física em nível superior, apresentando uma discussão mais aprofundada do tema. O capítulo foi organizado em três partes principais. Na primeira, são apresentadas as Leis de Newton, que fornecem a base conceitual necessária para a compreensão do fenômeno. Na segunda, realiza-se uma análise matemática da resistência do ar a partir dessas leis, enfatizando a relação entre força de arrasto e movimento. Por fim, na terceira parte, desenvolve-se uma análise física da queda com resistência do ar, evidenciando como os modelos teóricos se aplicam à descrição de situações reais.

O capítulo 5 apresenta uma Unidade Didática e uma Sequência Didática, ambas centradas no recurso pedagógico denominado Tubo de Vento. Na Unidade Didática, são descritos detalhadamente os materiais utilizados, o processo de montagem e o funcionamento do equipamento, possibilitando sua reprodução em diferentes contextos escolares. Já a Sequência Didática organiza a metodologia de aplicação em sala de aula, contemplando planos de aula estruturados e procedimentos de avaliação da aprendizagem dos estudantes.

O capítulo 6 trata da aplicação do produto educacional. Nele são descritos o processo de construção da máquina denominada Tubo de Vento, bem como a elaboração da Sequência Didática e a realização das aulas com os estudantes. Esse capítulo busca demonstrar como a proposta foi desenvolvida na prática pedagógica, integrando a concepção teórica, a construção do material e sua aplicação em sala de aula.

Por fim, o capítulo 7 apresenta os resultados e discussões da pesquisa. Nesse capítulo, foi realizado também um levantamento de dados relacionados ao contexto social da escola, do bairro e da cidade. A análise é apresentada no subtítulo “Análise da Escola Professora Ivani Machado e do contexto social de São Gonçalo do Amarante/RN”. Considera-se que

compreender o ambiente em que os estudantes estão inseridos contribui para a elaboração de propostas pedagógicas mais próximas da realidade escolar e das vivências dos alunos

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se o referencial teórico que fundamenta este trabalho. Nele é apresentada uma síntese da teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky (1896–1934), explorando alguns de seus conceitos centrais, como a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), a mediação, a internalização e o papel da linguagem no processo de aprendizagem.

As contribuições de Vygotsky auxiliam pesquisadores, estudantes e professores a compreender como a interação social, a mediação pedagógica e a linguagem influenciam o desenvolvimento cognitivo do estudante. Além disso, suas ideias permitem pensar em experiências de aprendizagem que tenham significado e relevância para a vida dos alunos. Dessa forma, os conceitos do autor mostram-se úteis e aplicáveis, ultrapassando o campo teórico e oferecendo orientações para a prática em sala de aula.

A seguir, será apresentado um esquema simples para a aplicação de alguns princípios da teoria de Vygotsky no contexto escolar. A proposta é oferecer um guia prático que auxilie professores no planejamento, na mediação e na avaliação de atividades. Ao mesmo tempo, busca-se considerar a flexibilidade necessária para respeitar o ritmo, os limites e as necessidades de cada estudante.

2.1 SEIS ELEMENTOS DA TEORIA E PRÁTICA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

A abordagem dos seis tópicos centrais associados à teoria de Vygotsky — desenvolvimento e aprendizagem, mediação, interação social, Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), internalização e linguagem — é fundamental para compreender como os estudantes constroem conhecimento no cotidiano da sala de aula. Esses elementos ajudam a interpretar o processo de aprendizagem como resultado da interação entre o indivíduo, o meio social e as experiências educativas.

É importante destacar que esses tópicos são amplamente discutidos na literatura educacional como princípios orientadores da teoria sociointeracionista de Vygotsky. No entanto, não constituem uma lista formal elaborada pelo próprio autor em suas obras. Trata-se de uma organização didática, consolidada por pesquisadores e educadores, que busca sintetizar os principais conceitos presentes em sua teoria.

Cada um desses conceitos revela um aspecto importante do processo de aprendizagem. O desenvolvimento indica o ponto de partida do estudante; a mediação e a interação social mostram como a aprendizagem ocorre nas relações com outras pessoas; a Zona de Desenvolvimento Proximal aponta o espaço em que o aluno pode avançar com apoio; a internalização representa a transformação das experiências sociais em capacidades individuais; e a linguagem atua como instrumento fundamental para pensar, comunicar e organizar ideias.

A seguir, apresenta-se um breve resumo de cada um desses tópicos, com o objetivo de oferecer uma base teórica inicial e incentivar o aprofundamento do conhecimento sobre a teoria sociointeracionista no campo da educação.

2.1.1 Desenvolvimento e Aprendizagem

Compreender o papel da aprendizagem no desenvolvimento humano, especialmente no contexto escolar, é fundamental para perceber como o processo de ensino pode transformar de maneira significativa a experiência do estudante. Quando o ensino é bem planejado e articulado, ele não apenas transmite conteúdos, mas também favorece o desenvolvimento de habilidades e capacidades que poderiam permanecer pouco exploradas.

Vygotsky (1991, p. 101) afirma que “o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer”. Essa ideia reforça que o professor não atua apenas como transmissor de informações, mas como alguém que cria condições para que o aluno explore, experimente e avance em seu processo de aprendizagem.

Aprender vai além da simples compreensão de conceitos isolados. Envolve também o desenvolvimento de diferentes formas de organizar informações, refletir e relacionar ideias com situações vividas no cotidiano. Nessa perspectiva, Vygotsky (1991, p. 106) enfatiza que “o aprendizado é mais do que a aquisição de capacidade para pensar; é a aquisição de muitas capacidades especializadas para pensar em relação a diferentes materiais e conteúdos”.

Seguindo esse entendimento, a aprendizagem não ocorre de forma isolada. Os estudantes constroem conhecimento ao interagir com outras pessoas e ao participar das práticas culturais presentes em seu ambiente. Vygotsky (1991) destaca que a aprendizagem humana possui natureza social, e é por meio dessas interações que os estudantes têm a

oportunidade de se aproximar do conhecimento e das experiências intelectuais compartilhadas em seu meio.

2.1.2 Mediação

No que se refere à mediação, compreende-se que o desenvolvimento das capacidades cognitivas não ocorre de forma isolada. Ele está diretamente relacionado às interações sociais e ao contexto cultural em que o estudante está inserido.

Vygotsky (1991, p. 64) explica que as funções psicológicas superiores se manifestam duas vezes ao longo do desenvolvimento. Segundo o autor:

As funções psicológicas superiores aparecem duas vezes no decurso do desenvolvimento: primeiro, no plano social, e depois, no plano psicológico; primeiro entre pessoas, como uma categoria interpsicológica, e depois no interior da criança, como uma categoria intrapsicológica.

Essa perspectiva evidencia a importância de promover experiências colaborativas e interativas em sala de aula. Quando o processo educativo ocorre de forma consciente e mediada, o professor contribui para que o estudante transforme suas experiências sociais em capacidades próprias, consolidando o conhecimento e estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico.

O desenvolvimento da aprendizagem humana também ultrapassa as capacidades biológicas naturais, envolvendo processos psicológicos mais complexos que permitem ao indivíduo interagir com o mundo de maneira intencional. Nesse contexto, os signos — como a linguagem, os símbolos e outros instrumentos culturais — desempenham papel central na formação das funções psicológicas superiores. Vygotsky (1991, p. 55) destaca que “o uso de signos conduz a uma estrutura específica de comportamento que se destaca do desenvolvimento biológico e constitui uma forma nova de processos psicológicos”.

Os signos têm grande importância no desenvolvimento cognitivo do estudante, pois funcionam como ferramentas que auxiliam na organização do pensamento e na interação social. Para Vygotsky, a função inicial dos signos está relacionada à comunicação e à influência sobre outras pessoas, atuando como um elo entre o mundo social e o processo de aprendizagem do indivíduo. Nesse sentido, Vygotsky (1991, p. 58) afirma que “o signo é

sempre originalmente meio de comunicação, meio de influência sobre os outros, e apenas depois torna-se meio de influência sobre si mesmo”.

Ao se apropriar dos signos presentes no contexto social, o estudante transforma ferramentas externas em instrumentos de autorregulação, pensamento e resolução de problemas. Esse processo contribui para o desenvolvimento de sua autonomia cognitiva, ampliando a capacidade de raciocínio e consolidando habilidades que, inicialmente, dependiam da presença e do apoio de outras pessoas.

2.1.3 Interação Social

O desenvolvimento cognitivo da criança ocorre em constante interação com o ambiente social, sendo construído tanto pelas experiências coletivas quanto pelas práticas culturais às quais ela está exposta. Dessa forma, o conhecimento não se forma apenas por processos individuais, mas também pelas relações estabelecidas com outras pessoas e com o meio em que o estudante vive.

Vygotsky enfatiza que as funções psicológicas não se desenvolvem de forma isolada. Elas surgem inicialmente nas relações entre os indivíduos e, somente posteriormente, são internalizadas como capacidades próprias. Por esse motivo, o desenvolvimento cognitivo da criança não pode ser compreendido de maneira separada das experiências educativas e das interações sociais que fazem parte do seu cotidiano. Vygotsky (1991, p. 118) reforça essa ideia ao afirmar que:

Na ausência de instrução, o desenvolvimento mental da criança não pode ser entendido de forma adequada, pois a aprendizagem desempenha um papel essencial e universal no processo de desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Nesse sentido, a aprendizagem não deve ser vista apenas como um complemento ao desenvolvimento natural. Pelo contrário, ela atua como um fator fundamental que impulsiona o progresso cognitivo do estudante.

Vygotsky (1991, p. 102) também destaca que “o aprendizado desperta processos internos de desenvolvimento que só podem ocorrer quando a criança está em interação com pessoas”. Dessa forma, o aprendizado não se limita à aquisição individual de conhecimentos, mas envolve um processo social que favorece o surgimento e o fortalecimento de novas capacidades cognitivas.

Considerando essa perspectiva, a sala de aula deve ser entendida como um espaço de colaboração e diálogo. Nesse ambiente, o estudante tem a oportunidade de participar ativamente das atividades, trocar ideias com colegas e professores e construir conhecimentos de maneira coletiva. Esse processo contribui para tornar a aprendizagem mais significativa e relacionada às experiências vividas pelos alunos.

2.1.4 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) pode ser compreendida como a distância entre aquilo que o estudante consegue realizar de forma independente — chamado de nível de desenvolvimento real — e aquilo que ele consegue realizar com o auxílio de alguém mais experiente, caracterizando o nível de desenvolvimento potencial. Nesse processo, o professor exerce um papel fundamental como mediador da aprendizagem.

Compreender o potencial de aprendizagem de cada estudante exige reconhecer que o desenvolvimento cognitivo não ocorre de forma padronizada. Existem habilidades que ainda não estão totalmente consolidadas, mas que podem ser desenvolvidas com apoio e orientação adequados. Nesse sentido, a Zona de Desenvolvimento Proximal permite identificar o quanto um estudante pode avançar quando recebe auxílio do professor ou quando interage com colegas que possuem maior domínio de determinado conteúdo.

Segundo Vygotsky (1991, p. 97):

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Esse entendimento destaca a importância de elaborar estratégias pedagógicas que considerem o apoio necessário para que o estudante avance em seu processo de aprendizagem. Ao trabalhar dentro dos limites da ZDP, o professor favorece o desenvolvimento de novas habilidades, estimula a autonomia e fortalece a capacidade dos alunos de enfrentar desafios mais complexos de maneira gradual e significativa.

Vygotsky (1991, p. 97) também explica que “a zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação”. Dessa forma, torna-se essencial que as práticas pedagógicas ofereçam suporte

adequado, incentivando o estudante a ampliar suas capacidades e avançar em seu desenvolvimento cognitivo.

2.1.5 Internalização

Ao adquirir conhecimentos e habilidades por meio das interações sociais ao longo da vida, a criança transforma essas experiências em capacidades próprias. Esse processo contribui para consolidar a aprendizagem e promover a autonomia cognitiva de forma significativa e duradoura. Vygotsky (1991, p. 63) destaca a importância desse fenômeno ao afirmar que “a internalização das atividades socialmente enraizadas e historicamente desenvolvidas constitui o aspecto característico da psicologia humana”.

Nesse contexto, ao planejar atividades e promover situações de interação em sala de aula, o professor possibilita que o estudante internalize conhecimentos e habilidades. Esse processo contribui para ampliar sua autonomia e favorecer o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Vygotsky (1991, p. 65) sintetiza essa ideia ao afirmar que as relações interpessoais se transformam em funções intrapessoais. Essa perspectiva evidencia que a aprendizagem, embora tenha origem nas interações coletivas, produz transformações significativas no desenvolvimento individual.

Dessa forma, ao participar de atividades interativas e receber orientação adequada, o estudante se apropria de processos vivenciados socialmente e os transforma em recursos próprios de pensamento. Esse movimento favorece o desenvolvimento das competências cognitivas, estimula o pensamento crítico e fortalece a capacidade de enfrentar desafios de maneira cada vez mais autônoma.

2.1.6 Linguagem

A linguagem ocupa um papel fundamental no desenvolvimento humano, atuando não apenas como instrumento de comunicação, mas também como uma importante ferramenta de organização do pensamento. Vygotsky (1991, p. 132) destaca a relevância desse processo ao afirmar que “a linguagem é a ferramenta da comunicação social e o meio através do qual o pensamento é transformado em palavra e a palavra em pensamento”.

Nesse sentido, o ensino deve valorizar o diálogo, a argumentação e a interação verbal como recursos essenciais para a aprendizagem. O aprendizado humano possui natureza social,

e a interação com outras pessoas desempenha papel central no desenvolvimento cognitivo. Vygotsky (1991, p. 102) enfatiza essa dinâmica ao afirmar que:

O aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar apenas quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança.

Dessa forma, o papel do professor e das interações colaborativas vai além da simples transmissão de conteúdos. Essas relações possibilitam que o estudante transforme experiências sociais em competências próprias, fortalecendo seu processo de aprendizagem.

Além disso, o desenvolvimento da linguagem não se limita à comunicação externa. Ele também se manifesta internamente, por meio do pensamento organizado. A fala exerce papel importante nesse processo, pois permite que a criança organize suas ideias e desenvolva formas mais conscientes de raciocínio. Vygotsky (1991, p. 134) destaca a importância desse fenômeno ao afirmar que “[...] a fala interior é, para nós, um fenômeno de grande importância, porque revela as peculiaridades da estrutura da consciência verbal.”

2.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE VYGOTSKY NA PRÁTICA PEDAGÓGICA

A seguir, apresenta-se um guia estruturado a partir dos conceitos de Vygotsky discutidos no capítulo anterior. A teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky oferece importantes contribuições para a compreensão do processo de ensino e aprendizagem.

Com o objetivo de facilitar a compreensão do leitor, este guia foi organizado em etapas. São elas: diagnóstico do nível de desenvolvimento real; definição da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP); planejamento de atividades desafiadoras; mediação do professor; andaimagem (*scaffolding*); estímulo à interação social; avaliação contínua; e generalização e autonomia.

Essa organização busca apresentar, de forma clara e didática, alguns caminhos para a aplicação dos princípios da teoria sociointeracionista no contexto da prática pedagógica.

2.2.1 Nível de Desenvolvimento Real (NDR)

O diagnóstico do Nível de Desenvolvimento Real (NDR) é fundamental, pois serve como ponto de partida para o planejamento pedagógico. Para o professor que busca aplicar os princípios da teoria de Vygotsky, esse diagnóstico torna-se essencial, pois permite compreender o estágio de aprendizagem em que o estudante se encontra. Por essa razão, neste trabalho, ele foi escolhido como o primeiro passo na aplicação dos métodos propostos pelo autor.

Esse diagnóstico consiste em identificar aquilo que o estudante já é capaz de realizar de forma independente, ou seja, sem auxílio de outras pessoas. Esse estágio corresponde ao chamado nível de desenvolvimento real, que representa as conquistas cognitivas já consolidadas ao longo do processo de aprendizagem.

Segundo Vygotsky (1991, p. 97), “o nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente”.

Dessa forma, conhecer o NDR é essencial para que o professor determine o ponto adequado de início do conteúdo a ser trabalhado. Esse cuidado contribui para evitar que as atividades propostas sejam muito simples ou excessivamente complexas, o que poderia gerar desmotivação e dificultar o processo de aprendizagem do estudante.

2.2.2 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

Após a realização do diagnóstico, torna-se necessário identificar as habilidades que os estudantes conseguem desenvolver com auxílio. Esse espaço corresponde à Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). De acordo com Vygotsky (1991, p. 97), a ZDP é definida como:

“[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.”

O reconhecimento dessa zona permite ao professor planejar atividades que estimulem o estudante a avançar além daquilo que ele já consegue realizar de forma independente. Dessa maneira, o processo de ensino passa a considerar não apenas o que o aluno já sabe, mas também o que ele pode aprender com o apoio adequado.

2.2.3 Planejamento de Atividades Desafiadoras

Para que o ensino seja eficaz, é importante propor desafios que estejam situados dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). O professor deve evitar tanto atividades excessivamente fáceis quanto aquelas que estejam além do alcance do estudante, mesmo com auxílio.

Como destaca Vygotsky (1991, p. 103), “o bom aprendizado é aquele que se adianta ao desenvolvimento”. Isso significa que o ensino deve atuar de forma prospectiva, estimulando o surgimento de novas habilidades e impulsionando o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

2.2.4 Mediação do Professor

A mediação do professor constitui o núcleo do processo de ensino e aprendizagem. O educador oferece suporte ao estudante por meio de orientações e intervenções pedagógicas que favorecem a construção progressiva e autônoma do conhecimento.

Vygotsky (1991, p. 64) afirma que “as funções psicológicas superiores aparecem duas vezes no decurso do desenvolvimento: primeiro, no plano social, e depois, no plano psicológico”. Nesse sentido, a mediação representa o elo que possibilita transformar as interações sociais em funções cognitivas internalizadas pelo estudante.

2.2.5 Andaimagem (scaffolding): O Apoio Temporário do Professor

O conceito de andaimagem faz referência ao andaime utilizado em construções, cuja função é oferecer apoio temporário durante a execução de uma obra. De forma semelhante, no contexto educacional inspirado nas ideias de Vygotsky, o professor assume esse papel ao fornecer suporte inicial ao estudante no processo de aprendizagem.

Esse auxílio deve ocorrer de maneira gradual e por tempo limitado, permitindo que o aprendiz desenvolva, progressivamente, condições de realizar as atividades de forma autônoma. Assim, o apoio pedagógico contribui para que o estudante conquiste sua independência intelectual ao longo do processo de aprendizagem.

Nesse sentido, Vygotsky (1991, p. 98) destaca que “o que uma criança pode fazer hoje em cooperação, será capaz de fazer sozinha amanhã”. Dessa forma, a andaimagem favorece a

transição da dependência para a autonomia cognitiva, possibilitando que o estudante desenvolva novas capacidades a partir do apoio recebido.

2.2.6 Estímulo à Interação Social

A aprendizagem não ocorre de forma isolada, mas em constante interação com outras pessoas. Nesse sentido, a interação social deve ser estimulada por meio de atividades em grupo, debates e projetos coletivos, que favoreçam a troca de ideias e a construção compartilhada do conhecimento.

Nesse processo, o professor desempenha um papel importante como mediador, orientando as interações e contribuindo para que os estudantes mantenham o foco no aprendizado, além de auxiliar na organização das atividades em sala de aula.

Como afirma Vygotsky (1991, p. 100), “a aprendizagem humana pressupõe uma natureza social específica e um processo pelo qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que as cercam”. Dessa forma, o ambiente coletivo torna-se um espaço privilegiado para o desenvolvimento cognitivo e para a construção do conhecimento.

2.2.7 Valorização da Linguagem

Para Vygotsky, a linguagem é o principal instrumento de mediação cultural. Por meio dela, o pensamento se organiza e o estudante consegue avançar na compreensão dos conceitos e das experiências vividas no processo de aprendizagem.

Segundo Vygotsky (1991, p. 133), “o pensamento não se expressa na palavra, mas realiza-se nela”. Dessa forma, a fala, o diálogo e a escrita devem ser valorizados e utilizados continuamente como instrumentos pedagógicos, favorecendo a construção do conhecimento e o desenvolvimento do pensamento crítico.

2.2.8 Generalização e Autonomia

Por fim, é importante verificar se o conhecimento que antes era realizado com auxílio passa a ser executado de forma independente pelo estudante. Nesse momento, aquilo que estava situado na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) passa a integrar o nível de desenvolvimento real.

De acordo com Vygotsky (1991, p. 102), “o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar apenas quando a criança interage com pessoas em seu ambiente [...]. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança.”

Assim, torna-se necessário realizar uma avaliação que permita observar se o estudante alcançou os objetivos propostos pelo professor em determinado conteúdo. Esse processo envolve verificar se o aluno consegue demonstrar autonomia, segurança e capacidade de aplicar os conhecimentos desenvolvidos ao longo das atividades de aprendizagem.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem como objetivo apresentar o referencial teórico que fundamenta esta pesquisa, destacando conceitos, metodologias e práticas pedagógicas relacionadas ao ensino de queda livre, lançamento oblíquo e resistência do ar no ensino de Física.

Serão analisados trabalhos acadêmicos que abordam essa temática, com ênfase nas dissertações de Simone de Amorim Lima Moraes (2021) e Kelly Moura dos Santos (2023), cujas propostas didáticas servem como referência para o desenvolvimento deste estudo.

Ao longo do capítulo, serão discutidas as semelhanças e diferenças entre esses trabalhos e a presente pesquisa, evidenciando de que maneira cada proposta busca promover uma aprendizagem significativa e engajadora, por meio do uso de metodologias ativas, atividades experimentais e, quando pertinente, de recursos tecnológicos.

Destaca-se, ainda, a dificuldade de encontrar produções acadêmicas voltadas especificamente para o ensino do fenômeno da resistência do ar. Esse cenário reforça a relevância de ampliar as investigações sobre o tema, incentivando a produção de novos estudos no âmbito da formação e da pesquisa acadêmica em Ensino de Física.

3.1 DA QUEDA LIVRE AO PARAQUEDISMO – UMA PROPOSTA DE ENSINO DA RESISTÊNCIA DO AR POR MEIO DA ANÁLISE DE VÍDEOS UTILIZANDO O TRACKER, DE SIMONE DE AMORIM LIMA MORAIS

O trabalho intitulado “Da queda livre ao paraquedismo – uma proposta de ensino da resistência do ar por meio da análise de vídeos utilizando o Tracker” foi desenvolvido por Simone de Amorim Lima Moraes como dissertação de mestrado no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (PROFIS) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), sob orientação do Prof. Dr. José Luiz do Valle.

No desenvolvimento de sua dissertação, Moraes (2021) fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa, proposta por Ausubel, segundo a qual o estudante constrói o conhecimento de maneira mais sólida quando consegue relacionar novos conceitos a ideias já presentes em sua estrutura cognitiva.

O trabalho propõe e relata a aplicação de uma sequência didática com o objetivo de estimular estudantes do 1º ano do Ensino Médio a explorarem as grandezas e os agentes

físicos envolvidos no movimento de corpos em queda. Apesar das semelhanças temáticas entre aquele estudo e a presente pesquisa, é importante destacar uma diferença metodológica relevante: neste trabalho não será utilizado o software Tracker para análise dos movimentos. Enquanto a dissertação de Moraes (2021) recorre à ferramenta tecnológica para examinar, quadro a quadro, a queda dos objetos, o enfoque desta pesquisa será direcionado à realização de experimentos práticos e à observação direta dos fenômenos, mantendo o estudo da queda livre e da resistência do ar, porém sem o uso de recursos digitais de análise de vídeo.

A escolha desse trabalho acadêmico como referência deve-se à sua relevância para a área de ensino de Física, especialmente por abordar o tema da resistência do ar. A proposta dialoga diretamente com o tema desta dissertação, ao integrar experimentação, tecnologia e análise de fenômenos do cotidiano. Para isso, Moraes (2021) utiliza diferentes materiais de apoio, como textos informativos, atividades para casa, questionários individuais e em grupo, além da confecção de paraquedas pelos próprios estudantes e do uso do software Tracker como ferramenta educacional.

Além disso, são relatados resultados que indicam aumento da curiosidade, do engajamento e do desenvolvimento de competências tecnológicas e interpretativas por parte dos alunos. Destaca-se também que atividades que combinam elementos visuais, como a análise de gráficos associada ao movimento real, contribuem para facilitar a compreensão e a expressão de conceitos físicos, incentivando o uso desse tipo de recurso no ensino de Física. Nesse sentido, a autora afirma que:

“A sequência didática possibilitou aos alunos compreenderem de forma mais clara as diferenças entre a queda livre e a queda com resistência do ar, uma vez que o uso de experimentos e do software Tracker despertou a curiosidade e o interesse, contribuindo para a aprendizagem significativa.” (MORAIS, 2021, p. 85).

Dessa forma, a pesquisa de Moraes (2021) evidencia que o ensino de Física pode se tornar mais significativo quando articula conceitos teóricos, experimentação e ferramentas tecnológicas. Ao possibilitar que os estudantes observem, analisem e experimentem fenômenos do cotidiano, como a resistência do ar na queda de objetos, a sequência didática proposta não apenas favorece a compreensão dos conteúdos, mas também estimula a curiosidade, o interesse e o desenvolvimento do pensamento crítico.

3.2 PROPOSTA DIDÁTICA MEDIADA PELO SOFTWARE *MODELLUS*: UM ESTUDO DO LANÇAMENTO OBLÍQUO SOB A INFLUÊNCIA DO AR, DE KELLY MOURA DOS SANTOS

O trabalho intitulado “Proposta didática mediada pelo software *Modellus*: um estudo do lançamento oblíquo sob a influência do ar” foi desenvolvido por Kelly Moura dos Santos como dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), sob orientação do Prof. Dr. Antônio Marques dos Santos e coorientação do Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto.

No desenvolvimento de sua dissertação, Santos (2023) fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, reconhecendo que o conhecimento novo se constrói de maneira mais sólida quando se conecta às ideias e experiências previamente adquiridas pelos estudantes. A partir dessa perspectiva, a autora organiza uma sequência didática mediada pelo software *Modellus*, possibilitando que os alunos relacionem os conceitos de lançamento oblíquo e resistência do ar aos conhecimentos prévios de cinemática. Essa abordagem reforça a importância da contextualização do aprendizado, tornando os fenômenos físicos mais acessíveis e favorecendo uma compreensão mais profunda e duradoura dos conteúdos de Física.

Em sua análise sobre o ensino, Santos (2023) também discute algumas dificuldades presentes na educação básica, especialmente no que se refere à aprendizagem em áreas técnicas e científicas. A autora apresenta relatos de experiências de estudantes e destaca a necessidade de recursos pedagógicos que auxiliem o trabalho do professor, ampliando as possibilidades de mediação didática e contribuindo para a melhoria da qualidade do ensino. Nesse sentido, o uso de ferramentas tecnológicas é apresentado como uma estratégia capaz de apoiar o docente no processo de ensino e aprendizagem.

Em seu estudo, Santos (2023) desenvolveu uma proposta didática voltada ao ensino do lançamento oblíquo, mediada pelo software *Modellus*, com ênfase na compreensão da influência da resistência do ar sobre os projéteis. A pesquisa foi aplicada com alunos do 1º ano do Ensino Médio e combinou atividades práticas com simulações digitais, permitindo que os estudantes manipulassem variáveis como ângulo de lançamento e velocidade inicial, observando, em tempo real, os efeitos dessas alterações nas trajetórias dos projéteis.

Os resultados obtidos indicaram que a utilização do software *Modellus* contribuiu de maneira significativa para a aprendizagem dos alunos, possibilitando uma compreensão mais

clara das trajetórias do lançamento oblíquo e dos efeitos da resistência do ar. Dessa forma, o estudo evidencia o potencial das simulações computacionais como recurso pedagógico para tornar o ensino de conceitos físicos mais visual, interativo e significativo.

4 A FÍSICA DA RESISTÊNCIA DO AR

Neste capítulo, são abordadas, de forma breve, as três Leis de Newton e a Lei da Gravitação Universal, destacando sua importância tanto no contexto histórico quanto no ensino de Física. Também será apresentado o desenvolvimento matemático, em nível de graduação, da velocidade terminal de um objeto em queda sob a influência de um fluido. Por fim, será discutida a formulação da equação que descreve a força de resistência do ar em corpos que se movem nesse meio, envolvendo uma abordagem matemática mais avançada do que aquela normalmente trabalhada no Ensino Médio, incluindo o uso de derivadas e integrais.

Apesar da relevância de apresentar as equações que fundamentam teoricamente este trabalho, não há necessidade de desenvolvê-las com os estudantes durante as aulas. Essa orientação também se aplica ao professor que desejar utilizar o produto educacional resultante desta pesquisa. Nessa perspectiva, o docente pode se limitar às equações presentes nos livros didáticos do Ensino Médio, uma vez que alguns dos desenvolvimentos matemáticos apresentados são usualmente estudados em cursos de nível superior.

A análise matemática mostra que a inclusão da resistência do ar transforma um movimento uniformemente acelerado, como ocorre no vácuo, em um movimento que tende a uma velocidade constante, conhecida como velocidade terminal. Essa transição ocorre de maneira contínua e pode ser descrita por funções hiperbólicas, que surgem naturalmente na solução da equação diferencial associada ao problema. O uso do cálculo diferencial e integral permite, nesse contexto, uma descrição mais rigorosa e realista dos fenômenos naturais.

Além de sua relevância científica, o estudo da resistência do ar também possui grande importância do ponto de vista didático. Esse tema possibilita ao estudante compreender as limitações dos modelos físicos simplificados e reconhecer o papel das aproximações e das condições reais na análise de problemas físicos. Dessa forma, contribui para uma visão mais crítica e aprofundada da construção do conhecimento científico.

4.1 A IMPORTÂNCIA DE SABER SOBRE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Para iniciar este capítulo, é importante destacar a relevância de compreender a história do estudo do movimento dos corpos. Possuir um embasamento teórico sobre o desenvolvimento histórico da Física é fundamental para o ensino dessa ciência, pois permite que o professor disponha de argumentos consistentes para introduzir e fortalecer os conceitos que serão abordados em sala de aula. Dessa forma, os estudantes podem perceber que o conhecimento científico é construído gradualmente ao longo do tempo.

Ao apresentar as contribuições de importantes pensadores da ciência, como Aristóteles, Galileu, Newton e Einstein, os alunos conseguem compreender que os conceitos e leis científicas não surgem de forma isolada, mas são resultado de questionamentos, experimentos e debates teóricos. Esse embasamento histórico contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico, para a compreensão do método científico e para a contextualização dos conteúdos, evidenciando que a ciência é um processo dinâmico e em constante evolução.

No século XVII, a física moderna alcançou um avanço significativo com Isaac Newton (1642–1727). A partir das investigações de Galileu sobre a queda dos corpos e das leis de Kepler sobre os movimentos planetários, Newton formulou, em 1687, as três leis do movimento e a lei da gravitação universal, estabelecendo um modelo unificado capaz de explicar tanto fenômenos terrestres quanto celestes (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p.83).

Assim, estudar a história da ciência, especialmente no contexto do desenvolvimento das ideias sobre o movimento dos corpos, contribui para a construção de uma compreensão mais crítica e contextualizada da Física. Ao conhecer a trajetória de pensadores como Aristóteles, Galileu, Newton e Einstein, os estudantes percebem que o conhecimento científico é resultado de um processo progressivo, baseado em experimentação, debate e reflexão teórica. Essa perspectiva histórica não apenas enriquece o aprendizado conceitual, mas também favorece o desenvolvimento do pensamento científico, da capacidade de argumentação e da compreensão de que a ciência é um empreendimento humano, influenciado por diferentes contextos sociais e culturais.

4.2 AS TRÊS LEIS DE NEWTON

As Leis de Newton, formuladas no século XVII pelo físico e matemático inglês Isaac Newton, representam um marco na história da ciência, pois consolidaram os fundamentos da Mecânica Clássica. Essas leis permitiram, pela primeira vez, descrever e prever o movimento dos corpos com base em relações matemáticas precisas. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 83), “as três leis do movimento de Newton constituem a base da mecânica clássica, permitindo descrever e prever o comportamento dos corpos em movimento sob a ação de forças”.

Do ponto de vista histórico, as leis de Newton contribuíram para encerrar séculos de especulações filosóficas sobre o movimento, oferecendo um modelo físico capaz de explicar fenômenos diversos, desde a queda de uma maçã até o movimento dos planetas. A física newtoniana permaneceu como a principal descrição do mundo físico até o surgimento, no século XX, de novas teorias, como a relatividade e a mecânica quântica, que ampliaram a compreensão de fenômenos em escalas muito grandes ou muito pequenas.

No contexto educacional, o estudo dessas leis oferece ao estudante a base conceitual da dinâmica, possibilitando compreender e analisar fenômenos do cotidiano por meio de uma linguagem científica. Além de sua importância em avaliações como o vestibular e o ENEM, as Leis de Newton contribuem para a formação do letramento científico, permitindo que os alunos interpretem o mundo a partir das relações entre força, massa e aceleração.

4.2.1 Primeira Lei de Newton — Princípio da Inércia

A primeira lei de Newton afirma que todo corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a mudar seu estado por forças aplicadas sobre ele. Quando a força resultante que atua sobre um determinado móvel for zero, podemos concluir, então, que esse móvel está em estado de inércia pois, sobre essa condição ou o móvel permanecerá com velocidade zero ou ele permanecerá com uma velocidade constante em linha reta (Halliday; Resnick; Walker, 2014, p. 239).

Essa lei de Newton trata do estado de movimento de um determinado móvel. É possível perceber esse fenômeno em várias situações do dia a dia. Por exemplo quando o corpo vai para frente ao frear no ônibus ou quando uma bola só se move se alguém a

empurrar. Assim, consideramos que um corpo está em Inércia quando a resultante das forças que são aplicadas em um determinado móvel é zero ($\vec{F}_{\text{resultante}} = \vec{0}$). Quando esse fato acontece, podemos presumir que a aceleração também é zero ($\vec{a} = \vec{0}$) e a velocidade é constante ($\vec{v} = \text{constante}$).

4.2.2 Segunda Lei de Newton — Princípio Fundamental da Dinâmica

A força F pode ser definida, de forma geral, como a taxa de variação do momento linear p de um corpo em relação ao tempo t . O momento linear p é dado pelo produto da massa m pela velocidade v . Assim, quando derivamos o momento linear em função do tempo, obtemos a expressão da força. No caso em que a massa do corpo se mantém constante, o termo referente à variação da massa desaparece, restando apenas a massa multiplicada pela derivada da velocidade.

Como a derivada da velocidade em relação ao tempo é a aceleração, chegamos à forma mais conhecida da Segunda Lei de Newton: a força resultante F_{res} é igual à massa do corpo multiplicada por sua aceleração ($\vec{F}_{res} = ma$). Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 89) afirmam que “a aceleração de um corpo é diretamente proporcional à força resultante que atua sobre ele e inversamente proporcional à sua massa”. Então, podemos definir a força resultante como derivada temporal do momento linear. Para o momento linear, temos:

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (1)$$

Para a definição de força;

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2)$$

Substituindo a Eq. (1) na Eq. (2) e derivando $\vec{p}$, sendo m constante, temos:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}). \quad (3)$$

Sendo,

$$\vec{F}_{res} = m \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad (4)$$

onde a $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ é a aceleração. Então, chegamos à equação da força resultante em função da aceleração:

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a} \quad (5)$$

4.2.3 Terceira Lei de Newton — Princípio da Ação e Reação

A terceira lei de Newton afirma que para toda ação há uma reação de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto. Se um corpo A exerce uma força $\vec{F}_{AB}$ sobre um corpo B, este reage com uma força $\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$. Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 258) afirmam que, de acordo com a Terceira Lei de Newton, quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos. As forças são sempre pares (ação-reação) - atuam em corpos distintos, portanto não se anulam. Essa lei é fundamental para compreender movimento por impulso, propulsão e colisões. Utilizamos a equação:

$$\vec{F}_{ação} = -\vec{F}_{reação}. \quad (6)$$

Essa simetria está relacionada à conservação do momento linear:

$$\sum \vec{F}_{externa} = \frac{d\vec{P}_{total}}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{P}_{total} = constante \quad (7)$$

As Leis de Newton são pilares fundamentais da Física e formam a base conceitual para o estudo da dinâmica, da engenharia e das ciências aplicadas. Sua aplicação vai desde a análise de forças simples até sistemas dinâmicos complexos.

4.2.4 Lei da Gravitação Universal

Mostraremos nessa seção a dedução das equações que relacionam a Lei Gravitacional Universal – chamada de quarta lei de Newton - para a definição da força peso. Também serão desenvolvidas expressões que descrevem o comportamento do peso em diferentes condições, considerando tanto situações de baixa altitude, próximas ao nível da superfície, quanto de alta altitude, quando o corpo se encontra a uma distância maior do centro da Terra:

A lei da gravitação universal de Newton mostrou que a mesma força que faz uma maçã cair da árvore também governa o movimento da Lua e dos planetas. Foi a primeira vez que se estabeleceu uma lei única para descrever

tanto fenômenos terrestres quanto celestes. (Halliday, Resnick e Walker, 2016, p. 125).

A lei da Gravitação Universal, formulada por Isaac Newton no século XVII, é um dos pilares da Física Clássica. Ela descreve a força de atração entre dois corpos com massa, estabelecendo que essa força é diretamente proporcional ao produto de suas massa e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros. A demonstração dessa lei, um dos triunfos da revolução científica, combina o arcabouço teórico das leis do movimento de Newton com as observações empíricas das leis de Kepler sobre o movimento planetário.

A expressão matemática da Lei da Gravitação Universal é:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (8)$$

onde F é a magnitude da força gravitacional entre dois corpos, G é a constante de gravitação universal, m_1 e m_2 são as massas dos dois corpos e r é a distância entre os centros de massas dos dois corpos.

A demonstração pode ser compreendida em duas partes principais: a derivação da relação do inverso do quadrado da distância e a justificação da proporcionalidade com o produto das massas.

Parte 1: A Relação do Inverso do Quadrado da Distância a Partir das Leis de Kepler

Newton utilizou a Terceira Lei de Kepler para deduzir como a força da gravidade varia com a distância. Para simplificar o raciocínio, vamos considerar o movimento de um planeta em uma órbita aproximadamente circular ao redor do Sol.

- **Força Centrípeta:** Para que um planeta de massa m se mantenha em uma órbita circular de raio r com uma velocidade orbital v , é necessária uma força centrípeta direcionada para o centro da órbita (o Sol). De acordo com a Segunda Lei de Newton, essa força é dada por:

$$F = m \cdot a_c \quad (9)$$

$$F = m \frac{v^2}{r} \quad (10)$$

- **Velocidade Orbital:** A velocidade orbital do planeta pode ser expressa em termos do período de sua órbita, T (o tempo para completar uma volta). A distância percorrida em uma órbita é a circunferência do círculo, $2\pi r$. Portanto, a velocidade é:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (11)$$

- **Substituindo a velocidade na Equação da força:** Ao substituir a expressão da velocidade na equação da força centrípeta, obtemos:

$$F = m \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} \quad (12)$$

$$F = m \frac{4\pi^2 r^2}{T^2 r} \quad (13)$$

$$F = \frac{4\pi^2 m r}{T^2} . \quad (14)$$

- **Utilizando a Terceira Lei de Kepler:** A Terceira Lei de Kepler estabelece que o quadrado do período orbital de um planeta (T^2) é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua órbita (r^3). Matematicamente:

$$T^2 \propto r^3 \text{ ou } \frac{T^2}{r^3} = K, \quad (15)$$

onde K é uma constante de proporcionalidade, que é a mesma para todos os planetas que orbitam o Sol. Podemos rearranjar essa equação para expressar

$$T^2 = K r^3. \quad (16)$$

- **Combinando as Equações:** Agora, substituímos a expressão para T^2 da Terceira Lei de Kepler na equação da força:

$$F = \frac{4\pi^2 m r}{K r^3} \quad (17)$$

$$F = \frac{4\pi^2 m}{K} \frac{1}{r^2} . \quad (18)$$

Como $4\pi^2$, m (a massa do planeta) e K são constantes para uma dada órbita, podemos ver que a força F é inversamente proporcional ao quadrado da distância r :

$$F \propto \frac{1}{r^2} \quad (19)$$

Isso demonstra a famosa Lei do Inverso do Quadrado para a gravidade. A força que mantém os planetas em órbita diminui com o quadrado da distância ao Sol.

Parte 2: A proporcionalidade com o Produto das Massas

A derivação anterior mostra que a força é proporcional à massa do corpo que está orbitando (m). No entanto, a Lei da Gravitação Universal afirma que a força é proporcional ao produto das duas massas (m_1 e m_2). Essa simetria é uma consequência direta da Terceira Lei de Newton (ação e reação).

- **Ação e Reação:** A terceira Lei de Newton afirma que para toda ação há uma reação igual e oposta. Se o Sol (massa M) exerce uma força sobre um planeta (massa m), então o planeta também deve exercer uma força de igual magnitude e direção oposta sobre o Sol.
- **Força Proporcional a Ambas as Massas:** A força exercida pelo Sol sobre o planeta é proporcional à massa do planeta ($F \propto m$). Pela Terceira Lei de Newton, a força exercida pelo planeta sobre o Sol deve ser proporcional à massa do Sol ($F' \propto M$). Como as forças de ação e reação são iguais em magnitude ($F_{\text{ação}} = -F'_{\text{reação}}$), a força gravitacional deve ser proporcional a ambas as massas.

Portanto podemos concluir que a força é diretamente proporcional ao produto das massas:

$$F \propto m \cdot M. \quad (20)$$

A Lei Completa e a Constante Gravitacional (G), combinando com as duas proporcionalidades encontradas:

$$F \propto \frac{1}{r^2} \quad (21)$$

$$F \propto m_1 m_2. \quad (22)$$

Podemos escrever a relação completa como:

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (23)$$

Para transformar essa proporcionalidade em uma igualdade, foi introduzida uma constante de proporcionalidade, a constante de gravitação universal (G). O valor de G foi determinado experimentalmente por Henry Cavendish em 1798. Assim, chegamos à forma final da Lei da Gravitação Universal de Newton:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (24)$$

Essa demonstração, partindo das leis empíricas de Kepler e aplicando os princípios fundamentais do movimento de Newton, não apenas explicou o movimento dos planetas, mas também unificou a física terrestre (a queda de uma maçã) e a celeste sob um único e universal conjunto de leis.

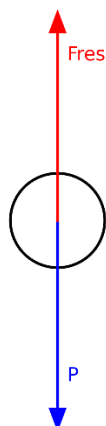
4.3 MODELAGEM MATEMÁTICA DA QUEDA COM RESISTÊNCIA DO AR

Quando um objeto se desloca em um fluido, o ar por exemplo, surge uma força contrária ao movimento chamada resistência do ar. Por esse motivo, essa força também aparece quando um objeto atravessa esse fluido em movimento vertical descendente sob a ação da força gravitacional. Enquanto o corpo é puxado para baixo pela força peso a força de resistência tem sentido contrário e aplica uma força para cima.

Um fluido é uma substância, em geral um gás ou um líquido, capaz de escoar. Quando existe uma velocidade relativa entre um fluido e um corpo sólido (seja porque o corpo se move na presença do fluido, seja porque o fluido passa pelo corpo), o corpo experimenta uma força de arrasto que se opõe ao movimento relativo e é paralela à direção do movimento relativo do fluido. (Halliday, Resnick e Walker, 2016, p. 315).

Observando a Figura 1, que representa o diagrama de forças, podemos analisar o diagrama de forças de um objeto que atravessa um fluido que representa graficamente as forças que atuam sobre ele durante o movimento de queda. Nesse diagrama, as forças atuantes são o Peso P do objeto e a Força de resistência F_{res} .

Figura 1 - Diagrama de forças em um corpo em queda em um fluido



Fonte: elaborada pelo autor.

É importante ressaltar que as duas forças presentes no diagrama representam força vetoriais por possuírem módulo, direção e sentido. Nesse caso são as forças de atração gravitacional F_g que puxa o objeto para baixo e a força de resistência do ar $\vec{F}_{res}$ que atua no sentido contrário ao movimento, retardando sua velocidade.

À medida que a velocidade do objeto aumenta durante a queda, a resistência do ar também cresce até que a força peso e a força de resistência do ar sejam equilibradas atingindo valores iguais, porém sentidos opostos. Por esse motivo, elas se anulam fazendo com que a velocidade desse objeto seja contante. Quando esse equilíbrio é atingido, o objeto alcança uma aceleração nula e passa a se mover com velocidade constante, onde se denomina “velocidade terminal” para esse momento. Esse fenômeno da velocidade terminal acontece em situações como paraquedistas (antes ou depois de acionar o paraquedas) ou gotas de chuva. A resistência do ar pode ser modelada de duas formas principais:

- Modelo linear: força de arrasto proporcional à velocidade, válido para pequenas velocidades e objetos de pequena dimensão;
- Modelo quadrático: força de arrasto proporcional ao quadrado da velocidade, mais preciso para corpos em altas velocidades ou com grande área de seção transversal.

Ambos os modelos podem ser descritos pela segunda lei de Newton, que é o ponto de partida para a modelagem matemática detalhada a seguir.

4.3.1 Modelo Linear: Força Proporcional à Velocidade

O modelo linear é mais adequado para objetos pequenos ou movimentos em baixas velocidades, onde o fluxo do fluido é laminar, a força de resistência é proporcional à velocidade do objeto, ou seja, à medida que o objeto se move mais rápido, a força de arrasto aumenta de forma diretamente proporcional.

Então, seja um corpo de massa m em queda vertical e gravidade $\vec{g}$ a força peso $\vec{P}$ é dada por:

$$\vec{P} = m\vec{g}, \quad (25)$$

a Força de resistência do ar, para o modelo linear, é:

$$F_{res} = Kv, \quad (26)$$

sendo $\vec{F}_{res}$ a força de resistência do ar, K a constante de fluxo do ar, e $\vec{v}$ a velocidade a velocidade de fluxo do ar.

Pela segunda lei de Newton, a resultante das forças é:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (27)$$

em que $\vec{F}_R$ é a força resultante, $\vec{F}_n$ é enésima força e $\frac{d\vec{p}}{dt}$ é a derivada temporal do momento linear. Sendo $\vec{F}_{res}$ e $\vec{P}$ as forças atuantes no sistema, enquanto $P > \vec{F}_{res}$, ou seja, antes de atingir a velocidade terminal, temos que:

$$\vec{F}_R = \vec{P} + \vec{F}_{res}. \quad (28)$$

Em módulo, temos que a equação acima fica:

$$F_R = P - F_{res} \quad (29)$$

em que F_R , P e F_r são as intensidades das forças resultante, peso e de resistência do ar, respectivamente. Substituindo, em módulo, as equações (27), (25) e (26) na equação (29), temos:

$$\frac{dp}{dt} = mg - Kv \quad (30)$$

$$\frac{d}{dt}p = mg - Kv \quad (31)$$

$$\frac{d}{dt}(mv) = mg - Kv, \quad (32)$$

onde m é constante e sai da derivada,

$$m \frac{d}{dt}v = mg - Kv. \quad (33)$$

Para a velocidade terminal v_t , o seu módulo é constante, sendo, portanto, a aceleração nula.

$$m \frac{d}{dt}v_t = mg - Kv_t. \quad (34)$$

Como $(dv_t/dt) = 0$, temos:

$$m \cdot 0 = mg - Kv_t \quad (35)$$

$$0 = mg - Kv_t \quad (36)$$

$$Kv_t = mg \quad (37)$$

$$v_t = \frac{mg}{K} \quad (38)$$

Para essas condições, precisamos aceitar em analisar que as características de um objeto se limitam em formatos esférico como uma bola e que ele inicia sua queda a partir do repouso e que a resistência do ar gera uma força de arrasto apontada para cima, cujo valor começa em zero e aumenta progressivamente conforme a velocidade do corpo cresce durante a queda.

Quando um corpo rombudo cai a partir do repouso, a força de arrasto produzida pela resistência do ar aponta para cima e seu módulo cresce gradualmente, a partir do zero, à medida que a velocidade do corpo aumenta. A força para cima se opõe à força gravitacional g , dirigida para baixo. Podemos relacionar essas forças à aceleração do corpo escrevendo a segunda lei de Newton para um eixo vertical y ($F_{res,y} = may$). (Halliday, Resnick E Walker, 2016, p. 316).

Então, para determinar a velocidade terminal para modelo linear partimos da equação:

$$\vec{F}_R = \vec{P} + \vec{F}_{res} \quad (39)$$

$$F_R = F_g - F_{res} \quad (40)$$

$$\frac{dp}{dt} = P - \vec{F}_{res} \quad (41)$$

sendo F_g o módulo da força gravitacional.

É importante destacar que levaremos em consideração apenas os casos em que o ar é o fluido em questão e o objeto se assemelhe com uma bola. Nesse caso, o módulo da força de arrasto ou conhecido também como força de resistência do ar F_{res} está relacionado ao módulo da velocidade relativa $\vec{v}$ por meio da equação:

$$F_{res} = \frac{1}{2} C \rho A v^2, \quad (42)$$

C é conhecido através dos experimentos e recebe o nome de coeficiente de arrasto, ρ é a massa específica do ar (massa por unidade de volume) e A é a área da seção reta do corpo.

Se o corpo cai por um tempo suficiente, F_{res} acaba se tornando igual a F_g . Isso significa que $a = 0$ e, portanto, a velocidade do corpo para de aumentar. O corpo passa, então, a cair com velocidade constante, a chamada velocidade terminal v_t . Sendo $P = mg$ e para determinar v_t , fazemos $a = 0$ na Eq. (42) e substituímos o valor de F_{res} .

$$\frac{dp}{dt} = mg - \frac{1}{2} C \rho A v_t^2 \quad (43)$$

$$m \frac{dv_t}{dt} = mg - \frac{1}{2} C \rho A v_t^2 \quad (44)$$

Para um regime estacionário, $a = (dv_t/dt) = 0$, temos:

$$m \cdot 0 = mg - \frac{1}{2} C \rho A v_t^2 \quad (45)$$

$$0 = mg - \frac{1}{2} C \rho A v_t^2 \quad (46)$$

$$0 = mg - \frac{1}{2} C \rho A v_t^2 \quad (47)$$

$$\frac{1}{2} C \rho A v_t^2 = mg \quad (48)$$

$$v_t = \sqrt{\frac{2mg}{C \rho A}} \quad (49)$$

4.3.2 Modelo Quadrático: Força Proporcional ao Quadrado da Velocidade

Para velocidades mais altas precisamos analisar a força proporcional ao quadrado da velocidade, então, força de resistência do ar é melhor descrita como:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv^2 \quad (50)$$

Dividindo por m :

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m} v^2 \quad (51)$$

Chamando $k = \frac{c}{m}$, temos:

$$\frac{dv}{dt} = g - kv^2 \quad (52)$$

Integrando desde a velocidade zero até a velocidade $v(t)$ no tempo, temos:

$$\int_0^{v(t)} \frac{dv}{g - kv^2} = \int_0^t dt \quad (53)$$

Teremos como resultado da integral:

$$\frac{1}{\sqrt{gk}} \tanh^{-1} \left(\sqrt{\frac{k}{g}} v \right) = t \quad (54)$$

Substituindo os limites:

$$\frac{1}{\sqrt{gk}} \left[\tanh^{-1} \left(\sqrt{\frac{k}{g}} v(t) \right) - 0 \right] = t \quad (55)$$

$$\tanh^{-1} \left(\sqrt{\frac{k}{g}} v(t) \right) = \sqrt{gk} t \quad (56)$$

Tendo a solução para $v(t)$ aplicando a função tangente hiperbólica:

$$\sqrt{\frac{k}{g}} v(t) = \tanh(\sqrt{gk} t) \quad (57)$$

$$v(t) = \sqrt{\frac{g}{k}} \tanh(\sqrt{gk} t) \quad (58)$$

A velocidade terminal temos quando o $t \rightarrow \infty$, $\tanh(x) \rightarrow 1$, então:

$$v_t = \sqrt{\frac{g}{k}} = \sqrt{\frac{mg}{c}} \quad (59)$$

Portanto, no modelo quadrático, a velocidade terminal depende da raiz quadrada da razão entre o peso e o coeficiente de resistência.

A presença do termo exponencial no modelo linear ou da tangente hiperbólica no modelo quadrático demonstra que o corpo acelera cada vez menos até atingir uma velocidade constante. A resistência do ar impede o aumento indefinido da velocidade e estabelece um limite físico – a velocidade terminal.

No instante em que:

$$mg = F_r \Rightarrow a = 0 \quad (60)$$

Assim, o corpo entra em movimento uniforme. Ambos os modelos mostram como a resistência do ar atua como um mecanismo de dissipação, e são cruciais para a descrição realista de movimentos verticais.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, será apresentada a Unidade Didática intitulada “Tubo de Vento”, bem como a Sequência Didática associada a esse recurso. A proposta consiste em uma sequência de aulas que utiliza o tubo de vento com o objetivo de abordar o fenômeno da resistência do ar em objetos em movimento descendente.

Esse produto educacional foi elaborado e desenvolvido para aplicação em sala de aula, atendendo a um dos requisitos obrigatórios para a conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Todas as imagens e materiais apresentados neste trabalho são de autoria própria.

Tanto o tubo de vento quanto a sequência didática constituem recursos que auxiliam o professor no ensino do fenômeno da resistência do ar. Ao longo deste capítulo, será apresentado um manual contendo os materiais necessários e o passo a passo para a construção do tubo de vento. Além disso, será descrita a sequência de aulas proposta, organizada de forma a orientar o professor na aplicação da atividade, com o objetivo de oferecer uma ferramenta pedagógica que contribua para o processo de ensino e aprendizagem no contexto do ensino de Física.

5.1 UNIDADE DIDÁTICA – TUBO DE VENTO

O Tubo de Vento é um equipamento construído de forma autoral que projeta um fluxo de ar para cima através de um tubo transparente, com o objetivo de equilibrar uma bolinha de desodorante *roll-on* em seu interior. A máquina foi montada a partir de materiais simples, já existentes ou adaptados, o que facilita sua reprodução em ambientes escolares. Entre os principais componentes utilizados estão um secador de cabelo, uma caixa organizadora de plástico fosco e lâminas de projeção.

Quando o equipamento está em funcionamento e a bolinha permanece equilibrada no interior do tubo devido ao fluxo de ar ascendente, torna-se possível observar e discutir diferentes conceitos físicos. Esse experimento permite analisar, por exemplo, o equilíbrio entre forças, a ação da gravidade e a força de resistência do ar, favorecendo a compreensão de como esses fatores atuam sobre corpos em movimento em um fluido. Dessa forma, o tubo de

vento se apresenta como um recurso experimental que possibilita a visualização e a investigação de fenômenos relacionados à dinâmica dos corpos.

5.1.1 Materiais Utilizados

Segue abaixo uma tabela que apresenta os materiais e as ferramentas utilizadas para a construção do Tubo de Vento. Ressalta-se que essa lista pode sofrer variações, de acordo com a disponibilidade de materiais ou com adaptações feitas por quem realizará a montagem do equipamento. A Tabela 1 apresenta os materiais utilizados e suas respectivas quantidades para a construção do tubo de vento.

Tabela 1 - Lista dos materiais e quantidades para o Tubo de Vento

Quantidade	Materiais	Descrição
01	Secador de cabelo.	Tensão 110V ou 220V. Potência entre 1000W e 2000W. Frequência 50/60Hz.
03	Folhas para visor de projetor.	Folha Acetato / PET Cristal Transparente. Dimensões: 46cm comprimento x 32cm largura x 0,2mm espessura.
06	Bolinhas de desodorante roll-on.	Plástico não maciça, contidas em desodorante roll-on de qualquer fabricante. Diâmetro 3,0cm.
01	Caixa organizadora.	Plástico e opaca. Dimensões: 55,0cm largura x 45,0cm comprimento x 35,0cm altura e com tampa fixadora.
01	Adaptador metálico	Ferro galvanizado, 3,0cm base x 1,5cm altura. Contém um furo em cada extremidade para fixação de parafuso e porca.
02	Parafusos com porcas	Parafuso, porcas e arruelas que se enrosque e passem pelos furos 1/4 x 5/8, (Variável de acordo com a

		necessidade de adaptação).
01	Interruptor.	Botão chave redondo, liga desliga, tipo gangorra, 2 pinos 15mm. Capacidade: 3,0 A e 220V.
01	Dimmer.	Controle giratório com click on/off. Capacidade: 3,0 A e 220V. Dimensões 12,0cm altura x 7,0cm largura x 5,0 profundidades.
01	Anemômetro.	Instrumento para medir velocidade do vento, de 0,3 a 30 m/s.
01	Balança de precisão.	Instrumento de medição de massa (g), precisão de 0,1g à 5,0 kg.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.1.2 Montagem e Funcionamento

O Tubo de Vento possui um princípio de funcionamento relativamente simples. Seu principal objetivo é direcionar o fluxo de ar fornecido por um secador de cabelo para cima, criando uma corrente de ar capaz de sustentar objetos leves no interior do tubo. Para isso, foi necessário pensar em uma estratégia de montagem que atendesse a essa função e, ao mesmo tempo, apresentasse uma boa estética. Ressalta-se que os materiais utilizados e suas medidas podem ser modificados e ajustados, de acordo com a realidade e as necessidades do professor que desejar construir o equipamento.

A caixa organizadora, apresentada na

Figura 2, tem a função de acomodar o secador de cabelo, que é fixado no fundo da caixa. Além disso, ela permite ocultar o próprio secador e o circuito elétrico utilizado, contribuindo para uma melhor organização e para uma aparência mais adequada do equipamento.

Figura 2 - Caixa organizadora de PVC (55cm x 45cm x 35cm)

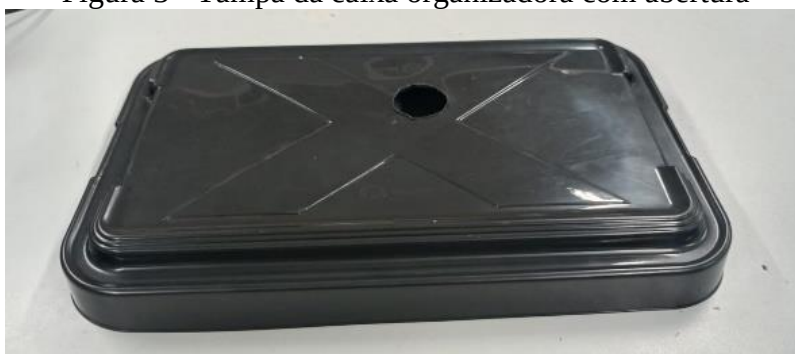


Fonte: Acervo pessoal do autor.

Foram realizados furos na parte inferior da caixa organizadora para permitir a entrada de ar. Além disso, foi feita uma abertura na tampa, com aproximadamente 5 cm (cinco centímetros) de diâmetro, destinada à saída do ar e ao encaixe do tubo confeccionado com folhas de projeção, conforme ilustrado na Figura 3.

Essa abertura deve ser ligeiramente maior do que a saída de ar (bocal) do secador de cabelo. Como existem diferentes modelos de secadores, essa medida pode variar, sendo necessário que o professor ou responsável pela montagem avalie previamente o tamanho adequado para realizar a abertura de forma correta.

Figura 3 - Tampa da caixa organizadora com abertura



Fonte: Acervo pessoal do autor.

O secador de cabelo, Figura 4, foi instalado e fixado centralizadamente no fundo da caixa organizadora com parafusos, porcas e arruelas com a saída de ar (boca) para cima com um ângulo de 90° em relação ao fundo da caixa, alinhado com a abertura feita na tampa.

Figura 4 – Secador de cabelo bivolt



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A adaptação descrita foi feita em uma alça existente nesse modelo de secador, Figura 5. É preciso entender que essa fixação pode ser feita de outro modo se adaptando com os modelos e tipo de secadores.

Figura 5 - Adaptador em “L”



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A caixa organizadora foi utilizada para fazer a instalação de botões que facilitam o manuseio do Tubo de Vento. Os dispositivos On/off e Dimmer, que estão dispostos na Figura 6, foram instalados na lateral da caixa. O botão On/off abre e limita a corrente elétrica dentro

da caixa, evitando que o secador fique energizado. Podemos considerar que esse botão é um sistema de segurança, pois previne choques elétricos e curto-circuito na manipulação.

Figura 6 - Botão On/Off (acima) e Dimmer (abaixo)



Fonte: Acervo pessoal do autor.

O botão Dimmer também possui um sistema de on/off, que ao girar totalmente no sentido anti-horário desliga o circuito elétrico que pode ser percebido com um click e no sentido horário se atinge a potência máxima do secador. Porém sua principal função é variar a quantidade de corrente elétrica no circuito variando assim, a velocidade do vento na saída do tubo. Então, ver na Figura 7 os fios que fazem a ligação desses botões.

Figura 7 - Arranjo técnico para o Dimmer e botão On/Off



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A Tabela 2 a seguir, mostra o sentido de giro do Dimmer para o controle da corrente elétrica e assim, regulando a velocidade do ar na saída do tubo. Ao girar o botão do Dimer no

sentido horário podemos extrair toda a potência do secador fazendo lançar o ar na sua velocidade máxima. Ao girar o botão do Dimmer no sentido anti-horário o fluxo de ar é diminuído, se continuar no sentido anti-horário é possível ouvir um click e isso significa que a máquina foi desligada.

Tabela 2 - Orientação de giro do botão do Dimmer

Sentido de giro	Corrente elétrica	Fluxo da velocidade do ar na saída do secador
Horário	aumento	aumento
Anti-horário	diminuição	diminuição

Fonte: Acervo pessoal do autor.

Com a máquina de Tubo de Vento quase pronta, observe a Figura 8 e o secador instalado na caixa com a saída de ar apontada para cima com o ângulo no valor de 90° com o fundo da caixa. Ao fechar a caixa com a tampa o secador fica perfeitamente escondido. Para atingir esse propósito, é indicado utilizar uma caixa não transparente. A ideia é não expor o secador nem o circuito elétrico aos alunos. Pois isso, talvez, chamaria a atenção desnecessária e tiraria o foco dos alunos quanto ao conteúdo abordado.

Figura 8 - Secador preso no fundo da caixa organizadora



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A

Figura 9 a seguir, mostra a caixa organizadora de perfil, facilitando a visualização da ponta (boca) do secador de cabelo passando dos limites da tampa da caixa. Para o esquema, essa ponta facilitou o encaixe do tudo de folhas de visor e a própria tampa da caixa.

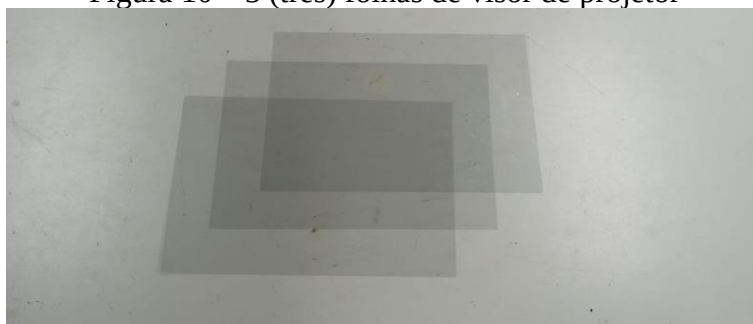
Figura 9 - Caixa organizadora. Visão lateral



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Uma vez que a caixa e a fonte de ar estejam montados, o próximo passo consiste na construção do tubo a partir da utilização de lâminas de projeção. As três folhas de projeção utilizadas, Figura 10 são transparentes e têm formato retangular.

Figura 10 – 3 (três) folhas de visor de projetor



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Para tal produção, é necessário apoiar as folhas em uma mesa de modo que fiquem alinhadas no comprimento e, em seguida, fixá-las com fita adesiva para atingir o maior comprimento como mostra na Figura 11.

Figura 11 – Folha de visor unidas com fita



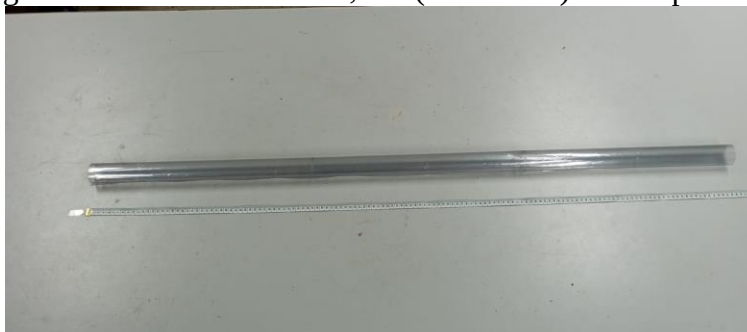
Fonte: Acervo pessoal do autor.

Com habilidade e cuidado, as folhas de projeção foram enroladas até formar um tubo longo e linear. É importante que, durante a construção, as emendas feitas com fita adesiva sejam discretas, pois qualquer vinco ou protuberância pode interferir na passagem do ar e dificultar o equilíbrio das bolinhas no interior do tubo.

Esse tubo pode ser substituído por outro material, desde que seja transparente, para permitir a visualização da bolinha de desodorante *roll-on* em suspensão, e suficientemente rígido para evitar que se dobre ou colapse durante o uso.

Na Figura 12, apresenta-se o tubo ao lado de uma fita métrica para referência de tamanho. O tubo utilizado possui aproximadamente 1,5 m (um metro e meio) de comprimento, podendo ter seu tamanho reduzido ou ampliado conforme a necessidade ou as adaptações realizadas para garantir o adequado funcionamento do equipamento

Figura 12 – Tubo de vento. 1,5 m (um e meio) de comprimento



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Com o tubo construído, podemos fazer as conexões das três partes: o tubo, a tampa e o secador. Todos eles na caixa organizadora. Se preciso for, adapte reabrindo ou colocando calços para que os três fiquem firmes com o tubo nivelado apontando para cima. A Figura 13 mostra a união do tubo na tampa e depois mostra o encaixe do tudo com a ponta do secador bem fixados pela abertura da tampa.

Figura 13 – Tubo conectado à tampa da caixa.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Para finalizar, a seguir observa-se na Figura 14, o tubo de vento finalizado e preparado para uso. O comprimento do tubo pode variar de acordo com a necessidade do profissional que o confecciona. Porém, alguns cuidados devem ser observados: O tubo não pode ser grande demais ao ponto de encostar ou quase encostar no teto da sala; assim como não pode ter uma espessura pequena demais para que a bolinha de desodorante não fique presa.

Figura 14 – Máquina de tubo de vento



Fonte: Acervo pessoal do autor.

5.1.3 Bolinhas de desodorante roll-on

As bolinhas de desodorante roll-on, Figura 15, devem ficar equilibradas dentro do Tudo de Vento devido ao ar que é expelido pelo secador de cabelo. O motivo do uso dessas bolinhas é que elas são leves e têm um formato uniforme esférico. Elas não são maciças e isso é extremamente útil pois permite a variação da massa dessas bolinhas, visto que quanto maior a massa maior terá que ser a velocidade do vento na saída do tubo.

Figura 15 – Bolinha de desodorante roll-on.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A água foi utilizada como recurso para promover a variação da massa das bolinhas. Para inserir o líquido em seu interior, foi necessário realizar um pequeno furo em cada bolinha com o auxílio de uma agulha de seringa. Esse procedimento exige cuidado, habilidade e paciência, a fim de evitar acidentes durante a perfuração.

Ressalta-se que não é necessário perfurar uma das bolinhas, pois uma delas será utilizada vazia, sem adição de água. Essa bolinha corresponde à de menor massa e será a primeira a ser utilizada nos lançamentos dentro do tubo, iniciando a sequência experimental. Com cuidado, a água foi inserida gradualmente nas demais bolinhas, que foram pesadas em uma balança com o objetivo de atingir valores específicos de massa. Observando a

Figura 16, nota-se que a balança registra uma massa de 3,8 g para a bolinha 1, que não contém água. Na mesma balança, foi medida uma massa de 5,0 g para a bolinha 2, parcialmente preenchida com água.

A partir desse procedimento, foram realizadas novas medições para as bolinhas seguintes, obtendo-se aproximadamente as seguintes massas: 10 g, 15,0 g, 20,0 g e 22,5 g para as bolinhas 3, 4, 5 e 6, respectivamente. A última bolinha corresponde ao limite máximo de água que pôde ser inserido em seu interior.

Figura 16 – Balança de precisão medindo massa das bolinhas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após o preenchimento de cada bolinha, recomenda-se registrar em sua superfície externa o valor da massa correspondente. Uma alternativa para facilitar a identificação é pintar as bolinhas com cores diferentes ou numerá-las em sequência.

Depois da inserção de água em cada uma das esferas, também é recomendável aplicar uma pequena quantidade de cola para cano no local do furo, a fim de vedá-lo e evitar vazamentos durante o uso. Esse procedimento é importante, pois o vazamento de água pode atingir o secador de cabelo e comprometer o funcionamento do equipamento.

Para melhorar a organização do experimento, foi elaborada uma tabela com sugestões de massas a serem utilizadas no tubo de vento. Nessa tabela, as bolinhas de desodorante roll-on são apresentadas em ordem crescente, tanto em relação à numeração quanto ao valor de suas respectivas massas. Veja a Tabela 3.

Tabela 3 – Valores das massas (g) das bolinhas

Bolinha	Bolinha 1 (apenas com ar)	Bolinha 2	Bolinha 3	Bolinha 4	Bolinha 5	Bolinha 6 (máxima capacidade de água)
Massa(g)	3,8g	5,0g	10,0g	15,0g	20,0	22,5g

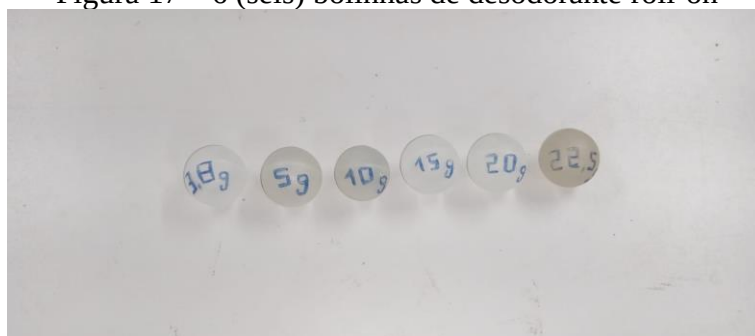
Fonte: Elaborada pelo autor.

As marcas de desodorante roll-on podem apresentar bolinhas com tamanhos diferentes. Utilizar esferas com capacidades volumétricas distintas em uma mesma sequência experimental pode gerar discrepâncias nos dados coletados. Isso ocorre porque uma bolinha com menor volume possui também uma menor área de contato com o ar, exigindo uma velocidade maior do fluxo de ar para se manter equilibrada dentro do tubo, quando comparada a outra bolinha de mesma massa, porém com maior área de contato.

Por esse motivo, é importante observar esse detalhe, garantindo que todas as bolinhas utilizadas possuam aproximadamente a mesma dimensão volumétrica. Uma alternativa para padronizar o volume das esferas é substituir as bolinhas de desodorante por bolinhas de tênis de mesa (*ping-pong*), que apresentam dimensões mais uniformes.

A quantidade de bolinhas utilizadas no experimento pode variar de acordo com o planejamento do professor. Neste trabalho, foram utilizadas seis unidades, as quais podem ser observadas na Figura 17.

Figura 17 – 6 (seis) bolinhas de desodorante roll-on



Fonte: Acervo pessoal do autor.

5.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA - PLANOS DE AULAS

A produção de uma sequência didática representa um recurso importante no processo de ensino e aprendizagem, pois permite ao professor organizar de forma clara e estruturada os conteúdos a serem abordados, bem como as metodologias que serão utilizadas com os alunos em sala de aula. Esse tipo de organização favorece uma aprendizagem mais significativa, possibilitando que o estudante avance gradualmente em seus conhecimentos e no desenvolvimento de habilidades.

Segundo Vygotsky (1998), o aprendizado humano é potencializado pela interação social e pelas mediações realizadas no ambiente escolar, o que torna fundamental a organização de atividades pedagógicas que favoreçam o desenvolvimento das funções

cognitivas superiores. Nesse sentido, a sequência didática, ao propor etapas estruturadas de aprendizagem, contribui não apenas para a sistematização dos conteúdos, mas também para o fortalecimento da relação entre teoria e prática, ampliando as possibilidades de compreensão por parte dos estudantes.

5.2.1 Metodologia

Essa Sequência Didática (SD) foi produzida para contemplar 8 (oito) aulas de 50 (cinquenta) minutos cada. A padronização foi realizada para facilitar o entendimento da aplicação. Abaixo, na Tabela 4, está disposta as características da SD.

Tabela 4 - Discriminação das características da sequência didática

Objetivos	Desenvolver uma atividade prática para auxiliar o professor de Física e ensinar sobre o assunto resistência ar.
Local de aplicação	Sala de aula e sala de computação.
Público-alvo	Alunos da primeira série do Ensino Médio.
Teoria de aprendizagem	Teoria Sociocultural de Vygotsky.
Estrutura didática	Oito encontros de cinquenta minutos cada.
Conteúdo	Mecânica; Leis de Newton; Movimento de queda de objetos sob a influência do ar; Resistência do ar e coeficiente de arrasto.
Recursos didáticos	Quadro branco, caneta e apagador, papel, lápis e borracha. Máquina de tubo de projeção de ar previamente construído. Bolinhas de desodorante. Balança de precisão. Anemômetro. Computadores.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Cada uma das 8 (oito) aulas seguiram um esquema semelhante com o da tabela acima. As aulas foram divididas entre 3 (três) e 6 (seis) “partes” para separar momentos específico de cada encontro. O tempo é determinante para a organização lógica e cronológica da sua aplicação

Então a ordem de produção de cada aula dessa SD é a seguinte:

- Uma tabela que mostra o número da aula, suas partes, suas descrições e a sua duração de cada parte. Figura 18;
- Uma sequência separada por tópicos que mostra o objetivo geral, específico, os recursos necessários e a duração total da aula. **Erro! Fonte de referência não encontrada.**;
- O detalhamento das “partes” da aula. Figura 20.

A Figura 18 a seguir mostra um exemplo da primeira informação disposta na SD, que é uma tabela que fornece uma visão geral ao professor.

Figura 18 – Tabela do produto Educacional na Sequência Didática.

Tabela 12 – Duração, e descrição das partes da aula 6

Aula	Parte	Descrição	Duração
Aula 6	Parte 1	Introdução: Apresentação do Tubo de vento e formação de grupos de alunos.	5 minutos
	Parte 2	Preparando o Tubo de vento, anemômetro e balança de precisão.	5 minutos
	Parte 3	Pesando as bolinhas de Rollo n.	5 minutos
	Parte 4	Medindo as velocidades do ar para cada bolinha.	10 minutos
	Parte 5	Calculando a constante K.	25 minutos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Fonte: Acervo pessoal do autor.

Esse padrão facilita a visualização do cronograma e auxilia positivamente o professor aplicador. A intenção dessa tabela é que o profissional veja de modo geral como será aquela aula. A seguir, na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, podemos ver que é mostrado ao professor uma ordem que discrimina informações que abrangem especificamente o universo dessa aula. Essa ordem é seguida por todas as outras aulas da SD.

Figura 19 - Recorte da Sequência didática do Produto Educacional.

Objetivos geral:

- Aprender a segunda lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica ($F=mg$).
- Responder exercício 3 (apêndice E).

Objetivo específico

- Apresentar a segunda lei de Newton.
- Relacionar com situações do dia a dia.
- Utilizar a equação $F=mg$ em exercícios.
- Diferenciar peso e massa.
- Aplicar Exercício 3. (apêndice E).

Recursos necessários:

- Lápis e borracha.
- Quadro branco.
- Exercício 3. (Apêndice E).

Duração:

- 50 minutos.

Fonte: Acervo pessoal do autor.

A seguir, apresenta-se ao leitor a descrição detalhada das partes em que as aulas foram divididas. Essa descrição tem como objetivo oferecer uma previsão da organização de cada aula, facilitando o planejamento e a condução das atividades. Um recorte desse modelo pode ser observado na Figura 20.

Trata-se de uma sugestão de estrutura para a gestão das aulas, funcionando como um guia orientador para os professores que desejarem aplicar essa sequência didática. Contudo, esse roteiro não deve ser entendido como uma estrutura rígida. O professor possui total autonomia para modificar e adaptar as propostas apresentadas, considerando a realidade da escola, do docente e dos estudantes.

Figura 20 - Trecho da Sequência Didática: “partes”.

• 50 minutos. Estrutura da aula 6: A aula 6 será dividida em 3 partes. Parte 1 – Introdução: Apresentação do Tubo de vento e formação de grupos de alunos (5 minutos) • Iniciar a aula explicando que será utilizado um recurso didático, em seguida apresentar o Tubo de vento, as bolinhas a serem lançadas e todos os materiais necessários para medição e registro do fenômeno. • Formar duplas ou trios de alunos. • Certificar que os alunos ou os grupos de alunos portam a Ficha de tabulação de dados. Parte 2 - Preparando o Tubo de vento, anemômetro e balança de precisão (5 minutos). • Coloque o Tubo de vento no chão ou em uma cima de uma mesa firme e bem nivelada. • Posicione Anemômetro próximo a saída de ar do Tubo, coloque o botão liga-desliga na posição ligar, em seguida gire o Dimmer botão abaixo gradativamente até a máxima, o objetivo desse processo é certificar que o Tubo de vento e o anemômetro estão funcionando corretamente. • Apoie a balança de precisão em uma superfície firme e nivele e conecte o plug na	Parte 4 - Medindo as velocidades do ar para cada bolinha (10 minutos). • Ligue o Tubo de vento. Não é necessário utilizar as chaves de aumento de temperatura oferecido pelo sistema de aquecimento secador de cabelo. • Regule a velocidade do vento, girando o Dimmer, em uma medida que a bolinha 1 fique flutuando no topo do tubo. • Lentamente gire o Dimmer no sentido anti-horário diminuindo a potência da máquina até que a bolinha comece entrar no tubo. • Regule a potência da máquina até que a bolinha fique perfeitamente parada, flutuando em qualquer altura dentro do tubo. É importante que ela atinja uma altura estável independentemente se está girando ou não. • Lembre que a bolinha parada dentro do tubo representa a velocidade terminal mencionada na aula 4. • Segure o Anemômetro próximo a saída de ar na parte superior do tubo e aguarde até que a velocidade marcada no anemômetro fique estável. • Oriente os alunos a anotarem na ficha de tabulação de dados (apêndice G) a velocidade do ar informada no anemômetro. • Repita esse processo com as bolinhas 2, 3, 4, 5 e 6, pedindo para os alunos não esquecerem de anotar os valores das velocidades registradas no Anemômetro na ficha de tabulação de dados. Parte 5 - Calculando a constante K (25 minutos)
--	---

Fonte: Acervo pessoal do autor.

5.2.2 Avaliação de Desempenho dos Alunos com Base nos Questionário I e Questionário II

As principais avaliações de desempenho dos alunos que participarem da aplicação do Produto Educacional serão realizadas por meio da utilização de dois questionários. Cada um deles contém 10 (dez) questões objetivas, com 5 (cinco) alternativas cada, abordando os conteúdos trabalhados ao longo da Sequência Didática, especialmente os conceitos relacionados à resistência do ar e aos princípios físicos envolvidos nesse fenômeno.

As perguntas e alternativas do Questionário I (QI) e do Questionário II (QII) são idênticas e seguem a mesma ordem. O que diferencia os dois instrumentos é o momento em que são aplicados. O Questionário I está planejado para ser aplicado na primeira parte da primeira aula da Sequência Didática, tendo como objetivo realizar um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema.

Nesse momento inicial, é esperado que muitos alunos ainda não apresentem um alto desempenho, uma vez que os conteúdos ainda não foram trabalhados em sala de aula. Na Figura 21, é possível observar o cabeçalho e as primeiras questões do Questionário I.

Figura 21 – Parte do Questionário I (QI)

58

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA	
	Aula 01	
	Questionário I	
	Série/Turma: _____	Turno: _____
	Data: ____/____/____	
	Professor: _____	
	Componente curricular: _____	
	Aluno: _____	

INSTRUÇÕES
 Responda o questionário A sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores).
 Entregue esse questionário ao professor ao final da aula.

QUESTIONÁRIO I

QUESTÃO 1. O que estabelece a Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia?

a) ☐ Todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso e todo corpo em movimento tende a permanecer em movimento, salvo se uma força externa agir sobre ele.

b) ☐ A força resultante sobre um corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração.

c) ☐ Para toda ação, existe uma reação de igual intensidade, mesma direção e sentido oposto.

d) ☐ A aceleração é diretamente proporcional à força aplicada.

e) ☐ O peso de um corpo depende apenas da massa.

Fonte: Acervo pessoal do autor.

O segundo questionário foi planejado para ser aplicado na última aula da Sequência Didática, antes da realização do questionário avaliativo final. Ele apresenta exatamente as mesmas perguntas e alternativas do Questionário I (QI), de forma intencional. Nesse

momento, após a realização de todas as aulas e a abordagem dos conteúdos previstos, espera-se que o desempenho dos estudantes seja superior ao obtido na primeira aplicação.

Após o preenchimento pelos alunos, os questionários serão recolhidos para correção e posterior comparação entre os resultados do QI e do QII. A partir dessa comparação, será possível realizar análises mais detalhadas do desempenho dos estudantes, incluindo a elaboração de gráficos que auxiliem na interpretação dos dados. Os resultados dessa análise são apresentados no Capítulo 7 deste trabalho.

Além disso, para complementar o conteúdo das aulas e reforçar o processo de aprendizagem, foram elaborados quatro exercícios, destinados aos estudantes ao final das aulas 2, 3, 4 e 5. Esses exercícios têm como objetivo consolidar os conceitos discutidos em sala e estimular a reflexão dos alunos sobre os temas abordados. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um recorte de um dos exercícios produzidos para aplicação durante as aulas.

Figura 22 - Recorte de um dos Exercícios

INSTRUÇÕES
Responda o exercício com base na aula que acabou de acontecer sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores).

QUESTÕES

QUESTÃO 1. O que a Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia, afirma sobre um objeto em repouso?

a) ☐ Ele permanece em repouso até que a resultante das forças seja diferente de zero seja aplicada no sistema.

b) ☐ Ele entra em movimento espontaneamente.

c) ☐ Ele muda de direção por si mesmo.

d) ☐ Ele aumenta sua velocidade automaticamente.

e) ☐ Ele não responde a nenhuma força.

QUESTÃO 2. Quando um carro freia bruscamente, os passageiros tendem a ser lançados para frente. Isso ocorre devido:

a) ☐ À ação de uma força que empurra para frente.

Fonte: Acervo pessoal do autor.

Para esses exercícios, foram elaboradas 5 (cinco) questões objetivas, cada uma com 4 (quatro) alternativas, abordando diretamente os conteúdos trabalhados na aula correspondente. Dessa forma, busca-se reforçar os conceitos discutidos em sala e verificar a compreensão dos estudantes sobre os temas apresentados.

Os gabaritos, ilustrados na

Figura 23, estão disponíveis no Anexo J do Produto Educacional, podendo ser consultados para facilitar e agilizar o processo de correção. Esses gabaritos contemplam o Questionário I (QI), o Questionário II (QII) e os Exercícios 1, 2, 3 e 4.

Figura 23 - Recorte dos Gabaritos

83

Apêndice J – Gabaritos

GABARITO – QUESTIONARIO I

1. a	2. c	3. b	4. e	5. c	6. a	7. b	8. c	9. b	10. a

GABARITO – QUESTIONÁRIO II

1. a	2. c	3. b	4. e	5. c	6. a	7. b	8. c	9. b	10. a

GABARITO – EXERCÍCIO 1

1. a	2. b	3. e	4. c	5. d

GABARITO – EXERCÍCIO 2

1. c	2. a	3. b	4. b	5. d

GABARITO – EXERCÍCIO 3

1. c	2. b	3. d	4. e	5. c

GABARITO – EXERCÍCIO 4

1. c	2. d	3. b	4. c	5. b

Fonte: Acervo pessoal do autor.

5.2.3 Questionário Avaliativo (QA)

O Questionário Avaliativo (QA) é composto por 10 (dez) questões objetivas, cada uma com 4 (quatro) alternativas, que abordam aspectos relacionados às aulas e à metodologia aplicada pelo professor durante a sequência didática.

Esse questionário tem como objetivo fornecer ao docente um instrumento de avaliação da própria sequência didática utilizada. Dessa forma, funciona como um feedback proveniente da percepção dos estudantes, permitindo analisar como eles compreenderam e avaliaram as atividades desenvolvidas.

Esse material é fundamental para a realização de possíveis ajustes e melhorias no produto educacional, uma vez que a percepção dos alunos pode revelar aspectos que, por vezes, passam despercebidos pelo professor durante o processo de elaboração ou aplicação das aulas.

Na Figura 24, apresentada a seguir, é possível observar um recorte do Questionário Avaliativo, mostrando parte do cabeçalho e algumas das perguntas iniciais.

Figura 24 - Recorte do Questionário Avaliativo

LOGO DA ESCOLA		Questionário Avaliativo	
		Série/Turma: _____	Turno: _____
		Data: ____/____/____	
		Professor: _____	
		Componente curricular: _____	
		Aluno: _____	
INSTRUÇÕES			
Responda o Questionário Avaliativo em sala de aula. Entregue esse questionário ao professor ao final da aula.			
QUESTIONÁRIO AVALIATIVO			
QUESTÃO 1. Você achou o tema das aulas interessante?			
a) ☐ Muito interessante. b) ☐ Interessante. c) ☐ Pouco interessante. d) ☐ Nada interessante.			
QUESTÃO 2. As explicações do professor foram claras?			
a) ☐ Sempre claras. b) ☐ Na maioria das vezes claras. c) ☐ Às vezes confusas. d) ☐ Sempre confusas.			
QUESTÃO 3. As atividades práticas ajudaram a entender melhor o conteúdo?			
a) ☐ Ajudaram muito. b) ☐ Ajudaram um pouco. c) ☐ Não ajudaram muito. d) ☐ Não ajudaram em nada.			

Fonte: Acervo pessoal do autor.

É importante destacar que o estudante tem a liberdade de optar por permanecer anônimo, caso assim deseje, ao responder o Questionário Avaliativo. Essa possibilidade contribui para que os alunos se sintam mais à vontade para expressar suas opiniões de forma sincera, sem receio de qualquer tipo de constrangimento ou represália.

Neste trabalho de dissertação também foi elaborada uma sequência de gráficos referente à aplicação da proposta em sala de aula. Esses gráficos são acompanhados de análises e conclusões que foram discutidas ao longo do Capítulo 7.

Por fim, a Sequência Didática apresentada neste estudo buscou articular teoria e prática em um processo pedagógico que favoreça o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes de maneira significativa. A organização das atividades em etapas estruturadas amplia as possibilidades de aprendizagem e estimula a participação ativa dos alunos, colocando-os como protagonistas no processo educativo.

Além disso, essa organização didática contribui para que o professor realize uma avaliação contínua do processo de ensino, identificando desafios e ajustando suas estratégias pedagógicas de acordo com as necessidades da turma.

6. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, será apresentada a aplicação do produto educacional desenvolvido nesta pesquisa, voltado ao estudo da resistência do ar em objetos em movimento descendente, direcionado a alunos do Ensino Médio. O objetivo é apresentar ao leitor os principais aspectos do processo de criação, desenvolvimento e implementação da sequência didática, bem como a concepção e utilização do tubo de vento, instrumento experimental central para a realização das atividades propostas.

Inicialmente, será discutida a origem e a evolução da sequência didática e do tubo de vento, descrevendo o percurso desde as ideias iniciais até a definição da forma como esses recursos seriam utilizados em sala de aula. Em seguida, será apresentada a concepção do protótipo do tubo de vento, explicando como o instrumento foi planejado para possibilitar a observação dos efeitos da resistência do ar sobre diferentes objetos, de maneira segura e pedagogicamente adequada.

O capítulo também abordará a construção e a organização da sequência didática, detalhando como as atividades foram estruturadas para favorecer a aprendizagem significativa, estimular a interação entre os estudantes e promover a reflexão sobre os fenômenos físicos investigados. Por fim, será apresentada a descrição das oito aulas que compõem a sequência, destacando os objetivos de cada encontro, os materiais utilizados, as estratégias pedagógicas adotadas e os resultados esperados.

Dessa forma, este capítulo busca oferecer uma visão abrangente sobre o desenvolvimento e a implementação do produto educacional, evidenciando como a articulação entre fundamentação teórica, prática experimental e metodologias ativas pode contribuir para a aprendizagem significativa da Física e para a formação científica dos estudantes.

6.1 MOTIVAÇÃO DA PROPOSTA

O estudo da influência do ar sobre objetos em movimento ainda é pouco explorado nas aulas de Física do Ensino Médio. No entanto, trata-se de um tema relevante e presente em diversas situações do cotidiano, o que justifica sua abordagem com maior ênfase no contexto escolar. Desde o início desta pesquisa, buscou-se articular o rigor acadêmico com a

criatividade prática, de modo que a Sequência Didática proporcionasse aos estudantes uma experiência significativa de aprendizagem sobre a influência da resistência do ar em objetos em queda.

Para investigar os efeitos da resistência do ar em objetos em movimento descendente, tornou-se necessário utilizar um dispositivo apropriado, uma vez que o espaço físico de uma sala de aula comum geralmente não permite a realização de experimentos envolvendo grandes alturas de queda. Nesse contexto, surgiu a ideia de utilizar um tubo de vento, cuja proposta é produzir artificialmente um fluxo de ar ascendente capaz de sustentar objetos leves, permitindo a observação e a análise dos fenômenos envolvidos.

Assim, o tubo de vento foi concebido como um recurso experimental que possibilita ilustrar os fenômenos físicos de maneira mais concreta e visual, favorecendo a compreensão conceitual por parte dos estudantes e aproximando-os de uma abordagem investigativa no ensino de Física. Dessa forma, o experimento contribui para tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, participativo e significativo.

6.2 DO CONCEITO À PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E TESTES DO TUBO DE VENTO

O primeiro grande desafio consistiu em transformar uma ideia teórica em um dispositivo prático que pudesse ser utilizado em sala de aula. Para isso, foram analisados alguns equipamentos capazes de produzir fluxo de ar, como o aspirador de pó e o secador de cabelo. Ambos se mostraram compatíveis com a proposta, por serem relativamente compactos e portáteis. Entretanto, o secador de cabelo foi escolhido por apresentar menor tamanho, maior facilidade de manuseio e custo financeiro inferior quando comparado ao aspirador de pó.

Após a decisão de trabalhar com a resistência do ar, foram analisadas diferentes maneiras de simular esse fenômeno de forma controlada e segura. Entre as possibilidades consideradas, o tubo de vento mostrou-se uma alternativa promissora, pois permite variar a velocidade do ar e possibilita a observação clara de seus efeitos sobre diferentes objetos. Com o auxílio do técnico do laboratório de Física do campus Natal-Central do IFRN, foram discutidas estratégias para acomodar o secador no interior de uma caixa e desenvolver um tubo para conduzir o fluxo de ar.

A construção do tubo de vento teve início com a seleção de materiais acessíveis e de baixo custo, que pudessem ser encontrados com facilidade no comércio local. Para acomodar

o secador, foi utilizada uma caixa organizadora de plástico. No interior dessa caixa, o secador foi fixado na região central por meio de porcas e parafusos. Na tampa da caixa organizadora foi feito um furo com diâmetro compatível com a saída de ar do secador. A partir desse ponto, foi acoplado um tubo com aproximadamente 1,70 m de comprimento, confeccionado com folhas de PVC utilizadas para visor. Essas folhas foram unidas com fitas adesivas e moldadas de modo que o diâmetro do tubo ficasse levemente maior que o da saída de ar do secador.

Também foi necessária uma adaptação no circuito elétrico do equipamento. Foram instalados botões de liga/desliga e um dimmer na lateral da caixa organizadora, facilitando o manuseio do dispositivo e permitindo a variação da velocidade do fluxo de ar gerado pelo secador. Um dos principais desafios nessa etapa foi o controle da estabilidade do fluxo de ar. O secador produzia uma corrente de ar irregular, com zonas de turbulência, o que exigiu ajustes no posicionamento do equipamento e a utilização de difusores internos para suavizar a saída de ar.

Posteriormente, percebeu-se a importância de conhecer a velocidade do ar na saída do tubo para melhor controle das condições experimentais. Para isso, foi utilizado um instrumento denominado anemômetro, responsável por medir a velocidade do vento. A Figura 25 apresenta o equipamento em teste de funcionamento no laboratório de Física do IFRN, instituição que disponibilizou esse instrumento para a realização das atividades previstas na sequência didática.

Figura 25 – Teste do Anemômetro



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A ideia de utilizar bolinhas de desodorante *Roll-on* surgiu rapidamente durante o processo de planejamento do experimento. Essas esferas apresentam um diâmetro

ligeiramente menor que o do tubo de vento, o que permite que se movimentem livremente no interior do dispositivo. Além disso, podem ser facilmente perfuradas, possibilitando a inserção de água em seu interior, com o objetivo de obter esferas com massas diferentes para a realização das atividades experimentais.

Após alguns encontros no laboratório, realizados com o apoio do técnico Jaílson, foram feitos os ajustes finais no equipamento e nos procedimentos experimentais. Com essas adaptações concluídas, o tubo de vento foi finalizado e considerado pronto para ser utilizado na aplicação da sequência didática.

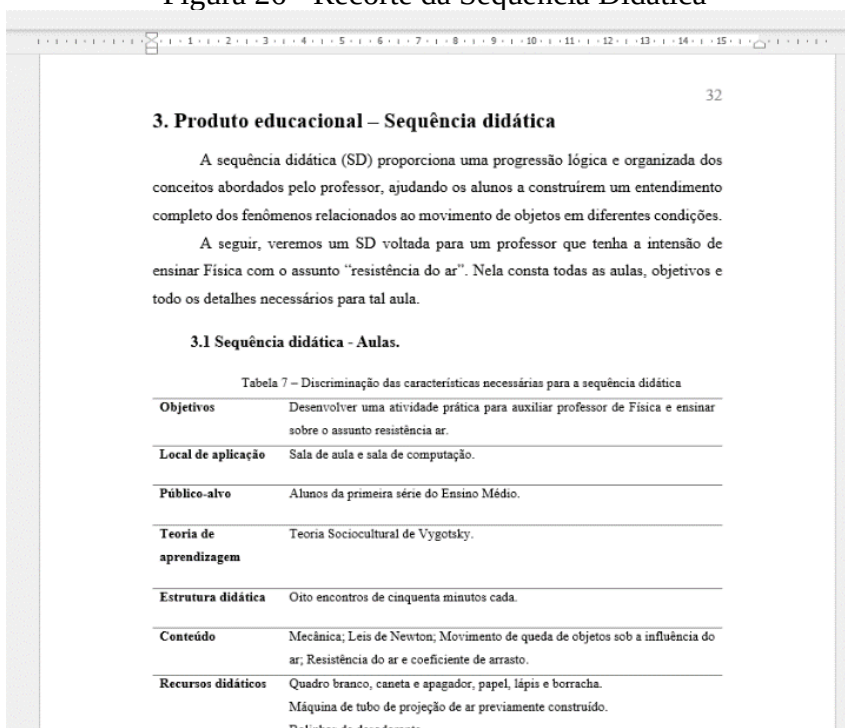
6.3 A CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: ORGANIZAÇÃO E COERÊNCIA PEDAGÓGICA

Paralelamente à montagem do tubo de vento, iniciou-se a estruturação da sequência didática. Inicialmente, foram planejadas 6 (seis) aulas, porém, ao longo do processo de organização do conteúdo e das atividades, percebeu-se a necessidade de ampliar esse número. Dessa forma, foram acrescentadas mais duas aulas, totalizando 8 (oito) encontros de 50 (cinquenta) minutos cada para a aplicação do produto educacional.

A sequência foi elaborada com base nos princípios da aprendizagem significativa, buscando articular teoria e prática de modo que os alunos pudessem observar, descrever, modelar e interpretar fenômenos reais relacionados à resistência do ar. Nesse sentido, as atividades foram organizadas de forma progressiva, favorecendo a construção do conhecimento a partir da interação entre experimentação, discussão e reflexão conceitual.

A Figura 26 apresenta um recorte da sequência didática presente no Produto Educacional.

Figura 26 - Recorte da Sequência Didática



32

3. Produto educacional – Sequência didática

A sequência didática (SD) proporciona uma progressão lógica e organizada dos conceitos abordados pelo professor, ajudando os alunos a construírem um entendimento completo dos fenômenos relacionados ao movimento de objetos em diferentes condições.

A seguir, veremos um SD voltada para um professor que tenha a intenção de ensinar Física com o assunto "resistência do ar". Nela consta todas as aulas, objetivos e todo os detalhes necessários para tal aula.

3.1 Sequência didática - Aulas.

Tabela 7 – Discriminação das características necessárias para a sequência didática

Objetivos	Desenvolver uma atividade prática para auxiliar professor de Física e ensinar sobre o assunto resistência ar.
Local de aplicação	Sala de aula e sala de computação.
Público-alvo	Alunos da primeira série do Ensino Médio.
Teoria de aprendizagem	Teoria Sociocultural de Vygotsky.
Estrutura didática	Oito encontros de cinquenta minutos cada.
Conteúdo	Mecânica; Leis de Newton; Movimento de queda de objetos sob a influência do ar; Resistência do ar e coeficiente de arrasto.
Recursos didáticos	Quadro branco, caneta e apagador, papel, lápis e borracha. Máquina de tubo de projeção de ar previamente construído. Bolinhas de desodorante.

Fonte: Acervo pessoal do autor.

Durante a elaboração das aulas, foi necessário levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos, os objetivos de aprendizagem de cada etapa e a melhor forma de integrar o Tubo de Vento aos experimentos.

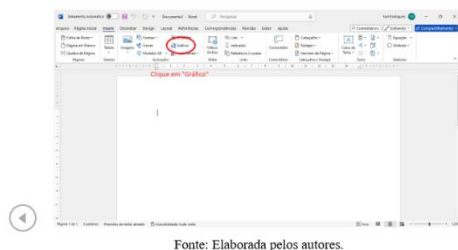
Decidiu-se aplicar um questionário sobre a influência da resistência do ar em objetos em movimento descendente já na primeira aula. O objetivo era identificar o conhecimento prévio dos estudantes e, posteriormente, comparar os resultados com a aplicação do mesmo questionário na última aula, após a implementação completa do produto educacional.

O desafio metodológico consistiu em planejar atividades que não apenas demonstrassem fenômenos físicos, mas que também despertassem a curiosidade dos alunos e estimulassem seu interesse pela investigação científica.

Além dos questionários, foram elaboradas listas de exercícios, fichas de tabulação para registrar os dados coletados durante a observação do Tubo de Vento, instruções passo a passo para a confecção de gráficos no computador e um questionário de avaliação da qualidade da sequência didática após a aplicação. Um recorte da sequência didática está apresentado na

Figura 27. Complementarmente, foram produzidos roteiros de aula, bem como espaços específicos para registro de hipóteses e conclusões dos estudantes, fortalecendo a participação ativa e a reflexão sobre os fenômenos estudados.

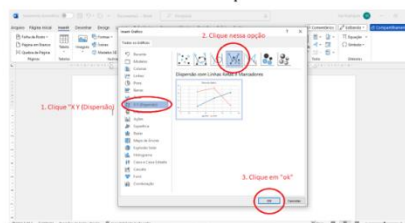
Figura 27 - Captura de tela da ferramenta computacional



Fonte: Elaborada pelos autores.

Passo 3 – Em seguida, clique na opção “X Y (Dispersão)”, depois clique em “Dispersão com Linhas Retas e Marcadores” e depois em “OK”.

Figura 39 – Captura de tela da página em branco oficial do programa Word – momento clicar em “Dispersão” e em “ok”



Fonte: Elaborada pelos autores.

Passo 4 – Surgirá uma nova caixa para inserir os dados. Apague o nome “Valores X” e coloque a palavra “Velocidade (m/s). Em

Fonte: Acervo pessoal do autor.

A validação do conteúdo passou por revisões com o orientador e por simulações com colegas da pós-graduação, que ajudaram a ajustar o tempo das atividades e a linguagem utilizada nas instruções.

6.4 DESCRIÇÃO DAS AULAS

Este capítulo apresenta detalhes do desenvolvimento das 8 (oito) aulas da Sequência Didática (SD). Os relatos aqui descritos refletem a visão do profissional que aplicou as atividades e são fundamentais para análises posteriores. Compartilhar essas experiências educacionais traz benefícios tanto para os alunos, ao aprimorar sua aprendizagem, quanto para o próprio professor, ao possibilitar ajustes e melhorias em futuras aplicações.

O objetivo principal deste capítulo é fornecer ao professor subsídios para se preparar de maneira mais eficaz, desenvolvendo estratégias didáticas adequadas e antecipando possíveis situações adversas no contexto escolar.

No preenchimento do cabeçalho do Questionário I (QI) e do Questionário II (QII), foi solicitado que os alunos informassem seus nomes ou utilizassem pseudônimos. Essa medida permitiu comparar a evolução individual e coletiva no aprendizado, garantindo que cada questionário pudesse ser identificado e analisado em relação ao desempenho do estudante. Ao mesmo tempo, as identidades dos alunos foram mantidas sob sigilo absoluto, evitando qualquer constrangimento ou violação de privacidade.

Além disso, para enriquecer a compreensão do leitor, foram inseridas imagens registrando alguns momentos das aulas. As fotos preservam o anonimato dos alunos, com os rostos borrados, garantindo o respeito ao direito de imagem.

Este capítulo, portanto, cumpre o papel de documentar a prática pedagógica, oferecendo um panorama detalhado da aplicação da SD e fornecendo elementos que permitem reflexões sobre a eficácia das estratégias utilizadas e o engajamento dos estudantes.

6.4.1 Aula 1- Introdução à Força de Atrito do Ar e *Questionário I*

No dia 24 de julho de 2025, quinta-feira, no turno vespertino às 14h40min foi dado início na primeira aula da SD. A turma é da segunda série do Ensino Médio. Dos 34 (trinta e quatro) alunos matriculados na turma, estavam presentes 30 (trinta). A ausência dos quatro (4) alunos não foi justificada. A descrição das atividades da aula 1 é mostrada na

Tabela 5 mais abaixo.

PARTE 1 – (10 minutos) - Introdução: Explicação do tema, objetivo e cronograma das aulas.

Comecei a aula 1 explicando aos alunos o que iria acontecer nas 8 (oito) aulas e que essas aulas seriam divididas em “partes” e que iriam participar voluntariamente de um trabalho final acadêmico do curso de mestrado em Física pela instituição IFRN – Campus central promovida por mim, aluno desse curso de pós-graduação.

Logo em seguida, foi dito o que é uma sequência didática e fiz uma breve explanação de como são os bastidores de uma produção de aula por um professor, onde é necessário ter muito conhecimento teórico e habilidade pedagógica para preparar aulas, visando a melhor aula para se adaptar aos alunos e alinhar com as ideologias da escola.

Posteriormente, falei detalhes de como seria a sequência didática: Exibição do tema, quantidade de aulas, sobre os questionários, exercícios, utilização de um aparato experimental, tabulação de dados e a produção de gráficos para análises em uma sala de computadores.

PARTE 2 – (10 minutos) - Inclusão do aluno ao assunto: Breve introdução e explanação da importância do estudo da resistência do ar.

Por conseguinte, a parte 2 (dois) foi iniciada com uma breve introdução e explanação da importância do estudo da resistência do ar. Nesse momento foi lembrado de como a influência do ar atua em situações importante no nosso dia a dia como esportes, transportes, lazer e natureza, neste caso foram citadas as aves e os animais marinhos que se locomovem em um fluido.

Na continuidade desta aula, alguns alunos aproveitaram o momento para fazer alguns comentários de situações que lhe vieram à memória. Falaram do paraquedista que salta de um avião e que a resistência do ar é fundamental para o pouso seguro. Aproveitei para lembrar a eles que o ar exerce influência sobre um paraquedista desde o momento em que ele salta do avião, tanto antes quanto depois da abertura do paraquedas.

PARTE 3 – (30 minutos) - *Questionário I*: Aplicação e recolhimento.

A terceira parte marcou o encerramento da primeira aula. Nesse momento, aplicamos o *Questionário I*. Como já haviam sido avisados previamente, cada estudante recebeu seu questionário e, em silêncio, concentrados e atentos, responderam às 10 (dez) perguntas

objetivas com 5 (cinco) alternativas. Não utilizaram cadernos, celulares ou qualquer tipo de consulta entre colegas, mostrando comprometimento e seriedade com a atividade.

Os alunos também sabiam que as questões deveriam ser respondidas apenas com os conhecimentos prévios que cada um possuía. Por isso, muitos responderam rapidamente, já que não tinham domínio sobre o assunto e acabaram não dando tanta importância às perguntas cuja resposta desconheciam. Ainda assim, foi possível perceber que alguns estudantes se dedicaram mais, esforçando-se para alcançar o maior número possível de acertos.

O resultado dessas avaliações está no capítulo 7. O *Questionário I* é comparado com o *Questionário II* a fim de fazer as análises comparativa utilizando tabelas e gráficos para facilitar a visualização dos resultados obtidos. Por fim, os questionários foram recolhidos, organizados em ordem alfabética e colocado em uma pasta e posteriormente inserido no banco de dados. O término da aula 1 (um) foi às 15h30min.

Tabela 5 - Descrição das atividades da aula 1

Aula	Parte	Descrição	Duração (minutos)
Aula 1	Parte 1	Introdução: Explicação do tema, objetivo e cronograma das aulas.	10 minutos
	Parte 2	Inclusão do aluno ao assunto: Breve introdução e explanação da importância do estudo da resistência do ar.	10 minutos
	Parte 3	<i>Questionário I</i> : Aplicação e recolhimento.	30 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

6.4.2 Aula 2 – A Primeira Lei de Newton - Inércia

Dando continuidade à SD, a aula 2 (dois) foi iniciada às 15h50min do mesmo dia (24/07/2025) com um breve discurso sobre a história da vida de Isaac Newton. Foi citado o ano e a cidade onde nasceu, o seu apreço sobre o trabalho no campo e sua habilidade com os estudos. A descrição das atividades da aula 2 é mostrada na Tabela 6.

PARTE 1 – (5 minutos) - Introdução: Breve história sobre Isaac Newton

Na primeira parte da aula, o foco era fazer uma introdução história sobre Isaac Newton considerado um dos maiores cientistas da história. Nesse momento, foi apresentada uma breve biografia, destacando sua contribuição para a Física e a Matemática,

Também foi mencionado como foi inserção acadêmica e posteriormente o seu trabalho como professor na própria universidade do que estudou. Também foi dito que, à época, a peste que assolava a região e que representou um dos obstáculos para Newton, entretanto não o suficiente para parar os estudos do qual se dedicava.

PARTE 2 – (30 minutos) - Explicação e discussão da primeira lei de Newton e demonstração do vídeo do youtube.com sobre inércia na prática.

A parte 2 (dois) da segunda aula foi pautada na explicação da primeira lei de Newton (lei da Inércia). Para isso, foi feito uma introdução ao assunto com citação de exemplos: tanto em situação com objetos parados quanto em objetos em movimento retilíneo e uniforme.

Também foram apresentados exemplos para ilustrar a dificuldade que um corpo tem em mudar seu estado de movimento, como a aceleração ou a freada de um carro, além das curvas e a sensação de ser projetado para fora do veículo. Esses exemplos chamaram bastante a atenção dos alunos, que acompanharam com interesse e até compartilharam experiências pessoais relacionadas ao tema, tornando o momento mais participativo e próximo da realidade deles.

Em seguida, foi passado um vídeo sobre o assunto em questão. Esse vídeo foi projetado na tela do quadro por um projetor fixo no teto da sala de aula que, por sua vez, conectado ao meu computador pessoal (note book). Uma captura do vídeo está representada na Figura 28. O título do vídeo é “*Tema 06 - Leis de Newton | Experimento - Inércia ovo em queda*” e tem duração de um minuto e cinco segundos (1:05) e está disponível na plataforma *Youtube.com*.

Figura 28- Imagem 1 do trecho do vídeo do Youtube – ovo suspenso



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esse vídeo se trata de um experimento simples que mostra a dificuldade da mudança de movimento de um sistema em equilíbrio estático onde vê-se um ovo apoiado no topo de um tubo cilíndrico na vertical, que por sua vez, está dentro de uma bacia e em cima de uma jarra com água.

Ao longo da passagem do referido vídeo, uma pessoa puxa a bacia com a mão a uma velocidade considerável, assim desequilibrando todo o sistema. Segue na sequência: A pessoa puxa rapidamente a bacia deslocando consecutivamente a base do tubo, porém, a parte superior do tubo, que apoia o ovo começa a tombar deixando o ovo cair dentro da jarra, ver

Figura 29. O ovo não quebra, pois, impacto é amortecido pela resistência da água.

Figura 29 - Imagem 2 do trecho do vídeo Youtube – ovo na água



Fonte: Elabora pelo autor.

PARTE 3 – (30 minutos) - *Exercício 1*: Distribuição, aplicação e correção.

Então, na parte 3 (três), foi aplicado o *Exercício 1*. Esse exercício foi previamente produzido e está dentro das regras da aplicação da SD. Foram 5 questões objetivas com cinco alternativas que trataram do assunto de Inércia.

Os alunos receberam bem a ideia de responder tais perguntas e se sentiram confortáveis e confiantes nas respostas. Para finalizar a aula, foi dado o gabarito de cada questão e feita as necessárias considerações. O *Exercício 1* é de posse do aluno e não foi recolhido para o banco de dados como planejado. O término da aula 2 (dois) foi às 16h40min.

Tabela 6 - Descrição das atividades da aula 2

Aula	Parte	conteúdo	Duração (minutos)
Aula 2	Parte 1	Introdução: citação de nomes importantes para o desenvolvimento do estudo.	5 minutos
	Parte 2	Explicação e discursão da primeira lei de Newton e demonstração do vídeo do youtube.com sobre inércia na prática.	30 minutos
	Parte 3	Exercício 1 (apêndice C): Distribuição, aplicação e correção do exercício 1.	15 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

6.4.3 Aula 3 – Terceira Lei de Newton - Ação e Reação

A aula 3 (três) desta SD foi iniciada às 14h40min em uma segunda-feira no dia 28 de julho de 2025. Dos 34 (trinta e quatro) alunos matriculados na turma estavam presentes 32 (trinta e dois). Os dois alunos ausentes não justificaram suas faltas para esse dia. A descrição das atividades da aula 1 é mostrada na

Tabela 7.

PARTE 1 – (5 minutos) - Introdução: citação de nomes importantes para o desenvolvimento do estudo.

Na primeira parte desta aula 3 (três) foi feita uma introdução lembrando o objetivo da SD e aula 2 (dois). O Nome de Isaac Newton foi lembrando constantemente. O objetivo disto é deixar claro do importante papel histórico trazido por ele e nos leva ainda o citar hoje nas nossas aulas.

PARTE 2 – (30 minutos) - Explicação e discussão da terceira lei de Newton: Ação e reação.

Na parte 2 (dois), foi explicado a terceira lei de Newton e o motivo dela ser tema da nossa aula antes da segunda lei de Newton. O motivo era tratar as leis teóricas primeiro e deixar a lei que trata de uma equação por último. A intenção é evitar ficar intercalando entre uma teoria e uma equação tentando evitar a confusão que as vezes é criada na concepção do aluno.

Dando continuidade, a definição de grandeza vetorial foi dada. Os alunos concentrados receberam a informação e entenderam que *módulo*, *intensidade* e *número* são equivalentes, que *direção* não é igual a *sentido*. Foi feito o uso da lousa e uma caneta para quadro branco no auxílio dessa função.

Alguns vetores foram desenhados no quadro para facilitar o aprendizado do aluno acerca do conteúdo. Exemplos como “uma pessoa empurra a parede” e “um livro em cima da mesa” foram ditos para enriquecer e marcar a terceira lei de Newton.

É importante ressaltar que os alunos já tinham estudado o conceito de vetores e isso facilitou a inclusão de algumas setas que representavam vetores nos desenhos no quadro. De qualquer maneira, foram lembrados o conceito vetorial e a interação entre força.

PARTE 3 – (15 minutos) - *Exercício 2*: (Distribuição, aplicação e correção).

A parte 3 (três) finaliza a aula 3 (três). Nesse momento foi alertado aos alunos que receberiam o *Exercício 2*, onde a estrutura desse exercício era idêntica ao *Exercício 1*, com 5 (cinco) perguntas de múltipla escolha com 5 (cinco) alternativas e apenas uma correta e tratava do assunto da terceira lei de Newton.

Os alunos entenderam que não era permitido o uso de celulares para consultar as respostas e nem pedir ajuda ao colega de turma. As respostas eram individuais e intransferíveis. Depois do tempo determinado, foi dado o gabarito das perguntas e feito as devidas considerações. O término da aula três (3) foi às 15h30min.

Tabela 7 - Descrição das atividades da aula 3

Aula	Parte	conteúdo	Duração (minutos)
Aula 3	Parte 1	Introdução: citação de nomes importantes para o desenvolvimento do estudo.	5 minutos
	Parte 2	Explicação e discursão da terceira lei de Newton: Ação e reação.	30 minutos
	Parte 3	<i>Exercício 2</i> : Distribuição, aplicação e correção do exercício 2.	15 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

6.4.4 Aula 4 – A Segunda Lei de Newton $F = ma$

A aula 4 (quatro) deu início no mesmo dia 28/07/25 da segunda-feira. Iniciou às 15h50min logo após ao intervalo que dura 20 minutos. A descrição das atividades da aula 1 é mostrada na

Tabela 8.

PARTE 1 – (5 minutos) - Introdução: Relembrar a aula anterior (aula 2 e 3), explicar o cronograma dessa aula.

A parte 1 (um) desta aula 4 (quatro) foi reservada para fazer uma pausa do conteúdo e relembra o objetivo da SD além de comentar brevemente que na aula 6 (seis) usaríamos um aparato experimental e colheríamos os dados para fazer análise e que na aula 7 (sete) usaríamos computadores para inserir os dados coletados e construir gráficos.

O objetivo de reforçar isso era tentar tirar a fadiga dos alunos aumentando a expectativa dos alunos da aula prática que tanto gostam. O tempo reservado para esse momento foi de 5 minutos.

PARTE 2 – (30 minutos) - Explicação e discussão da segunda lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica.

Dando continuidade, na parte 2 (dois) da aula quatro 4 (quatro) foi apresentada a segunda lei de Newton escrevendo no quadro a equação $F = ma$. Foi ensinado o que cada letra dessa equação significa e quais são as suas unidades de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI). Foram citados exemplos do cotidiano como a diferença na dificuldade de empurrar um carrinho de supermercado vazio ou cheio de mercadorias.

Logo em seguida foram copiadas no quadro no quadro algumas questões que poderiam ser resolvidas utilizando a equação de Newton. As questões possuíam valores iguais para a intensidade da força e valores diferentes para as massas dos carrinhos e pedido que os alunos entendessem que isso ia causar uma diferença de acelerações nos casos em questão.

Por conseguinte, foi feita a analogia entre *força* (F) e *peso* (P), *aceleração horizontal* (a) e *aceleração gravitacional* (g). O objetivo era incluir o conceito de que *peso* não é *massa* e assim a equação $f = ma$ foi comparada com $P = m \cdot g$.

A partir disto, foi dito que o Planeta Terra exerce uma *aceleração gravitacional* (g) nos corpos próximo à superfície e que o valor aproximado para essa aceleração era de 10m/s^2 .

Foi copiado no quadro um exemplo onde uma pessoa entra na farmácia para descobrir o *peso* (P), porém estava enganado, pois o valor que aparece na balança é medido em quilograma (kg), que é a unidade de massa. Para descobrir, de fato, o valor do seu *peso* precisava-se aplicar o valor da *massa* (m) que aparece na balança, junto à equação da *aceleração da gravidade* (g) que vale 10 m/s^2 na equação $P = m \cdot g$.

PARTE 3 – (15 minutos). A parte 3 (três) representa o fim da aula 4 (quatro). Nesta parte foi aplicado o *Exercício 3*. Esse exercício segue com as mesmas características dos

Exercícios 1 e 2, com cinco 5 (cinco) perguntas, 5 (cinco) alternativas e apenas uma resposta correta.

Após algum tempo foi dado o gabarito das perguntas, discutidas as respostas corretas e avisado que esse exercício também não seria recolhido para o banco de dados e que ficaria de posse do aluno para estudos posteriores. A aula 4 (quatro) foi encerrada às 16h40min.

Tabela 8 – Descrição das atividades da aula 4

Aula	Parte	Conteúdos	Duração
Aula 4	Parte 1	Introdução: Relembrar a aula anterior (aula 2 e 3), explicação do cronograma dessa aula.	5 minutos
	Parte 2	Explicação e discursão da segunda lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica.	30 minutos
	Parte 3	Exercício 3 (Apêndice E): Distribuição, aplicação e correção do exercício 2.	15 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

6.4.5 Aula 5 – A Queda dos Corpos com e Sem Resistência do Ar.

A aula 5 (cinco) desta SD deu partida às 14h40min em uma quinta-feira no dia 31 de julho de 2025. Iniciou às 14h40min. Dos 34 (trinta e quatro) alunos matriculados na turma estavam presentes 32 (trinta e dois). Os 6 (seis) alunos ausentes não justificaram suas faltas para esse dia. Esta aula, excepcionalmente, possui 5 (cinco) partes, conforme mostra na

Tabela 9. A ideia é poder fracionar todo conteúdo com o objetivo de fazer o aluno ter uma melhor captação do que é ensinado.

PARTE 1 – (5 minutos) - Introdução: Relembrando aulas 1, 2, 3 e 4.

A parte 1 (um) desta aula começou no horário previsto, como de costume. Dando início a aula 5 (cinco) e, seguindo o cronograma, a parte 1 (um) teve as aulas 1 (um), 2 (dois), 3 (três) e 4 (quatro) relembradas.

O intuito era fazer um elo dos conteúdos ministrados em aulas anteriores com o conteúdo que tinha sido reservado para esta aula. A aula tratou sobre a resistência do ar e velocidade terminal, tal momento foi concluído com êxito e sem percalços.

PARTE 2 – (25 minutos) - Conceito e equação da força de arrasto.

Na parte dois 2 (dois) desta aula, foi explicando sobre a força de arrasto e a velocidade terminal, como pode ser observado na Figura 30. Para isso, foram mencionadas as leis de Newton e exemplificado com um paraquedista em queda após saltar de um avião em voo. Continuando, foi dito que poderíamos dividir o salto do paraquedista em dois momentos: antes e depois de acionar o paraquedas.

Até então, os alunos seguiram atentos na explicação. Expliquei que não poderíamos desprezar a resistência do ar, como é dito em algumas questões de Física e que o paraquedista cai com uma aceleração gravitacional, todavia, a força de *arrasto do ar* ia diminuindo essa aceleração até essa aceleração se tornar nula, fazendo assim o paraquedista cair com uma velocidade constante.

Figura 30 - Registro da aula 5 - Explicação da força de arrasto



Fonte: Elabora pelo autor.

Dando continuidade na aula, os alunos rapidamente perceberam e comentaram que a posição dos braços e pernas de quem saltou interferia diretamente na velocidade de queda e lembraram algumas acrobacias que são realizadas por uma categoria deste esporte, dando fim na parte dois 2 (dois).

PARTE 3 – (2min e 30seg) - Demonstração 1: Variação da área do objeto que cai.

A parte três 3 (três) foi escolhida para realizar a *Demonstração 1*, que explica sobre como a variação da área desse objeto que cai em um fluido interfere na velocidade terminal. Neste momento foi percebido que alguns alunos estão ficando cansados e foi preciso intervir fazendo alguns pararem de conversar e outros levantarem a cabeça. Prometi que logo iriam participar de uma atividade que os fariam ficar mais animados.

Continuando, peguei uma folha de caderno e a abandonei da altura da minha cabeça, ou seja, à 1,80m do solo, em seguida peguei essa mesma folha e a amassei e a abandonei da mesma altura anterior. Lembrei a eles que a folha, ao ser amassada, não altera a massa. Alguns alunos de prontidão rapidamente responderam alegando que a área de contato com ar foi diminuído e por isso caiu mais rápida do que a folha sem ser amassada e lembraram o caso do paraquedista antes de depois de acionar o paraquedas.

PARTE 4 – (2min e 30seg) - Demonstração 2 – Eliminação da força de arrasto

Ao encerrar a *Demonstração 1*, foi iniciada a *Demonstração 2*. Nela, foi utilizada uma folha de caderno, um livro e uma cadeira. Me certifiquei que a folha tinha o mesmo tamanho do livro e subi na cadeira. Erguendo os braços para o alto, coloquei o livro e a folha lado a lado e perguntei que iria cair primeiro se eu os abandonasse ao mesmo tempo. Como esperado alguns alunos responderam - O livro, claro, pois é mais pesado do que a folha. E assim, aconteceu.

Logo em seguida, subi na cadeira novamente com o livro e a folha em mãos, porém, desta vez, coloquei a folha em cima do livro, mostrei que a folha não estava colada no livro, ergui os braços novamente e perguntei se eu abandonasse o livro com a folha apoiada em cima o que iria acontecer. Alguns responderam que o livro ia cair ao chão e a folha ia cair lentamente e planando.

Abandonei o livro e a folha caiu ao mesmo tempo no chão, junto com o livro, aproveitando uma zona de baixa pressão que surge na parte superior da capa. Alguns alunos se admiraram pois acreditavam que isso não iria acontecer. Eu explique o motivo do livro cair

primeiro do que a folha, que não pode ser justificada pelo peso, pois senão, a folha deveria ter caído bem depois.

PARTE 5 – (15 minutos) - *Exercício 4*: Distribuição, aplicação e correção.

Então, iniciamos a parte cinco 5 (cinco), que era a aplicação do *Exercício 4*. Distribuí e orientei que esse exercício era para fixar o conteúdo aprendido naquela aula. Alguns alunos responderam mais rápido do que outros, fazendo assim, estes se distraírem com algumas conversas paralelas entre os alunados. A imagem a seguir representa essa etapa do processo,

Figura 31.

Figura 31 - Registro da aula 5 - Alunos respondendo o Exercício



Fonte: Elabora pelo autor.

Os estudantes foram orientados a permanecer em silêncio enquanto aguardavam os colegas concluírem suas respostas e, em seguida, as correções e explicações foram apresentadas por mim. Após esse momento, utilizei o quadro para demonstrar a equação que determinava o valor da consta de *fluxo de vento* (k). Para isso, se seguir na seguinte ordem:

1. Copiei no quadro $P = m \cdot g$
2. Copiei no quadro $F_{res} = k \cdot v$
3. Expliquei e copiei no quadro a legenda para cada um desses termos (letras) da equação.
4. Lembrei que $P = F_{res}$ quando o corpo atinge a velocidade terminal.
5. Fiz a analogia $m \cdot g = k \cdot v$ no quadro.
6. Isolei a constante de fluxo de ar (k): $k = \frac{m \cdot g}{v}$

A aula cinco (5) foi encerrada às 15h30.

Tabela 9 - Descrição das atividades da aula 5

Aula	Partes	Conteúdos	Duração (minutos)
Aula 5	Parte 1	Introdução: Relembrando aulas 1, 2, 3 e 4.	5 minutos
	Parte 2	Conceito e equação da força de arrasto.	25 minutos
	Parte 3	Demonstração 1: Variação da área do objeto que cai.	2,5 minutos
	Parte 4	Demonstração 2 – Eliminação da força de arrasto.	2,5 minutos
	Parte 5	<i>Exercício 4</i> (Apêndice F): Distribuição, aplicação e correção	15 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

6.4.6 Aula 6 – Aprendendo Sobre a Resistência do Ar Utilizando o Tubo de Vento.

A aula 6 (seis) desta SD foi aplicada às 15h50min em uma quinta-feira no dia 31 de julho de 2025. Dos 34 (trinta e quatro) alunos matriculados na turma estavam presentes 28 (vinte e oito). Os 6 (seis) alunos ausentes não justificaram suas faltas para esse dia. As descrições das aulas podem ser observadas na Tabela 11.

Decidi chegar cinco (5) minutos antes do início da aula para posicionar *tubo de vento*, testá-lo e organizar todos os acessórios necessários na mesa do professor para não comprometer o início da aula com imprevistos, bem como alinhar as bolinhas de desodorante *roll-on*, fita métrica, o instrumento de medida de velocidade do ar (*anemômetro*), entre outros.

A

Figura 32 mostra a mesa do professor preparada antes da aula com todo os materiais necessários para a aplicação.

Figura 32- Mala do Anemômetro, tubo de vento e bolinhas



Fonte: Elabora pelo autor.

Deixei a mesa do professor livre para a máquina e recuei levemente as primeiras carteiras dos alunos, criando um pouco mais de espaço. Testei a tomada da parede frontal da sala e conferi se o cabo do tubo de vento alcançava sem dificuldades. Também deixei uma cadeira por perto, caso eu precisasse para alcançar a parte superior do tubo — é por lá que as bolinhas são lançadas.

Esta aula também foi particionada em 6 (seis). Explicar as partes que compõem do tubo de vento, bem como o seu funcionamento e as medidas das massas das bolinhas de desodorante *Roll on*, requer momentos separados da explicação

PARTE 1 – (5 minutos) - Introdução: Apresentação do *Tubo de Vento*

A Parte 1 (um) desta aula ficou sob a função de apresentar os materiais e o funcionamento do *Tubo de vento*. A priori, a mesa do professor foi posicionada em frente ao quadro branco, parte central da sala, para que todos os alunos pudessem ver bem os materiais que ali estariam expostos.

Com o tubo de vento, as bolinhas de desodorante *Roll-on*, o anemômetro e a fita métrica já organizados sobre a mesa, apresentei aos alunos a natureza desses objetos e a função de cada um deles. A ideia era que soubessem que o tubo de vento havia sido construído por mim, com o apoio e as orientações dos meus orientadores da dissertação de mestrado.

PARTE 2 – (5 minutos) - Preparando o *Tubo de vento*, anemômetro e balança de precisão.

Na parte 2 (dois) foi dito quais eram os principais elementos para a construção do tubo de vento: caixa organizadora, secador de cabelo, tela para projeção e outros. Também foi mostrado o Anemômetro e sua funcionalidade: captação do vento na saída do tubo e registro, de maneira digital, da velocidade do vento. A fita métrica também passou pela explicação, do qual serve apenas para medir altura que a bolinha fica equilibrada dentro do tubo.

A seguir, foi entregue a *Ficha de tabulação*, ver Tabela 10, a cada um dos alunos e eles foram orientados sobre o seu preenchimento. Atentamente os alunos captaram a informação e se prepararam com uma caneta ou lápis para tomar nota dos dados ali que seriam obtidos.

PARTE 3 – (5 minutos) – Medindo massa das bolinhas de *Roll-on*.

Na continuação da SD foi dado início a parte 3 (três), que tratava de mostrar as massas registradas nas bolinhas. Explicou-se para os estudantes que as bolinhas foram enchidas com água até a atingirem suas respectivas massas em um laboratório com ambiente controlado.

Os pequenos furos foram feitos cuidadosamente com uma agulha de seringa de injeção e, após o preenchimento com o líquido na medida certa, vedadas com uma cola de cano. Por este motivo, todas as bolinhas já estavam preparadas para serem usadas no experimento.

PARTE 4 – (10 minutos) - Medindo as velocidades do ar para cada bolinha.

Dando continuidade à SD, na parte 4 (quatro) o *tubo de vento* foi ligado com a utilização do botão *on/off* e em seguida girado no sentido anti-horário o *Dimmer*. Esse instrumento tem a função de variar a corrente elétrica no circuito do *tubo de vento* e, assim, aumentar ou diminuir o fluxo de ar na saída do tubo. O barulho do secador escondido dentro da caixa organizadora em funcionamento ecoou na sala e chamou a atenção dos alunos.

Subi em uma cadeira e coloquei a bolinha 1 na parte superior do tubo em funcionamento. Utilizando o *Dimmer*, regulei a velocidade do ar necessária para que a bolinha ficasse flutuando em uma altura fixa e estável dentro do tubo. Com a mão segurei o anemômetro na saída do tubo, verifiquei o valor registrado no painel do instrumento e disse aos alunos a velocidade observada.

Esse procedimento foi repetido para as bolinhas 2, 3, 4, 5 e 6. Como cada uma delas possuíam massas diferentes, as velocidades do ar também variavam, porém, seguiam uma relação diretamente proporcional às massas. A Figura 33 representa o registro do momento da utilização da máquina de tudo de vento e a coleta dos dados, como massa e velocidade do ar.

Figura 33 - Registro da aula 6 - Utilização da Máquina Tubo de Vento



Fonte: Elabora pelo autor.

Seguindo a essa sequência, os valores exibidos no painel do instrumento eram anunciados em voz alta e os alunos sempre atentos anotavam os dados na *ficha de tabulação*. Nesse momento foi lembrado aos alunos que a bolinha em equilíbrio dentro todo tubo significava que a *Força de resistência do ar (F_{res})* era igual ao *Força Peso (P)*.

Além dos valores obtidos, a tabela necessitava de transformações de unidades. Tais transformações consistiam em: transformar grama (g) em quilograma (kg); transformar massa (g) em Peso (N) multiplicando a massa pela aceleração gravitacional do planeta Terra (10m/s^2).

A altura da bolinha na unidade de metro (m) também era marcada na tabela, pois o valor dessa medida influenciava diretamente na velocidade do fluxo de ar do tubo. Então, era importante que as alturas tivessem valores equivalentes para todos os eventos.

A última coluna da tabela, presente na ficha de tabulação, constava um espaço destinado ao valor da Constante de fluxo de ar, que foi calculado pelos estudantes na parte 5 a seguir. Os dados capturados e registrados pelo estudante durante o procedimento metodológico do uso da máquina estão na Tabela 10 a seguir.

Tabela 10 - Ficha de Tabulação de dados

Bolinha	Massa (g)	Massa (kg) (1/1000)	Peso (N) (multiplique por 10m/s²)	Velocidade do ar (m/s)	Altura da bolinha no tubo (m)	Constante de fluxo de ar K(kg/s)
1	3,8	0,0038	0,038			
2	5,0	0,005	0,05			
3	10,0	0,01	0,1			
4	15,0	0,015	0,15			
5	20,0	0,02	0,2			
6	22,5	0,0225	0,225			

Fonte: Elabora pelo autor.

PARTE 5 – (25 minutos) - Calculando a *Constante de fluxo de ar* (K).

A parte 5 (cinco) desta aula, foi programada para a realização dos cálculos pelos estudantes. Pedi aos discentes que calculassem os valores para as *Constantes de fluxo de ar* com o auxílio da calculadora. Esse procedimento foi estudado e treinado anteriormente na aula 5 (cinco). Eles foram orientados a utilizar a equação $k = \frac{m \cdot g}{v}$.

De modo geral, os alunos se concentraram e começaram a desenvolver as respostas. Alguns alunos enfrentaram dificuldades em suas resoluções e para isso eu intervi indo em suas carteiras auxiliá-los.

Ao toque do sinal a aula foi encerrada. Alguns alunos não conseguiram terminar a tempo devido a distrações e um aparente semblante de cansaço. A aula 6 (seis) foi encerrada às 16h40min.

Tabela 11 - Descrição das atividades da aula 6

Aula	Partes	Conteúdos	Duração (minutos)
Aula 5	Parte 1	Introdução: Relembrando aulas 1, 2, 3 e 4.	5 minutos
	Parte 2	Conceito e equação da força de arrasto.	25 minutos
	Parte 3	Demonstração 1: Variação da área do objeto que cai.	2,5 minutos
	Parte 4	Demonstração 2 – Eliminação da força de arrasto.	2,5 minutos
	Parte 5	<i>Exercício 4</i> (Apêndice F): Distribuição, aplicação e correção	15 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

6.4.7 Aula 7 – Aprendendo a Montar os Gráficos

A aula 7 (sete) foi aplicada às 14h40min em uma segunda-feira no dia 4 de agosto de 2025. Dos 34 (trinta e quatro) alunos matriculados na turma estavam presentes 30 (trinta). Os 4 (quatro) alunos ausentes não justificaram suas faltas para esse dia. As descrições das aulas podem ser observadas na

Tabela 12.

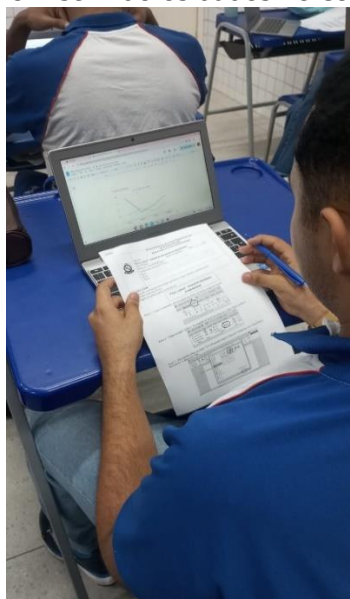
PARTE 1 - (5 minutos) - Introdução: Remontando grupos diante dos computadores e distribuindo as fichas de tabulação de dados.

A parte 1 (um) dessa aula foi destinada para distribuir os computadores portáteis, distribuir o *Passo a passo*, ter em mãos a *Ficha de tabulação* e lembrar que esses materiais serão importantes para a construção dos gráficos que serão exibidos na tela. O objetivo do uso do computador pelo aluno é produzir um gráfico que relacione as velocidades (m/s) do ar necessárias para equilibrar as bolinhas com massas diferentes dentro do tubo de vento.

Os *Chromebooks* foram entregues a cada um dos alunos os quais já possuíam a habilidade de manuseio devido a utilização em outras aulas de outras disciplinas. A Figura 34 mostra o instante em que o aluno insere os dados na ferramenta computacional. Além disso, foi entregue aos alunos um *Passo a passo* que possuía as instruções detalhadas para gerar um

gráfico XY no programa *Word* no pacote *Office*. Imagens e legendas presentes no *Passo a passo* facilitam o caminho para a produção dessas imagens.

Figura 34 – Aluno inserindo os dados no computador.



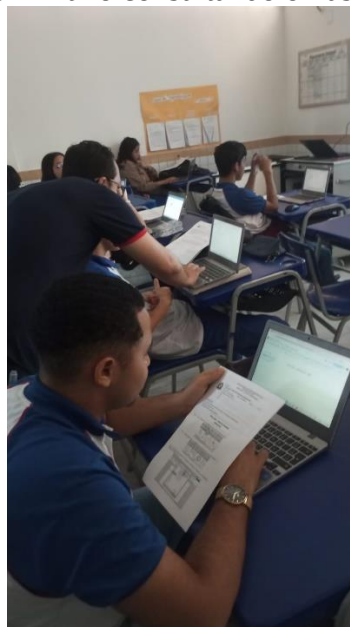
Fonte: Elabora pelo autor.

Os alunos precisavam fazer *login* com um e-mail institucional para ter acesso às plataformas digitais do computador. Eles já possuíam cadastro e suas respectivas senhas. Para isso, foi necessário um tempo extra de 5 (cinco) minutos da aula para que todos os estudantes conseguissem *logar*.

PARTE 2 – (30 minutos) - Aprendendo a fazer gráficos de X e Y no Word com o passo a passo.

Foi feita leitura do *Passo a passo* pelo professor de maneira clara e pausada se certificando que nenhum aluno ficaria para trás. Em alguns momentos foi necessário repetir algum item do *Passo a passo* e em poucos casos ir à mesa do estudante. A Figura 35, mostra o instante que o aluno consulta o *Passo a passo*, ao fundo da imagem, podemos também notar a presença do professor auxiliando um aluno a seguir a tarefa.

Figura 35 - Aluno consultando o Passo a Passo

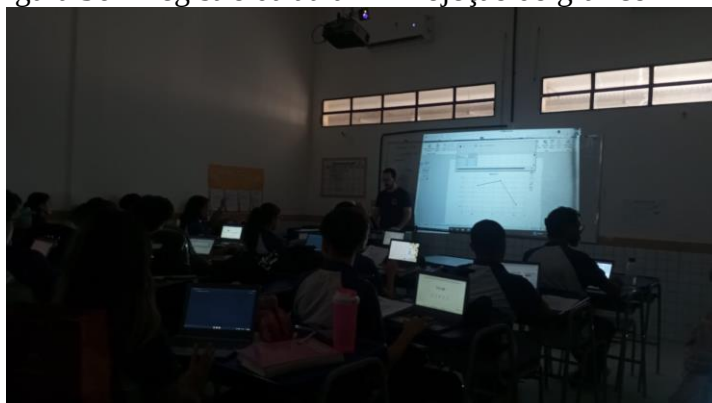


Fonte: Elabora pelo autor.

PARTE 3 – (15 minutos) - Analisando os gráficos e respondendo à “Questão única”.

Para finalizar a aula 7 (sete), foi dado início à parte 3 (três). Imagens da ferramenta computacional foram projetadas para facilitar a compreensão dos alunos, como mostra na Figura 36. Após o surgimento do gráfico, os alunos partiram para a *Questão Única*, que estava localizada ao final do *Passo a Passo*. Essa *Questão Única* tratava da análise do gráfico que surgiu na tela.

Figura 36 - Registro da aula 7 - Projeção do gráfico



Fonte: Elabora pelo autor.

Alguns alunos conseguiram perceber rapidamente que a imagem produzida pelo gráfico tinha uma característica específica e seguia em um padrão parecido com o linear que surgiu em seus Chromebook.

A característica observada e mencionada pelos alunos foi retilínea e ascendente – A linha parece seguir reta e subindo, disse um dos alunos. Foi orientado que eles transcrevessem, no espaço destinado para a resposta da *Questão Única*, suas observações a respeito do padrão que a imagem tinha.

Logo a seguir, foram realizadas algumas considerações sobre o padrão de imagem e a importância das análises de gráficos. Não somente para observar a resistência do ar, mas em todo âmbito científico e matemático.

Para encerrar, foi pedido que os alunos fechassem o programa e desligassem os computadores sem salvar na memória do aparelho. Logo em seguida os alunos um a um foram devolvendo os Chromebook ao professor. Foi orientado que o *Passo a passo* ficaria de posse do aluno, a fim de que pudesse ser utilizado como guia para produzir gráficos em outras vertentes.

Tabela 12 - Descrição das atividades da aula 7

Aula	Parte	Descrição	Duração (minutos)
Aula 7	Parte 1	Introdução: Remontando grupos diante dos computadores e distribuindo as fichas de tabulação de dados.	5 minutos
	Parte 2	Aprendendo a fazer gráficos de X e Y no Word com o passo a passo.	30 minutos
	Parte 3	Analisando os gráficos e respondendo à “Questão única”.	15 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

6.4.8 Aula 8 – Questionário II e Questionário Avaliativo (QA)

A aula 8 (oito) começou a ser aplicada às 14h40min na mesma uma segunda-feira no dia 4 de agosto de 2025. Dos 34 (trinta e quatro) alunos matriculados na turma estavam presentes 28 (vinte e oitos) alunos. 2 (dois) alunos pediram para se ausentar da aula para irem à secretaria para resolver assuntos administrativos. A descrição da aula 8 (oito) pode ser vista na

Tabela 13.

PARTE 1 – (10 minutos) - Fazer os agradecimentos, explicar que será aplicado um *Questionário II* e um *Questionário Avaliativo* da SD.

A parte 1 (um) desta aula foi reservada para fazer os agradecimentos pela colaboração e empenho dos alunos nesse trabalho acadêmico tão importante. Foram lembrados que faziam parte de uma pesquisa, que os dados iriam ser inseridos em uma dissertação de mestrado representava o fim de período de estudos intensos.

PARTE 2 – (30 minutos) - Aplicar e recolher o *Questionário II*.

Para a parte 2 (dois) foi informado que nesta última aula eles iriam responder o *Questionário II*, que tratava dos assuntos abordados nessa SD, que era idêntico ao *Questionário I* e o motivo era poder fazer uma análise de desenvolvimento de evolução de aprendizado, que era individual e não poderia utilizar nenhuma fonte de conhecimento como cadernos, livros ou recursos tecnológicos para consultar as respostas.

Também foi informado que, após o término e devolução desse questionário, eles iam responder algumas perguntas sobre a satisfação da SD. Essa pesquisa de satisfação foi denominada de *Questionário Avaliativo* e nele constava 10 (dez) perguntas objetivas com 4 alternativas. Foi conferido o espaçamento adequado entre as carteiras dos alunos, eles foram orientados a guardar os materiais, o *Questionário II* foi distribuído e ao comando do professor. O objetivo é ter uma avaliação crítica pela visão do aluno e, se acatado, incluir como dicas para melhorar a aplicação. Essas observações foram expostas no capítulo 7.

PARTE 3 – (10 minutos) - Aplicar e recolher o *Questionário Avaliativo*.

A parte 3 (três) encerrou a oitava e última aula da sequência didática. Foi destinada para aplicação do *Questionário Avaliativo*. As instruções para esse momento eram que esse questionário era anônimo e não precisava incluir o nome do aluno no cabeçalho; fazer de forma tranquila e consciente, deixar o questionário em cima da mesa do professor com as páginas viradas para baixo.

Tabela 13 - Descrição das atividades da aula 8

Aula	Parte	Descrição	Duração
Aula 8	Parte 1	Avisar que é a última aula da SD e fazer os agradecimentos e explicar que será aplicado um questionário II e um questionário avaliativo da SD.	10 minutos
	Parte 2	Aplicar e recolher o Questionário II (apêndice B):	30 minutos
	Parte 3	Aplicar e recolher o Questionário avaliativo (apêndice I).	10 minutos

Fonte: Elabora pelo autor.

7 RESULTADO E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a análise quantitativa dos resultados obtidos com a aplicação de dois instrumentos avaliativos: o Questionário I (QI), realizado no início da sequência didática, e o Questionário II (QII), aplicado ao final das atividades, na última aula. Ambos os questionários foram compostos por 10 questões objetivas de múltipla escolha, cuidadosamente elaboradas para contemplar os principais conceitos abordados nas aulas e nos experimentos relacionados à resistência do ar.

Além da análise quantitativa, este capítulo também inclui uma análise qualitativa, considerando dados sociais da cidade, da escola e do perfil dos alunos participantes. Avaliar o contexto habitacional, as condições de vida dos estudantes e a realidade socioeconômica da comunidade é fundamental, pois esses fatores influenciam diretamente a forma como os alunos aprendem e respondem às atividades propostas.

Dessa forma, a análise dos resultados não se limita apenas aos aspectos pedagógicos, mas também permite compreender a influência das condições sociais e culturais que permeiam o cotidiano escolar, conferindo maior profundidade e significado à interpretação dos dados.

7.1 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS

A comparação entre os dois momentos avaliativos permitiu observar de forma clara os avanços na aprendizagem dos estudantes, bem como os pontos que ainda apresentaram dificuldades, oferecendo informações valiosas para o planejamento de estratégias pedagógicas futuras.

A escolha por utilizar apenas questões objetivas não foi arbitrária. Primeiramente, esse formato possibilita padronizar a coleta e a análise dos dados, conferindo maior segurança e precisão na comparação entre os resultados do Questionário I (QI) e do Questionário II (QII). Além disso, quando bem elaboradas, as questões objetivas permitem avaliar de forma direta e acessível, sem margem para interpretações ambíguas.

Outro aspecto relevante é que a estrutura de múltipla escolha foi pensada para ir além da simples memorização. As alternativas foram construídas de forma a exigir que os estudantes aplicassem os conceitos aprendidos durante as aulas e experimentos, tornando a avaliação mais significativa e alinhada aos objetivos desta pesquisa.

Embora Vygotsky (1991, 2007) não trate diretamente de questões de múltipla escolha, sua teoria oferece um referencial valioso para compreender a função avaliativa. Para o autor, a avaliação não deve se limitar a medir apenas o que o estudante consegue realizar sozinho — o nível de desenvolvimento real (NDR) —, mas também deve buscar identificar aquilo que ele pode alcançar com auxílio ou mediação, conhecido como nível de desenvolvimento potencial (NDP). A distância entre esses dois níveis constitui a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), conceito central para entender como a aprendizagem se desenvolve.

Dessa forma, enquanto as questões de múltipla escolha aplicadas de forma tradicional costumam avaliar apenas o NDR, nesta pesquisa a avaliação foi planejada para ir além. O instrumento funcionou simultaneamente como ferramenta de diagnóstico — verificando o que o aluno já sabia — e como momento de construção de significados, em consonância com a perspectiva sociocultural de Vygotsky. Assim, tornou-se útil não apenas para acompanhar o progresso individual, mas também para identificar dificuldades recorrentes e orientar intervenções pedagógicas direcionadas.

7.2 DADOS DA TURMA E DOS QUESTIONÁRIOS I E II

A turma participante desta pesquisa era composta por 34 (trinta e quatro) estudantes do Ensino Médio. Desses, 30 (trinta) responderam ao Questionário I (QI), aplicado antes da sequência didática, e 28 (vinte e oito) responderam ao Questionário II (QII), aplicado ao final das atividades.

Ambos os questionários eram idênticos em formato e conteúdo, contendo 10 (dez) perguntas objetivas, cada uma com 5 (cinco) alternativas, sendo apenas uma correta. As questões foram elaboradas para abordar os conceitos essenciais sobre resistência do ar, permitindo avaliar tanto o conhecimento prévio quanto o aprendizado adquirido após as atividades experimentais e teóricas.

Considerando que nem todos os alunos responderam aos dois questionários, o número de participantes variou entre as aplicações. Para garantir uma análise justa e comparável, optou-se por apresentar os resultados também em forma de porcentagem, de modo que as diferenças no número absoluto de respondentes não distorcessem a interpretação dos dados.

Essa escolha possibilitou estabelecer uma proporcionalidade equilibrada, permitindo que os gráficos representassem de maneira mais fiel o desempenho coletivo da turma em cada questão, independentemente da quantidade total de respostas.

7.3 ANÁLISE DA ESCOLA E CONTEXTO SOCIAL DA CIDADE DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN

A Escola Estadual Professora Ivani Machado Bezerra está situada em São Gonçalo do Amarante, no estado do Rio Grande do Norte – RN, Brasil, e apresenta uma estrutura pedagógica moderna, alinhada ao modelo de ensino integral.

Os alunos permanecem na escola por um período estendido, na modalidade integral, das 7h30 às 16h20, de segunda à sexta-feira. Essa organização permite não apenas a consolidação dos conteúdos tradicionais, mas também a realização de atividades complementares que estimulam a formação integral do estudante. Tal proposta amplia o tempo de aprendizagem e proporciona maiores oportunidades de interação entre alunos e professores.

A instituição conta com salas de aula climatizadas e equipadas com projetores, favorecendo um ambiente confortável e tecnológico para a prática pedagógica. Além disso, os estudantes têm acesso a laboratórios, biblioteca e espaços de convivência que estimulam a pesquisa, a leitura e o desenvolvimento de habilidades científicas.

A escola também garante refeição diária, transporte escolar e condições estruturais que possibilitam maior permanência e participação dos alunos no ambiente educacional. Outro aspecto relevante é a existência do transporte público municipal e intermunicipal, que favorece o deslocamento dos estudantes e amplia o acesso às atividades escolares.

No âmbito social, é importante destacar que São Gonçalo do Amarante integra a região metropolitana de Natal, com uma população estimada em aproximadamente 123 mil habitantes e uma área territorial de 249,8 km², resultando em uma densidade demográfica de cerca de 493 habitantes por km² (Prefeitura de São Gonçalo do Amarante, 2025).

O município tem se desenvolvido em função de sua proximidade com a capital e da presença do Aeroporto Internacional Governador Aluizio Alves, um importante polo de crescimento econômico. Esse desenvolvimento, no entanto, convive com desafios sociais típicos de áreas metropolitanas, como desigualdade social e a necessidade de fortalecimento das políticas públicas para atender às demandas de infraestrutura e serviços.

A Prefeitura tem realizado investimentos nessa área, como a entrega de novos ônibus escolares em 2025 e a ampliação do transporte universitário gratuito. Além disso, há incentivo à agricultura familiar por meio da aquisição de gêneros alimentícios destinados ao Programa

Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), garantindo não apenas a qualidade da merenda, mas também fortalecendo a economia local.

Essas condições evidenciam que a escola cumpre um papel essencial na vida dos alunos, não apenas como espaço de aprendizagem, mas também como suporte social e comunitário. A estrutura moderna, aliada ao modelo pedagógico integral, possibilita um ambiente de ensino-aprendizagem mais dinâmico, inclusivo e capaz de dialogar com as necessidades da juventude local.

Ao mesmo tempo, o contexto socioeconômico de São Gonçalo do Amarante reforça a importância das políticas públicas que asseguram transporte, alimentação e infraestrutura — fatores que contribuem diretamente para a permanência e o sucesso escolar.

Dessa forma, compreender a realidade da Escola Professora Ivani Machado Bezerra implica considerar o território em que está inserida, as condições sociais de sua população e o compromisso do poder público em manter políticas de inclusão e apoio. O conjunto desses fatores permite entender melhor o perfil do público atendido e reforça a relevância de iniciativas pedagógicas que não se restrinjam apenas ao ensino de conteúdos, mas que estejam articuladas com a formação integral e cidadã dos alunos.

7.4 ANÁLISE DOS GRÁFICOS DO DESEMPENHO E EVOLUÇÃO NOS ALUNOS DOS QUESTIONÁRIO I E II

A Sequência Didática foi dividida em 8 (oito) aulas e para cada aula mostraremos uma tabela de distribuição das respostas dos alunos, ver Tabela 15, um gráfico de barras da comparação das escolhas corretas e as erradas, ver Gráfico 1 e um segundo gráfico de barras, ver

Gráfico 2, que compara as porcentagens dos acertos dos Questionário I e II. Além das tabelas e gráficos, estão presentes os comentários e deduções das respostas dos alunos.

A seguir, a Tabela 14 apresenta o gabarito das questões dos QI e QII com o objetivo de facilitar a compreensão das análises das respostas dos alunos nesse trabalho. Nele consta as alternativas corretas para cada uma das 10 (dez) questões, tornando a análise mais clara e objetiva. Esse gabarito também está disponível no anexo J do Produto Educacional.

Tabela 14 - Gabarito dos Questionário I e II

GABARITO – QUESTIONARIO I E II									
1. a	2. c	3. b	4. e	5. c	6. a	7. b	8. c	9. b	10. a

Fonte: Elabora pelo autor.

Por fim, um último gráfico de barras, ver Gráfico 21, dá uma visão geral da comparação entre porcentagens de acertos de todas as questões facilitando a visualização da evolução de aprendizagem dos alunos frente as respostas dadas por eles.

7.4.1 Questão 1 - A Primeira Lei de Newton - Inércia

A Questão 1 aborda a Primeira Lei de Newton e solicita que o aluno marque a alternativa que a representa corretamente. A Figura 37 apresenta a pergunta e as alternativas disponibilizadas tanto no Questionário I quanto no Questionário II.

As respostas dos estudantes encontram-se organizadas na Tabela 15. Esta questão é considerada de grande importância, pois trata da Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia, um dos pilares da Física Clássica. Ela se encaixa de maneira adequada ao tema desta dissertação, que investiga corpos em movimento ou em repouso sob a influência da resistência do ar, permitindo relacionar conceitos fundamentais da dinâmica à experiência prática desenvolvida nas aulas.

Figura 37 - Questão 1 – A pergunta e as 5 alternativas

- QUESTÃO 1.** O que estabelece a Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia?
- a) ☒ Todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso e todo corpo em movimento tende a permanecer em movimento, salvo se uma força externa agir sobre ele.
 - b) ☐ A força resultante sobre um corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração.
 - c) ☐ Para toda ação, existe uma reação de igual intensidade, mesma direção e sentido oposto.
 - d) ☐ A aceleração é diretamente proporcional à força aplicada.
 - e) ☐ O peso de um corpo depende apenas da massa.

Fonte: Elabora pelo autor.

A Tabela 15, a seguir, mostra a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 1. Nela podemos observar a quantidade as escolhas e as quantidades para cada alternativa tanto no QI quanto no QII. É possível ver que a maioria dos alunos acertou no QI e no QII.

Tabela 15 – Distribuição das respostas dos alunos – Questão 1 – correta (a)

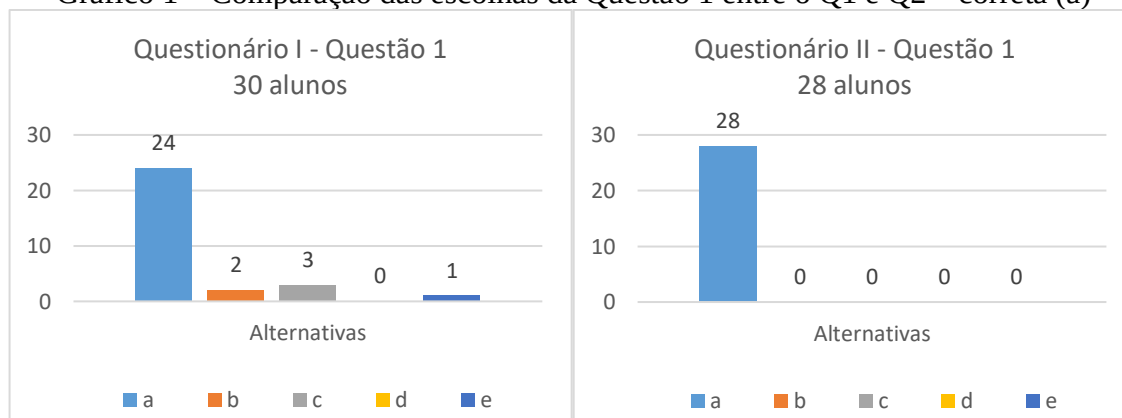
Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	24	2	3	0	1
Questionário II	28	0	0	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

Alguns alunos relataram que consideraram esta questão fácil, pois já haviam estudado a Primeira Lei de Newton em livros ou assistido a vídeos curtos em redes sociais. Em função desse conhecimento prévio, observou-se que não houve uma grande diferença no número de acertos entre o Questionário I (QI) e o Questionário II (QII): no QI foram registrados 24 (vinte e quatro) acertos e no QII 28 (vinte e oito) acertos.

O Gráfico 1 apresenta visualmente a pequena variação entre as barras de acertos e a baixa diferença entre os erros. Pode-se, portanto, afirmar que o conhecimento prévio dos alunos contribuiu para o alto índice de acerto nesta questão, fazendo com que quase todos os estudantes respondessem corretamente.

Gráfico 1 – Comparação das escolhas da Questão 1 entre o Q1 e Q2 – correta (a)

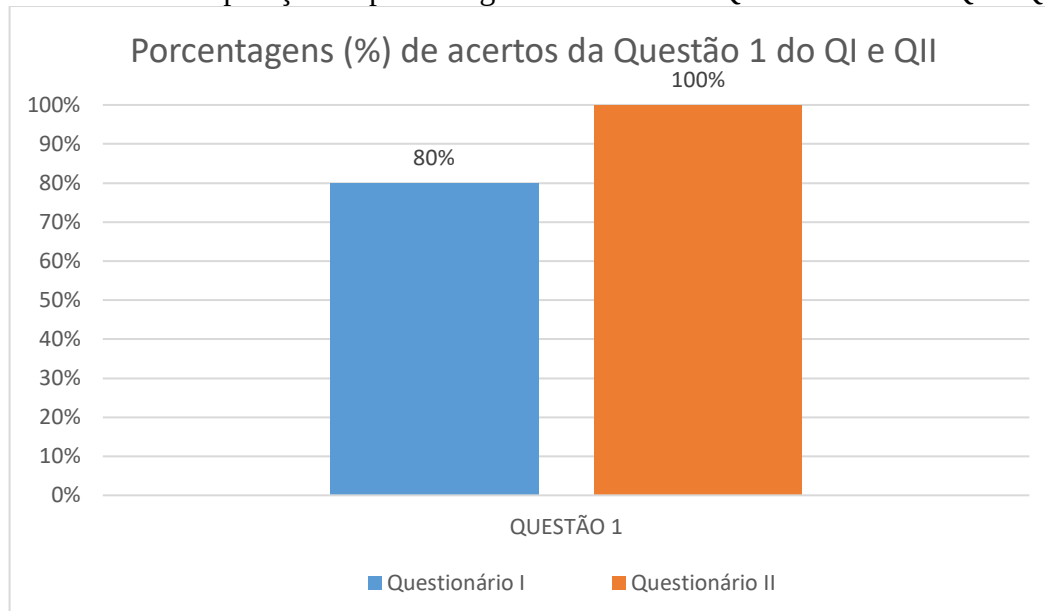


Fonte: Elaborada pelos autores.

O

Gráfico 2 abaixo, mostra a comparação entre as porcentagens de acerto no QI e QII da Questão 1 e deixa bem visível a diferença entre os acertos dos alunos. Os alunos já tinham atingido uma alta pontuação no Q1 de 80% e melhoraram o desempenho no QII.

Gráfico 2 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 1 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

De qualquer maneira podemos afirmar que houve uma evolução no aprendizado desses alunos já que 20%, ou seja, apenas 6 (seis) alunos erraram no Q1, em contrapartida, no Q2, nenhum aluno errou atribuindo 0% de erro na segunda etapa. Depositamos essa conclusão na eficiência da Sequência didática aplicada e no esforço do aluno ao se concentrarem no uso do tubo de vento.

7.4.2 Questão 2 – A Segunda Lei de Newton – Princípio Fundamental da Dinâmica

A Questão 2, cujas alternativas estão apresentadas na

Figura 38, trata da Segunda Lei de Newton. Nessa questão, solicita-se que o aluno assinale a alternativa correta a partir das situações descritas nas opções que representam a aplicação dessa lei.

Trata-se de uma pergunta inteiramente teórica, tanto na formulação do enunciado quanto nas respostas distribuídas nas alternativas. Embora a Segunda Lei de Newton seja

expressa matematicamente pela equação $F = ma$, não é necessário realizar operações matemáticas para responder corretamente à questão.

O ensino da Segunda Lei de Newton é fundamental, pois permite ao aluno compreender como as forças influenciam o movimento dos corpos com diferentes massas, possibilitando entender como a interação entre força e massa determina a aceleração que esses corpos podem atingir.

Figura 38 - Questão 2 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 2. Qual das situações abaixo está relacionada à Segunda Lei de Newton?

- a) ☒ Um carro parado continua parado sem forças externas atuando.
- b) ☐ Um paraquedista atinge velocidade terminal.
- c) ☐ Um atleta acelera mais rapidamente ao aplicar mais força.
- d) ☐ Duas forças opostas se anulam, mantendo o objeto em equilíbrio.
- e) ☐ Um objeto flutua devido à resistência do ar.

Fonte: Elabora pelo autor.

A Tabela 16 a seguir, mostra a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 2. Nela podemos observar a quantidade de escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII.

Tabela 16 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 2 – correta (c)

Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	6	4	11	8	1
Questionário II	2	4	19	2	1

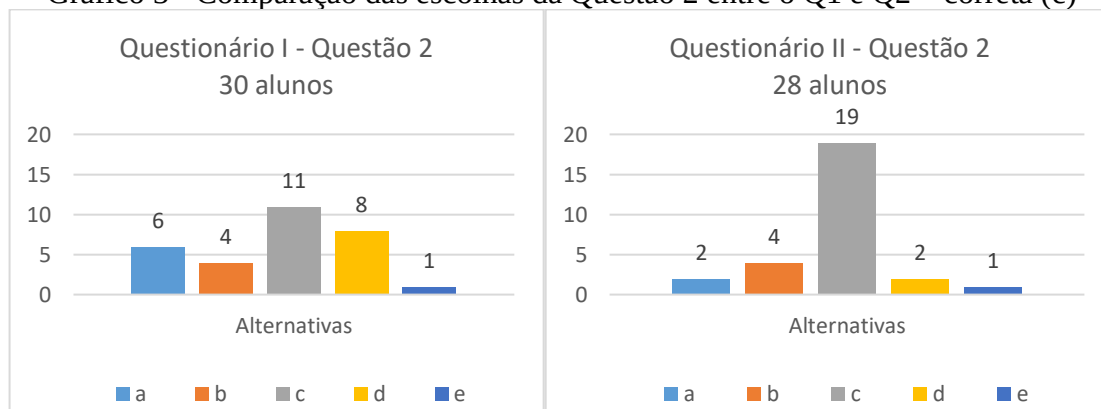
Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando a variação das respostas apresentadas na tabela acima, é possível identificar que o caso observado na Questão 1 não se repetiu nesta situação, na qual quase todos os alunos acertaram já no Questionário I (QI). O Gráfico 3, apresentado a seguir, confirma essa diferença e oferece uma visualização mais clara do resultado, indicando que houve uma distribuição mais aleatória das respostas dos alunos tanto no QI quanto no Questionário II (QII).

Ao comparar as respostas dos estudantes nos dois momentos avaliativos, ainda nesta mesma questão, observa-se no Gráfico 3 um aumento no número de acertos no QII. Enquanto

no QI 11 (onze) alunos responderam corretamente, no QII esse número aumentou para 19 (dezenove) acertos, indicando um avanço no desempenho dos estudantes após a aplicação da sequência didática.

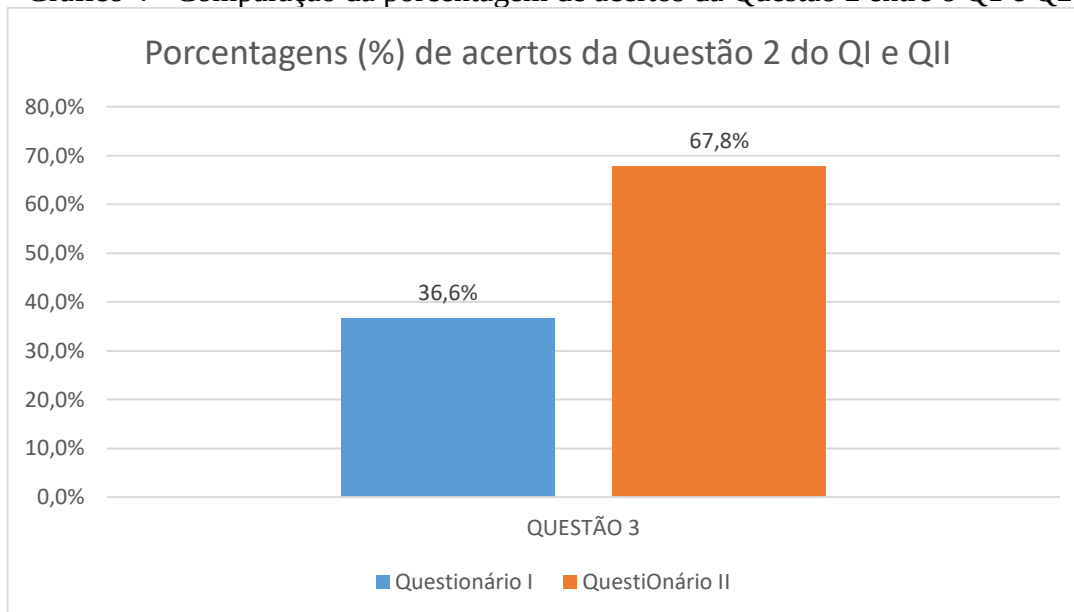
Gráfico 3 - Comparação das escolhas da Questão 2 entre o Q1 e Q2 – correta (c)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando o Gráfico 4 abaixo vemos, por meio de barras indicadoras de índice de porcentagem de acertos entre o QI e o QII para Questão 2, que o QI mostra uma taxa de 36,6% de acerto dos alunos para essa questão. Já o Questionário II teve 67,8 % de acerto. Levando a dedução de que 63,4% dos alunos erraram no QI e uma redução dessa taxa para 32,2% dos alunos erraram-no QII.

Gráfico 4 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 2 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

A não familiaridade com determinados termos pode ter sido um fator que influenciou diretamente a quantidade de erros por parte dos estudantes no Questionário I (QI). Palavras como “velocidade terminal”, “objetos em equilíbrio” e “forças opostas”, presentes nas alternativas da questão, podem ter representado um nível adicional de dificuldade para os alunos, uma vez que não são expressões comuns em seu cotidiano.

Esses conceitos foram trabalhados com maior profundidade durante as aulas da sequência didática, o que provavelmente contribuiu para uma melhor compreensão por parte dos estudantes. Esse fator pode explicar o aumento da porcentagem de acertos observado no Questionário II (QII).

7.4.3 Questão 3 - Aprendendo a Calcular a Força Peso

A Questão 3 apresenta uma situação-problema em que o aluno deve calcular a força peso de um corpo sob a ação da gravidade. O objetivo é analisar a capacidade de raciocínio matemático dos estudantes, bem como seus conhecimentos de conceitos físicos. Para a resolução da questão, foram fornecidas informações sobre a massa do objeto e a aceleração gravitacional. A Figura 39 apresenta o enunciado da pergunta e as alternativas disponíveis.

O estudo da força peso é importante porque representa a interação fundamental entre a Terra e todos os corpos que se encontram em sua superfície ou em suas proximidades.

Compreender essa força permite que os alunos percebam como a gravidade influencia diretamente diversas situações do cotidiano, desde ações simples, como caminhar, até aplicações mais complexas, como o lançamento de foguetes, reforçando conceitos essenciais da Física.

Figura 39 - Questão 3 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 3. O peso de um corpo de 10 kg na Terra, onde a gravidade é 10 m/s^2 , é:

a) ☒ 10 N

b) ☐ 100 N

c) ☐ 50 N

d) ☐ 1 N

e) ☐ 200 N

Fonte: Elabora pelo autor.

A Tabela 17 a seguir, mostra a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 3. Nela podemos observar a quantidade de que escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII.

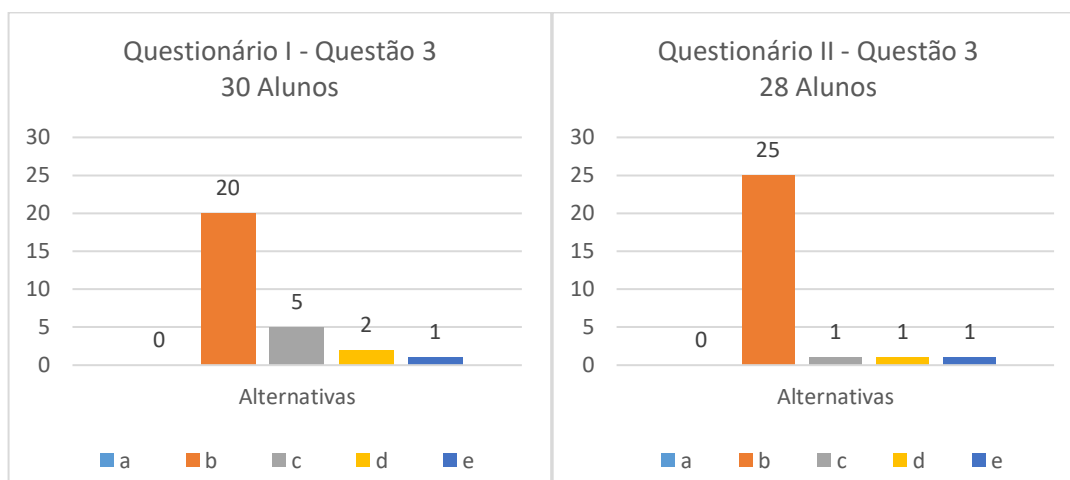
Tabela 17 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 3 – correta (b).

Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	0	20	5	2	3
Questionário II	0	25	1	1	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observando a tabela acima, é visto que a maior parte dos alunos acertou a questão tanto no QI quanto no QII onde a intenção era avaliar se o aluno possuía pelo menos um conhecimento básico matemático suficiente para responder essa questão. O Gráfico 5 mostra de maneira visual as diferentes escolhas das alternativas pelos alunos entre o QI e QII.

Gráfico 5 - Comparação das escolhas da Questão 3 entre o Q1 e Q2 – correta (b)

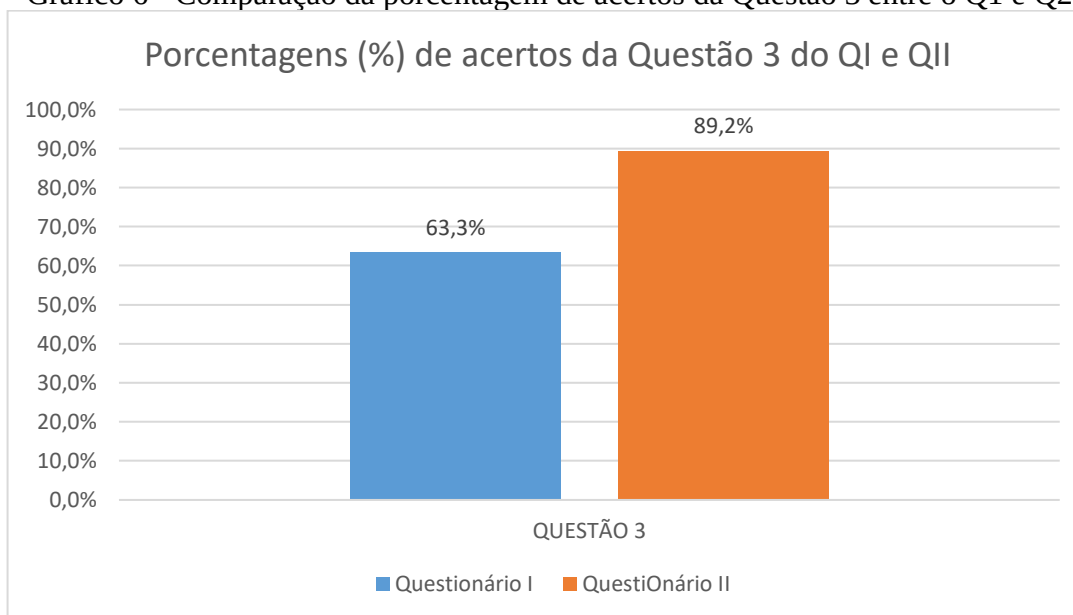


Fonte: Elaborada pelos autores.

Como pode ser observado no gráfico acima, os alunos apresentaram um bom desempenho no primeiro questionário e uma melhora no segundo. No Questionário I (QI), 20 (vinte) alunos acertaram a questão, enquanto 8 (oito) cometeram erro. Já no Questionário II (QII), foram registrados 25 (vinte e cinco) acertos, com apenas 3 (três) alunos errando a questão.

Assim, para a Questão 3, a taxa de acerto no QI foi de 63,3%, enquanto no QII os estudantes alcançaram 89,2% de acertos. Em relação aos erros, os resultados indicaram 36,7% no QI e 10,8% no QII, evidenciando uma melhora significativa no desempenho dos alunos após a aplicação da sequência didática.

Gráfico 6 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 3 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após a aplicação do Questionário I (QI), ou seja, antes do desenvolvimento das aulas da sequência didática, alguns alunos relataram que não sabiam qual equação deveria ser utilizada para encontrar a resposta correta. Outros afirmaram que se confundiram no momento de realizar a operação matemática ao substituir os valores na equação $P = m \cdot g$.

Entre os estudantes que acertaram a questão, alguns comentaram que não lembravam exatamente da equação, mas sabiam que o cálculo envolvia a multiplicação entre dois valores, optando pela alternativa correta por meio de processo de eliminação. O levantamento dos dados demonstra que houve um avanço no aprendizado dos alunos após as aulas, evidenciando que a sequência didática contribuiu para uma melhor compreensão do conceito de força peso e de sua aplicação em situações-problema.

7.4.4 Questão 4 – A Terceira Lei de Newton – Ação e Reação

A Questão 4 aborda a Terceira Lei de Newton e solicita que o aluno marque a alternativa que completa corretamente a afirmação sobre o princípio da ação e reação. A Figura 40 apresenta o enunciado da pergunta e as alternativas que foram respondidas pelos estudantes tanto no Questionário I (QI) quanto no Questionário II (QII). Essa questão tem como objetivo analisar se os alunos possuem o conhecimento teórico relacionado à Lei da Ação e Reação.

O estudo da Terceira Lei de Newton é importante porque explica que toda ação gera uma reação de mesma intensidade e em sentido oposto. Esse princípio está presente em diversas situações do cotidiano, como o impulso gerado ao saltar, o movimento de um barco quando alguém rema ou até mesmo o funcionamento de um foguete durante o voo. Ao compreender essa lei, os estudantes passam a perceber que as forças atuam sempre em pares e que o movimento de um corpo está diretamente relacionado a essa interação entre forças.

Figura 40 - Questão 4 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 4. Na Terceira Lei de Newton, a força de ação e a força de reação:

- a) ☐ São aplicadas no mesmo corpo.
- b) ☐ Têm direções diferentes e sentidos diferentes.
- c) ☐ Sempre se anulam.
- d) ☐ São forças de contato e nunca forças à distância.
- e) ☐ Atuam em corpos diferentes, com mesma intensidade e direções opostas.

Fonte: Elabora pelo autor.

Podemos ver na Tabela 18 a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 4. Nela podemos observar a quantidade de escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII. Nesse caso vemos que a maioria dos alunos acertou a resposta, 18 (dezoito) para o QI e 25 (vinte e cinco) para o QII.

Tabela 18 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 4 – correta (e).

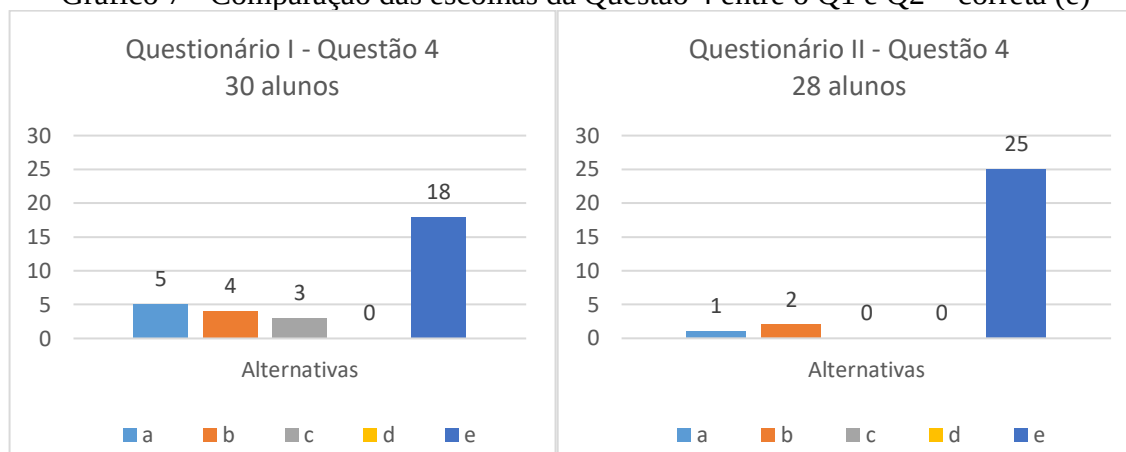
Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	5	4	3	0	18
Questionário II	1	2	0	0	25

Fonte: Elaborada pelos autores.

No

Gráfico 7 a seguir, vemos que houve um discreto aumento de acertos entre o QI e o QII, indo de 18 (dezoito) acertos para o 25 (vinte e cinco) acertos. As alternativas “c” e “d” para o QII não foram mais cogitadas como verdadeiras. O gráfico também deixa evidente que os alunos que erraram no QI conseguiram acertar no QII.

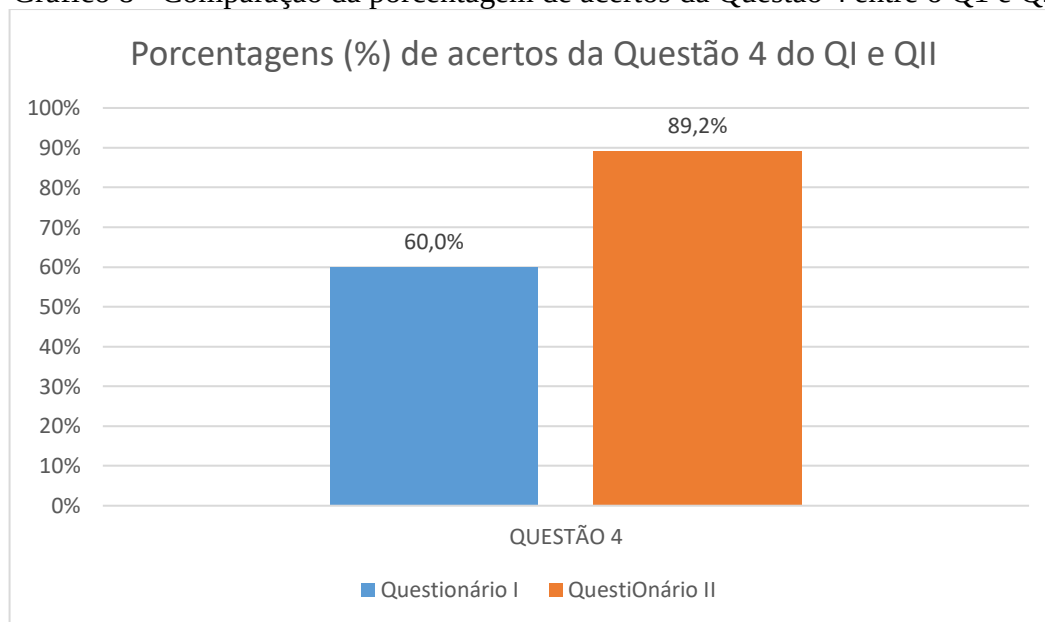
Gráfico 7 - Comparação das escolhas da Questão 4 entre o Q1 e Q2 – correta (e)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observando o Gráfico 8, o Questionário I (QI) apresentou uma taxa de acerto de 60%, enquanto no Questionário II (QII) esse índice aumentou para 89,2%. Consequentemente, os erros corresponderam a 40% no QI e a apenas 10,8% no QII, evidenciando uma melhora significativa no desempenho dos alunos entre as duas aplicações. Dessa forma, pode-se concluir que houve uma redução expressiva na margem de erro, que passou de 40% no QI para 10,8% após a aplicação do QII.

Gráfico 8 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 4 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após a aplicação do Questionário I (QI), alguns alunos relataram que a Terceira Lei de Newton é quase tão conhecida quanto a Primeira Lei, afirmando que já haviam ouvido falar

sobre essas leis em aulas anteriores, em conversas com amigos ou em vídeos nas redes sociais.

Entre os estudantes que erraram a questão, alguns mencionaram que as alternativas estavam muito específicas e semelhantes entre si, o que dificultou a distinção entre as opções e gerou confusão no momento de escolher a resposta correta. Outros afirmaram que não conheciam a Lei da Ação e Reação, o que também contribuiu para dificuldades na interpretação das alternativas.

Um aspecto interessante observado nos resultados foi a variação nas escolhas da alternativa “a”, que recebeu 5 (cinco) votos no QI e apenas 1 (um) voto no QII. Com base nos depoimentos dos alunos, esse resultado indica que muitos acreditavam que as forças de ação e reação atuavam em apenas um único corpo.

Durante as aulas, alguns estudantes demonstraram surpresa ao compreender que um corpo não “possui” força, mas exerce força sobre outro corpo. Expressões comuns do cotidiano, como “*eu tenho muita força*”, podem induzir a interpretações equivocadas quando relacionadas aos conceitos da Física, contribuindo para erros em questões que envolvem a aplicação da Terceira Lei de Newton.

7.4.5 Questão 5 – Velocidade Terminal

A Questão 5 aborda o conceito de velocidade terminal, sendo uma questão diretamente relacionada ao tema da resistência do ar. A expressão “velocidade terminal” não é comum no cotidiano dos alunos, o que pode tornar a compreensão inicial do conceito mais desafiadora. Além disso, as alternativas apresentadas eram específicas, podendo gerar certa confusão para quem estivesse respondendo. A

Figura 41 apresenta o enunciado da questão e as alternativas disponibilizadas aos estudantes.

Compreender o conceito de velocidade terminal é importante, pois permite aos alunos entender como a resistência do ar influencia o movimento de corpos em queda, fenômeno explorado no tubo de vento utilizado durante a sequência didática. Nesse contexto, também é discutido o conceito de queda livre, caracterizado pelo movimento de um corpo sob a ação exclusiva da gravidade, sem considerar a resistência do ar.

Ao introduzir o conceito de velocidade terminal, explica-se que, devido à resistência do ar, o corpo não continua acelerando indefinidamente. Em determinado momento, as forças que atuam sobre ele se equilibram, fazendo com que o corpo deixe de acelerar e passe a cair

com velocidade constante. O estudo desse fenômeno estimula os alunos a perceberem a importância de fatores como forma, massa e densidade dos objetos no comportamento do movimento, aproximando os conceitos teóricos da realidade observada em diversas situações do cotidiano.

Figura 41 - Questão 5 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 5. Qual característica da velocidade terminal está correta?

- a) ☐ A velocidade terminal ocorre quando a força peso é maior que a força de resistência do ar.
- b) ☐ A velocidade terminal é atingida quando a aceleração do corpo é máxima.
- c) ☐ A força peso e a força de resistência do ar se equilibram na velocidade terminal.
- d) ☐ O objeto para de se mover na velocidade terminal.
- e) ☐ A velocidade terminal só ocorre no vácuo.

Fonte: Elabora pelo autor.

A Tabela 19, mostra a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 5. Nela podemos observar a quantidade de escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII.

Tabela 19 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 5 – correta (a).

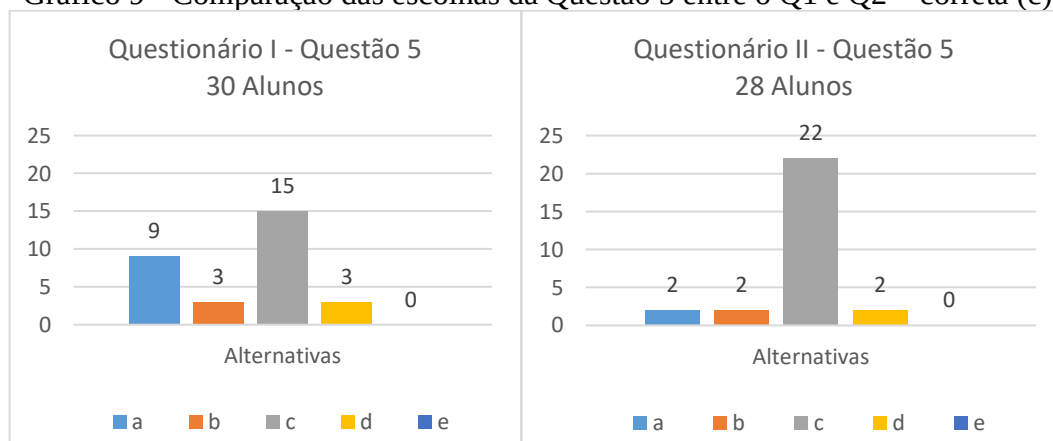
Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	9	3	15	3	0
Questionário II	2	2	22	2	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

O Gráfico 9 apresenta de forma clara a distribuição das escolhas dos alunos diante da questão analisada. Nele é possível observar uma redução no número de erros ao comparar os resultados do Questionário I (QI) com os do Questionário II (QII).

As alternativas “a”, “b” e “d”, que são incorretas, apresentaram diminuição no número de escolhas no QII. A alternativa “a” passou de 9 (nove) votos no QI para 2 (dois) no QII. Já as alternativas “b” e “d” reduziram de 3 (três) votos para 2 (dois) cada. Esses votos migraram, em grande parte, para a alternativa “c”, que corresponde à resposta correta. Cabe destacar que nenhum aluno escolheu a alternativa “e” em ambos os questionários.

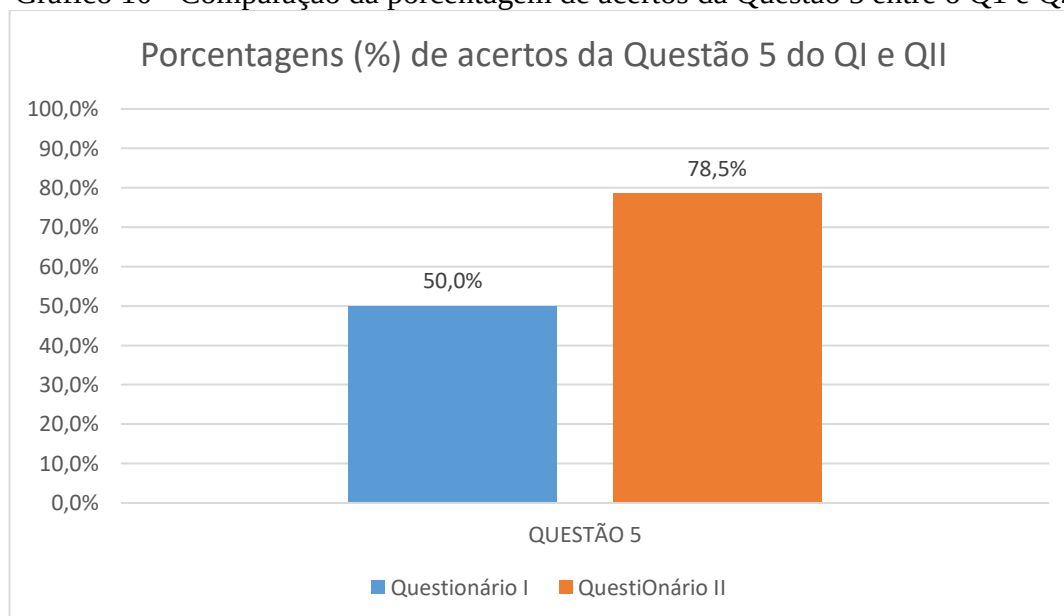
Gráfico 9 - Comparação das escolhas da Questão 5 entre o Q1 e Q2 – correta (c)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observe o Gráfico 10 logo abaixo. Podemos perceber que, para o Questionário I, os alunos tiveram uma taxa de 50% de acerto e para o Questionário II, os alunos tiveram 78,5%. Por analogia podemos entender que a margem de erro vai de 50% de alternativa erradas para o QI e uma melhor no QII com 21,5% de erro.

Gráfico 10 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 5 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

Dos 30 (trinta) alunos, apenas 6 (seis) erraram a questão no Questionário II (QII). Já no Questionário I (QI), metade dos alunos respondeu incorretamente, o que evidencia uma melhora significativa no desempenho após o desenvolvimento das aulas.

Alguns estudantes relataram, após a aplicação do QI, que não conheciam o termo “velocidade terminal”, mas interpretaram que a palavra “*terminal*” indicava que a velocidade, em determinado momento, tornava-se constante durante a queda. Essa interpretação contribuiu para que alguns alunos conseguissem identificar a resposta correta já no primeiro questionário.

Com o desenvolvimento das aulas, o conceito tornou-se mais claro para a turma. Ainda assim, alguns estudantes apresentaram dificuldades e não conseguiram realizar as mesmas deduções que outros colegas.

O tubo de vento utilizado na sequência didática permitiu demonstrar exatamente essa característica do movimento. Quando a bolinha de desodorante Roll-on permanecia equilibrada no interior do tubo, era possível afirmar que ela havia atingido a velocidade terminal, evidenciando de forma prática o equilíbrio entre a força da gravidade e a resistência do ar.

7.4.6 Questão 6 – Depois do Salto e Antes de Abrir o Paraquedas

A Questão 6 aborda a velocidade em duas situações distintas: logo após o salto de um paraquedista de um avião em voo e antes do acionamento do paraquedas. A questão não especifica explicitamente a presença da resistência do ar, buscando analisar se o aluno compreende que a queda é acelerada pela força gravitacional.

O objetivo da questão é verificar se o estudante consegue perceber a semelhança nas características do movimento de queda nas duas situações apresentadas. Pretende-se identificar se o aluno compreende que, tanto antes quanto depois do acionamento do paraquedas, pode ocorrer o atingimento de uma velocidade terminal, ainda que em condições diferentes devido à alteração da resistência do ar. A Figura 42 apresenta a pergunta e as alternativas correspondentes à Questão 6.

Figura 42 - Questão 6 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 6. Antes de abrir o paraquedas, a velocidade do paraquedista:

- a) ☒ Aumenta continuamente devido à gravidade.
- b) ☐ Diminui devido à resistência do ar.
- c) ☐ Permanece constante.
- d) ☐ Diminui devido à falta de gravidade.
- e) ☐ Aumenta devido ao empuxo do ar.

Fonte: Elabora pelo autor.

Observe a

Tabela 20 a seguir. Ela mostra a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 6. Nela podemos observar a quantidade de escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII. Para o QII a resposta correta foi unânime nas escolhas dos alunos.

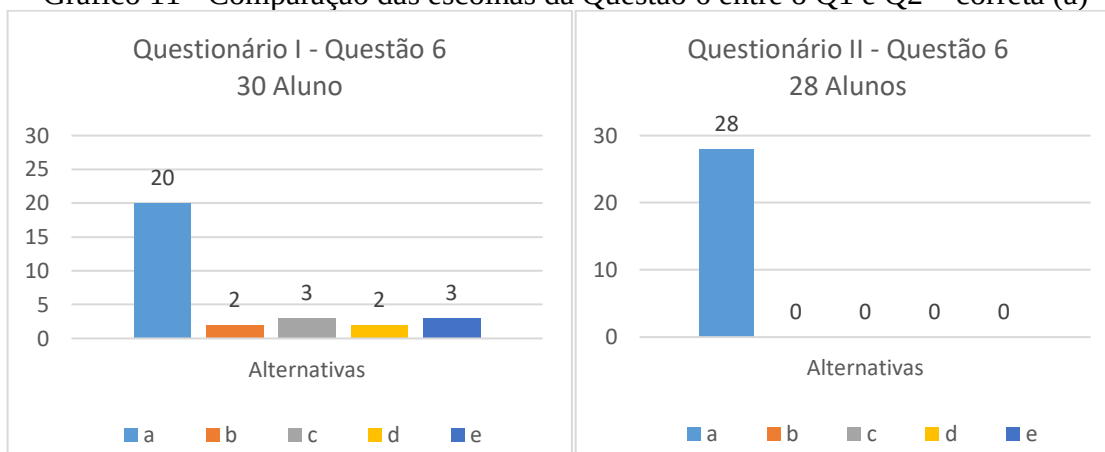
Tabela 20 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 6 – correta (a).

Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	20	2	3	2	3
Questionário II	28	0	0	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

O Gráfico 11 a seguir mostra bem a quantidade de acertos e erros tanto para o QI quanto para o QII. Mais uma vez vemos aqui que 28 (vinte e oito) acertos, representando 100% dos alunos que participaram do questionário II acertaram a alternativa. Em contrapartida, no QI, 20 (vinte) alunos acertaram e 10 (dez) alunos erraram.

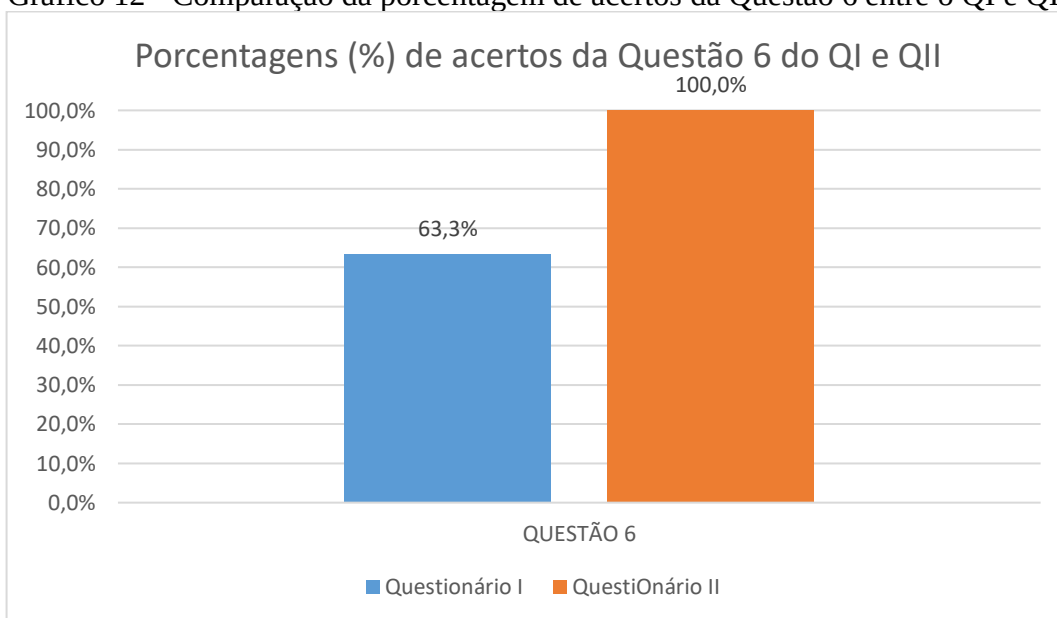
Gráfico 11 - Comparação das escolhas da Questão 6 entre o Q1 e Q2 – correta (a)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Então observando o Gráfico 12, para Questão 6, o Questionário I teve uma taxa de 63,3% de acerto. Já o Questionário II teve 100% de acerto, ou seja, quase 40 % dos alunos erraram a Questão 6 no QI e nenhum aluno errou no QII.

Gráfico 12 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 6 entre o QI e QII



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao analisar as declarações dos alunos sobre a queda do paraquedista e o posterior acionamento do paraquedas, é possível identificar diferentes níveis de compreensão do fenômeno físico entre os estudantes.

A maioria acertou a alternativa correta, justificando que era “óbvio” que, ao saltar, a tendência seria aumentar a velocidade. Esse tipo de resposta indica que os alunos possuem um conhecimento prévio intuitivo sobre o fenômeno, embora ainda sem uma fundamentação conceitual mais aprofundada.

Quando questionados sobre até que momento a velocidade continuaria aumentando, muitos responderam que isso ocorreria até a abertura do paraquedas. Essa explicação demonstra uma compreensão baseada na experiência cotidiana ou em referências populares, porém sem considerar explicitamente o papel da resistência do ar e a existência da velocidade terminal no movimento de queda.

7.4.7 Questão 7 – Após o Acionamento do Paraquedas

A Questão 7, apresentada na Figura 43, é semelhante à Questão 6, porém aborda a situação em que o paraquedista já está com o paraquedas acionado. O objetivo é analisar o entendimento dos alunos sobre as diferenças entre os dois momentos do movimento: antes da abertura do paraquedas e após o seu acionamento.

Busca-se verificar se o estudante compreende que, em ambas as situações, pode ocorrer o atingimento da velocidade terminal, porém com valores diferentes, devido ao aumento significativo da resistência do ar provocado pela abertura do paraquedas. A Figura 43 apresenta a pergunta e as alternativas correspondentes à Questão 7, presentes tanto no Questionário I (QI) quanto no Questionário II (QII).

Figura 43 - Questão 7 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 7. Após abrir o paraquedas, o paraquedista:

- a) ☐ Acelera devido à resistência do ar.
- b) ☐ Atinge rapidamente uma nova velocidade terminal menor.
- c) ☐ Permanece na mesma velocidade terminal de antes.
- d) ☐ Acelera continuamente até tocar o solo.
- e) ☐ Para instantaneamente devido à abertura do paraquedas.

Fonte: Elabora pelo autor.

Na Tabela 21 a seguir, podemos ver a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 7. Nela podemos observar a quantidade de escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII.

Tabela 21 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 7 – correta (b).

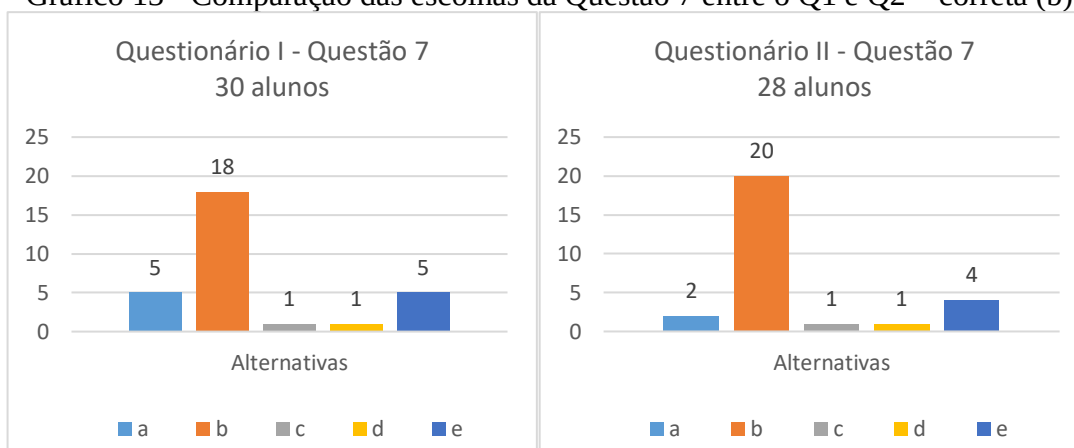
Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	5	18	1	1	5
Questionário II	2	20	1	1	4

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para essa questão 20 (vinte) dos 28 (vinte e oito) alunos, que responderam ao Questionário II, certou, assim, podemos concluir que os alunos diminuíram a dúvida e dessa vez tendenciou para a resposta correta. O

Gráfico 13 mostra os valores da quantidade de escolhas nas alternativas nessa questão.

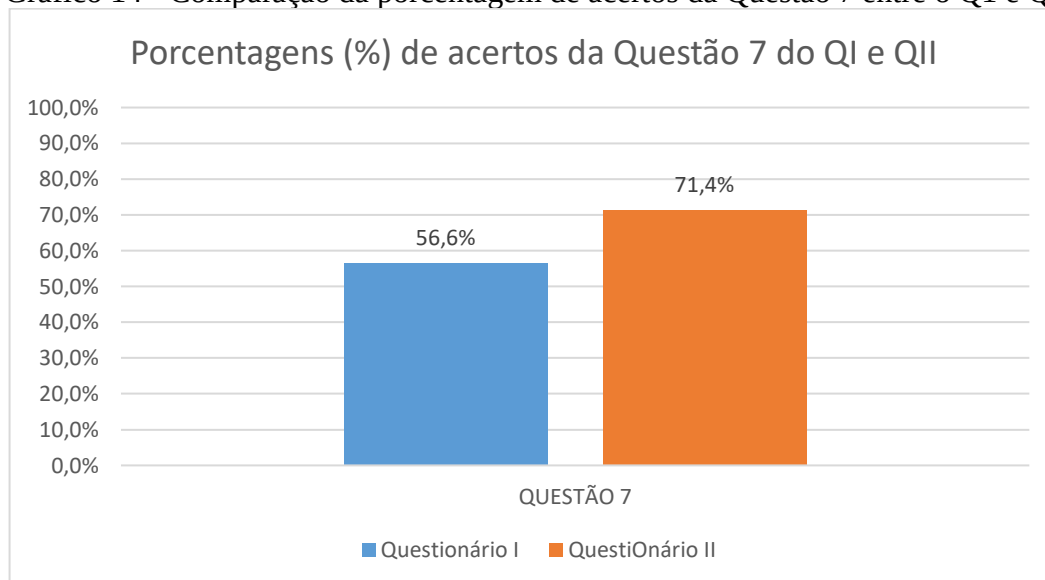
Gráfico 13 - Comparação das escolhas da Questão 7 entre o Q1 e Q2 – correta (b)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Então, para a Questão 7, o Gráfico 14 mostra que os alunos tiveram uma taxa de 56,6% de acerto para o QI e uma taxa de 71,4% de acerto para o QII. Consequentemente de 43,4 de erro no QI e para o QII, os alunos tiveram e 28,6% para o erro.

Gráfico 14 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 7 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao analisar as respostas fornecidas pelos alunos para essa questão nos gráficos, percebe-se que o desempenho no Questionário I (QI) e no Questionário II (QII) foi bastante semelhante, o que sugere que os estudantes já possuíam uma compreensão inicial sobre as diferenças entre o movimento antes e depois da abertura do paraquedas.

Entretanto, é importante destacar o erro cometido por alguns alunos ao escolherem a alternativa (e), que indicava que o paraquedista pararia instantaneamente após a abertura do paraquedas. Observando o mesmo gráfico, nota-se que houve persistência nesse equívoco, pois 4 (quatro) alunos ainda escolheram essa alternativa no QII, mesmo após a realização das aulas.

Esse resultado evidencia uma dificuldade na compreensão do processo de desaceleração provocado pela resistência do ar, já que a abertura do paraquedas não faz o paraquedista parar imediatamente, mas provoca uma redução gradual da velocidade até atingir uma nova velocidade terminal.

7.4.8 Questão 8 – Velocidade Terminal igual a Aceleração Nula

A Questão 8 analisa se o aluno entende que aceleração igual a zero representa a velocidade terminal, ou seja, o momento em que a força de resistência do ar equilibra o peso do corpo, fazendo com que a velocidade se torne constante. A Figura 44 mostra a pergunta em questão e as alternativas.

Figura 44 - Questão 8 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 8. Quando um objeto em queda livre não é mais acelerado pela gravidade, podemos afirmar que:

- a) ☐ Ele atinge o solo.
- b) ☐ A força peso é maior que a força de resistência do ar.
- c) ☐ Ele atingiu a velocidade terminal.
- d) ☐ A resistência do ar é desprezível.
- e) ☐ Ele para de cair.

Fonte: Elabora pelo autor.

Observe a Tabela 22 a seguir. É mostrada a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 8, nela podemos observar a quantidade de escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII.

Tabela 22 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 8 – correta (c).

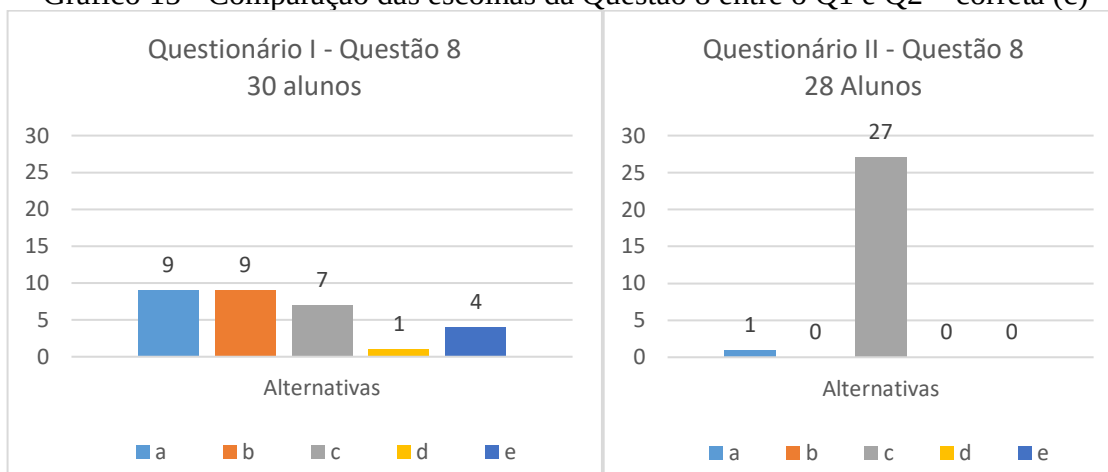
Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	9	9	7	1	4
Questionário II	1	0	27	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nessa questão, ao analisar as respostas do Questionário I (QI), observa-se que a maioria dos alunos errou a questão, marcando principalmente as alternativas (a) e (b), enquanto a alternativa correta era a (c). É importante lembrar que o QI foi aplicado no início da sequência didática, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Nesse momento, conceitos como velocidade terminal, força peso e resistência do ar ainda não haviam sido explicados em aula.

Diante disso, alguns alunos demonstraram acreditar que o movimento vertical durante um salto é sempre acelerado, sem considerar a influência da resistência do ar no movimento. O Gráfico 15 apresenta de forma clara a distribuição das alternativas escolhidas pelos alunos nessa questão.

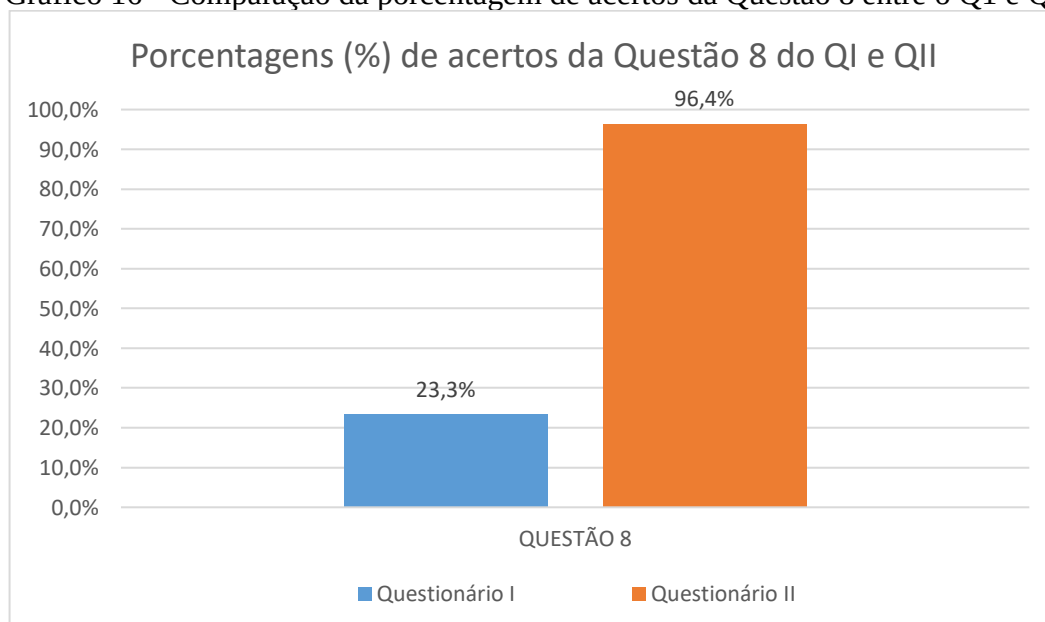
Gráfico 15 - Comparação das escolhas da Questão 8 entre o Q1 e Q2 – correta (c)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Então, para que a Questão 8, os alunos tiveram uma taxa de 23,3% de acerto para o QI. Já para o Q II, os alunos tiveram uma taxa de 96,4% de acerto. Concluimos que a taxa de erro foi de 76,7% no QI e caiu para 3,6% no QII.

Gráfico 16 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 8 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelo autor.

Observando o

Gráfico 16, é possível perceber um aumento bastante significativo no número de acertos para essa questão. Cabe destacar que o tema abordado nessa pergunta está diretamente relacionado ao conteúdo trabalhado na Aula 6, que tratou do uso da máquina de vento.

Nessa atividade, foram utilizadas bolinhas de desodorante Roll-on, com massas diferentes, lançadas em um tubo com fluxo de ar. Durante o experimento, as bolinhas permaneciam equilibradas em determinada altura, permitindo aos alunos observar, na prática, o equilíbrio entre as forças atuantes e a condição associada à velocidade terminal.

Ainda analisando o gráfico, observa-se que os alunos assimilaram bem o conteúdo trabalhado, pois apenas 1 (um) estudante errou a questão, resultando em um índice de acerto próximo de 100%. É possível que esse aluno tenha interpretado que a aceleração só cessaria quando o objeto — nesse caso, o paraquedista — atingisse o solo ao final do percurso.

Esses resultados indicam que a maioria dos estudantes compreendeu corretamente o conceito trabalhado na sequência didática, evidenciando a eficácia da abordagem experimental utilizada e demonstrando um avanço significativo na aprendizagem do tema.

7.4.9 Questão 9 – A Influência do Ar em Objetos em Queda

A Questão 9, mostrada na Figura 45, trata de uma situação que busca verificar se o aluno entende até que ponto a resistência do ar interfere no movimento de queda de objetos. O objetivo é perceber se o estudante reconhece que, em condições reais, corpos de massas diferentes, mas com formas iguais tendem a cair em tempos próximos ou até mesmo iguais. A alternativa correta é letra “b”.

Figura 45 - Questão 9 – A pergunta e as 5 alternativas

QUESTÃO 9. Se duas bolas, uma leve e outra pesada, são lançadas da mesma altura em um ambiente com resistência do ar, qual chegará ao solo primeiro?

- a) ☐ A leve, porque sofre menos força peso.
- b) ☐ A pesada, porque é menos influenciada pela resistência do ar.
- c) ☐ Ambas chegam ao mesmo tempo.
- d) ☐ A leve, porque tem maior densidade.
- e) ☐ Depende da altura de lançamento.

Fonte: Elabora pelo autor.

Na Tabela 23 abaixo é mostrada a distribuição das respostas dos alunos para essa Questão 9. Nela podemos observar a quantidade de escolhas que os alunos tiveram tanto no QI quanto no QII.

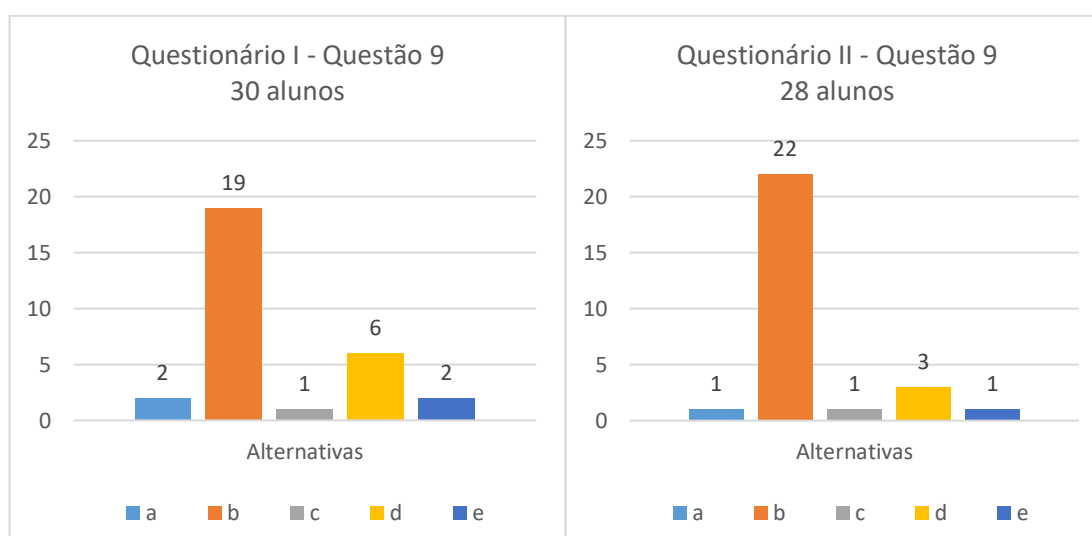
Tabela 23 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 9 – correta (b).

Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	2	19	1	6	2
Questionário II	1	22	1	3	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ainda analisando o gráfico abaixo, observa-se que, no Questionário I (QI), já havia um índice relativamente alto de acertos, com 19 (dezenove) alunos escolhendo a alternativa correta. No Questionário II (QII), verificou-se um acréscimo de 3 (três) alunos para essa mesma alternativa em relação ao QI. O Gráfico 18 apresenta esse aumento discreto na porcentagem de acertos, indicando uma melhora no desempenho dos estudantes após a aplicação da sequência didática.

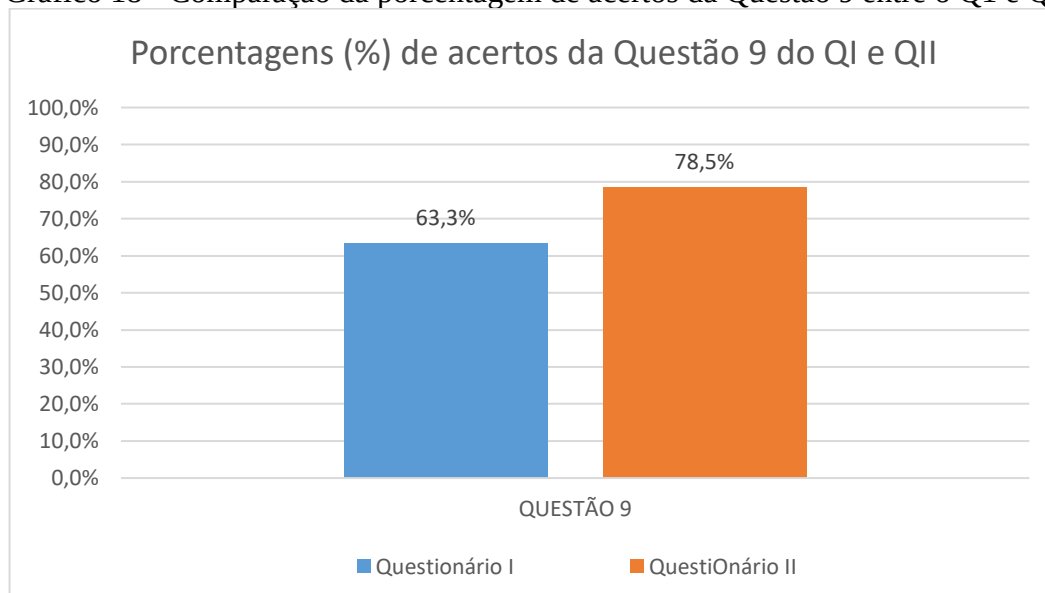
Gráfico 17 - Comparação das escolhas da Questão 9 entre o Q1 e Q2 – correta (b)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Então confirmando o que é visto no Gráfico 18 abaixo, para a Questão 9, os alunos tiveram uma taxa de 63,3 % de acerto para o QI e uma taxa de 78,5% de acerto para o QII. Reforçando os cálculos para analisar as taxas de erros temos, 36,7% para o erro no QI e uma redução para 21,5% no QII

Gráfico 18 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 9 entre o Q1 e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

Nesse caso, observa-se que a maioria dos alunos acertou a questão já no primeiro questionário (QI), com 19 (dezenove) acertos em um total de 30 (trinta) estudantes. Muitos relataram que as alternativas incorretas eram facilmente descartadas, por não apresentarem relação com situações da realidade, o que os levou à escolha da alternativa correta (b).

Um ponto importante a destacar é que uma situação semelhante à descrita na questão foi realizada durante uma das aulas da sequência didática. Na atividade, foram lançados uma folha de papel e um livro lado a lado, ao mesmo tempo e da mesma altura. Em seguida, o experimento foi repetido, porém com a folha apoiada sobre o livro.

Ao incluir essa questão nos questionários, buscou-se verificar se os alunos conseguiriam relacionar o experimento realizado em sala com a situação apresentada na pergunta, especialmente no Questionário II (QII).

Entretanto, ao observar o aumento discreto na porcentagem de acertos, percebe-se que nem todos os estudantes conseguiram lembrar da atividade ou associar plenamente o experimento ao conceito trabalhado. Ainda assim, houve um avanço no número de acertos, o que reforça a consolidação do aprendizado ao longo da sequência didática.

7.4.10 Questão 10 – A Folha Aberta e a Bolinha de Papel

A Questão 10 faz referência direta a uma atividade experimental realizada durante uma das aulas da sequência didática. Trata-se de uma pergunta específica e objetiva, baseada

na demonstração em que o professor solta uma folha de papel aberta e, em seguida, abandona a mesma folha da mesma altura (aproximadamente 1,80 m), porém amassada em formato de bolinha.

Na primeira situação, a folha aberta desce planando, não apresentando um movimento retilíneo devido à forte influência da resistência do ar, causada pela grande área de contato com o ar, o que torna o tempo de queda maior. Já quando a folha é amassada em forma de bola, sua área de contato com o ar diminui significativamente, reduzindo o efeito da resistência do ar e fazendo com que caia mais rapidamente quando comparada à folha aberta.

A questão teve como objetivo verificar se os estudantes compreenderam que a área do objeto em queda pode intensificar a força de arrasto exercida pelo ar. A Questão 10 é apresentada na Figura 46, que mostra o enunciado e as alternativas respondidas pelos alunos tanto no Questionário I (QI) quanto no Questionário II (QII). A alternativa correta é a letra (a).

Figura 46 - Questão 10 – A pergunta e as 5 alternativas

- QUESTÃO 10.** Durante um experimento, um professor lança uma folha aberta e uma folha amassada de mesma massa de uma mesma altura. A folha amassada chega ao solo primeiro porque:
- a) ☐ Sofre menor resistência do ar devido à sua forma compacta.
 - b) ☐ Tem maior peso.
 - c) ☐ A gravidade é maior na folha amassada.
 - d) ☐ O atrito é maior na folha aberta.
 - e) ☐ A folha aberta tem menor massa efetiva.

Fonte: Elabora pelo autor.

Observe a Tabela 24 a seguir. Nela é apresentada a distribuição das respostas dos alunos para essa questão. É possível visualizar a quantidade de escolhas realizadas pelos estudantes em cada alternativa, tanto no Questionário I (QI) quanto no Questionário II (QII).

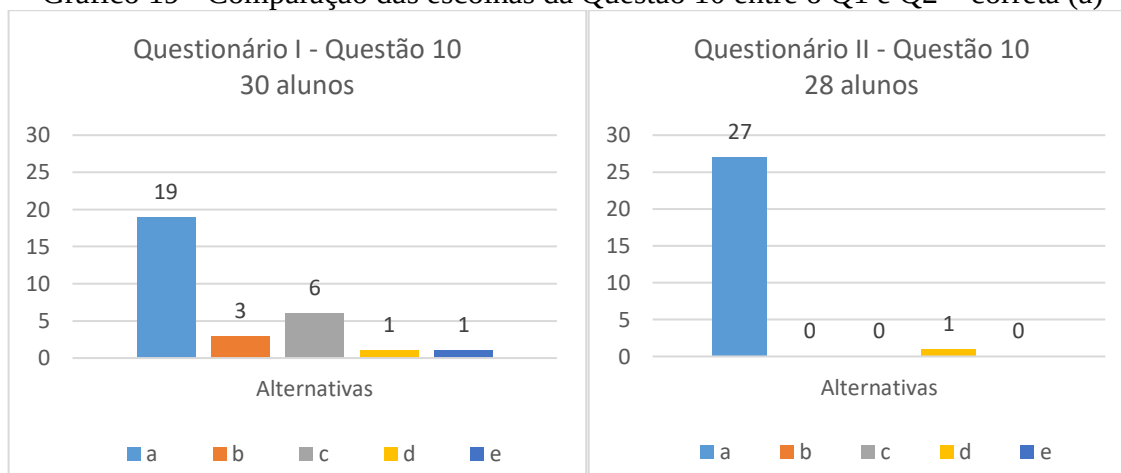
Tabela 24 - Distribuição das respostas dos alunos – Questão 10 – correta (a).

Alternativas	a	b	c	d	e
Questionário I	19	3	6	1	1
Questionário II	27	0	0	1	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando o gráfico abaixo, observamos que, nessa última questão, houve um aumento no número de acertos, indo de 19 (dezenove) acertos dos alunos no Questionário I para 27 (vinte e sete) alunos no Questionário II. É visto que apenas um aluno errou essa questão no QII optando pela alternativa “d”.

Gráfico 19 - Comparação das escolhas da Questão 10 entre o Q1 e Q2 – correta (a)

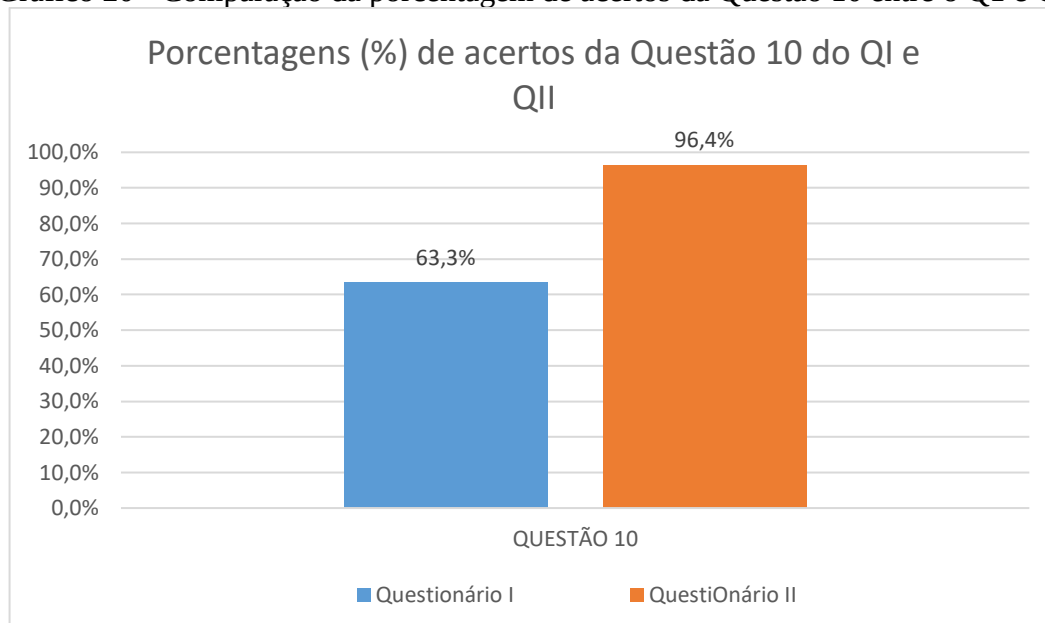


Fonte: Elaborada pelos autores.

No Gráfico 20, observam-se as barras que indicam as taxas de porcentagem de acertos para essa questão. Para a Questão 10, os alunos apresentaram 63,3% de acertos no Questionário I (QI). Já no Questionário II (QII), esse índice aumentou para 96,4% de acertos.

Consequentemente, as taxas de erro passaram de 36,7% no QI para apenas 3,6% no QII, evidenciando uma redução significativa no número de respostas incorretas após a aplicação da sequência didática.

Gráfico 20 - Comparação da porcentagem de acertos da Questão 10 entre o QI e Q2



Fonte: Elaborada pelos autores.

O aumento da taxa de acertos, apresentado nas barras do gráfico acima, indica uma melhora considerável na compreensão do conteúdo pelos estudantes, sugerindo que as estratégias de ensino aplicadas entre as duas avaliações foram eficazes para consolidar o aprendizado.

É possível supor que o único aluno que escolheu a alternativa (d) no QII tenha se confundido entre os termos “força de atrito” e “força de arrasto”, sendo este último o conceito correto e amplamente enfatizado durante as aulas da sequência didática.

Os alunos demonstraram boa aceitação dessa questão, relatando que conseguiram respondê-la rapidamente. A demonstração realizada em sala contribuiu para que identificassem com facilidade a alternativa correta, reforçando que atividades experimentais e lúdicas, inseridas no contexto da aula, favorecem a compreensão dos conceitos, facilitam a comunicação entre professor e alunos e contribuem para o processo de ensino e aprendizagem.

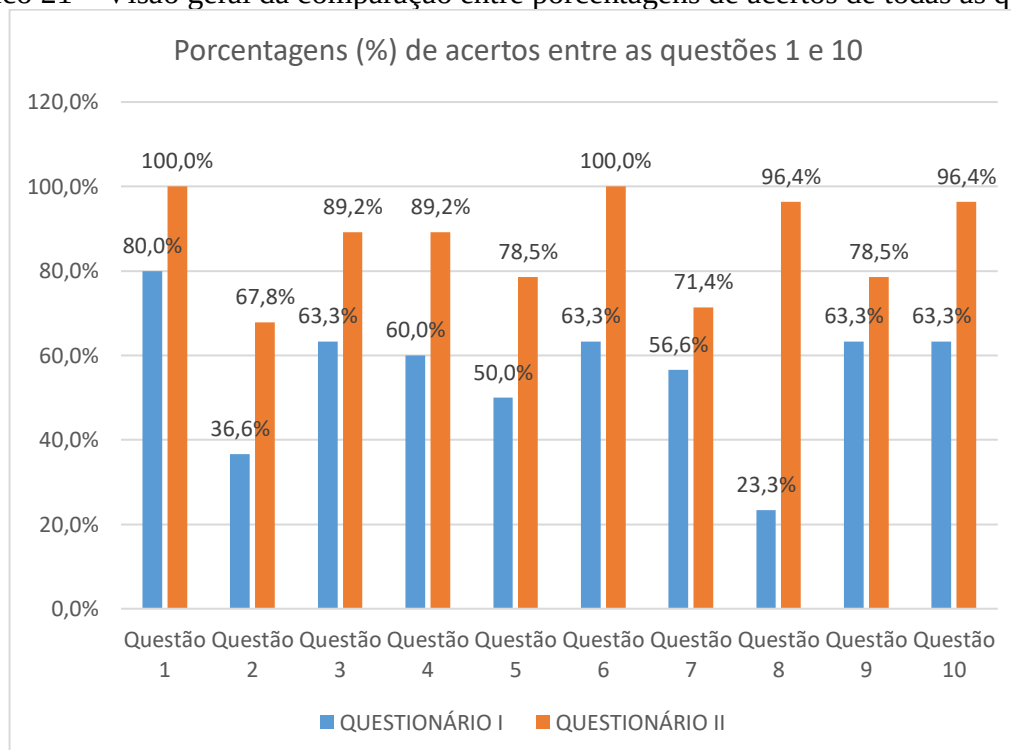
Além disso, observa-se que a maioria dos estudantes já estava próxima da resposta correta desde o QI, embora alguns tenham optado pela alternativa (c). Esses alunos justificaram sua escolha afirmando que acreditavam que a aceleração gravitacional atuava com intensidades diferentes na folha aberta e na folha amassada.

Essa interpretação revela uma concepção equivocada, relacionada à forma como os alunos compreendem a atuação da gravidade e da resistência do ar no movimento dos corpos. De fato, alguns estudantes escolheram a alternativa (c) no QI justamente por acreditarem que a aceleração da gravidade variava entre os objetos, quando, na realidade, o que altera o tempo de queda é principalmente a influência da resistência do ar, associada à área de contato do objeto com o ar.

7.4.11 – Comparação entre os gráficos das questões 1 à 10.

O Gráfico 21 a seguir mostra a diferença na porcentagem entre os acertos dos Questionário I e os acertos do Questionário II. A ideia dessa imagem é facilitar a visualização da evolução dos acertos entre os dois questionários.

Gráfico 21 – Visão geral da comparação entre porcentagens de acertos de todas as questões



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao compararmos esses resultados, é possível observar a evolução da aprendizagem e identificar avanços e possíveis dificuldades apresentadas pelos estudantes, desde o momento inicial, quando responderam ao Questionário I, até o momento final, representado pelo Questionário II.

Esse acompanhamento é fundamental para evidenciar a importância do estudo contínuo e aprofundado sobre o tema da resistência do ar, que, além de ser um conteúdo relevante para a Física, contribui para o desenvolvimento do raciocínio científico e para a capacidade de relacionar teoria e prática.

De modo geral, ao analisar as respostas fornecidas pelos estudantes nos questionários, observam-se avanços significativos no processo de aprendizagem, ao mesmo tempo em que se identificam algumas dificuldades relacionadas a conceitos específicos dos conteúdos abordados.

Mesmo com a constatação de progresso no aprendizado, torna-se necessário continuar reforçando os conceitos e ampliando as atividades que relacionem a teoria com os fenômenos observáveis, de modo a consolidar ainda mais a compreensão dos estudantes.

7.5 PESQUISA DE SATISFAÇÃO

Com o objetivo de obter uma visão crítica a partir da perspectiva dos alunos sobre a sequência didática aplicada, foi realizada uma pesquisa de satisfação, respondida no momento final da oitava e última aula da sequência didática, realizada no dia 04/08. Essa avaliação é importante, pois permite identificar possíveis falhas e oportunidades de melhoria, considerando que a proposta é que outros professores possam aplicar a sequência didática com cada vez mais eficiência.

Esse Questionário Avaliativo (QA) foi composto por 10 (dez) perguntas objetivas, simples e diretas, cada uma contendo 4 (quatro) alternativas de resposta, e foi respondido por 28 (vinte e oito) alunos. O QA pode ser consultado no Apêndice I do Produto Educacional, o qual corresponde ao único Apêndice apresentado ao final deste trabalho.

O questionário foi anônimo, não havendo espaço destinado para identificação do aluno no cabeçalho. Essa característica teve como objetivo garantir maior liberdade nas respostas, permitindo que os estudantes expressassem suas opiniões de forma mais espontânea.

A seguir, são apresentados os gráficos referentes às 10 (dez) perguntas, acompanhados de suas respectivas alternativas de resposta e de comentários sobre as percepções dos estudantes.

7.5.1 Questão 1 - O Interesse do Aluno Sobre o Tema Abordado

A Questão 1, Figura 47, pergunta ao aluno/participante do Questionário de Avaliação das aulas se ele achou o tema das aulas interessantes. Lembrando que cada aula teve um subtema dentro do tema geral, que era sobre a influência da resistência do ar em objetos em queda.

Figura 47 - Questão 1 do Questionário Avaliativo

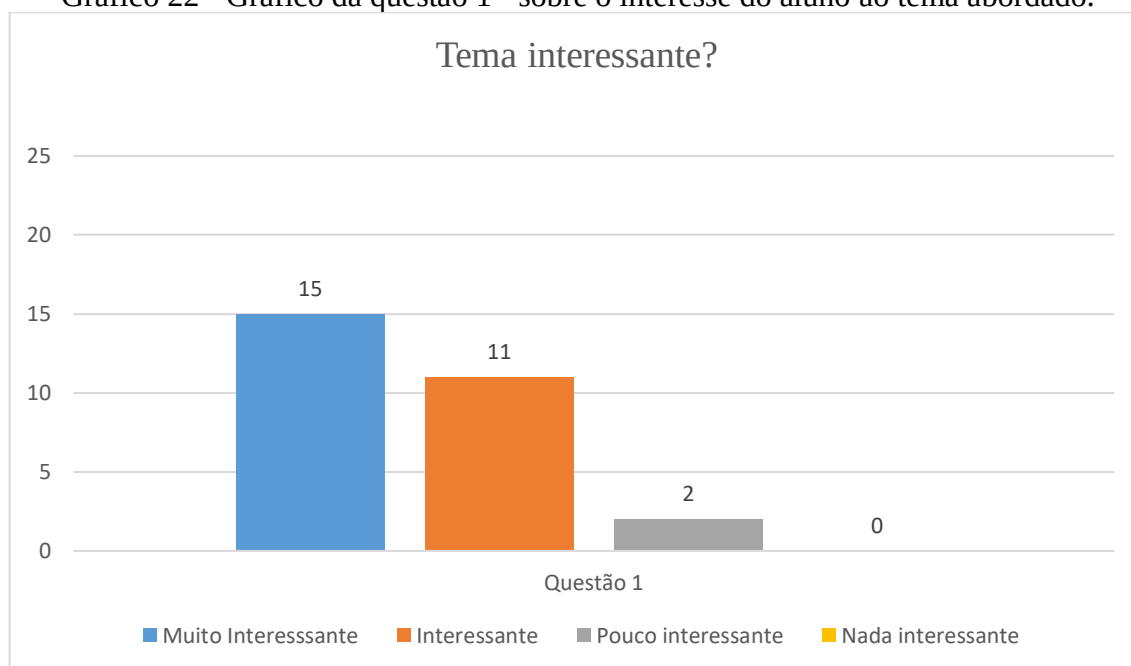
QUESTÃO 1. Você achou o tema das aulas interessante?

- a) () Muito interessante.
- b) () Interessante.
- c) () Pouco interessante.
- d) () Nada interessante.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 22 mostra a as respostas dos alunos diante da pergunta sobre o interesse do aluno no tema estudado. A resposta “Muito interessante” foi marcada por 15 (quinze) estudantes, enquanto 11 (onze) consideraram as aulas “Interessante”, apenas 2 (dois) marcaram a opção “Pouco interessante” e ninguém marcou a opção “Nada interessante”.

Gráfico 22 - Gráfico da questão 1 - sobre o interesse do aluno ao tema abordado.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Podemos atribuir a grande aceitação do tema abordado devido por ser próximo do dia a dia do aluno, como o movimento de uma bola em uma partida de futebol o voo de aviões na queda das folhas das árvores ou até mesmo pelo fato de se mover rapidamente e sentir o vento influenciando o seu movimento.

7.5.2 Questão 2 – A Opinião dos Alunos Quanto à Clareza das Explicações do Professor

A Questão 2, apresentada na Figura 48, abordava a atuação do professor durante a condução dos conteúdos, com foco na clareza da comunicação ao explicar os assuntos aos alunos. Uma explicação clara por parte do professor facilita o entendimento dos estudantes, pois contribui para a organização das ideias de forma simples e objetiva, tornando o conteúdo mais acessível e favorecendo o processo de aprendizagem.

Figura 48 - Questão 2 do Questionário Avaliativo

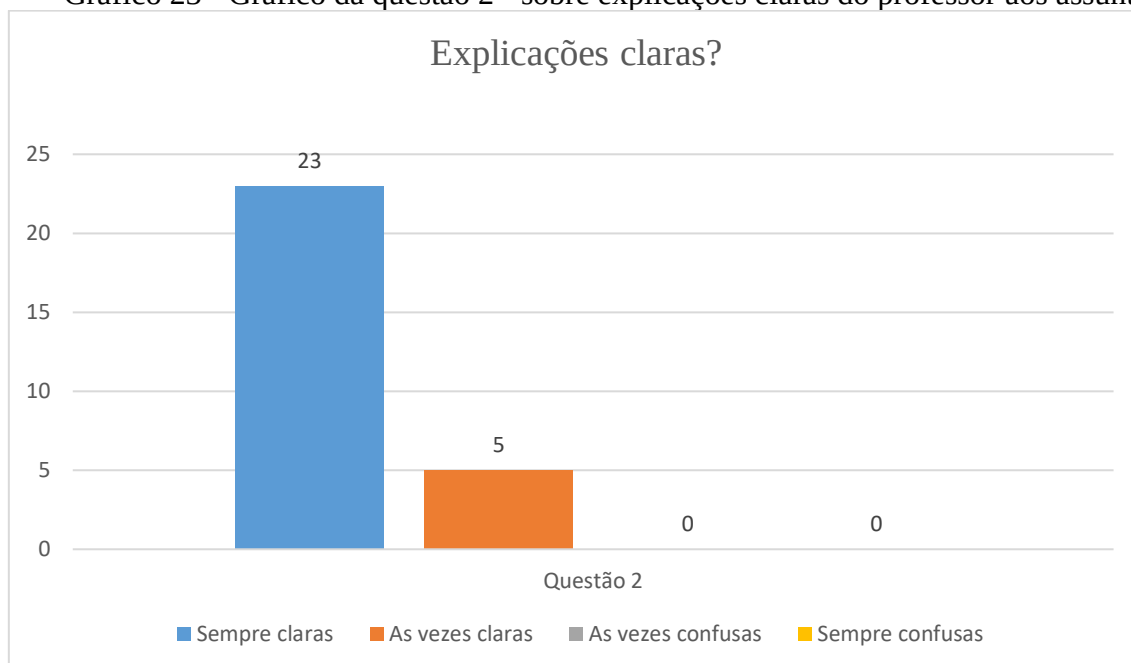
QUESTÃO 2. As explicações do professor foram claras?

- a) ☐ Sempre claras.
- b) ☐ Na maioria das vezes claras.
- c) ☐ Às vezes confusas.
- d) ☐ Sempre confusas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 23 apresenta a percepção dos alunos quanto à clareza da comunicação do professor durante as aulas. Observa-se que a maioria dos estudantes avaliou positivamente esse aspecto, indicando que houve uma boa comunicação ao longo da abordagem dos conteúdos. A alternativa “Sempre claras” recebeu 23 (vinte e três) votos, enquanto 5 (cinco) alunos assinalaram a opção “Às vezes claras”. Nenhum estudante escolheu as alternativas “Às vezes confusas” ou “Sempre confusas”, o que reforça a efetividade da comunicação docente no processo de ensino-aprendizagem.

Gráfico 23 - Gráfico da questão 2 - sobre explicações claras do professor aos assuntos



Fonte: Elaborada pelos autores.

Um bom diálogo entre professor e aluno é um elemento fundamental para a promoção de um ensino de qualidade. Durante a aplicação da sequência didática, observou-se que alguns estudantes demonstraram certo desinteresse em momentos mais teóricos, o que é compreensível diante do desafio de manter a atenção de cerca de 30 (trinta) alunos simultaneamente.

Nesse contexto, o uso de recursos pedagógicos, como o “tubo de vento”, mostrou-se essencial para despertar o interesse e aumentar o engajamento dos estudantes, ao tornar o conteúdo mais dinâmico e próximo da realidade.

Ainda assim, alguns alunos se dispersaram em determinados momentos, conversando ou se distraíndo, o que pode ter impactado sua percepção sobre a clareza das explicações. É possível que esses estudantes tenham optado pela alternativa “Às vezes claras”, refletindo uma experiência de aprendizagem menos contínua ao longo da aula.

7.5.3 Questão 3 – As Atividades Práticas Aplicada na Sequência Didática

A Questão 3, apresentada na Figura 49, aborda a percepção dos alunos em relação às atividades práticas realizadas durante as aulas. O objetivo é verificar se os estudantes valorizam o uso de recursos diferenciados e experimentais e se, na visão deles, essas estratégias contribuem para uma melhor compreensão dos conteúdos abordados. Essa questão

busca evidenciar a importância das metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem, especialmente no ensino de Física, ao aproximar a teoria da prática.

Figura 49 - Questão 2 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 3. As atividades práticas ajudaram a entender melhor o conteúdo?

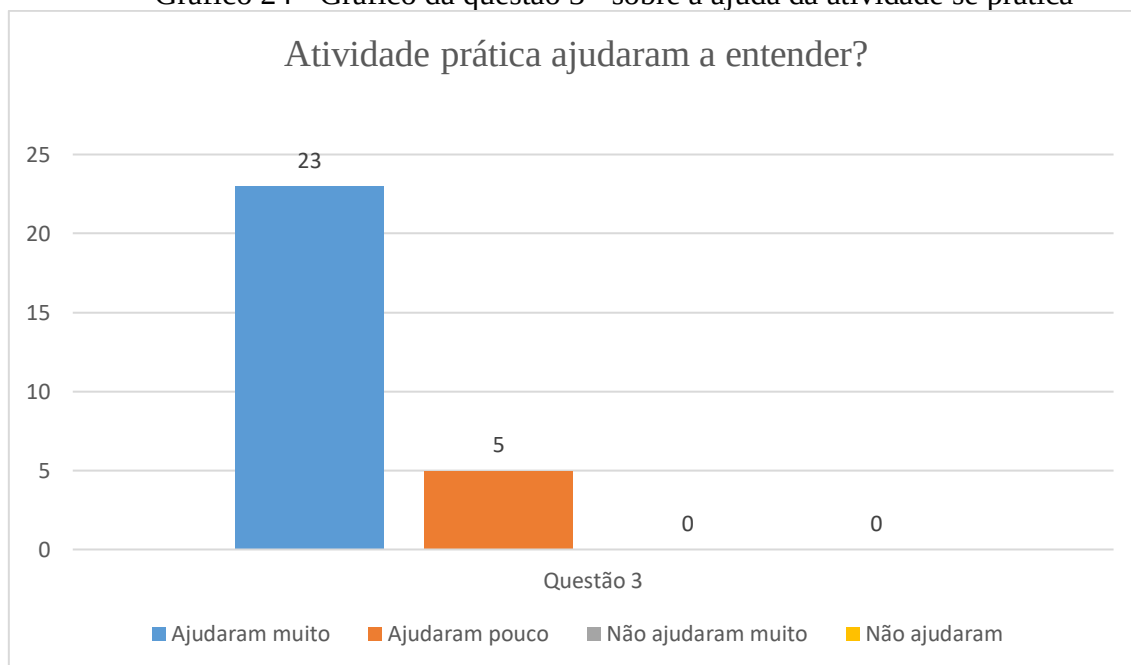
- a) ☐ Ajudaram muito.
- b) ☐ Ajudaram um pouco.
- c) ☐ Não ajudaram muito.
- d) ☐ Não ajudaram em nada.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O

Gráfico 24 mostra que a barra que indica 23 (vinte e três) alunos foi a que mais recebeu escolhas 5 (cinco) escolheram a opção “Ajudaram pouco” e nenhum aluno escolheu as opções “Não ajudaram muito” e “Não ajudaram”.

Gráfico 24 - Gráfico da questão 3 - sobre a ajuda da atividade se prática



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observando o gráfico acima, nota-se que a maioria dos alunos aprecia a utilização de atividades práticas nas aulas. Esse resultado já era esperado, uma vez que atividades

experimentais bem planejadas tendem a ser bem aceitas e contribuem significativamente para o processo de ensino-aprendizagem.

As respostas confirmam essa percepção: 23 (vinte e três) alunos assinalaram a opção “Ajudaram muito”, enquanto 5 (cinco) marcaram “Ajudaram pouco”. Nenhum estudante escolheu as alternativas “Não ajudaram muito” ou “Não ajudaram”, reforçando a importância das práticas experimentais como estratégia eficaz no ensino de Física.

7.5.4 Questão 4 – O Tempo das Aulas

A Questão 4, apresentada na

Figura 50, tem como objetivo avaliar a percepção dos alunos quanto ao tempo destinado para o desenvolvimento dos conteúdos durante as aulas. Busca-se identificar se, na visão dos estudantes, o tempo foi suficiente, excessivo ou insuficiente para a abordagem dos temas propostos.

Dessa forma, a questão permite verificar se o professor conseguiu organizar o conteúdo dentro de um tempo adequado, garantindo que os assuntos fossem trabalhados de maneira clara e completa.

Figura 50 - Questão 4 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 4. O tempo de cada aula foi suficiente para entender os assuntos?

a) ☐ Sempre suficiente.

b) ☐ Geralmente suficiente.

c) ☐ Pouco suficiente.

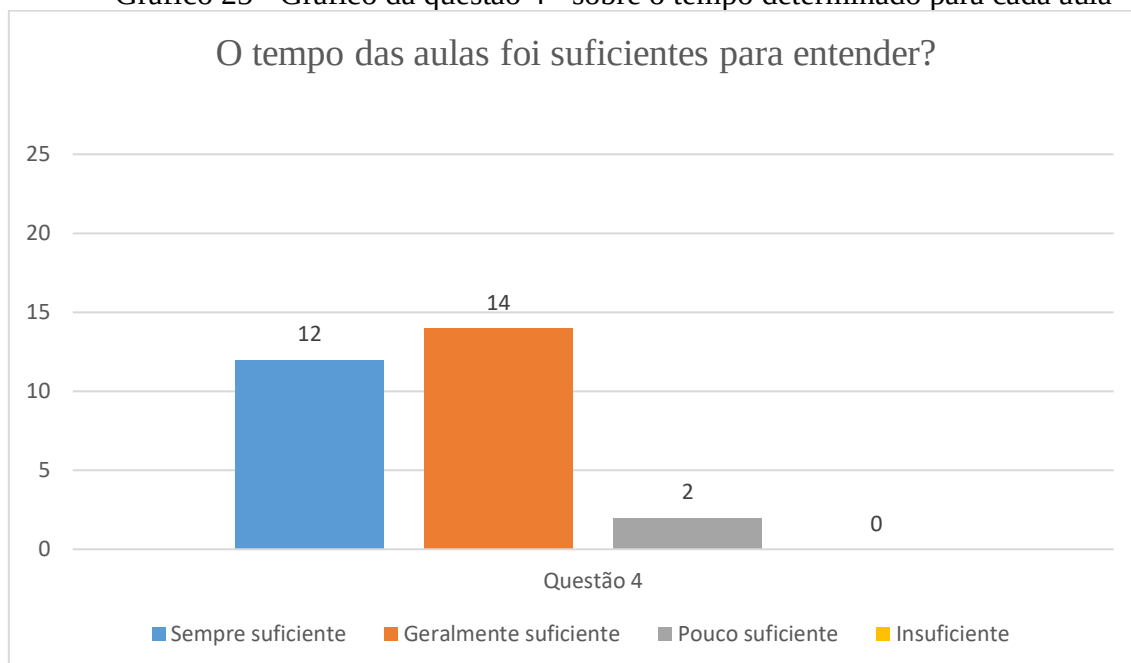
d) ☐ Insuficiente.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 25 apresenta a percepção dos alunos quanto à suficiência do tempo destinado aos conteúdos. Observa-se que 14 (quatorze) estudantes escolheram a opção “Geralmente suficiente”, sendo esta a alternativa mais assinalada. Em seguida, 12 (doze) alunos indicaram “Sempre suficiente”.

A opção “Pouco suficiente” foi marcada por apenas 2 (dois) alunos, e nenhum estudante escolheu a alternativa “Insuficiente”, indicando que, de modo geral, o tempo destinado às aulas foi considerado adequado pela maioria da turma.

Gráfico 25 - Gráfico da questão 4 - sobre o tempo determinado para cada aula



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observando o Gráfico 25, percebe-se que a maioria dos alunos considera o tempo das aulas “geralmente suficiente”, o que indica que, em alguns momentos, o tempo disponível pode ter sido limitado, exigindo maior organização ou delimitação dos conteúdos abordados.

Ao longo das aulas, é comum a ocorrência de imprevistos, como interrupções para avisos da coordenação, problemas com energia elétrica, atrasos no início das atividades devido a eventos escolares, além de conversas paralelas entre os alunos. Essas situações exigem ajustes no planejamento e, dependendo da frequência ou duração, podem comprometer o tempo previsto para o desenvolvimento completo da aula.

De fato, episódios desse tipo ocorreram durante a aplicação da sequência didática, fazendo com que algumas partes das aulas tivessem o tempo reduzido. Isso pode explicar por que a maioria dos estudantes optou pela alternativa “geralmente suficiente”, refletindo uma percepção de que, embora o tempo tenha sido adequado na maior parte das situações, nem sempre foi possível explorar os conteúdos com a profundidade desejada.

7.5.5 Questão 5 - A Concentração e a Participação dos Alunos nas Aulas

A Questão 5, apresentada na Figura 51, tem como objetivo promover uma autocrítica por parte dos alunos em relação à sua participação nas aulas. A proposta é que o estudante realize um autojulgamento sobre o seu envolvimento ao longo da sequência didática.

Nesse contexto, é importante que o aluno desenvolva um pensamento crítico sobre sua própria postura, reconhecendo se sua participação foi, de fato, relevante para o processo de aprendizagem. Sabe-se que quanto maior o nível de participação do estudante, seja por meio de questionamentos, manuseio de materiais experimentais, interação com o professor e diálogo com os colegas, maiores são as chances de compreensão e assimilação do conteúdo abordado.

Figura 51 - Questão 5 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 5. Você conseguiu se concentrar e participar bem das aulas?

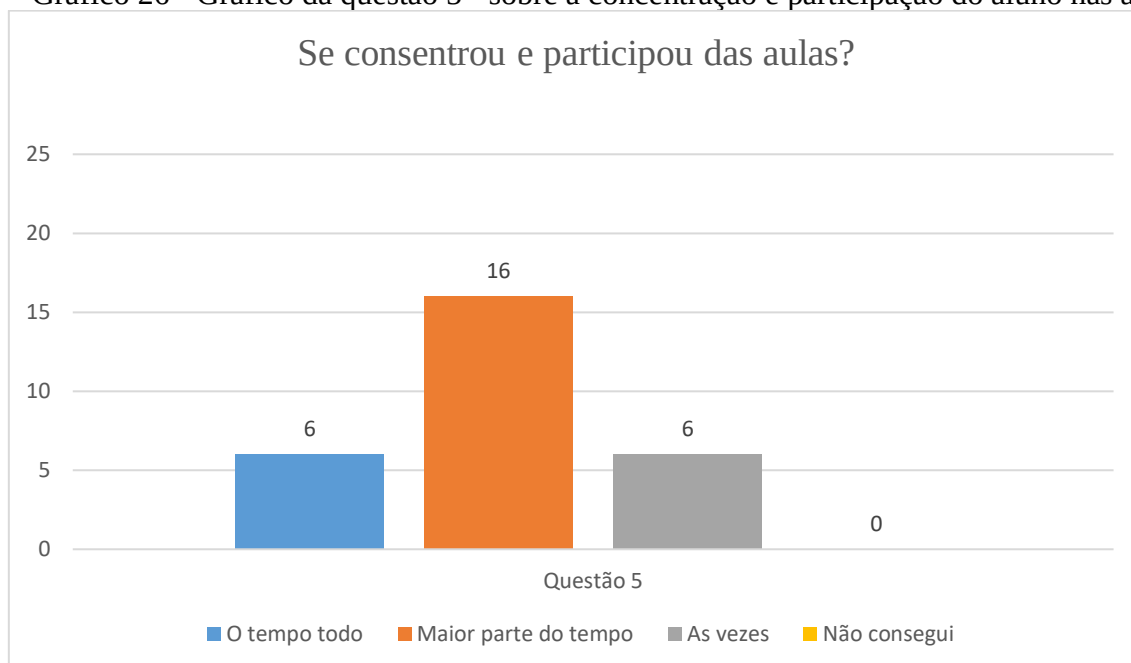
- a) ☐ Sim, o tempo todo.
- b) ☐ Sim, na maior parte do tempo.
- c) ☐ Só às vezes.
- d) ☐ Não consegui.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O

Gráfico 26 apresenta, por meio de barras, a percepção dos alunos quanto à sua participação nas aulas. Observa-se que a opção “Maior parte do tempo” foi a mais escolhida, com 16 (dezesesseis) respostas. Em seguida, as alternativas “O tempo todo” e “Às vezes” apareceram com 6 (seis) escolhas cada. Nenhum aluno selecionou a opção “Não consegui”, indicando que todos os estudantes reconhecem algum nível de participação durante as aulas.

Gráfico 26 - Gráfico da questão 5 - sobre a concentração e participação do aluno nas aulas.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao analisar o gráfico acima, é possível perceber que os alunos reconhecem sua própria participação nas aulas, realizando um exercício de autojulgamento e, em muitos casos, identificando que não foram tão ativos quanto poderiam.

É importante destacar que diversos fatores podem influenciar a baixa participação em sala de aula, como timidez, medo de errar e situações de bullying. Diante disso, cabe ao professor estar atento a esses aspectos, adotando uma postura acolhedora e interventiva, por meio do diálogo com os alunos, bem como com a coordenação pedagógica e as famílias, sempre que necessário.

7.5.6 Questão 6 - A Utilidade dos Materiais Usados como Tubo de Vento, Vídeos e Imagens

A Questão 6, apresentada na Figura 52, teve como objetivo identificar se os alunos consideraram útil o uso dos materiais didáticos empregados durante as aulas, como o tubo de vento, além de outros recursos, como vídeos, imagens e experimentos simples.

O tubo de vento se destacou como o principal recurso prático da sequência didática, sendo fundamental para a compreensão dos efeitos da resistência do ar. No entanto, outros materiais também foram utilizados, conforme descrito no plano de aula, como folhas de papel amassadas e não amassadas, além de livros soltos em queda, permitindo aos alunos observar,

na prática, o tempo de queda e a influência do ar nos diferentes objetos. Essas estratégias contribuíram para tornar as aulas mais dinâmicas e contextualizadas, favorecendo a assimilação dos conceitos físicos trabalhados.

Figura 52 - Questão 6 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 6. O material utilizado (vídeos, imagens, experimentos) foi útil para o seu aprendizado?

a) ☐ Muito útil.

b) ☐ Útil.

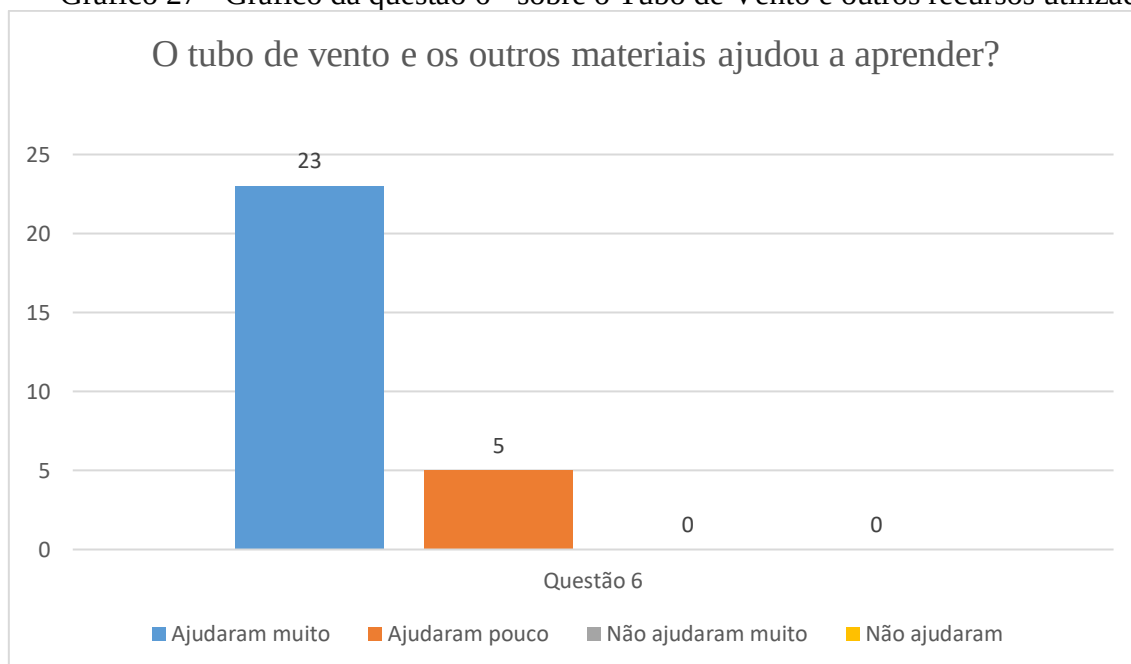
c) ☐ Pouco útil.

d) ☐ Inútil.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observando o gráfico, percebe-se que a maioria dos alunos considera que o tubo de vento e os demais materiais utilizados foram úteis para a facilitação do aprendizado. Ao todo, 23 (vinte e três) alunos escolheram a opção “Ajudaram muito”, enquanto 5 (cinco) marcaram “Ajudaram pouco”. Nenhum estudante selecionou as alternativas “Não ajudaram muito” ou “Não ajudaram”, o que evidencia a efetividade dos recursos didáticos empregados na sequência didática.

Gráfico 27 - Gráfico da questão 6 - sobre o Tubo de Vento e outros recursos utilizados



Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando o gráfico acima, percebe-se que os alunos demonstram maior interesse quando são utilizados materiais práticos durante as aulas, especialmente quando há uma ruptura com o modelo tradicional centrado apenas em quadro e explicação expositiva.

Essa abordagem contribui para tornar o aprendizado mais dinâmico, interativo e envolvente, favorecendo a atenção e o engajamento dos estudantes ao longo da aula. Além disso, as atividades práticas possibilitam uma participação mais ativa dos alunos, permitindo que eles se envolvam diretamente no processo de construção do conhecimento.

Dessa forma, evidencia-se que o uso de recursos experimentais e metodologias diferenciadas potencializa a aprendizagem, ao aproximar os conteúdos teóricos das experiências concretas vivenciadas em sala de aula.

7.5.7 Questão 7 – O Nível de Motivação dos Alunos Diante das Aulas da Sequência Didática

A Questão 7, apresentada na Figura 53, tem como objetivo analisar se a sequência de aulas com experimentos despertou interesse e motivação nos alunos para aprender o conteúdo proposto. Essa questão é especialmente relevante, pois a motivação dos estudantes representa um dos principais desafios no contexto educacional. Dessa forma, buscar estratégias que estimulem o interesse do aluno é fundamental para o fortalecimento do processo de ensino-aprendizagem.

Um aluno motivado tende a desenvolver mais rapidamente suas habilidades cognitivas, além de apresentar maior facilidade na compreensão de conteúdos, inclusive aqueles que, inicialmente, não despertam tanto interesse.

Figura 53 - Questão 7 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 7. Você se sentiu motivado(a) a aprender durante essa sequência de aulas?

a) ☐ Muito motivado(a).

b) ☐ Motivado(a).

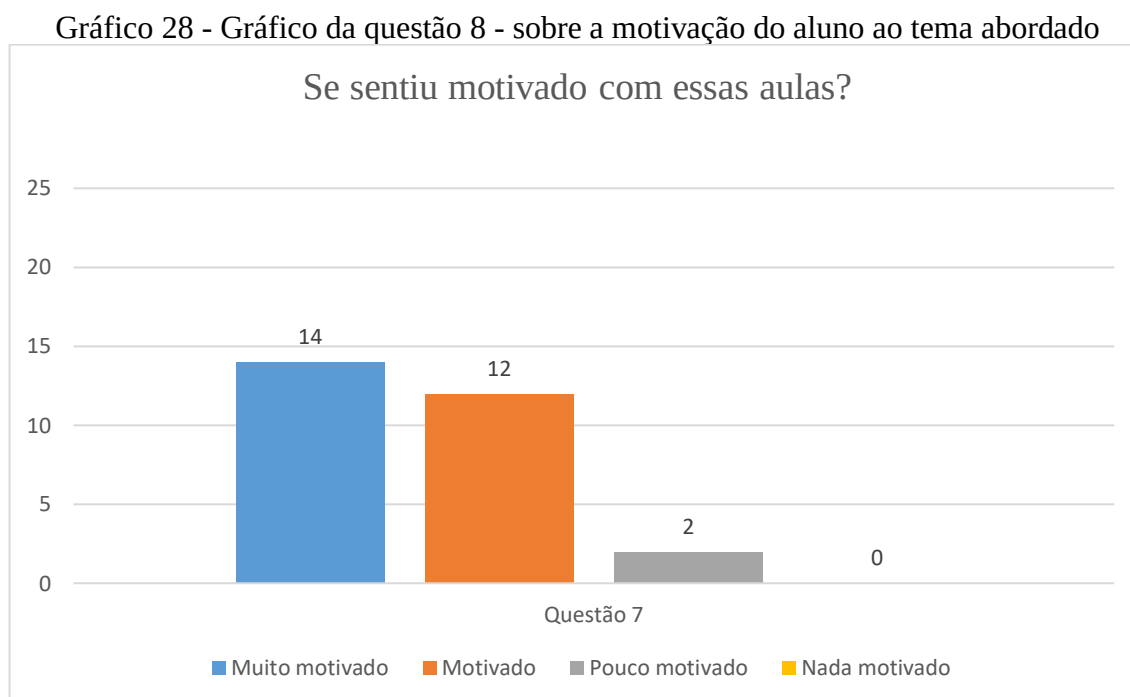
c) ☐ Pouco motivado(a).

d) ☐ Nada motivado(a).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Gráfico 28 evidencia o nível de motivação dos alunos em relação à sequência de aulas com experimentos. Observa-se que 14 (quatorze) estudantes assinalaram a opção “Muito motivado”, enquanto 12 (doze) indicaram “Motivado”.

Apenas 2 (dois) alunos escolheram a alternativa “Pouco motivado”, e nenhum estudante marcou a opção “Nada motivado”, o que demonstra um alto nível de engajamento e interesse dos alunos diante da metodologia aplicada.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir da análise do gráfico, percebe-se uma pequena variação entre as opções “Muito motivado” e “Motivado”, sendo ambas altamente positivas e indicativas de um bom nível de engajamento dos alunos. Esses resultados refletem o interesse despertado pelas aulas práticas, que tendem a tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, envolvente e próximo da realidade dos estudantes, além de romper com a rotina das aulas exclusivamente expositivas.

Por outro lado, é importante considerar que a motivação dos alunos também pode ser influenciada por fatores externos ao momento da aula, como cansaço, estresse, desmotivação escolar e até uma possível descrença em práticas pedagógicas mais eficazes. Esses elementos podem impactar diretamente o nível de envolvimento dos discentes, mesmo diante de propostas didáticas bem estruturadas.

Assim, os dados indicam que, embora a metodologia adotada tenha sido bem recebida e eficaz na motivação dos alunos, é fundamental que a escola, de maneira mais ampla, também contribua para a criação de um ambiente que favoreça o interesse, a participação e o entusiasmo dos estudantes.

7.5.8 Questão 8 – O Interesse dos Alunos Sobre essa Abordagem com Recursos Experimentais

A Questão 8, apresentada na

Figura 54, tem como objetivo analisar o interesse dos alunos por aulas que apresentem características semelhantes às da sequência didática aplicada. Ou seja, busca identificar se os estudantes demonstram preferência por aulas que utilizem recursos experimentais, tecnológicos e metodologias diferenciadas, em contraste com o modelo tradicional centrado apenas no uso de quadro e explicação expositiva.

Essa análise é importante para compreender até que ponto os alunos valorizam abordagens inovadoras, que tornam o processo de ensino mais dinâmico, interativo e significativo, favorecendo uma maior participação e envolvimento nas aulas.

Figura 54 - Questão 8 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 8. Você gostaria que mais aulas fossem feitas com esse tipo de abordagem?

a) ☐ Com certeza.

b) ☐ Talvez.

c) ☐ Pouco provável.

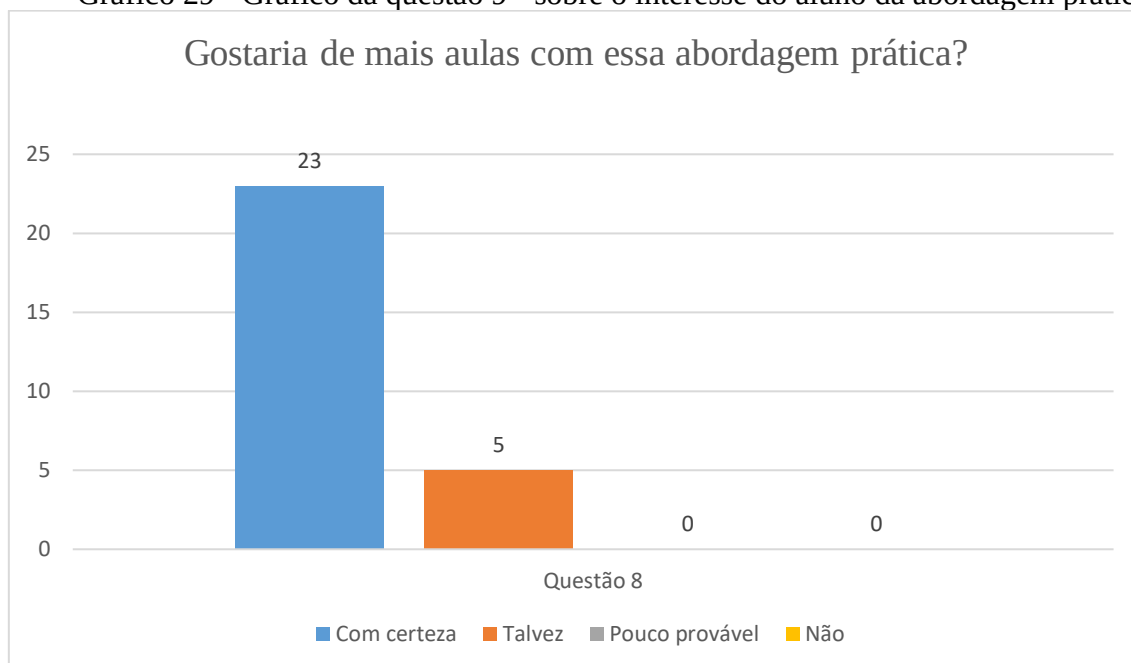
d) ☐ Não.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 29 evidencia o interesse dos alunos por aulas com características semelhantes às desenvolvidas na sequência didática. Observa-se que 23 (vinte e três) estudantes escolheram a opção “Com certeza”, enquanto 5 (cinco) optaram por “Talvez”.

Nenhum aluno selecionou as alternativas “Pouco provável” ou “Não”, o que demonstra uma aceitação amplamente positiva em relação ao uso de metodologias que envolvam atividades experimentais, recursos tecnológicos e abordagens diferenciadas.

Gráfico 29 - Gráfico da questão 9 - sobre o interesse do aluno da abordagem prática



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observa-se, a partir dessa questão, uma confirmação clara do interesse dos alunos por aulas que fogem do modelo tradicional. A prática de apenas sentar e observar pode se tornar desmotivadora para muitos estudantes, que demonstram preferência por aulas mais interativas, dinâmicas e participativas.

Esse resultado reforça a importância de metodologias que promovam o protagonismo do aluno no processo de aprendizagem, tornando-o mais ativo na construção do conhecimento.

Embora os motivos pelos quais muitos profissionais da educação ainda não adotam amplamente esse tipo de abordagem não tenham sido discutidos neste trabalho, é inegável que essa é uma discussão fundamental para a melhoria da qualidade do ensino, especialmente no que diz respeito ao engajamento e à aprendizagem significativa dos estudantes.

7.5.9 Questão 9 – Correlação do Tema Abordado com o Dia a Dia do Aluno.

A Questão 9, apresentada na Figura 55, busca analisar se o conteúdo abordado — a influência do ar em objetos em movimento descendente — é percebido pelos alunos como parte de seu cotidiano. Espera-se uma resposta positiva, uma vez que a contextualização do conteúdo com situações do dia a dia contribui significativamente para a aprendizagem.

Quando o estudante consegue relacionar o que aprende em sala com experiências reais, o conhecimento se torna mais significativo, compreensível e duradouro. Além disso, essa abordagem favorece o desenvolvimento do pensamento crítico, pois permite ao aluno interpretar fenômenos comuns sob uma perspectiva científica, fortalecendo a conexão entre teoria e prática.

Figura 55 - Questão 9 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 9. O conteúdo foi relacionado com situações do dia a dia de forma interessante?

a) ☐ Sim, totalmente.

b) ☐ Sim, em parte.

c) ☐ Pouco.

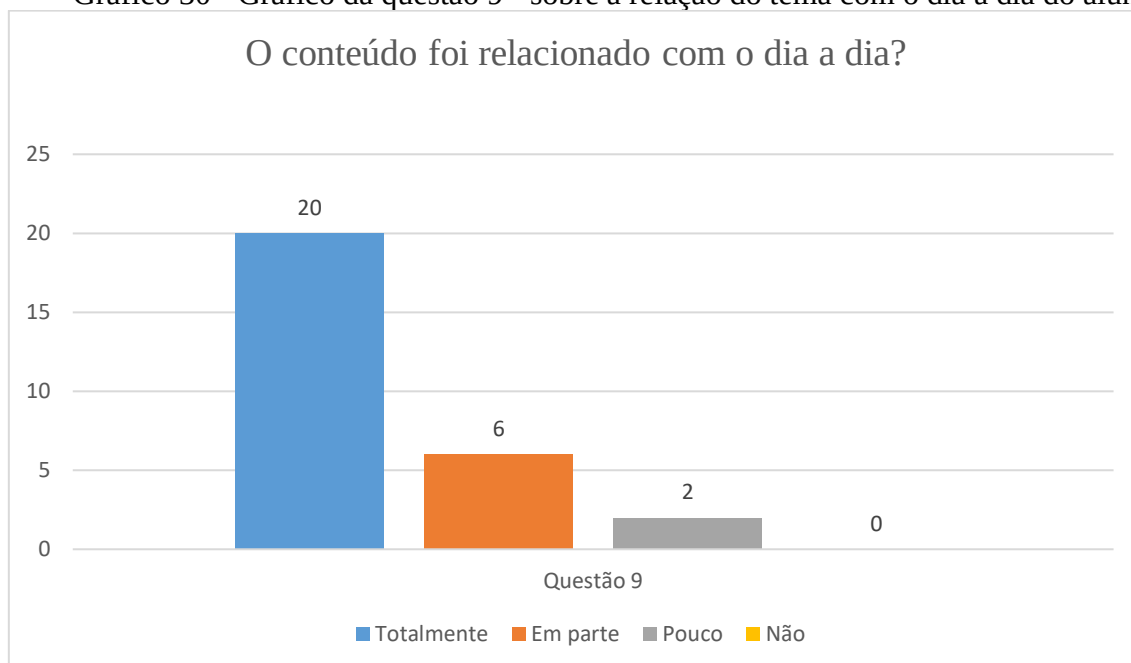
d) ☐ Não.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 30 mostra que a maioria dos alunos reconhece a presença do conteúdo em seu cotidiano. 20 (vinte) estudantes escolheram a opção “Totalmente”, enquanto 6 (seis) marcaram “Em parte” e 2 (dois) optaram por “Um pouco”. Nenhum aluno selecionou a opção “Não”.

Esses dados indicam que os alunos conseguem, em sua maioria, relacionar o conteúdo estudado com situações do dia a dia, reforçando a importância de abordagens contextualizadas no ensino. Essa conexão entre teoria e prática contribui para uma aprendizagem mais significativa, facilitando a compreensão dos fenômenos físicos e sua aplicação fora do ambiente escolar.

Gráfico 30 - Gráfico da questão 9 - sobre a relação do tema com o dia a dia do aluno



Fonte: Elaborada pelos autores.

No gráfico apresentado, observa-se que, embora a maioria dos alunos reconheça a relação entre o conteúdo da sequência didática e o cotidiano, ainda há aqueles que marcaram as opções “Em parte” e “Um pouco”.

Esse resultado é compreensível, uma vez que nem todos os elementos utilizados nas aulas — como o tubo de vento — fazem parte da vivência diária dos estudantes. De fato, situações como uma bolinha sendo equilibrada por uma corrente de ar não são comuns no cotidiano.

Dessa forma, torna-se importante ampliar a contextualização do conteúdo, trazendo mais exemplos práticos e próximos da realidade dos alunos, como a queda de folhas, o movimento de paraquedas, a resistência do ar em ciclistas ou veículos em alta velocidade. Essas situações ajudam a evidenciar como o ar interfere constantemente na movimentação dos corpos.

Assim, ao diversificar os exemplos e aproximá-los do cotidiano, é possível fortalecer a compreensão dos alunos e tornar o aprendizado ainda mais significativo, evidenciando a relevância do tema estudado.

7.5.10 Questão 10 – Avaliação Geral do Aluno de Toda a Sequência Didática Aplicada

A Questão 10 (dez), apresentada na Figura 56, tem como objetivo avaliar a aprovação geral da sequência didática pelos alunos. De forma ampla, essa questão busca identificar se os estudantes consideram que houve um bom aproveitamento do material elaborado e das estratégias utilizadas ao longo das aulas.

A partir dessa resposta, é possível compreender não apenas a percepção dos alunos sobre a importância do estudo da resistência do ar, mas também sobre a eficácia da metodologia adotada, especialmente no que diz respeito ao uso de recursos experimentais, demonstrações e atividades diferenciadas.

Dessa forma, essa questão se torna fundamental, pois permite avaliar se a proposta didática foi atrativa, significativa e eficiente, sob a perspectiva dos próprios estudantes, contribuindo para reflexões sobre possíveis ajustes e melhorias em futuras aplicações.

Figura 56 - Questão 10 do Questionário Avaliativo

QUESTÃO 10. De forma geral, como você avalia essa sequência de aulas? a) ☐ Excelente. b) ☐ Boa. c) ☐ Regular. d) ☐ Ruim.
--

Fonte: Elaborada pelo autor.

O

Gráfico 31 evidencia um resultado bastante positivo em relação à avaliação da sequência didática pelos alunos. Observa-se que 23 (vinte e três) estudantes classificaram a experiência como “Excelente”, enquanto 5 (cinco) optaram por “Boa”, não havendo registros para as opções “Regular” ou “Ruim”.

Esses dados indicam um alto nível de aprovação por parte da turma, sugerindo que a proposta aplicada atendeu às expectativas dos alunos, tanto em relação ao conteúdo quanto às estratégias metodológicas utilizadas.

Gráfico 31 - Gráfico da questão 10 - sobre a avaliação da SD na opinião do aluno



Fonte: Elaborada pelos autores.

Como observado no gráfico acima, a maioria dos alunos avaliou a sequência didática como “Excelente”, o que indica que a metodologia adotada foi amplamente bem aceita. De modo geral, essa avaliação positiva sugere que os recursos utilizados, a organização das aulas e a forma de condução dos conteúdos contribuíram significativamente para favorecer a compreensão e o interesse dos estudantes, reforçando a eficácia da proposta pedagógica aplicada.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação, evidenciou-se que a qualificação do profissional da educação desempenha papel fundamental na promoção de uma aprendizagem significativa e efetiva, especialmente no ensino de conceitos de Física que envolvem fenômenos complexos, como a resistência do ar em objetos em movimento descendente.

Professores capacitados, que utilizam metodologias ativas envolvendo experimentação e o uso de tecnologias digitais, são capazes de tornar o ensino mais próximo e adequado à realidade dos estudantes, estimulando a curiosidade científica e promovendo um aprendizado mais completo.

Este trabalho reconhece a importância dessa capacitação profissional e buscou contribuir nesse sentido, oferecendo ferramentas didáticas que auxiliem o docente na mediação do conhecimento. Com esse objetivo, foi desenvolvida uma proposta pedagógica que inclui uma sequência didática e uma unidade didática com experimento prático, construídas para servir como instrumentos eficientes no ensino da resistência do ar.

Como complemento, apresenta-se também uma ferramenta computacional que enriquece a proposta ao auxiliar na produção de gráficos relacionados à constante de fluxo, facilitando a compreensão dos estudantes. Ressalta-se que essa ferramenta pode ser adaptada e aprimorada conforme as necessidades do professor.

A sequência didática abordou o tema da resistência do ar no movimento de objetos esféricos em queda, considerando a ação desse tipo de força dissipativa. Para isso, foi elaborado um roteiro composto por 8 (oito) aulas, com planejamento didático e orientações para professores.

Alinhada a essa proposta, foi desenvolvida uma unidade didática denominada “Tubo de Vento”. Esse dispositivo consiste, basicamente, em um secador de cabelo acoplado a um tubo de plástico rígido e transparente, no qual o fluxo de ar permite a suspensão de pequenas esferas, como bolinhas de desodorante roll-on, possibilitando a observação de seu comportamento sob a ação do fluido.

A análise dos dados foi realizada com base nas respostas de alunos do Ensino Médio de uma escola pública do município de São Gonçalo do Amarante, no estado do Rio Grande do Norte, no ano de 2025. Após a aplicação do produto didático junto a estudantes da 2ª série do Ensino Médio, os resultados indicaram avanços significativos no processo de ensino-aprendizagem. Observou-se um aumento médio de aproximadamente 70% no índice de

acertos das 10 (dez) questões aplicadas ao longo da sequência didática, conforme apresentado no Capítulo 7.

O produto educacional teve como objetivo proporcionar uma melhor compreensão do fenômeno estudado, articulando teoria e prática experimental. Ao manipular objetos em movimento descendente e observar os efeitos da resistência do ar, os estudantes puderam vivenciar diretamente o conteúdo, tornando o aprendizado mais significativo.

Essa abordagem integrou três pilares importantes no ensino de Física: teoria, experimentação e tecnologia, favorecendo a visualização de fenômenos frequentemente considerados abstratos devido à sua complexidade. Dessa forma, os alunos puderam explorar diferentes variáveis, como a massa dos objetos e a velocidade do fluxo de ar, de maneira interativa.

O estudo foi fundamentado em um referencial teórico sólido, com destaque para a perspectiva sociointeracionista de Vygotsky, que orientou a construção das atividades, enfatizando a mediação do professor, a interação social e a aprendizagem significativa.

Um dos diferenciais deste trabalho é a flexibilidade da proposta, que permite adaptações conforme a realidade de cada turma ou instituição. Essa característica possibilita o aprimoramento contínuo da experiência de ensino, com a incorporação de novas tecnologias, ajustes experimentais e adequações às necessidades dos estudantes, reforçando seu caráter dinâmico e contextualizado.

Por fim, esta pesquisa demonstra que é possível articular experimentação, tecnologia e fundamentação teórica na construção de ferramentas pedagógicas que tornem o ensino de Física mais acessível e atrativo. Ao compartilhar essa proposta, espera-se contribuir para a formação docente e incentivar práticas pedagógicas mais inovadoras e envolventes.

Dessa forma, considera-se que o objetivo geral — desenvolver um material didático eficiente que auxilie professores no ensino da influência do ar sobre objetos em movimento — foi plenamente alcançado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**: LDB nº 9.394/1996. Brasília: Senado Federal, 1996.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

EMPRESA TRAMPOLIM DA VITÓRIA. Linhas Metropolitanas. Disponível em: <https://trapolimdavitoria.com.br/>. Acesso em: 12 set. 2025.

FÍSICA EM AÇÃO. **Tema 06 - Leis de Newton | Experimento - Inércia ovo em queda**. YouTube, 15 abr. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/xxxxx>. Acesso em: 28 set. 2025.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**: Volume 1 – Mecânica. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

LOPES, J. F. **Introdução à Mecânica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.

LORIENZ, K. M. A biblioteca do ensino intuitivo e o ensino de ciências na escola primária brasileira: 1880-1900. **Educación en Cuestión**, v. 28, n. 14, p. [páginas se disponíveis], jan./jun. 2007. Disponível em: <acesso via UFRN>.

LORIENZ, K. M. **Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil**: 1960-1980. Revista Educação em Questão, Natal, v. 31, n. 17, p. [páginas se disponíveis], jan./abr. 2008. Disponível em: <acesso via UFRN>.

MORAIS, Simone de Amorim Lima. **Da queda livre ao paraquedismo: uma proposta de ensino da resistência do ar por meio da análise de vídeos utilizando o Tracker**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/13050>. Acesso em: 22 ago. 2025.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica: Mecânica**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013. v. 1.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE (RN). **Notícias sobre Educação**. Disponível em: <https://saogoncalo.rn.gov.br/noticias/>. Acesso em: 12 set. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE (RN). **O Município**. Disponível em: <https://saogoncalo.rn.gov.br/o-municipio/>. Acesso em: 12 set. 2025.

RAMALHO, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física: Mecânica**. 11. ed. São Paulo: Moderna, 2009. v. 1.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado da Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer (SEEC/RN). **Unidades Escolares**. Disponível em: <http://www.educacao.rn.gov.br>. Acesso em: 12 set. 2025.

SANTOS, Kelly Moura dos. **Proposta didática mediada pelo software Modellus: um estudo do lançamento oblíquo sob a influência do ar**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, 2023. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/386159466_Proposta_didatica_mediada_pelo_softw_are_Modellus_um_estudo_do_lancamento_obliquo_sob_a_influencia_do_ar. Acesso em: 22 ago. 2025.

SAVIANI, D. **Sistema Nacional de Educação e Plano Nacional de Educação: significado, controvérsias e perspectivas**. 2. ed. rev. e ampl. Campinas, SP: Autores Associados, 2017.

SAVIANI, Dermeval. **Escola e Democracia**. 42. ed. Campinas: Autores Associados, 2021.

SOUZA, L. K. P. **O Ensino de Ciências pelo método de investigação, nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma revisão de literatura**. 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia) — Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Volume 1: Mecânica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WERTHEIN, J.; CUNHA, C. da; UNESCO; Instituto Sangari. **Educação científica e desenvolvimento: o que pensam os cientistas**. Campinas, SP: Autores Associados, 2005. (Disponível no acervo da UFRN).

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física Universitária: Mecânica**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2016. v. 1.

APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

Yuri Gonçalves Rodrigues

PRODUTO EDUCACIONAL

A INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA DO AR EM OBJETOS EM
MOVIMENTO VERTICAL DESCENDENTE: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM ABORDAGEM PRÁTICA PARA ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO

Yuri Gonçalves Rodrigues

A INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA DO AR EM OBJETOS EM
MOVIMENTO VERTICAL DESCENDENTE: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM ABORDAGEM PRÁTICA PARA ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: A INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA DO AR EM OBJETOS EM MOVIMENTO VERTICAL DESCENDENTE: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ABORDAGEM PRÁTICA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN Natal-RN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Samuel R. Gomes Jr.
Coorientadora: Profa. Dra. Rafaela M. de Souza.

Natal/RN
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Maria Aldinaide, professora aposentada, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio incondicional, mesmo quando eu próprio duvidava da minha capacidade. Seu incentivo, suas palavras de força, sua experiência na docência e, principalmente, sua presença constante foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Ao meu irmão Igo Eudes, que sempre representou para mim um exemplo de força e determinação. Seu apoio familiar foi um pilar ao longo dessa jornada, lembrando-me de onde vim e me ajudando a seguir em frente, mesmo quando os desafios pareciam intransponíveis. Saber que sempre posso contar com você me dá confiança para seguir adiante.

À minha companheira Maria Clara, cuja presença foi essencial nos momentos mais difíceis desta caminhada. Seu carinho, paciência e compreensão foram fundamentais para que eu encontrasse forças mesmo nas situações mais desafiadoras. Sua companhia trouxe equilíbrio e motivação, tornando essa trajetória menos árdua e muito mais significativa.

Ao meu falecido pai José Eudes, que me ensinou o valor da paciência e da dedicação. Seus ensinamentos sempre ecoaram em minha trajetória, lembrando-me de que grandes conquistas exigem tempo, esforço e perseverança. Mesmo ausente fisicamente, sua influência esteve presente em cada desafio superado e em cada nova lição aprendida.

Ao meu orientador e professor de mestrado Prof. Dr. Samuel R. Gomes Jr, minha profunda gratidão pelos bons caminhos que me indicou ao longo deste percurso. Suas orientações, paciência e dedicação foram fundamentais para que eu pudesse amadurecer academicamente e concluir este trabalho. Seu compromisso com o ensino e a pesquisa foi uma inspiração constante e, sem suas direções, essa jornada teria sido ainda mais difícil.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001, já que esse presente trabalho foi realizado com o apoio deles.

Sumário

1. Apresentação	5
2. Produto educacional - Tubo de vento	8
2.1 Materiais e ferramentas.	8
2.2 Tabela de descrições de materiais e ferramentas.	9
2.3 Fotos dos materiais e ferramentas.	10
2.4 Manual de construção: construindo o tubo de vento.	16
2.5 Preparação e pesagem das bolinhas de desodorante Roll on.	26
3. Produto educacional – Sequência didática	30
4. Riscos e benefícios	52
5. Considerações finais	54
6. Referências bibliográficas	55
Apêndice A - Questionário I (QI).....	56
Apêndice B - Questionário II (QII)	58
Apêndice C - Exercício 1 (E1)	60
Apêndice D - Exercício 2 (E2)	61
Apêndice E - Exercício 3 (E3).....	62
Apêndice F - Exercício 4 (E4).....	63
Apêndice G - Exercício 5 (E5)	64
Apêndice H - Passo a passo - manual da ferramenta computacional e gráficos	65
Apêndice I - Questionário Avaliativo (QA)	68
Apêndice J - Gabaritos	70

1. Apresentação

Este produto educacional, que é intitulado *"A Influência da Resistência do Ar em Objetos em Movimento Vertical Descendente: Uma Sequência Didática com Abordagem Prática para Alunos do Ensino Médio"*, dá ênfase ao fenômeno da resistência do ar de maneira mais profunda utilizando um recurso didático previamente construído pelo discente para ser aplicado a alunos do Ensino Médio, visto que, esse tema é pouco abordado em aulas. Sendo um dos requisitos para a conclusão do Mestrado do Ensino de Física do MNPEF.

De fato, a Física é uma ciência que nos permite compreender os fenômenos que ocorrem ao nosso redor e se a gente conseguir buscar estratégias pedagógicas mais simples, contornando as dificuldades existentes devido a complexidade do assunto, conseguiremos atrair mais os nossos alunos e prepará-los para um melhor futuro acadêmico e profissional.

Alinhado com esse motivo, esse trabalho tem como objetivo de fornecer uma sequência didática com um aparato experimental que auxilie o professor na aula de Física, tendo como assunto “objetos em queda com a resistência do ar” de forma prática e que, de alguma forma, atraia a atenção do aluno, já que fazê-lo compreender conceitos físicos é um dos objetivos e desafios do professor.

Então, partindo desse objetivo, ao ensinar Física, trataremos especificamente sobre a resistência do ar e os efeitos que essa resistência causa em objetos que caem sob a gravidade (movimento descendente) utilizando uma estratégia pedagógica afim de estimular o aprendizado significativo, fazendo o aluno pensar e compreender tal fenômeno que nos rodeia e atinge qualquer objeto que se mova envolvido pelo no ar e, para auxiliar essa empreitada, foi criado um aparato experimental onde os alunos podem observar, interagir, coletar dados, calcular e tirar conclusões sobre os resultados e gráficos obtidos.

Além disso, a abordagem prática deste produto educacional está alinhada às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a necessidade de desenvolver habilidades investigativas e fomentar o protagonismo estudantil no processo de aprendizagem, estabelecendo relações entre conceitos teóricos e situações práticas do cotidiano.

Assim, ao integrar experimentos práticos, esta sequência didática oferece ao profissional da educação uma ferramenta auxiliar para aplicar em alunos. Com isso, torna-se uma ótima oportunidade de explorar a resistência do ar de forma mais contextualizada e interativa, buscando não apenas ampliar a compreensão dos conceitos físicos, mas também promover uma postura crítica e investigativa frente aos fenômenos naturais contribuindo para a formação de estudantes de forma eficiente.

Entretanto, unir a contextualização com a parte prática durante as aulas de Física é um desafio para quem ensina. Alguns dos conceitos teóricos sobre o ensino de Ciência da Natureza não conseguem ser reproduzidos com materiais simples e de fácil acesso e por isso, demanda um trabalho mais capcioso para ser montado e aplicado em sala de aula.

Por isso, promover a interação social e prática durante o aprendizado de ciência é fundamental na qualidade de Ensino. Colocar o aluno em um meio de interação em atividades comuns diárias e mostrar que as leis da Física estão expostas no cotidiano facilitará a absorção de conceitos físicos.

De certo, os materiais didáticos com livros e apostilhas, que são distribuídos e comercializados à alunos matriculados no Ensino Médio no Brasil, geralmente tratam desse assunto de maneira relativamente rasa e geral. Acreditamos que o motivo disto é a grande quantidade de variáveis que podem existir em situações que expõem objetos que caem e se movem sobre a influência de uma fluido, variáveis das quais incluem a forma do objeto e as características de densidade do fluxo que interferem diretamente na passagem desse objeto por esse fluxo.

Outro fator que é percebido e tem grande significância na ausência de conteúdos mais aprofundados sobre a passagem desses objetos em um fluxo, é a relativa complexidade de elevados níveis de cálculos matemático necessários que, geralmente, não estão na grade curricular do Ensino Médio. Operações como Derivadas e Integrais são necessárias devido as variáveis que estão envolvidas nesse fenômeno. Esses métodos matemáticos são abordados em alguns cursos de nível superior e por esse motivo não é de comum acesso a aluno do Ensino Médio.

“O processo de formação de um conceito científico é longo, complexo e nunca alcançado por meio de uma aprendizagem receptiva e memorística, mas sim por um meio de uma “atividade” produtiva, mediada e social do aluno. A

atividade humana caracteriza-se por modificar, transformar o objeto (a natureza, o pensamento, etc.), portanto cai além de uma passiva adaptação ao meio. É a atividade o motor principal do desenvolvimento humano.”

Assim, podemos compreender que usar estratégias práticas para auxiliar no processo de Ensino-aprendizagem é altamente pertinente e encontra-se em teóricas pedagógicas que defende o papel ativo do aluno. A aprendizagem de conceitos científicos exige mais do que a memorização, requer uma participação ativa do estudante promovendo uma interação social e a interação com o objeto de estudo. É importante desatacar que essa estratégia vai de encontro com o pensamento de Vygotsky que reforça deixando claro da importância dessa interação social e prática no processo de desenvolvimento cognitivo.

Então, essa abordagem que promove habilidades como a colaboração, a comunicação e o pensamento crítico têm a função de fazer os alunos começarem a estabelecer conexões entre conceitos teóricos e fenômenos observáveis. Ao integrar mediação social, ferramentas culturais e experiências práticas, a aula se torna um ambiente de aprendizagem dinâmico e inclusivo, atendendo às necessidades dos alunos e preparando-os para compreender fenômenos físicos em situações do cotidiano e no futuro acadêmico.

2. Produto educacional - Tubo de vento

O uso de materiais didático em sala de aula pelo professor para os alunos não é apenas uma opção metodológica, mas é um recurso de alta necessidade que intensifica o processo de ensino e aprendizagem. Se tratando do Nível médio, não que seja exclusivo nesse nível, esse tipo de recurso didático assume um papel fundamental e essencial ao mediar o acesso ao conhecimento, tornando-o mais atrativo, dinâmico, eficiente, facilitador e significativo.

A partir disto, os materiais didáticos que são utilizados pelo professor em aula, atuam como vetor do processo de aprendizagem que traduzem conceitos que podem ser complexos em experiências concretas e visuais, já que entendemos que os estudantes que estão nessa fase educacional enfrentam vários desafios que partem da própria absorção do conteúdo ensinado, exames para acessar o nível superior e até ao mercado de trabalho como cursos.

Por isto, nesse capítulo encontraremos um produto educacional que pode ser muito útil para o professor que a lê, a fim de ter mais um instrumento em forma de estratégia de didática para utilizar com os seus alunos tendo como objetivo a facilitação e a mediação de conteúdos da Física.

2.1 Materiais e ferramentas.

Segue abaixo uma tabela que indicam os materiais e as ferramentas utilizadas para a construção do Tubo de vento. Essa lista pode sofrer variações conforme a necessidade de quem a monta.

Tabela 1 – Lista de matéria e quantidades

Quantidade	Materiais
01	secador de cabelo.
03	folhas para visor de projetor.
06	bolinhas de desodorante Roll on.
01	caixa organizadora.
01	adaptador para prender firmemente o secador no fundo da caixa organizadora.

02	parafusos com porcas para prender o adaptador no secador e no fundo da caixa.
01	Interruptor.
01	Dimmer.
01	Anemômetro.
01	Balança de precisão.

Fonte: Elaborada pelos autores.

2.2 Tabela de descrições de materiais e ferramentas.

Segue as descrições e ficha técnica dos materiais utilizados para fazer/montar o Tubo de vento. É possível utilizar materiais que são seguem exatamente esses dados citados na tabela abaixo, sendo de inteira responsabilidade do montador/instalador as variações escolhidas para as adaptações.

Tabela 2 – Descrição dos materiais necessários

Material	Descrição/sugestão
Secador de cabelo	Tensão 110V ou 220V. Potência entre 1000W e 2000W. Frequência 50/60Hz.
Folhas para visor de projetor	Folha Acetato / PET Cristal Transparente. Dimensões: 46cm comprimento x 32cm largura x 0,2mm espessura.
Bolinhas de desodorante Roll on	Plástico não maciça, contidas em desodorante Roll on de qualquer fabricante. Diâmetro 3,0cm.
Caixa organizadora com tampa de fixação	Plástico e opaca. Dimensões: 55,0cm largura x 45,0cm comprimento x 35,0cm altura e com tampa fixadora.
Adaptador metálico em “L”	Ferro galvanizado, 3,0cm base x 1,5cm altura. Contém um furo em cada extremidade para fixação de parafuso e porca.
Parafuso, porcas e arruelas	Parafuso, porcas e arruelas que se enrosque e passem pelos furos 1/4 x 5/8, (Variável de acordo com a necessidade de adaptação).
Interruptor	Botão chave redondo, liga desliga, tipo gangorra, 2 pinos 15mm. Capacidade: 3,0 A e 220V.

Dimmer	Controle giratório com click on/off. Capacidade: 3,0 A e 220V. Dimensões 12,0cm altura x 7,0cm largura x 5,0 profundidades.
--------	---

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 3 – Ferramentas, descrição e sugestão

Ferramentas	Descrição/sugestão
Anemômetro	Display digital, Dimensões: 12,0cm altura x 5,3 cm largura x 4,3cm profundidade. Bateria recarregável.
Balança de precisão	Eletrônica com painel digital. Sensibilidade 1,0g em diante, bateria com carregador 110v/220v. Função tara.
Fita métrica	Fita métrica de costura, pontas metálicas. Capacidade de medida: 100,0cm.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ferramentas auxiliares: Tesoura, estilete, caneta esferográfica, lápis, martelo, cola de cano, seringa 10mg e fita adesiva.

2.3 Fotos dos materiais e ferramentas.

Segue abaixo as fotos dos materiais e ferramentas utilizadas na construção do Tubo de vento. Todas as fotos e imagens expostas aqui foram feitas com autoria própria em laboratório. Nelas, é possível ter a compreensão visual das características físicas que facilitará na aquisição dos referidos materiais.

Figura 1 - Caixa organizadora (55cm x 45cm x 35cm)



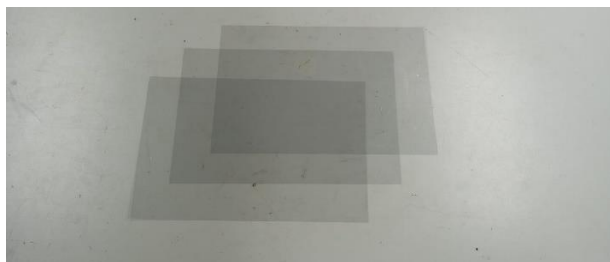
Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 2 - Secador de cabelo



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 3 - 3 (três) folhas de visor de projetor



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 4 - Balança de precisão



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 5 - Bolinha de desodorante Roll on



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 6 -Anemômetro



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 7 - Tubo de cola de cano



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 8 -Seringa 10mg



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 9 - Estilete



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 10 - Caneta para quadro branco, caneta esferográfica, lápis e borracha.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 11 - Fita métrica 100 cm



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 12 - Tesouza



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 13 - Dimmer



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 14 - Fita adesiva



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 15 - Martelo



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 16 - Interruptor duas seções, Botão liga/desliga, chave redonda e tipo gangorra



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 17 - Adaptador metálico em formato de “L” metálico.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 18 - Parafuso, porca e arruela, 1/4 x 5/8



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

2.4 Manual de construção: construindo o tubo de vento.

É indicado que a construção do tubo de vento não seja feita em aula com a presença de alunos. A concentração necessária para a construção será drasticamente reduzida devido as dificuldades do domínio de aula. Entretanto, para a preparação e medições dos pesos das bolinhas, sugerimos que seja feita em aula e na presença de alunos, tendo em vista que, esse momento, seja uma das ferramentas de aprendizagem utilizadas pelo professor: a observação e o colhimento e dados.

Abaixo uma tabela discriminatória dos passos necessários para a construção o tubo de vento.

Tabela 4 – Discriminação dos passos para a construção do tubo de vento

Passo	Descriminação
Passo 1	Instalando do secador na caixa organizadora.
Passo 2	Fazendo o circuito elétrico (Interruptor Diga/desliga + Dimmer + Secador de cabelo.
Passo 3	Fazendo aberturas para passagem de ar na caixa organizadora.
Passo 4	Fazendo abertura na tampa da caixa para encaixar o secador.
Passo 5	Montando o tubo de plástico de visor.
Passo 6	Unindo o tudo de folha de visor com o secador.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Passo 1 – Instalando do secador na caixa organizadora.

- Coloque o secador de modo que aponte a saída de ar para cima em um ângulo de noventa graus com o fundo da caixa, dentro e no centro da caixa e organizadora;

- Nesse caso, o adaptador foi preso no fundo da caixa e em uma alça no topo do secador existente nesse modelo. É possível que outros modelos de secador não tenham essa alça e seja preciso achar outra solução para prender firmemente o secador.

Figura 18 - secador preso no fundo da caixa organizadora utilizando o adaptador em formado de “L”, parafuso e porca



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- Use o adaptador em “L” para fazer esse procedimento. Esse adaptador pode ser substituído por outro tipo, dependendo da necessidade e ao critério do montador de acordo com o modelo e marca do secador.

- Utilize as ferramentas régua e nível para se certificar do ângulo de 90 graus da saída de ar com o fundo da caixa.

Figura 19 - Visualização do adaptador em “L” prendendo o secador no fundo da caixa organizadora utilizando parafuso, porca e arruela



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- Parafuso, porcas e arruelas sempre ajudam nessa etapa, mas podem ser substituídos por abraçadeiras de plástico ou outra adaptação de acordo com a necessidade e as variações existentes de fabricantes e modelos de secadores.

Figura 20 - Visualização da parte de fora da caixa organizadora com parafuso que prende o adaptador



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- É aceitável que a saída do tudo de ar do secador passe da altura da tampa devido as limitações de dimensão da caixa.

Figura 21 - Visualização da ponta da saída de ar do secador passando do limite da tampa da caixa



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Passo 2 – Prendendo e fazendo o circuito elétrico do botão liga/desliga e Dimmer ao secador na caixa organizadora.

- Recomenda-se o auxílio de um profissional em eletrotécnica para fazer a instalação do Dimmer e o botão Liga/desliga.

- Não será necessário usar as chaves que aumentam a temperatura fornecidos pelo secador de cabelo, visto que, as variações de temperaturas não modificaram o fenômeno significativamente, por isso, é permitido desabilitar a função térmica, caso deseje.

- Faça duas aberturas em uma das laterais caixa usando o estilete a fim de fixar o botão liga/desliga e o Dimmer dispostos da maneira mais acessível ao usuário e prenda-os com parafusos na carcaça da caixa.

- Corte o fio do secador em um tamanho que alcance os furos que foram feitos para o Dimmer e o botão liga/desliga.

- Use o ferro de solda para fazer as conexões dos fios e os terminais do Dimmer e do botão liga/desliga.

- Faça uma ligação em série, de modo que, o botão liga/desliga tenha a capacidade de liberar e cortar o fluxo de corrente que chegará ao Dimmer, que por sua vez, ao secador. O objetivo principal do Botão é dar passagem e interromper toda energia elétrica ao circuito elétrico.

Figura 22 - Arranjo técnico dentro da caixa organizadora ligando o Botão liga/desliga, Dimmer e secador



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 23 - Botão liga/desliga (acima) e Dimmer (abaixo) na lateral direita da caixa organizadora, bem fixados e dispostos de maneira acessível.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- O objetivo do Dimmer é dar ao usuário a capacidade de mudar a velocidade do fluxo de ar do secador girando o botão, variando a quantidade de corrente elétrica que chega ao secador. A seguir, uma tabela sobre a variação da corrente e variação da velocidade do ar do secador em função do giro do botão do Dimmer.

Tabela 5 – Orientação de giro do Dimmer e intensidade do fluxo de ar

Sentido de giro	Corrente elétrica	Fluxo da velocidade do ar na saída do secador
Horário	aumento	aumento
Anti-horário	diminuição	diminuição

Fonte: Elaborada pelos autores.

Passo 3 – Fazendo aberturas na caixa para a entrada de ar.

- Para que o tubo de vento funcione corretamente é preciso fazer aberturas para a passagem de ar, de fora (ambiente) para dentro (caixa), na caixa organizadora. Pois, o secador de cabelo, em pleno funcionamento, suga o ar do ambiente devido ao giro de uma turbina impulsionada por um motor elétrico e expelle pelo tudo de ar contido em sua extremidade. Esse procedimento de abertura de furos é extremamente fundamental. Caso contrário o ar será bloqueado e o fluxo será parcialmente ou totalmente interrompido.

- O objetivo aqui é pensar na melhor estratégia para a entrada de ar de fora da caixa para dentro da caixa, sendo sugada pelo secador.

- Os furos/abertura para a passagem de ar podem ser realizados a critério de estética contanto que sejam suficientes para tal função, que é a facilitação da passagem de ar.

Sugestão 1 – 30 pequenos furos.

- Faça, aproximadamente 30 (trinta) furos igualmente distribuídos com diâmetros de 0,5 centímetro (cm) na parte de baixo da caixa organizadora com um objeto pontiagudo.

- Para isso, use um objeto pontiagudo: faca com ponta, uma furadeira com broca fina ou a ponta quente de um ferro de solda são sugestões.

Sugestão 2 – Única abertura.

- Faça uma única abertura de 5,0 cm² em qualquer parte da estrutura da caixa. A dica é fazer a abertura em um lugar discreto: o fundo da caixa é uma boa opção se o peso da caixa não obstruir a passagem de ar, caso contrário a lateral é a alternativa.

Passo 4 – Fazendo a abertura na tampa da caixa

- Faça uma abertura circular na tampa da caixa organizadora a fim de encaixar o tubo da saída do secador.

- A medida dessa abertura tem que ser discretamente maior do que o tubo de saída de ar do secador para que o encaixe fique bem justo ao tubo.

Figura 24 - tampa da caixa organizadora com uma abertura com um diâmetro ligeiramente maior do que o tubo do secador de cabelo



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- Essa abertura pode variar dependendo da marca e modelo do aparelho.
- O objetivo é encaixar, de maneira justa, o tubo do secador na tampa da caixa.

Figura 25 - Visão superior da tampa da caixa organizadora com o tubo do secador passada pela abertura feita na tampa

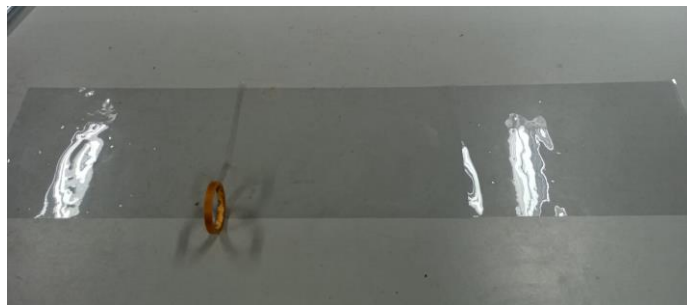


Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Passo 5 - Montando o tubo de plástico com as folhas de visor.

- Enfileire 3,0 (três) folhas de visor em uma mesa plana e nivelada.
- Certifique que estão perfeitamente alinhadas e juntas.
- Passe uma fita adesiva com o objetivo de uni-las.

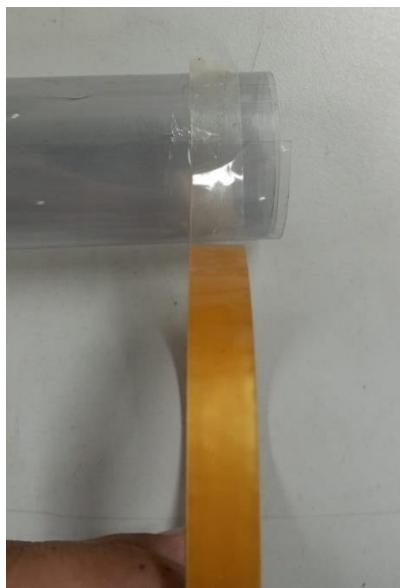
Figura 26 - Fita adesiva prendendo as folhas de visor umas às outras



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- Enrole as folhas fazendo um grande tubo uniforme.
- A espessura desse tubo de folha de visor deve ser levemente maior do que espessura do tubo de ar do secador a fim de encaixá-los sem folgas.
- Use a fita adesiva para prender o tubo nessa forma. Colocar fitas nas extremidades e durante o curso do tubo vai deixá-lo mais firme.

Figura 27 - Fita adesiva prendendo uma das extremidades do tubo



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 28 - Tubo feito com folha de visor sendo medido por uma fita métrica



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Passo 6 – União do tudo de folha de visor ao tubo do secador.

- Encaixe o tubo de folha para visor, de fora para dentro, na abertura da tampa da caixa organizadora.

Figura 29 - Tubo de visor encaixado de fora para dentro na tampa da caixa organizadora



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- Encaixe a boca do tubo de folha para visor na ponta do tubo do secador.

Figura 30 - Tubo de folha de visor transfixando a tampa e encaixado no tubo do secador



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Figura 31 - Tubo de visor perfeitamente encaixado entre a tampa da caixa e o tubo do secador



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- O furo da caixa pressionará o tubo de folha no tubo do secador deixando o sistema firme. Se necessário use fitas para isso.
- O tubo de vento está montado e pronto para ser usado.

Figura 32 - tubo de vento montado e pronto para uso em cima de uma mesa de laboratório



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

2.5 Preparação e pesagem das bolinhas de desodorante Roll on.

A preparação e pesagem das bolinhas foram separadas do processo de construção do tubo de vento.

Ao dividir, entendemos que facilitamos o entendimento da aplicabilidade do produto, onde a primeira parte está relacionada com o uso de materiais e manuseio de ferramentas e a outra parte com as medições necessárias para a utilização do Tubo de vento em aula.

Para essa etapa, serão utilizadas as bolinhas de desodorante Roll on, balança, seringa, água, cola de cano e caneta.

A seguir uma tabela discriminatória dos passos necessários para a pesagem das bolinhas de Roll on.

Tabela 6 – Discriminação dos passos para a pesagem das bolinhas de Roll on

Passo	Descriminação
Passo 1	Fazendo os furos e marcando as bolinhas de Roll on.
Passo 2	Pesando a bolinha 1.
Passo 3	Enchendo, pesando, registrando a massa das bolinhas 2, 3, 4, 5, e 6
Passo 4	Vedando os furos.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Passo 1 – Fazendo furos na bolinha desodorante Roll on e marcando com seus respectivos números (1, 2, 3, 4, 5 e 6).

- Escolha uma das bolinhas e separe ela das outras. Colheremos os dados dessa bolina sem inserir água dela. Essa será a bolinha 1.

-Use um lápis ou uma caneta para marcar na própria bolinha ao valor correspondente a cada uma delas.

- Cuidadosamente, faça um furo em cada uma das outras bolinha (2, 3, 4, 5 e 6) utilizando um martelo e um prego fino. Pregos esse deve ter uma espessura com um valor ligeiramente maior do que a agulha da seringa utilizada. É importante destacar que o furo servirá apenas para passagem da agulha no momento da inserção de água nas bolinhas e que logo após serão vedadas com uma gota de cola de cano.

Passo 2 – Pesando a bolinha 1.

- Pese a bolinha 1 utilizando a balança de precisão. Lembre-se que essa bolinha não será furada pois não será inserido água nela.

-Para essa bolinha 1, a massa registrada na balança foi de 3,8g (figura 33). É aceitável que bolinhas de outro fabricante e modelos registrem valores diferentes.

Figura 33 - Balança registrando a massa da bolinha apenas com ar dentro (3,8g)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Passo 3 - Enchendo, pesando, vedando e registrando a massa das bolinhas 2, 3, 4, 5, e 6.

- Insira água nas bolinhas utilizando uma seringa até que ela atinja as massas de acordo com as necessidades de acordo com a tabela 6.

- Adicione aos poucos a água dentro das bolinhas e controle o registro na balança. É possível retirar a água de dentro da bolinha utilizando a mesma seringa caso passa da marca desejada.

-Veja a tabela abaixo:

Tabela 6 – Valores das massas das bolinhas de Roll on na unidade grama

Bolinha	Bolinha 1 (apenas com ar)	Bolinha 2	Bolinha 3	Bolinha 4	Bolinha 5	Bolinha 6 (máxima capacidade de água)
Massa(g)	3,8g	5,0g	10,0g	15,0g	20,0	22,5g

Fonte: Elaborada pelos autores.

- Anote a massa registrada utilizando uma caneta nas respectivas bolinhas para não confundir os valores.

Figura 34 - Balança registrando a massa da bolinha dois após atingir a marca de 5,0g



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

- Após a pesagem de cada bolinha faça o processo de vedação para evitar vazamentos.

- A vedação é um procedimento de extrema importância para que a água não escape da bolinha durante o uso no tubo de vento e entre água no secador, evitando assim danos por curto-circuito.

Passo 4 - Vedando os furos

-Vede os furos feitos nas bolinhas utilizando uma gota de cola de cano. Espere alguns minutos para a secagem completa.

Figura 35 - 06 (seis) bolinhas de desodorante Roll on devidamente pesadas em suas marcas partindo da bolinha 01 (um) esquerda vazia até a bolinha 06 (seis) direita na capacidade máxima de água.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

3. Produto educacional – Sequência didática

A sequência didática (SD) proporciona uma progressão lógica e organizada dos conceitos abordados pelo professor, ajudando os alunos a construir um entendimento completo dos fenômenos relacionados ao movimento de objetos em diferentes condições.

A seguir, veremos um SD voltada para um professor que tenha a intensão de ensinar Física com o assunto “resistência do ar”. Nela consta todas as aulas, objetivos e todo os detalhes necessários para tal aula.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA - AULAS.

Tabela 7 – Discriminação das características necessárias para a sequência didática

Objetivos	Desenvolver uma atividade prática para auxiliar professor de Física e ensinar sobre o assunto resistência ar.
Local de aplicação	Sala de aula e sala de computação.
Público-alvo	Alunos da primeira série do Ensino Médio.
Teoria de aprendizagem	Teoria Sociocultural de Vygotsky.
Estrutura didática	Oito encontros de cinquenta minutos cada.
Conteúdo	Mecânica; Leis de Newton; Movimento de queda de objetos sob a influência do ar; Resistência do ar e coeficiente de arrasto.
Recursos didáticos	Quadro branco, caneta e apagador, papel, lápis e borracha. Máquina de tubo de projeção de ar previamente construído. Bolinhas de desodorante. Balança de precisão. Anemômetro. Computadores.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Aula 1: Introdução à força de atrito do ar e Questionário I.

Abaixo veremos um cronograma (tabela 8) onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 1 foi organizada.

Tabela 8 – Duração e descrição das partes da aula 1

Aula	Parte	Descrição	Duração (minutos)
Aula 1	Parte 1	Introdução: Explicação do tema, objetivo e cronograma das aulas.	10 minutos
	Parte 2	Inclusão do aluno ao assunto: Breve introdução e explanação da importância do estudo da resistência do ar.	10 minutos
	Parte 3	Questionário I (apêndice A): Aplicação e recolhimento.	30 minutos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos geral

- Entender importância do estudo da resistência do ar em objetos em um fluido.
- Responder Questionário I (apêndice A).

Objetivo específico

- Explicar o processo das oito aulas e importância desse método.
- Dizer qual é o objetivo dessa sequência didática para o desenvolvimento do aprendizado.
- Mostrar a importância do estudo desse tema, relacionando com o cotidiano do aluno.

- Aplicar e arquivar o questionário I.

Recursos necessários

- Lápis e borracha.
- Questionário I. (Apêndice A)

Duração

- 50 minutos.

Estrutura da aula 1: A aula 1 será dividida em 3 partes

Parte 1 – Introdução: explicação do tema, conteúdo e cronograma (10 minutos)

- Iniciar a aula informando aos alunos o tema que será abordado: resistência do ar em objetos que em queda.
- Explicar como será o processo, informando a quantidade de aulas, materiais e recursos utilizados.
- Explicar que no decorrer dessas aulas será aplicado 2 (dois) questionário e 4 (quatro) exercícios e um Questionário Avaliativo da SD.
- Informar que o Questionário I e o Questionário II são idênticos. O Questionário I será aplicado no início da aula 1 e o Questionário II será aplicado na última aula (aula 8) e, em seguida o Questionário Avaliativo para encerrar a SD.
- Avisar que esses questionários devem ser devolvidos ao final de cada aplicação para análise comparativa de evolução de conhecimento do aluno sobre o assunto abordado.
- Falar que os exercícios 1, 2, 3 e 4 serão aplicados respectivamente nas aulas 2, 3, 4 e 5. Esses exercícios não serão devolvidos para o professor e será dada as respostas e os comentários serão feitos ao final de cada aplicação.

Parte 2: Inclusão do aluno ao assunto: importância do estudo e exemplos de convivência do aluno. (10 minutos)

- Falar brevemente da importância desse estudo e como a resistência do ar está envolvida em várias situações do cotidiano.
- Pedir para os alunos citarem situações do dia, esporte, trabalho, transporte ou quaisquer outras situações em que a resistência do ar que eles acham relevante.

- Fazer as correções com as considerações corretas.
- Avisar sobre o Questionário I que será aplicado a seguir e que as respostas dos alunos e o gabarito não será divulgado.

Parte 3 – Questionário I (apêndice A): organização, distribuição, aplicação e recolhimento. (30 minutos)

- Organizar os alunos em suas carteiras e em suas respectivas fileiras.
- Avisar que deixem apenas lápis/caneta e borracha em suas mesas.
- Informar o tempo disponível para a conclusão do questionário (30 min).
- Distribuir o questionário aos alunos, informe que as respostas dos questionários são individuais e que não é permitido consulta de cadernos, livros ou recursos digitais.
- Recolha os questionários ao final do tempo.

Aula 2: Primeira lei de Newton: Inércia.

Abaixo veremos um cronograma, ver tabela 9, onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 2 foi organizada.

Tabela 9 – Duração e descrição das partes da aula 2

Aula	Parte	conteúdo	Duração (minutos)
Aula 2	Parte 1	Introdução: citação de nomes importantes para o desenvolvimento do estudo.	5 minutos
	Parte 2	Explicação e discursão da primeira lei de Newton e demonstração do	30 minutos

		vídeo do youtube.com sobre inércia na prática.	
	Parte 3	Exercício 1 (apêndice C): Distribuição, aplicação e correção do exercício 1.	15 minutos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos gerais

- Aprender as principais partes de história da evolução do estudo dos movimentos.
- Entender o conceito da primeira lei de Newton: Inércia.
- Assistir um vídeo exemplificando a primeira lei de Newton.

Objetivos específicos

- Mostrar a importância do estudo da história dos movimentos dos corpos.
- Explicar a primeira lei de Newton, exemplificar e relacionar com situações do dia a dia dos alunos.
- Assistir um vídeo sugerido no link a seguir sobre a primeira lei de Newton.
<https://www.youtube.com/watch?v=l-cBz5-0LMo>.
- Aplicar Exercício 1 (Apêndice C).

Recursos necessários

- Lápis e borracha.
- Quadro branco.
- Exercício 1. (Apêndice C).
- Computador com projetor e caixa de som.

Duração:

- 50 minutos.

Estrutura da aula 2: A aula 2 (dois) será dividida em 3 partes.

Parte 1 – Introdução: Citação de nomes importantes no desenvolvimento do estudo. (10 minutos)

- Começar falando de quem foi Isac Newton e a importância que os estudos dele trouxe na concepção de conhecimentos de movimentos dos corpos.

Parte 2 – Explicação e discursão da primeira lei de Newton: Inércia. (25 min).

- Explicar a primeira lei de Newton (Inércia) e quais são as condições para que um corpo esteja inserido nessa lei e cite exemplos do cotidiano.
- Mostrar o vídeo sugerido para reforçar a explicação da inércia tornando a aula mais interativa. <https://www.youtube.com/watch?v=l-cBz5-0LMo>.
- Promover um debate entre os alunos, pedindo exemplos de corpos que estão e não estão em inércia, se necessário, reforce-os com mais situações.
- Fazer as correções necessárias e comentários.

Parte 3 – Exercício 1 (Apêndice C): Distribuição, aplicação e correção do exercício 1 (15 minutos).

- Distribua o exercício 1, informe que o tempo limite será de 10 minutos para responderem, sem consulta de materiais e individual.
- Informar que o Exercício 1 não será recolhido pelo professor. Ficará de posse do aluno para estudos posteriores.
- Avisar que, após o fim do tempo determinado, será dada as respostas.
- Dê as respostas com comentários em 5 minutos. Se necessário, utilize o quadro.

Aula 3: Terceira lei de Newton: Ação e reação.

Abaixo veremos um cronograma, ver tabela 9, onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 3 foi organizada.

Tabela 9 – Duração e descrição das partes da aula 3

Aula	Parte	conteúdo	Duração (minutos)
------	-------	----------	----------------------

Aula 3	Parte 1	Introdução: citação de nomes importantes para o desenvolvimento do estudo.	5 minutos
	Parte 2	Explicação e discursão da terceira lei de Newton: Ação e reação.	30 minutos
	Parte 3	Exercício 2 (Apêndice D): Distribuição, aplicação e correção do exercício 1.	15 minutos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos gerais

- Aprender parte de história da evolução do estudo dos movimentos.
- Entender o conceito da terceira lei de Newton: Ação e reação.
- Compreender o conceito de força resultante.
- Aprender sobre vetores.

Objetivos específicos

- Mostrar a importância do estudo da história dos movimentos dos corpos.
- Explicar a terceira lei de Newton, exemplificar e relacionar com situações do dia a dia dos alunos.
- Ensinar conceitos básicos sobre vetores: nomenclatura, caracterização e a interação entre eles.
- Mostrar o conceito de “tipos de natureza de força”: contato e campo.
- Entender, diferenciar e caracterizar intensidade, direção e sentido.

- Aplicar Exercício 2 (apêndice D).

Recursos necessários

- Lápis e borracha.
- Quadro branco.
- Exercício 1. (apêndice D)

Duração:

- 50 minutos.

Estrutura da aula 3: A aula 3 será dividida em 3 partes.

Parte 1 – Introdução: Citação de nomes importantes no desenvolvimento do estudo. (5 minutos)

- Informar que na SD será explicado a terceira lei de Newton antes da segunda lei de Newton. O objetivo é separar a parte teórica histórica dos cálculos.
- Citar nomes de outros grandes estudiosos que fizeram parte da evolução dos estudos de objetos em queda, como Galileu Galilei.

Parte 2 – Explicação e discursão da primeira e terceira lei de Newton (30 min).

- Explicar a terceira lei de Newton (Ação e reação) e quais são as condições para que um corpo esteja inserido nessa lei e cite exemplos do cotidiano.
- Diferenciar a natureza de força: contato e campo citando exemplos como puxar uma corda (contato) e um ímã puxando um clip (campo).
- Dar ênfase ao fato de que para que os corpos estejam na terceira lei de Newton tem que ter mesma intensidade, mesma direção, sentidos opostos, que sejam aplicados em corpos diferentes e que tenham a mesma natureza de força: contato ou campo.
- Promover um debate entre os alunos, pedindo exemplos de corpos que estão e não estão incluídos na terceira lei de Newton.
- Explicar o conceito força resultante e que essa expressão surge do resultado da interação entre forças.
- Ensinar a terceira lei de Newton exemplificando e interagindo com situações do cotidiano da vida do aluno.
- Fazer as correções necessárias e comentários.

Parte 3 – Exercício 2 (apêndice D): Distribuição, aplicação e correção do exercício 1 (15 minutos).

- Distribua o exercício 1, informe que o tempo limite será de 10 minutos para responderem, sem consulta de materiais e individual.
- Informar que o Exercício 1 não será recolhido pelo professor. Ficará de posse do aluno para estudos posteriores.
- Avisar que, após o fim do tempo determinado, será dada as respostas.

Dê as respostas com comentários em 5 minutos. Se necessário, utilize o quadro.

Aula 4: Segunda lei de Newton: (Princípio fundamental da dinâmica $F=ma$).

Abaixo veremos um cronograma onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 4 foi organizada. Ver tabela 10.

Tabela 10 – Duração e descrição das partes da aula 4

Aula	Parte	Conteúdos	Duração
Aula 4	Parte 1	Introdução: Relembrar a aula anterior (aula 2 e 3), explicação do cronograma dessa aula.	5 minutos
	Parte 2	Explicação e discursão da segunda lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica.	30 minutos
	Parte 3	Exercício 3 (Apêndice E):	15 minutos

		Distribuição, aplicação e correção do exercício 2.	
--	--	---	--

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos geral:

- Aprender a segunda lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica ($F=ma$).
- Responder exercício 3 (apêndice E).

Objetivo específico

- Apresentar a segunda lei de Newton.
- Relacionar com situações do dia a dia.
- Utilizar a equação $F=ma$ em exercícios.
- Diferenciar peso e massa.
- Aplicar Exercício 3. (apêndice E).

Recursos necessários:

- Lápis e borracha.
- Quadro branco.
- Exercício 3. (Apêndice E).

Duração:

- 50 minutos.

Estrutura da aula 4: A aula 4 será dividida em 3 partes.

Parte 1 – Introdução: Relembrar a aula anterior (aulas 1, 2 e 3), explicação do cronograma dessa aula (5 minutos).

- Começar a aula falando que estamos na aula 4 e relembre do que foi trabalhado nas aulas anteriores (aula 2 e 3). É importante deixar os alunos sempre ciente do objetivo e qual momento estamos na SD.
- Explicar o que vai acontecer nessa aula (explicação da segunda lei de Newton, cálculos e correção do exercício 2).

Parte 2 – Explicação e discursão da segunda leis de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica (30 min)

- Apresentar a segunda lei de Newton escrevendo no quando a equação $F = ma$.
- Ensinar o que cada letra dessa equação significa e quais são as suas unidades de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Citar exemplos do cotidiano como a diferença na dificuldade de empurrar um carrinho de supermercado vazio e um cheio de mercadorias.
- Aplicar a equação $F=ma$ em algum dos exemplos citados como a do carrinho de supermercado, atribuindo um valor igual para a força aplicada e valores diferentes para a massa dos dois carrinhos. Em seguida, compare os resultados da aceleração atingida.
- Diferenciar o conceito de peso e massa mostrando a importância da força da gravidade do planeta Terra (10 m/s^2) com parando com a força da gravidade da lua ($1,6 \text{ m/s}^2$).
- Repetir o processo com outros exemplos com valores diferentes um ou duas vezes.

Parte 3 – Exercício 3 (Apêndice E): Distribuição, aplicação e correção do exercício 1 (15 minutos).

- Preparar para o exercício 3 lembrando que a aplicação terá as mesmas características para todos os exercícios.
- Distribuir o exercício 3, informe que o tempo limite será de 10 minutos para responderem, sem consulta de materiais e individual.
- O exercício 3 também não será recolhido pelo professor.
- Lembrar que, após o fim do tempo determinado, será dada as respostas.
- Ditar as respostas com comentários em 5 minutos. Se necessário, utilize o quadro.

Aula 5: A queda dos corpos com e sem resistência do ar.

Abaixo veremos um cronograma onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 5 foi organizada. Ver tabela 11.

Tabela 11 – Duração e descrição das partes da aula 5

Aula	Partes	Conteúdos	Duração
------	--------	-----------	---------

Aula 5	Parte 1	Introdução: Relembrando aulas 1, 2, 3 e 4.	5 minutos
	Parte 2	Conceito e equação da força de arrasto.	25 minutos
	Parte 3	Demonstração 1: Variação da área do objeto que cai.	2,5 minutos
	Parte 4	Demonstração 2 – Eliminação da força de arrasto	2,5 minutos
	Parte 5	Exercício 4 (Apêndice F): Distribuição	15 minutos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos geral

- Entender movimento de queda livre e com e sem atrito do ar.
- Desenvolver a habilidade de cálculo da força de resistência do ar.

Objetivo específico

- Explicar a diferença entre queda livre a queda com resistência do ar.
- Ensinar o conceito de velocidade terminal e aceleração zero durante a queda com resistência do ar.
- Apresentar a equação da força de resistência do ar para baixas e altas velocidades ($F_{res} = K.V$ e $F_{res} = K.v^2$).
- Correlacionar a terceira lei de Newton (ação e reação) a queda dos corpos na velocidade terminal.
- Aplicar Exercício 4. (Apêndice F)

Recursos necessários

- Lápis e borracha.
- Quadro branco.
- Duas folhas de caderno.

- Um livro ou caderno.
- Exercício 4. (Apêndice F)

Duração

- 50 minutos.

Estrutura da aula 5: A aula 5 será dividida em 5 partes.

Parte 1 – Introdução: Relembrando aula 2, 3 e 4. (5 minutos)

- Começar a aula relembrando o que foi abordado na aula anterior (aula 2, 3 e 4).
- Avise que esta quinta aula é sobre a queda dos corpos com e sem resistência do ar.

Parte 2 – Conceito e equação da força de arrasto (25 minutos)

- Promover uma discussão perguntando aos alunos sobre a queda de uma folha de papel e de um livro abandonados da mesma altura e ao mesmo tempo. Deixe os alunos expressem suas ideias sobre o porquê de os objetos caírem em tempos diferentes.
- Introduzir o conceito de Força de arrasto e explique que objetos em queda em um fluido atingem uma velocidade terminal (velocidade constante) como a dos paraquedistas, comparando a diferença de velocidade de queda antes e depois de abrir o paraquedas, assim aceleração zero.
- Dizer que, na velocidade terminal, a força Peso é igual a Força de arrasto, assim evidenciando a terceira lei de Newton.
- Informar que fatores como área e formato do objeto e densidade do fluido são decisivos na determinação da força de arrasto.
- Apresentar a equação da força de resistência do ar para baixas e altas velocidades ($F_{res} = K.V$ e $F_{res} = K.v^2$), traduzindo o significado de cada termo nas equações.
- Faça um exemplo que seja necessário a utilização da equação da resistência do ar para atingir a resposta correta.

Parte 3 – Demonstração 1 e Demonstração 2 (2,5 minutos)

Demonstração 1: Variação da área do objeto que cai (2,5 minutos).

- Em pé, pegue uma folha de caderno e a abandone da altura da cabeça.
- Em seguida pegue a mesma folha, amasse-a e abandone da mesma altura.
- Lembre-os que a folha não mudou a massa entre as duas quedas.
- Peça que alunos tirem suas conclusões sobre a diferença entre as duas quedas.

Parte 4 – Demonstração 2 (2,5 minutos)

Demonstração 2 – Eliminação da força de arrasto (2,5 minutos).

- Em pé, coloque a folha de caderno e o livro lado a lado, virados com a face para baixo próximo da altura da cabeça, abandone-os da mesma altura e ao mesmo tempo. Peça que os alunos tirem suas conclusões e falem da observação feita.
- Coloque a mesma folha de papel apoiada em cima do mesmo livro e abandone da mesma altura anteriormente e simultaneamente. Certifique-se que a folha não é maior do que o livro. Peça aos alunos que comparem os resultados das duas quedas (folha ao lado do livro e folha em cima do livro) e comentem com a observação anterior.
- Faça as explicações corretas desse fenômeno corrigindo conclusões erradas por parte dos alunos.

Parte 5 – Exercício 4 (Apêndice F): Distribuição, aplicação e correção (15 minutos).

- Prepare-os para o exercício 4, lembrando que a aplicação terá as mesmas características dos exercícios 1, 2 e 3. (aulas anteriores).
- Distribua o exercício 4, informe que o tempo limite será de dez minutos para responderem, sem consulta de materiais e individual.
- O exercício 4 também não será recolhido pelo professor.
- Após o tempo determinado (5 minutos), dê as respostas do exercício 4 fazendo as considerações e correções necessárias.

Aula 6: Aprendendo sobre a resistência do ar utilizando o Tubo de vento.

Abaixo veremos um cronograma onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 6 foi organizada. Ver tabela 12.

Tabela 12 – Duração, e descrição das partes da aula 6

Aula	Parte	Descrição	Duração
Aula 6	Parte 1	Introdução: Apresentação do Tubo de vento e formação de grupos de alunos.	5 minutos
	Parte 2	Preparando o Tubo de vento, anemômetro e balança de precisão.	5 minutos
	Parte 3	Pesando as bolinhas de Rollo n.	5 minutos
	Parte 4	Medindo as velocidades do ar para cada bolinha.	10 minutos
	Parte 5	Calculando a constante K.	25 minutos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos geral

- Aprender sobre o conceito de resistência do ar utilizando um aparato experimental previamente construído.
- Aprender a capturar dados por meio da observação.

Objetivo específico

- Interrelacionar as leis de Newton com a força de resistência do ar aplicada em objeto que cai sob a aceleração da gravidade em um fluido.
- Ensinar sobre a resistência do ar utilizando uma unidade didática.
- Mostrar o conceito de velocidade terminal.
- Aprender a observar e anotar dados fornecidos pela unidade didática em funcionamento.

Recursos necessários

- Tubo de vento.
- Bolinhas de desodorante Roll on.
- Anemômetro.
- Balança de precisão.
- Ficha de tabulação de dados (Apêndice G).
- Lápis e borracha.

Duração

- 50 minutos.

Estrutura da aula 6: A aula 6 será dividida em 3 partes.

Parte 1 – Introdução: Apresentação do Tubo de vento e formação de grupos de alunos (5 minutos)

- Iniciar a aula explicando que será utilizado um recurso didático, em seguida apresente o Tubo de vento, as bolinhas a serem lançadas e todos os materiais necessários para medição e registro do fenômeno.
- Formar duplas ou trios de alunos.
- Certificar que os alunos ou os grupos de alunos portam a Ficha de tabulação de dados.

Parte 2 - Preparando o Tubo de vento, anemômetro e balança de precisão (5 minutos).

- Coloque o Tubo de vento no chão ou em cima de uma mesa firme e bem nivelada.
- Posicione Anemômetro próximo a saída de ar do Tubo, coloque o botão liga/desliga na posição ligar, em seguida gire o Dimmer botão abaixo gradativamente até a máxima, o objetivo desse processo é certificar que o Tubo de vento e o anemômetro estão funcionando corretamente.
- Apoie a balança de precisão em uma superfície firme e nivela e conecte o plug na tomada mais próxima.

Parte 3 - Pesando as bolinhas de Roll on (5 minutos).

- Pegue as bolinhas de Roll on, já previamente inseridas com águas e vedadas, e

pese uma por uma partindo da bolinha 1 (vazia) até a bolinha 6. Peça que os alunos anotem os valores da massa registrada na balança na ficha de tabulação (Apêndice G)

- Informe que as bolinhas estarão com quantidades de água diferentes para variar a massa.
- Relembre a aula 4 sobre a diferença entre peso e massa.

Parte 4 - Medindo as velocidades do ar para cada bolinha (10 minutos).

- Ligue o Tubo de vento. Não é necessário utilizar as chaves de aumento de temperatura oferecido pelo sistema de aquecimento secador de cabelo.
- Regule a velocidade do vento, girando o Dimmer, em uma medida que a bolinha 1 fique flutuando no topo do tubo.
- Lentamente gire o Dimmer no sentido anti-horário diminuindo a potência da máquina até que a bolinha comece entrar no tubo.
- Regule a potência da máquina até que a bolinha fique perfeitamente parada, flutuando em qualquer altura dentro do tubo. É importante que ela atinja uma altura estável independentemente se está girando ou não.
- Relembre que a bolinha parada dentro do tubo representa a velocidade terminal mencionada na aula 4.
- Segure o Anemômetro próximo a saída de ar na parte superior do tubo e aguarde até que a velocidade marcada no anemômetro fique estável.
- Oriente os alunos a anotarem na ficha de tabulação de dados (apêndice G) a velocidade do ar informada no anemômetro.
- Repita esse processo com as bolinhas 2, 3, 4, 5 e 6, pedindo para os alunos não esquecerem de anotar os valores das velocidades registradas no Anemômetro na ficha de tabulação de dados.

Parte 5 - Calculando a constante K (25 minutos)

- Peça para que os alunos apliquem a equação $Fre = K.v$ utilizando os dados coletados na Ficha de tabulação. Se necessário faça o primeiro cálculo.
- Relembre que na aula 4 aprendemos que $F = m.a$ é $P = m.g$ e que Fre é igual ao P quando a bolinha está em velocidade terminal dentro do tubo em

funcionamento.

- Oriente para que os alunos calculem o valor de da constante K e anotem na ficha de tabulação no Espaço 1. O uso de calculadoras pelo aluno fica a critério do professor.
- Recolha as fichas de tabulação ao final da aula.

Aula 7: Aprendendo montar gráficos.

Abaixo veremos um cronograma onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 7 foi organizada. Ver tabela 13.

Tabela 13 – Duração, e descrição das partes da aula 7

Aula	Parte	Descrição	Duração
Aula 7	Parte 1	Introdução: Remontando grupos diante dos computadores e distribuindo as fichas de tabulação de dados.	5 minutos
	Parte 2	Aprendendo a fazer gráficos de X e Y no Word com o passo a passo.	30 minutos
	Parte 3	Analizando os gráficos e respondendo a “Questão única”.	15 minutos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos geral

- Aprender a fazer de gráfico X e Y utilizando o word.
- Desenvolver habilidade em inserir dados em gráfico.

Objetivo específico

- Ensinar a fazer gráfico de Eixo X e Y no Word.
- Interpretar dados extraídos dos lançamentos das bolinhas no Tubo de vento e inserir em gráficos da aula 6.
- Ler e interpretar linhas de gráficos surgidas dos dados lançados no programa.

Recursos necessários

- Sala de computação e computadores.
- Ficha de tabulação (apêndice G)
- Passo a passo (apêndice H).

Duração

- 50 minutos.

Estrutura da aula 7: A aula 7 será dividida em 3 partes.

Parte 1 – Introdução: Remontando grupos, distribuindo as fichas de tabulação de dados (5 minutos).

- Remontar os grupos da aula anterior, posicione diante dos computadores previamente ligados na tela inicial, distribua as fichas de tabulação, entregue o passo a passo para cada aluno.
- Avisar que nessa aula aprenderemos sobre montar gráfico coletados da aula 6.

Parte 2 – Aprendendo a fazer gráficos de X e Y no Word com o passo a passo (5 minutos).

- Informe-os de que os dados que serão inseridos no programa do Word para a construção dos gráficos estão na ficha de tabulação que foi preenchida na aula anterior (aula 6) e é preciso ter em mãos.
- Peça para que os alunos, com o passo a passo em mãos, siga rigorosamente as instruções no computador.
- Com paciência, faça a leitura seguindo a ordem do passo a passo para que nenhum aluno ou grupo se perca nas instruções durante o desenrolar da aula.
- Ao final de cada trecho certifique-se que todos os alunos e grupos estão já cumpriram as etapas anteriores e, se assim, vá fazendo a leitura até que todo o passo a passo seja concluído.

- Se necessário, volte algumas instruções para nivelar alunos que não conseguiram acompanhar.
- Informe-os que, ao final do passo a passo, surgirá o gráfico.

Parte 3 – Analisando o gráfico e respondendo a “Questão única” (25 minutos).

- Para finalizar a aula, informe aos alunos que analisem o gráfico e respondam a “Questão única” na última página do passo a passo.
- Logo após, recolha o passo a passo, e avalie os gráficos obtidos.
- Mostre aos alunos as semelhanças e as discrepâncias que surgiram nos gráficos produzidos por eles mesmos.
- Faça as correções e peça para que os alunos fechem o programa sem salvar os documentos e desligue os computadores.

Aula 8: Questionário II (apêndice B) e Questionário avaliativo (apêndice I).

Abaixo veremos um cronograma onde explicita as partes com conteúdos e duração dos quais a aula 8 foi organizada. Ver tabela 13.

Tabela 13 – Duração, e descrição das partes da aula 8

Aula	Parte	Descrição	Duração
Aula 8	Parte 1	Avisar que é a última aula da SD e fazer os agradecimentos e explicar que será aplicado um questionário II e um questionário avaliativo da SD.	10 minutos
	Parte 2	Aplicar e recolher o Questionário II (apêndice B):	30 minutos

	Parte 3	Aplicar e recolher o Questionário avaliativo (apêndice I).	10 minutos
--	---------	--	------------

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetivos geral

- Responder o Questionário II (apêndice B).
- Responder o Questionário avaliativo (apêndice I).

Objetivo específico

- Fazer o encerramento e agradecimento aos alunos pela participação da SD.
- Aplicar e recolher o questionário II.
- Aplicar e recolher o Questionário avaliativo (apêndice I).

Recursos necessários

- Sala de aula.
- Questionário II (apêndice B).
- Questionário avaliativo (apêndice I).

Duração

- 50 minutos.

Estrutura da aula 8: A aula 8 será dividida em 3 partes.

Parte 1 – Introdução: Relembrar as aulas anteriores (1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7). (10 minutos).

- Avisar que é a última aula da SD.
- Fazer os agradecimentos.
- Informar que será aplicado um questionário II (sobre o conteúdo aprendido) e o questionário avaliativo (sobre a qualidade das aulas) da SD.

Parte 2 – Aplicar o Questionário II (apêndice B)

- Separar os alunos individualmente em suas carteiras preparando-os para os questionários.

- Avisar que o Questionário II é idêntico ao Questionário I.
- Informar que o objetivo é comparar as respostas dos questionários para verificar se houve avanço no aprendizado do conteúdo.
- Dizer que o tempo disponível para responder o Questionário II é de, até, 30 minutos.
- Informar que as respostas dos questionários são individuais e que não é permitido consulta de cadernos, livros ou recursos digitais.
- Distribuir os questionários II.
- Quando os alunos terminarem de responder todas as perguntas ou ao final do tempo de 30 minutos, recolher os Questionários II.

Parte 3 – Aplicar o Questionário Avaliativo (apêndice I).

- Assim que for recolhendo o Questionário II, já distribua o Questionário Avaliativo.
- Dizer que o tempo disponível para responder o Questionário Avaliativo é de, até, 10 minutos.
- Quando os alunos terminarem de responder todo o Questionário Avaliativo ou ao final do tempo de 10 minutos, recolha.
- Os alunos podem ser liberados ou permanecerem em sala em silêncio até ao final da aula. À critério do professor e das regras da escola.

4. Riscos e benefícios

A análise e a explicitação dos riscos e benefícios são etapas fundamentais em qualquer pesquisa que envolva seres humanos, especialmente quando os participantes são alunos em contexto escolar. Isso garante a transparência do processo e o respeito à integridade física, emocional e intelectual dos envolvidos. No caso desta pesquisa, os riscos são mínimos, restritos a possíveis desconfortos momentâneos durante a realização das atividades propostas, como insegurança ao responder perguntas ou participar de discussões. Nenhum procedimento invasivo será adotado. Por outro lado, os benefícios são significativos, pois a proposta visa promover a aprendizagem ativa, o estímulo à reflexão crítica e o envolvimento dos estudantes com práticas científicas. Além disso, os resultados da pesquisa poderão subsidiar melhorias no ensino de Física, tornando-o mais acessível e significativo para os alunos.

Os riscos que o participante da pesquisa estará exposto são de gerar ansiedade relacionada ao desempenho, o medo de errar ou de não compreender os conteúdos abordados e sensação de estar sendo avaliado pode gerar desconforto ou insegurança. Esses riscos serão minimizados mediante: o esclarecimento prévio do projeto que será aplicado, participação voluntária dos alunos onde se sentirão a vontade para desistir a qualquer momento, sigilo e anonimato já que não será necessário a identificação do alunos nos questionário, ambiente acolhedor promovido e organizado pelo professor pesquisador e respeito ao ritmo individual tendo ciência de que cada aluno tem uma velocidade de aprendizagem; para manter o sigilo e o respeito ao participante da pesquisa, o questionário será aplicado pelo discente YURI GONÇALVES RODRIGUES e somente ele e o pesquisador responsável poderão manusear e guardar os dados; sigilo das informações por ocasião da publicação dos resultados, considerando que não serão divulgados dados que identifiquem o participante; garantia que o participante se sinta a vontade para responder aos questionários; e anuência das instituições de ensino para a realização da pesquisa. Os dados coletados serão, ao final da pesquisa, armazenados na forma digital, em pen-drive protegido com senha, e guardados por no mínimo cinco anos sob a responsabilidade do pesquisador responsável, em armário fechado com chave, no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus central polo 10, a fim de garantir a confidencialidade, a privacidade e a segurança das informações coletadas, e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os participantes e o responsável. Cabe ressaltar que os cuidados

com a pesquisa seguem todas as orientações da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD Lei Nº 13.709/2018).

O benefício desta pesquisa é a possibilidade de transformar a prática docente por meio da reflexão crítica e fundamentada, promovendo inovações no ensino que tornam o aprendizado mais significativo. Além disso, a pesquisa permite compreender melhor as dificuldades dos alunos, desenvolver estratégias mais eficazes de ensino e criar recursos didáticos contextualizados. Para os professores, é uma oportunidade de crescimento profissional e valorização do seu papel como agente de transformação na educação. Para os alunos, representa a chance de vivenciar um ensino mais próximo da realidade, que estimula a curiosidade, o pensamento crítico e o protagonismo no processo de aprendizagem.

5. Considerações finais

Esperamos que esse produto sirva de uma maneira ou outra como mais um instrumento facilitador na hora de um professor de Física lecionar ou qualquer outro profissional da área. Que desperte o interesse em abordar assunto que muitas vezes são passados quase que despercebido por motivos como a complexidade de conceitos ou de raciocínio matemático. Que seja uma ferramenta útil que tenha aplicação simples e prática com o intuito de despertar o interesse dos alunos assim, sendo um instrumento eficaz e eficiente na hora do seu uso. É importante deixar claro que essa ideia está sujeita a modificações que tenham o objetivo de melhorar a sua utilidade. Qualquer profissional que ler esse produto tem a autonomia de pensar em modificações e adaptações, fazendo os ajustes necessários para que sua aula fica mais rica e mais produtiva conforme a necessidade e especificidade de cada aluno.

6. Referências bibliográficas

BELTRÁN NUÑEZ, Isauro; RAMALHO, Betania Leite. **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. ed. Sulina, 2004.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Plano Nacional de Educação PNE 2014-2024: Linha de Base. – Brasília, DF: Inep, 2015.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Censo Escolar da Educação Básica 2023: resumo técnico. Brasília, DF: Inep, 2024.

VIGOTSKII, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alex N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Tradução de Maria da Penha Villalobos. 11. ed. São Paulo: Ícone, 2010.

Apêndice A - Questionário I (QI)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA
	Aula 01 Questionário I Série/Turma: _____ Turno: _____ Data: ____/____/____ Professor: _____ Componente curricular: _____ Aluno: _____
INSTRUÇÕES	
Responda o questionário A sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores). Entregue esse questionário ao professor ao final da aula.	

QUESTIONÁRIO I

QUESTÃO 1. O que estabelece a Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia?

- a) ☐ Todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso e todo corpo em movimento tende a permanecer em movimento, salvo se uma força externa agir sobre ele.
- b) ☐ A força resultante sobre um corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração.
- c) ☐ Para toda ação, existe uma reação de igual intensidade, mesma direção e sentido oposto.
- d) ☐ A aceleração é diretamente proporcional à força aplicada.
- e) ☐ O peso de um corpo depende apenas da massa.

QUESTÃO 2. Qual das situações abaixo está relacionada à Segunda Lei de Newton?

- a) ☐ Um carro parado continua parado sem forças externas atuando.
- b) ☐ Um paraquedista atinge velocidade terminal.
- c) ☐ Um atleta acelera mais rapidamente ao aplicar mais força.
- d) ☐ Duas forças opostas se anulam, mantendo o objeto em equilíbrio.
- e) ☐ Um objeto flutua devido à resistência do ar.

QUESTÃO 3. O peso de um corpo de 10 kg na Terra, onde a gravidade é 10 m/s^2 , é:

- a) ☐ 10 N
- b) ☐ 100 N
- c) ☐ 50 N
- d) ☐ 1 N
- e) ☐ 200 N

QUESTÃO 4. Na Terceira Lei de Newton, a força de ação e a força de reação:

- a) ☐ São aplicadas no mesmo corpo.
- b) ☐ Têm direções diferentes e sentidos diferentes.
- c) ☐ Sempre se anulam.
- d) ☐ São forças de contato e nunca forças à distância.
- e) ☐ Atuam em corpos diferentes, com mesma intensidade e direções opostas.

QUESTÃO 5. Qual característica da velocidade terminal está correta?

- a) () A velocidade terminal ocorre quando a força peso é maior que a força de resistência do ar.
- b) () A velocidade terminal é atingida quando a aceleração do corpo é máxima.
- c) () A força peso e a força de resistência do ar se equilibram na velocidade terminal.
- d) () O objeto para de se mover na velocidade terminal.
- e) () A velocidade terminal só ocorre no vácuo.

QUESTÃO 6. Antes de abrir o paraquedas, a velocidade do paraquedista:

- a) () Aumenta continuamente devido à gravidade.
- b) () Diminui devido à resistência do ar.
- c) () Permanece constante.
- d) () Diminui devido à falta de gravidade.
- e) () Aumenta devido ao empuxo do ar.

QUESTÃO 7. Após abrir o paraquedas, o paraquedista:

- a) () Acelera devido à resistência do ar.
- b) () Atinge rapidamente uma nova velocidade terminal menor.
- c) () Permanece na mesma velocidade terminal de antes.
- d) () Acelera continuamente até tocar o solo.
- e) () Para instantaneamente devido à abertura do paraquedas.

QUESTÃO 8. Quando um objeto em queda livre não é mais acelerado pela gravidade, podemos afirmar que:

- a) () Ele atinge o solo.
- b) () A força peso é maior que a força de resistência do ar.
- c) () Ele atingiu a velocidade terminal.
- d) () A resistência do ar é desprezível.
- e) () Ele para de cair.

QUESTÃO 9. Se duas bolas, uma leve e outra pesada, são lançadas da mesma altura em um ambiente com resistência do ar, qual chegará ao solo primeiro?

- a) () A leve, porque sofre menos força peso.
- b) () A pesada, porque é menos influenciada pela resistência do ar.
- c) () Ambas chegam ao mesmo tempo.
- d) () A leve, porque tem maior densidade.
- e) () Depende da altura de lançamento.

QUESTÃO 10. Durante um experimento, um professor lança uma folha aberta e uma folha amassada de mesma massa de uma mesma altura. A folha amassada chega ao solo primeiro porque:

- a) () Sofre menor resistência do ar devido à sua forma compacta.
- b) () Tem maior peso.
- c) () A gravidade é maior na folha amassada.
- d) () O atrito é maior na folha aberta.
- e) () A folha aberta tem menor massa efetiva.

Apêndice B - Questionário II (QII)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA
	Aula 08 Questionário II Série/Turma: _____ Turno: _____ Data: ____/____/____ Professor: _____ Componente curricular: _____ Aluno: _____
INSTRUÇÕES Responda o questionário B sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores). Entregue esse questionário ao professor ao final da aula.	

QUESTIONÁRIO II

QUESTÃO 1. O que estabelece a Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia?

- a) () Todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso e todo corpo em movimento tende a permanecer em movimento, salvo se uma força externa agir sobre ele.
- b) () A força resultante sobre um corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração.
- c) () Para toda ação, existe uma reação de igual intensidade, mesma direção e sentido oposto.
- d) () A aceleração é diretamente proporcional à força aplicada.
- e) () O peso de um corpo depende apenas da massa.

QUESTÃO 2. Qual das situações abaixo está relacionada à Segunda Lei de Newton?

- a) () Um carro parado continua parado sem forças externas atuando.
- b) () Um paraquedista atinge velocidade terminal.
- c) () Um atleta acelera mais rapidamente ao aplicar mais força.
- d) () Duas forças opostas se anulam, mantendo o objeto em equilíbrio.
- e) () Um objeto flutua devido à resistência do ar.

QUESTÃO 3. O peso de um corpo de 10 kg na Terra, onde a gravidade é 10 m/s^2 , é:

- a) () 10 N
- b) () 100 N
- c) () 50 N
- d) () 1 N
- e) () 200 N

QUESTÃO 4. Na Terceira Lei de Newton, a força de ação e a força de reação:

- a) () São aplicadas no mesmo corpo.
- b) () Têm direções diferentes e sentidos diferentes.
- c) () Sempre se anulam.
- d) () São forças de contato e nunca forças à distância.
- e) () Atuam em corpos diferentes, com mesma intensidade e direções opostas.

QUESTÃO 5. Qual característica da velocidade terminal está correta?

- a) () A velocidade terminal ocorre quando a força peso é maior que a força de resistência do ar.
- b) () A velocidade terminal é atingida quando a aceleração do corpo é máxima.
- c) () A força peso e a força de resistência do ar se equilibram na velocidade terminal.
- d) () O objeto para de se mover na velocidade terminal.
- e) () A velocidade terminal só ocorre no vácuo.

QUESTÃO 6. Antes de abrir o paraquedas, a velocidade do paraquedista:

- a) () Aumenta continuamente devido à gravidade.
- b) () Diminui devido à resistência do ar.
- c) () Permanece constante.
- d) () Diminui devido à falta de gravidade.
- e) () Aumenta devido ao empuxo do ar.

QUESTÃO 7. Após abrir o paraquedas, o paraquedista:

- a) () Acelera devido à resistência do ar.
- b) () Atinge rapidamente uma nova velocidade terminal menor.
- c) () Permanece na mesma velocidade terminal de antes.
- d) () Acelera continuamente até tocar o solo.
- e) () Para instantaneamente devido à abertura do paraquedas.

QUESTÃO 8. Quando um objeto em queda livre não é mais acelerado pela gravidade, podemos afirmar que:

- a) () Ele atinge o solo.
- b) () A força peso é maior que a força de resistência do ar.
- c) () Ele atingiu a velocidade terminal.
- d) () A resistência do ar é desprezível.
- e) () Ele para de cair.

QUESTÃO 9. Se duas bolas, uma leve e outra pesada, são lançadas da mesma altura em um ambiente com resistência do ar, qual chegará ao solo primeiro?

- a) () A leve, porque sofre menos força peso.
- b) () A pesada, porque é menos influenciada pela resistência do ar.
- c) () Ambas chegam ao mesmo tempo.
- d) () A leve, porque tem maior densidade.
- e) () Depende da altura de lançamento.

QUESTÃO 10. Durante um experimento, um professor lança uma folha aberta e uma folha amassada de mesma massa de uma mesma altura. A folha amassada chega ao solo primeiro porque:

- a) () Sofre menor resistência do ar devido à sua forma compacta.
- b) () Tem maior peso.
- c) () A gravidade é maior na folha amassada.
- d) () O atrito é maior na folha aberta.
- e) () A folha aberta tem menor massa efetiva.

Apêndice C - Exercício 1 (E1)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA		
	Aula 02 Exercício 01 Série/Turma: _____ Turno: _____ Data: ____/____/____ Professor: _____ Componente curricular: _____ Aluno: _____ Assunto: Primeira lei de Newton: Inércia		
INSTRUÇÕES			
Responda o exercício com base na aula que acabou de acontecer sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores).			

EXERCÍCIO 1

QUESTÃO 1. O que a Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia, afirma sobre um objeto em repouso?

- a) ☐ Ele permanece em repouso até que a resultante das forças seja diferente de zero seja aplicada no sistema.
- b) ☐ Ele entra em movimento espontaneamente.
- c) ☐ Ele muda de direção por si mesmo.
- d) ☐ Ele aumenta sua velocidade automaticamente.
- e) ☐ Ele não responde a nenhuma força.

QUESTÃO 2. Quando um carro freia bruscamente, os passageiros tendem a ser lançados para frente. Isso ocorre devido:

- a) ☐ À ação de uma força que empurra para frente.
- b) ☐ À inércia que mantém os corpos em movimento.
- c) ☐ À força do motor do carro.
- d) ☐ À resistência do ar.
- e) ☐ Ao atrito do pneu com o solo.

QUESTÃO 3. De acordo com a Primeira Lei de Newton, um corpo em repouso tende a:

- a) ☐ Mover-se sozinho
- b) ☐ Acelerar espontaneamente.
- c) ☐ Subir, se for leve.
- d) ☐ Parar imediatamente.
- e) ☐ Permanecer em repouso, se nenhuma força com resultante diferente de zero atuar sobre ele.

QUESTÃO 4. Um livro sobre a mesa permanece parado. Isso acontece porque:

- a) ☐ Não existe força nenhuma atuando sobre ele.
- b) ☐ Ele quer ficar parado.
- c) ☐ As forças que atuam sobre ele estão em equilíbrio.
- d) ☐ Ele está colado na mesa.
- e) ☐ O ar está segurando o livro.

QUESTÃO 5. Um corpo em movimento continua se movendo com velocidade constante em linha reta se:

- a) ☐ Estiver subindo.
- b) ☐ A força aplicada aumentar com o tempo.
- c) ☐ Estiver caindo.
- d) ☐ Nenhuma força atuar sobre ele ou a força resultante for zero.
- e) ☐ Houver atrito agindo sobre ele.

Apêndice D - Exercício 2 (E2)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA		
	Aula 03		
	Exercício 02		
	Série/Turma: _____	Turno: _____	Data: ____/____/____
	Professor: _____		
	Componente curricular: _____		
	Aluno: _____		
	Assunto: Terceira lei de Newton: Ação e reação		
INSTRUÇÕES			
Responda o exercício com base na aula que acabou de acontecer sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores).			

EXERCÍCIO 2

QUESTÃO 1. Quando um atleta empurra o chão com os pés para saltar, ele é impulsionado para cima. De acordo com a Terceira Lei de Newton, qual é a força de reação?

- a) () A força da gravidade sobre o atleta.
- b) () A força dos músculos do atleta.
- c) () A força do chão empurrando o atleta para cima.
- d) () A força do ar empurrando o atleta para cima.
- e) () A força do atleta puxando o chão para baixo.

QUESTÃO 2. Quando a Terra atrai a Lua com uma força gravitacional, o que acontece de acordo com a Terceira Lei de Newton?

- a) () A Lua atrai a Terra com uma força igual e oposta.
- b) () A Terra puxa a Lua e isso não tem reação.
- c) () A Lua não exerce força nenhuma na Terra.
- d) () A gravidade só funciona da Terra para os corpos menores.
- e) () A força depende apenas da massa da Lua.

QUESTÃO 3. Um objeto de 10 kg está sendo puxado com uma força de 30 N para a direita e uma força de 10 N para a esquerda. Qual é a força resultante?

- a) () 10 N para a esquerda.
- b) () 20 N para a direita.
- c) () 40 N para a direita.
- d) () 0 N.
- e) () 10 N para a direita.

QUESTÃO 4. Uma pessoa puxa um trenó com uma corda inclinada, aplicando uma força de 50 N para frente e um pouco para cima. Segundo a Terceira Lei de Newton, o trenó reage com uma força:

- a) () De 50 N, na mesma direção e sentido da força aplicada.
- b) () De 50 N, para baixo e para trás (sentido oposto da força aplicada).
- c) () De 25 N, para cima.
- d) () Somente para trás, sem componente vertical.
- e) () Nula, pois o trenó não tem força própria

QUESTÃO 5. Sobre a terceira lei de Newton, é correto afirmar que:

- a) () As forças de ação e reação só acontece em objetos parados.
- b) () As forças de ação e reação têm a mesma direção e sentidos.
- c) () As forças de ação e reação ocorrem apenas quando há movimento.
- d) () As forças de ação e reação sempre se anulam.
- e) () As forças de ação e reação são iguais em módulo, direção e têm sentidos opostos.

Apêndice E - Exercício 3 (E3)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA		
	Aula 04		
	Exercício 03		
	Série/Turma: _____	Turno: _____	Data: ____/____/____
	Professor: _____		
	Componente curricular: _____		
	Aluno: _____		
	Assunto: Segunda lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica ($f=ma$).__		
INSTRUÇÕES			
Responda o exercício com base na aula que acabou de acontecer sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores).			

EXERCÍCIO 3

QUESTÃO 1. A Segunda Lei de Newton afirma que a força resultante aplicada sobre um corpo é:

- a) () Diretamente proporcional à sua massa.
- b) () Inversamente proporcional à sua aceleração.
- c) () Diretamente proporcional ao produto de sua massa pela aceleração.
- d) () Inversamente proporcional à gravidade.
- e) () Independente da aceleração do corpo.

QUESTÃO 2. Um objeto com massa de 2 kg é submetido a uma força de 10 N. Qual será sua aceleração?

- a) () 2 m/s²
- b) () 5 m/s²
- c) () 10 m/s²
- d) () 20 m/s²
- e) () 50 m/s²

QUESTÃO 3. Dois objetos de massas diferentes, 2 kg e 4 kg, são submetidos à mesma força de 12 N. A aceleração do objeto mais leve será:

- a) () Igual à do mais pesado.
- b) () Um quarto da do mais pesado.
- c) () O dobro da do mais pesado.
- d) () Metade do mais pesado.
- e) () Quatro vezes a do mais pesado.

QUESTÃO 4. Um carro de 1000 kg precisa atingir uma aceleração de 2 m/s². Qual força deve ser aplicada sobre ele?

- a) () 500 N
- b) () 1000 N
- c) () 1500 N
- d) () 1750 N
- e) () 2000 N

QUESTÃO 5. Um corpo de 5 kg está na superfície da Terra. Qual é seu peso? Adote $g = 10\text{m/s}^2$

- a) () 5 N.
- b) () 25 N.
- c) () 50 N.
- d) () 75 N.
- e) () 100 N.

Apêndice F - Exercício 4 (E4)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA		
	Aula 05		
	Exercício 04		
	Série/Turma: _____	Turno: _____	Data: ____/____/____
	Professor: _____		
	Componente curricular: _____		
	Aluno: _____		
	Assunto: Força de atrito do ar e velocidade terminal.		
INSTRUÇÕES			
Responda o exercício com base na aula que acabou de acontecer sem consulta de materiais físicos (livros ou cadernos) e nem de recursos digitais (celulares ou computadores).			

EXERCÍCIO 4

QUESTÃO 1. O que ocorre com a velocidade de um paraquedista logo após abrir o paraquedas?

- a) () Aumenta devido à gravidade.
- b) () Permanece constante.
- c) () Diminui devido ao aumento da resistência do ar.
- d) () Diminui devido à redução da gravidade.
- e) () Aumenta devido ao atrito com o ar.

QUESTÃO 2. Após saltar de um avião, um paraquedista em queda acelera até que a força do ar o impede de continuar aumentando a velocidade sem mesmo ter acionado o paraquedas. Esse momento é chamado de:

- a) () Aceleração final.
- b) () Queda livre absoluta.
- c) () Ponto de máxima força.
- d) () Velocidade terminal.
- e) () Força gravitacional zero

QUESTÃO 3. Em um experimento, um professor abandona dois objetos diferentes da mesma altura e ao mesmo tempo: um livro e uma folha de papel, ambos com a mesma área superficial. O livro atinge o solo primeiro porque:

- a) () O livro tem menor área.
- b) () O papel sofre menor resistência do ar.
- c) () O livro é mais leve que o papel.
- d) () A gravidade age menos no papel.
- e) () O papel sofre maior resistência do ar.

QUESTÃO 4. Características de objetos que caem por último quando abandonados de uma mesma altura incluem:

- a) () Maior volume e menor área superficial.
- b) () Maior massa e menor área de superfície.
- c) () Menor massa e maior área superficial.
- d) () Melhor aerodinâmica e menor resistência do ar.
- e) () Menor massa e menor força gravitacional.

QUESTÃO 5. Qual das seguintes características aumenta a resistência do ar em um objeto em queda?

- a) () Baixa área superficial.
- b) () Formato aerodinâmico.
- c) () Formato não aerodinâmico.
- d) () Pequena massa.
- e) () Pequeno formato.

Apêndice G - Exercício 5 (E5)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA		
	Série/Turma: _____	Turno: _____	Data: ____/____/____
	Professor: _____		
	Componente curricular: _____		
	Aula: 06		
	Tabulação de dados		
Assunto: resistência do ar e velocidade terminal.			
Aluno: _____			
INSTRUÇÕES			
1. Anote as massas das bolinhas que aparecem na balança de precisão;			
2. Faça a transformação de unidade de grama (g) para quilograma (kg) dividindo os valores das massas por 1000;			
3. Calcule e registre os pesos das bolinhas multiplicando por 10;			
4. Anote o valor da altura (m) e a velocidade (m/s) do ar que aparece no anemômetro quando a bolinha estiver equilibrada em uma altura fixa dentro do tubo em funcionamento;			
5. Use o espaço 1 destinado para calcular o valor da constante de fluxo de ar e coloque no espaço específico de registro.			
6. Use o espaço 2 destilado para anotar as conclusões obtidas das análises dos gráficos.			

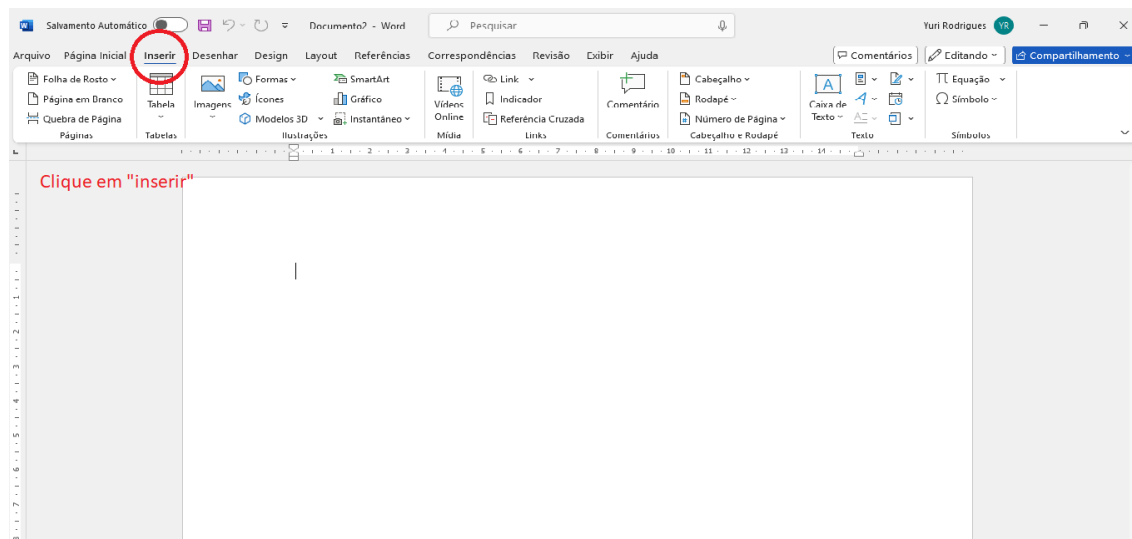
TABULAÇÃO DE DADOS

Bolinha	Massa (g)	Massa (kg) (divida por 1000)	Peso (N) kg (multiplique por 10)	Velocidade do ar (m/s)	Altura da bolinha no tubo (m)	Constante de fluxo de ar K(kg/s)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

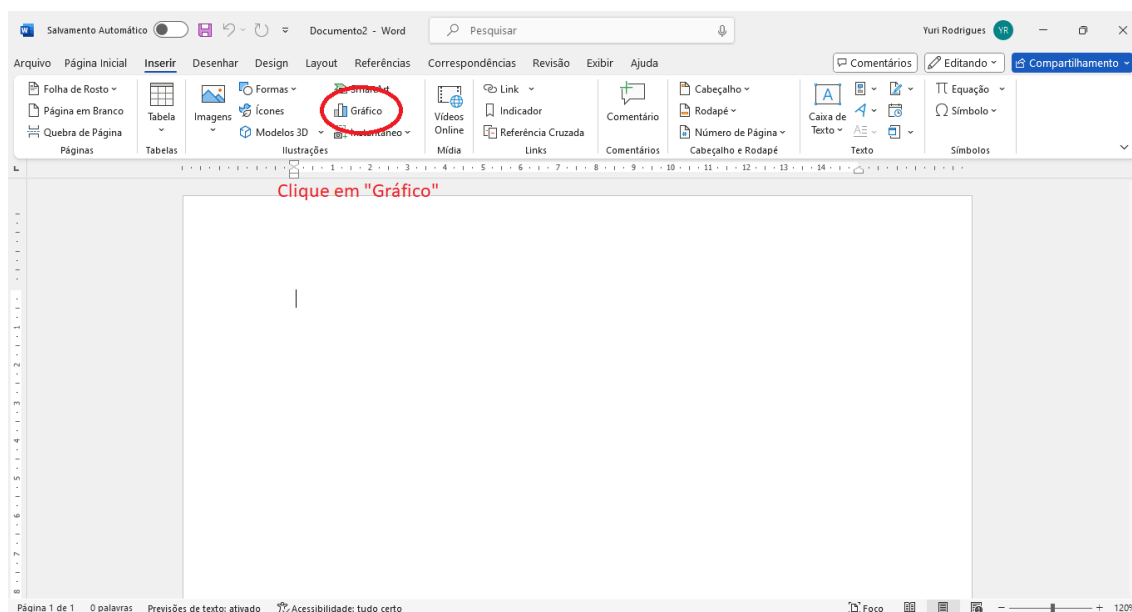
Espaço Reservado para os cálculos das constantes de fluxo de cada bolinha.

Apêndice H - Passo a passo - manual da ferramenta computacional e gráficos

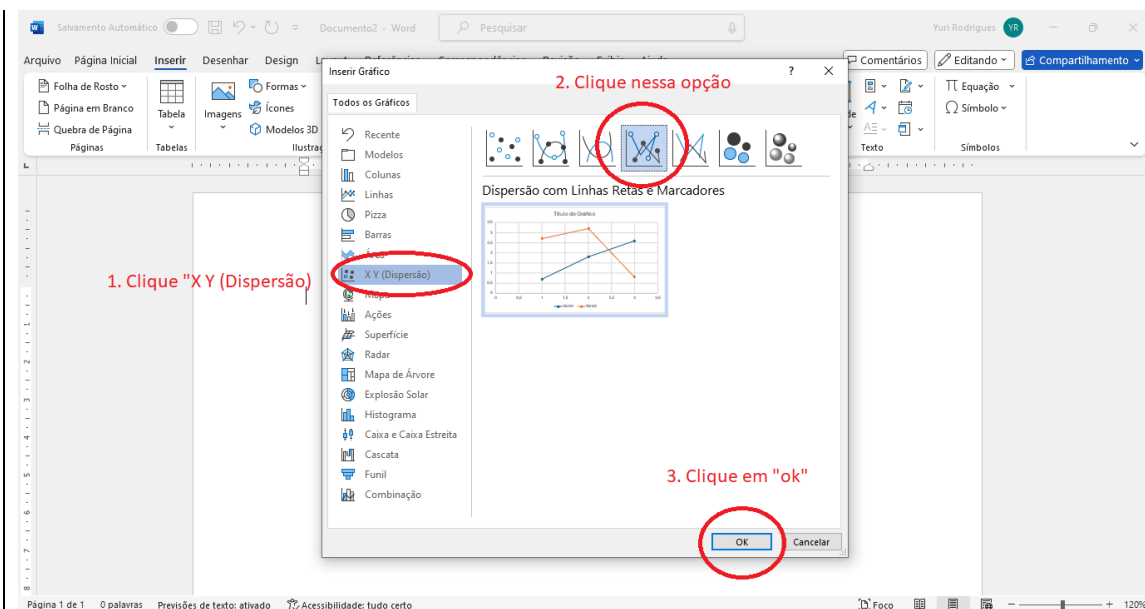
Passo 1 - Ligue o computador, abra uma página em branco do Word e clique em “Inserir”.



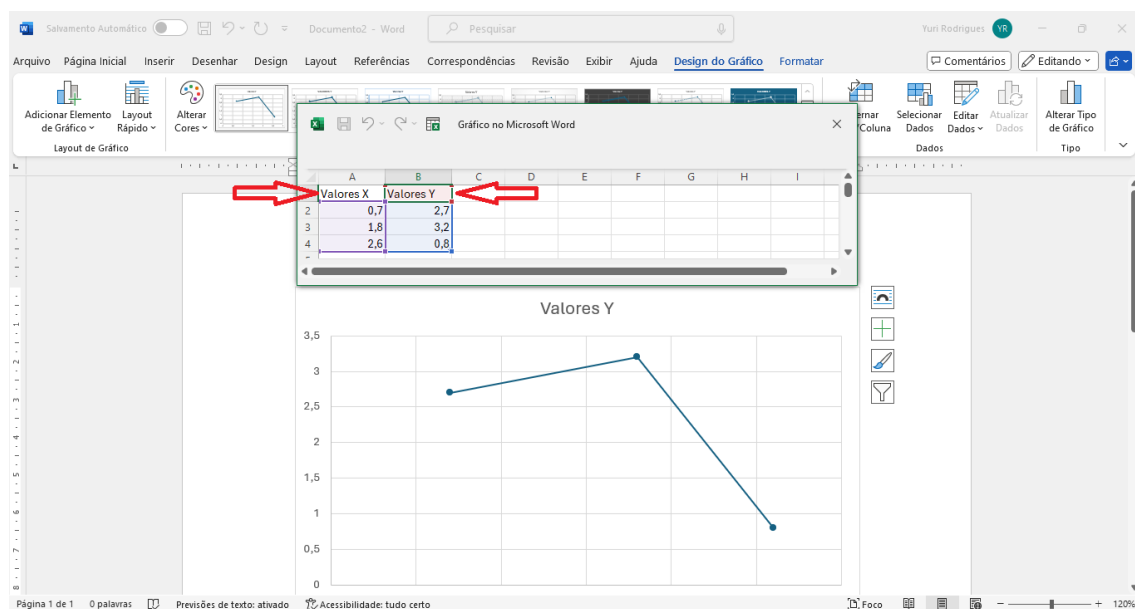
Passo 2 – Clique na opção “gráfico”. Em seguida vai surgir um caixa com o nome “Inserir gráficos”.



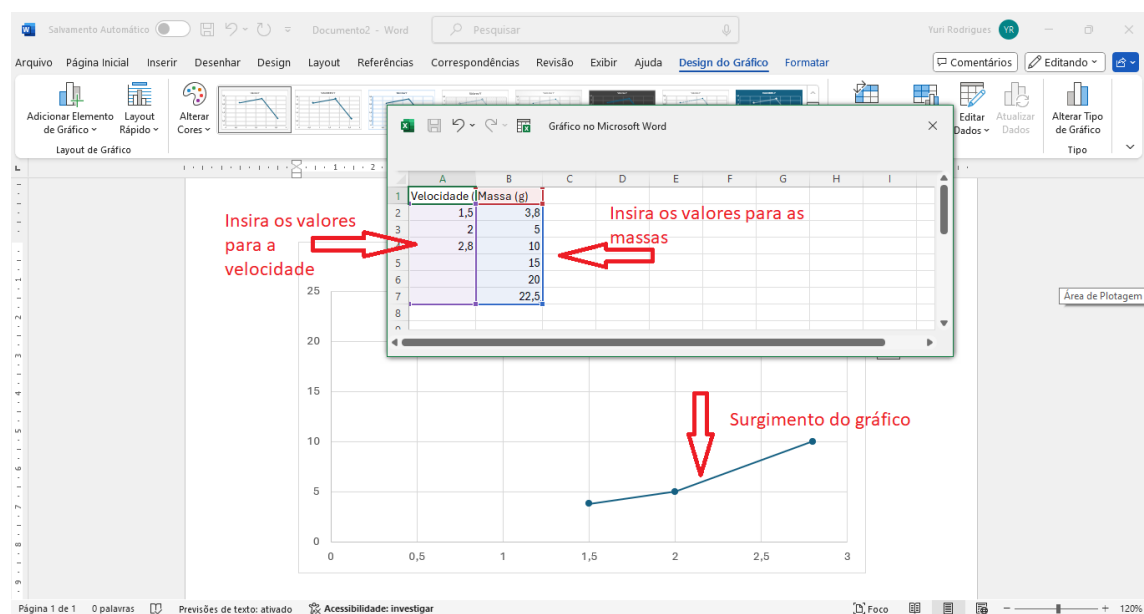
Passo 3 – Em seguida, clique na opção “X Y (Dispersão)”, depois clique em “Dispersão com Linhas Retas e Marcadores” e depois em “OK”.



Passo 4 – Surgirá uma nova caixa para inserir os dados. Apague o nome “Valores X” e coloque a palavra “Velocidade (m/s)”. Em seguida, apague o nome “Valores Y” e coloque a palavra “Massa (g)”.



Passo 5 – Logo abaixo, insira os valores que foram capturados pelo tubo de ar para velocidades e massas em seus respectivos espaços. O Gráfico surgirá automaticamente.



QUESTÃO ÚNICA. Faça uma análise sobre os valores das constantes de fluxo de ar observando o gráfico que foi produzido por você logo após concluir o passo a passo.

Apêndice I - Questionário Avaliativo (QA)

LOGO DA ESCOLA	NOME DA ESCOLA		
	Aula 08		
	Questionário Avaliativo		
	Série/Turma: _____	Turno: _____	Data: ____/____/____
	Professor: _____		
	Componente curricular: _____		
	Aluno: _____		
INSTRUÇÕES			
Responda o Questionário Avaliativo em sala de aula.			
Entregue esse questionário ao professor ao final da aula.			

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

QUESTÃO 1. Você achou o tema das aulas interessante?

- a) ☐ Muito interessante.
- b) ☐ Interessante.
- c) ☐ Pouco interessante.
- d) ☐ Nada interessante.

QUESTÃO 2. As explicações do professor foram claras?

- a) ☐ Sempre claras.
- b) ☐ Na maioria das vezes claras.
- c) ☐ Às vezes confusas.
- d) ☐ Sempre confusas.

QUESTÃO 3. As atividades práticas ajudaram a entender melhor o conteúdo?

- a) ☐ Ajudaram muito.
- b) ☐ Ajudaram um pouco.
- c) ☐ Não ajudaram muito.
- d) ☐ Não ajudaram em nada.

QUESTÃO 4. O tempo de cada aula foi suficiente para entender os assuntos?

- a) ☐ Sempre suficiente.
- b) ☐ Geralmente suficiente.
- c) ☐ Pouco suficiente.
- d) ☐ Insuficiente.

QUESTÃO 5. Você conseguiu se concentrar e participar bem das aulas?

- a) ☐ Sim, o tempo todo.
- b) ☐ Sim, na maior parte do tempo.
- c) ☐ Só às vezes.

d) (☐) Não consegui.

QUESTÃO 6. O material utilizado (vídeos, imagens, experimentos) foi útil para o seu aprendizado?

a) (☐) Muito útil.

b) (☐) Útil.

c) (☐) Pouco útil.

d) (☐) Inútil.

QUESTÃO 7. Você se sentiu motivado(a) a aprender durante essa sequência de aulas?

a) (☐) Muito motivado(a).

b) (☐) Motivado(a).

c) (☐) Pouco motivado(a).

d) (☐) Nada motivado(a).

QUESTÃO 8. Você gostaria que mais aulas fossem feitas com esse tipo de abordagem?

a) (☐) Com certeza.

b) (☐) Talvez.

c) (☐) Pouco provável.

d) (☐) Não.

QUESTÃO 9. O conteúdo foi relacionado com situações do dia a dia de forma interessante?

a) (☐) Sim, totalmente.

b) (☐) Sim, em parte.

c) (☐) Pouco.

d) (☐) Não.

QUESTÃO 10. De forma geral, como você avalia essa sequência de aulas?

a) (☐) Excelente.

b) (☐) Boa.

c) (☐) Regular.

d) (☐) Ruim.

Apêndice J - Gabaritos

GABARITO – QUESTIONARIO I									
1. a	2. c	3. b	4. e	5. c	6. a	7. b	8. c	9. b	10. a

GABARITO – QUESTIONÁRIO II									
1. a	2. c	3. b	4. e	5. c	6. a	7. b	8. c	9. b	10. a

GABARITO – EXERCÍCIO 1				
1. a	2. b	3. e	4. c	5. d

GABARITO - EXERCÍCIO 2				
1. c	2. a	3. b	4. b	5. d

GABARITO – EXERCÍCIO 3				
1. c	2. b	3. d	4. e	5. c

GABARITO – EXERCÍCIO 4				
1. c	2. d	3. b	4. c	5. b

GABARITO - QUESTÃO ÚNICA

Devemos aceitar como resposta correta dos alunos a análise e descrição das imagens formadas pelos gráficos devido a inserção dos dados previamente colhidos da observação do funcionamento do tubo de vendo com as bolinhas Roll on. Esperamos que surja um padrão de valores próximo para as constantes de fluxo K. Peça para que os alunos, após a adição das respostas no espaço destinado no final da folha passo a passo, comentem e comparem as respostas a fim de ver as semelhanças e as discrepâncias das respostas encontradas.