



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Roney Lima Souza

**O USO DE TICS NO ENSINO DE ALGUNS TEMAS RELACIONADAS Á FÍSICA CLÁSSICA:
CONEXÕES METODOLÓGICAS QUE POTENCIALIZAM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Araguaína - To
2025



Roney Lima Souza

**O USO DE TICS NO ENSINO DE ALGUNS TEMAS RELACIONADAS Á FÍSICA CLÁSSICA:
CONEXÕES METODOLÓGICAS QUE POTENCIALIZAM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

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

Orientador(a): Dra. Regina Lélis de Sousa

Araguaína - To
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Geração de Ficha Catalográfica SGFC-UFNT

Gerado automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732u Lima Souza, Roney .

O uso de TICS no Ensino de alguns temas relacionadas á Física Clássica: Conexões metodológicas que potencializam a aprendizagem significativa / Roney Lima Souza. - Centro de Ciências Integradas - CCI, TO, 2025.

482 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) (Pós-Graduação - Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF) -- Universidade Federal do Norte do Tocantins, 2025.

Orientadora: Regina Lélis de Sousa.

1. Ensino de física. 2. Metodologias ativas. 3. Inovação pedagógica.

CDD 530.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Roney Lima Souza


**O USO DE TICS NO ENSINO DE ALGUNS TEMAS RELACIONADAS Á FÍSICA CLÁSSICA:
CONEXÕES METODOLÓGICAS QUE POTENCIALIZAM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

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


Orientador(a): Dra. Regina Lélis de Sousa

Data de aprovação: 30 de Junho de 2025


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 REGINA LÉLIS DE SOUSA
Data: 11/07/2025 07:36:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.(a) Dra. Regina Lélis de Sousa (UFNT/MNPEF)

Documento assinado digitalmente
 FÁBIO MATOS RODRIGUES
Data: 10/07/2025 21:14:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Matos Rodrigues (UFNT/MNPEF)

Documento assinado digitalmente
 JARDEL DA COSTA BROZEGUINI
Data: 10/07/2025 14:31:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini (IFES/MNPEF)

À minha mãe, Maria Lídia Sousa Lima, e ao meu pai, Serafim Araújo Souza, dedico esta dissertação com todo o meu amor e gratidão. Vocês sempre acreditaram em mim e me deram forças nos momentos mais desafiadores. Esta conquista é, em grande parte, resultado do amor e da dedicação que sempre recebi de vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força, sabedoria e proteção ao longo desta jornada. Sem a fé e a confiança na Sua orientação, não teria sido possível superar os desafios e alcançar esta conquista.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro fundamental para a realização deste trabalho, por meio do Código de Financiamento 001.

À minha orientadora, Dra. Regina Lelis de Sousa, minha sincera gratidão por sua orientação e apoio inestimáveis. Seus conselhos e incentivo nos momentos mais difíceis foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Obrigado por acreditar no meu potencial e por me guiar com sabedoria e paciência.

Aos meus pais, Serafim Araujo Souza e Maria Lidia Sousa Lima, por todo o amor, apoio e compreensão ao longo desta jornada. Vocês são minha base e minha maior inspiração. Agradeço profundamente por todo o esforço e sacrifício que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus irmãos, pelo carinho e pelo apoio incondicional. Vocês sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e acreditando em mim.

À minha amiga e sócia, Tayse Camelo Salgado, por sua compreensão e ajuda ao longo de todo o mestrado. Sua amizade e parceria foram essenciais para que eu pudesse superar os desafios deste percurso.

À amiga Keila Adriana de Sena, por me incentivar e não deixar desistir. Sua amizade e apoio foram fundamentais nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos Viturino da Silva Sousa e Rafael Pereira Duarte, por se disponibilizar e ajudar na aplicação do produto educacional.

Ao meu grande amigo Maurício Ribeiro Gonçalves, por sempre ajudar, pelo incentivo e indicação do mestrado, e pelas palavras encorajadoras. Sua amizade e apoio foram imprescindíveis para minha trajetória.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, em especial aos Dr. Danilo da Silva Olivier, Dra. Érica Cupertino Gomes, Dr. Fábio Matos Rodrigues, Dra. Líliliana Yolanda Ancalla Dávila, Dr. Luís Antônio Cabral, Dr. Nilo Maurício Sotomayor Choque e Dra. Pâmella Gonçalves Barreto Troncão, minha gratidão por contribuírem com minha formação e pelo incentivo constante.

Aos amigos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste mestrado, meu agradecimento sincero. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada momento compartilhado foram extremamente valiosos para mim.

Muito obrigado a todos!

“Você pode saber o nome de um pássaro em todas as línguas do mundo, mas no fim das contas, você não saberá absolutamente nada sobre o que quer que seja o pássaro. Então, vamos observar o pássaro e ver o que ele faz — isso é o que conta. Eu aprendi bastante cedo a diferença entre saber o nome de algo e saber de algo.”

(Richard Feynman)

RESUMO

O uso de TICS no Ensino de alguns temas relacionadas á Física Clássica: Conexões metodológicas que potencializam a aprendizagem significativa

Roney Lima Souza

Orientador(a): Dra. Regina Lélis de Sousa

O ensino de Física no Ensino Médio brasileiro apresenta, historicamente, inúmeros desafios, entre eles a dificuldade de engajar os estudantes e promover a compreensão significativa dos conceitos científicos. Muitas práticas ainda se baseiam em metodologias tradicionais, expositivas e descontextualizadas, distanciando os alunos da aplicabilidade prática do conhecimento. Diante desse cenário, torna-se necessário repensar as estratégias pedagógicas adotadas nas salas de aula, especialmente em contextos marcados por limitações estruturais, como é o caso de muitas escolas públicas. A busca por alternativas que valorizem a participação ativa do estudante e a integração entre teoria e prática justifica a adoção de metodologias inovadoras que aproximem o ensino da realidade dos alunos.

Este estudo propôs o desenvolvimento e a aplicação de uma abordagem educacional inovadora voltada ao ensino de Física, fundamentada na Aprendizagem Significativa de Ausubel, na abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) e na Instrução por Pares. A principal questão que orientou a pesquisa foi: como promover uma aprendizagem significativa em Física no Ensino Médio utilizando metodologias ativas e tecnologias acessíveis, mesmo em ambientes com recursos limitados? A partir disso, o objetivo central foi criar e aplicar uma sequência didática que integrasse conceitos da Mecânica Clássica com o uso de tecnologias de baixo custo, como o Arduino, promovendo um ensino mais contextualizado, interdisciplinar e participativo.

A metodologia envolveu a aplicação do produto educacional em turmas do primeiro e terceiro ano do Ensino Médio, utilizando uma combinação de atividades teóricas e práticas. Entre as estratégias adotadas estiveram a construção de mapas mentais, experimentos com sensores conectados ao Arduino, uso de ferramentas digitais como o aplicativo Plickers, além de momentos de discussão e colaboração por meio da Instrução por Pares. As aulas foram organizadas em etapas, com aplicação de questionários antes e depois das atividades, visando avaliar a evolução conceitual dos alunos e identificar as contribuições da proposta.

Os resultados evidenciaram ganhos significativos na compreensão dos conceitos físicos abordados, especialmente nas temáticas de Leis de Newton, Queda Livre, Força Peso, Lei de Hooke e Movimento Circular. Além disso, observou-se um aumento no interesse dos estudantes, na participação nas aulas e no desenvolvimento de habilidades como comunicação, cooperação e resolução de problemas. Os dados coletados por meio dos instrumentos qualitativos evidenciaram que a proposta contribuiu para tornar o aprendizado mais atrativo, interativo e alinhado às demandas do século XXI. Deste modo, conclui-se que a integração entre metodologias ativas, tecnologias acessíveis e práticas interdisciplinares é uma alternativa viável e eficaz para promover a aprendizagem significativa em Física, mesmo em realidades educacionais com restrições de recursos.

Palavras-chave: ensino de física, metodologias ativas, STEAM, aprendizagem significativa, instrução por pares, inovação pedagógica, interdisciplinaridade.

ABSTRACT

The Use of ICTs in Teaching Topics Related to Classical Physics:: Methodological Connections that Enhance Meaningful Learning

Roney Lima Souza

Advisor: Dra. Regina Lélis de Sousa

Physics education in Brazilian high schools has historically faced numerous challenges, among them the difficulty of engaging students and promoting meaningful understanding of scientific concepts. Many practices are still based on traditional, lecture-centered, and decontextualized methodologies, distancing students from the practical applicability of knowledge. In light of this scenario, it is necessary to rethink the pedagogical strategies adopted in classrooms, especially in contexts marked by structural limitations, as is often the case in public schools. The search for alternatives that value active student participation and the integration of theory and practice justifies the adoption of innovative methodologies that bring teaching closer to students' real-life experiences.

This study proposed the development and implementation of an innovative educational approach to teaching Physics, grounded in Ausubel's Meaningful Learning Theory, the STEAM framework (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), and Peer Instruction. The main research question guiding the study was: how can meaningful learning in high school Physics be promoted using active methodologies and accessible technologies, even in environments with limited resources? Accordingly, the central objective was to design and apply a didactic sequence that integrated Classical Mechanics concepts with low-cost technologies, such as Arduino, fostering a more contextualized, interdisciplinary, and participatory teaching approach.

The methodology involved the application of the educational product in first- and third-year high school classes, using a combination of theoretical and practical activities. Strategies included the creation of mind maps, experiments with sensors connected to Arduino, use of digital tools such as the Plickers application, as well as discussion and collaboration activities through Peer Instruction. The lessons were organized in stages, with the administration of pre- and post-activity questionnaires to assess students' conceptual progress and identify the contributions of the proposed approach.

The results showed significant gains in the understanding of the Physics topics addressed, especially regarding Newton's Laws, Free Fall, Weight Force, Hooke's Law, and Circular Motion. Furthermore, an increase in students' interest, classroom participation, and the development of skills such as communication, cooperation, and problem-solving was observed. The data collected through qualitative instruments demonstrated that the approach helped make learning more attractive, interactive, and aligned with 21st-century educational demands. Thus, it is concluded that the integration of active methodologies, accessible technologies, and interdisciplinary practices is a viable and effective alternative for promoting meaningful learning in Physics, even in educational settings with limited resources.

Keywords: Physics education, active methodologies, STEAM, meaningful learning, peer instruction, pedagogical innovation, interdisciplinarity.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 2.1	Logomarca do aplicativo Plickers	24
Figura 2.2	Exemplo de aplicação com o software Plickers	25
Figura 2.3	Logomarca do Arduino	26
Figura 2.4	Interface de desenvolvimento integrado para a plataforma Arduino	27
Figura 2.5	Interface com programação em C++	28
Figura 2.6	Placa Arduino Uno com a identificação de pinos	29
Figura 2.7	célula de carga	30
Figura 2.8	Conversor Amplificador HX711	30
Figura 2.9	Módulo adaptador <i>I2C</i>	31
Figura 2.10	<i>Display</i> LCD 16x2	32
Figura 2.11	Sensor ultrassônico <i>HC-SR04</i>	33
Figura 2.12	Módulo <i>Bluetooth HC-06</i>	33
Figura 2.13	Módulo sensor magnético	34
Figura 2.14	Potenciômetro linear	35
Figura 2.15	Placa de Protoboard	35
Figura 2.16	Fonte Ajustável para Protoboard	36
Figura 2.17	Jumper	37
Figura 2.18	Sensor Reflexivo	37
Figura 2.19	Logomarca do ChatGPT	39
Figura 2.20	Interface do ChatGPT	40
Figura 2.21	Fragmento da interface do ChatGPT usado como ferramenta para estruturar um código Arduino para um experimento de queda de corpos	41
Figura 2.22	Fragmento Interface do ChatGPT	42
Figura 3.1	Representação lei da Inércia	44
Figura 3.2	Ilustração para discussão do Princípio fundamental da dinâmica	45
Figura 3.3	Representação Lei Ação e Reação	47
Figura 3.4	Representação Lei Ação e Reação do recuo de uma arma	48
Figura 3.5	Representação de um livro sob a mesa e as forças existentes	49
Figura 3.6	Representação de dois objetos A e B, de massas m_A e m_B , separados por uma distância d	50
Figura 3.7	Gráfico da velocidade em função do tempo. Retas representam aceleração constante.	54
Figura 3.8	Gráfico da posição em função do tempo. A forma da curva depende da aceleração.	55
Figura 3.9	Gráfico da aceleração em função do tempo. Aceleração constante.	55
Figura 3.10	Representação Diagrama Massa e Mola	58
Figura 3.11	Representação dos vetores em coordenadas polares	62
Figura 3.12	Diagrama dos conceitos de velocidade angular, velocidade tangencial, aceleração centrípeta e o seu raio.	63

Figura 3.13	Representação geométrica de $s = r \cdot \theta$	64
Figura 4.1	Princípios da teoria de aprendizagem significativa	67
Figura 4.2	Representação dos Organizadores Prévios	68
Figura 4.3	Representação da Organização da aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica	69
Figura 5.1	Representação dos Benefícios da abordagem	76
Figura 5.2	Diagrama STEAM proposto pelo autor	78
Figura 5.3	Pirâmide integração das áreas na metodologia STEAM	80
Figura 5.4	Representação dos conceitos fundamentais da Instrução por Pares	81
Figura 5.5	Exemplo de uma questão conceitual para uso com a metodologia IPC	82
Figura 5.6	Exemplo de aplicação da metodologia IPC, utilizando cartão - momento de coleta da resposta dos discentes a um dos questionamentos realizados pelo autor	82
Figura 5.7	Cartões resposta confeccionados com papelão usados durante a aplicação da metodologia IPC	83
Figura 5.8	Diagrama do processo de implementação do método IPC (Peer Instruction). Em destaque a etapa como ComcepTest. Adaptado de Lasry, Mazur e Watkins (ARAUJO; MAZUR, 2013)	84
Figura 6.1	Diagrama do processo de aplicação da Sequência Didática	90
Figura 6.2	(a) Exposição teórica (à esquerda), (b) Exposição do modelo de Mapa Mental (à direita).	92
Figura 6.3	Exposição teórica	92
Figura 6.4	Exposição do modelo de Mapa Mental.	92
Figura 6.5	Aparato experimental de Queda Livre sendo utilizado.	94
Figura 6.6	Alunos da Turma de 3ºano ETT realizando o experimento	94
Figura 6.7	Aluna da Turma de 1ºano realizando o experimento	94
Figura 6.8	Trabalhando com os dados obtidos dos experimentos.	95
Figura 6.9	Alunos usando os cards para a leitura das respostas, durante as atividades com a metodologia instrução por pares	96
Figura 6.10	Apresentação Teórica e Organização do Mapa Mental.	98
Figura 6.11	Apresentação teórica sobre as Leis de Newton.	98
Figura 6.12	Mapa Mental sobre Leis de Newton.	98
Figura 6.13	Demonstração do experimento sobre Leis de Newton.	100
Figura 6.14	Demonstração das partes do experimento pratico do carrinho.	100
Figura 6.15	Demonstração do manuseio do experimento com sensores.	100
Figura 6.16	Experimento sendo realizados pelos alunos.	101
Figura 6.17	Preparação do experimento pratico para movimento do carrinho.	101
Figura 6.18	Aquisição dos dados captados pelos sensores.	101
Figura 6.19	Questões usado no Instrução por Pares	102
Figura 6.20	Dinâmica de Instrução por Pares.	103
Figura 6.21	Alunos respondendo o questionário final.	104
Figura 6.22	Modelo apresentado para confecção do mapa mental	105
Figura 6.23	Experimento sendo realizados pelos alunos.	107
Figura 6.24	Alunos configurando sensores de força.	107
Figura 6.25	Resultados sendo analisados pelos alunos.	107
Figura 6.26	Atividade de discussão com Instrução por Pares.	108

Figura 6.27	Atividade de discussão com Instrução por Pares.	109
Figura 6.28	Aula teórica da lei de Hooke	111
Figura 6.29	Experimentos sendo realizados pelos alunos.	112
Figura 6.30	Alunos configurando os sensores de força.	112
Figura 6.31	Resultados sendo analisados pelos alunos.	112
Figura 6.32	Uso do Experimento pelos alunos	113
Figura 6.33	Aplicando uma força na mola.	113
Figura 6.34	Anotação durante aquisição dos dados.	113
Figura 6.35	Aplicação da Instrução dos Pares	114
Figura 6.36	Atividade de elaboração de mapa mental pelos alunos sobre a Lei de Hooke.	115
Figura 6.37	Aula Teórica Movimento Circular	116
Figura 6.38	Aparato experimental para estudar o Movimento Circular Uniforme	118
Figura 6.39	Ajuste do experimento	118
Figura 6.40	Calibração do experimento.	118
Figura 6.41	Alunos interagindo com o aparato experimental para estudar o Movimento Circular Uniforme	119
Figura 6.42	Registrando os dados adquiridos pelo aparato experimental.	119
Figura 6.43	Interação com o aparato experimental.	119
Figura 6.44	Leitura dos códigos das respostas dos alunos	120
Figura 7.1	Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Leis de Newton.	124
Figura 7.2	Exemplo de Perguntas aplicadas do aplicativo Plickers sobre Leis de Newton.	125
Figura 7.3	Mapa Mental de um dos alunos na etapa de Pré Aplicação Leis de Newton.	126
Figura 7.4	Mapa Mental Pós Aplicação: Leis de Newton.	128
Figura 7.5	Questionário Pré Aplicação Leis de Newton de vários alunos.	129
Figura 7.6	Questionário Pós Aplicação Leis de Newton.	131
Figura 7.7	Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Força Peso.	132
Figura 7.8	Exemplo de Questões aplicadas do aplicativo Plickers sobre Força Peso.	133
Figura 7.9	Mapa Mental Pré Aplicação Força Peso.	134
Figura 7.10	Mapa Mental Pós Aplicação Força Peso.	135
Figura 7.11	Questionário Pré Aplicação Força Peso.	136
Figura 7.12	Questionário Pós Aplicação Força Peso.	138
Figura 7.13	Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Lei de Hooke.	139
Figura 7.14	Exemplo de questões aplicadas extraído do aplicativo Plickers sobre Lei de Hooke.	140
Figura 7.15	Mapa Mental produzido por um estudante Pré Aplicação: Lei de Hooke.	142
Figura 7.16	Mapa Mental Pós Aplicação Lei de Hooke.	144
Figura 7.17	Questionário Pré Aplicação Lei de Hooke.	145
Figura 7.18	Questionário Pós Aplicação Lei de Hooke.	146
Figura 7.19	Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Movimento Circular.	148
Figura 7.20	Questões Aplicadas no aplicativo Plickers sobre Movimento Circular.	149
Figura 7.21	Mapa Mental produzido por um dos alunos antes da Pré Aplicação Movimento Circular.	151
Figura 7.22	Mapa Mental Pós Aplicação Movimento Circular.	152
Figura 7.23	Questionário Pré Aplicação Movimento Circular.	154
Figura 7.24	Questionário Pós Aplicação Movimento Circular.	155
Figura 7.25	Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Queda Livre.	156

Figura 7.26	Exemplos de questões Aplicadas no aplicativo Plickers sobre Queda Livre.	157
Figura 7.27	Mapa Mental Pré Aplicação Queda Livre constituído por um aluno . . .	159
Figura 7.28	Mapa Mental Pré Aplicação Queda Livre elaborada por um aluno . . .	160
Figura 7.29	Mapa mental pós aplicação queda livre construído por um dos alunos. .	161
Figura 7.30	Questionário Pré Aplicação Queda Livre.	162
Figura 7.31	Questionário Pós Aplicação: Queda Livre.	164

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARDUINO	Plataforma de prototipagem eletrônica de hardware e software livre
ATMEGA 328P	Microcontrolador da família AVR, usado em placas como o Arduino Uno
ATMEL	Fabricante de microcontroladores, incluindo a série AVR
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
C++	Linguagem de programação de alto nível
CHAT GPT	Chat Generative Pre-trained Transformer (Modelo de linguagem de IA)
ETT	Sem significado claro (depende do contexto)
HC 06	Módulo Bluetooth para comunicação sem fio
HC SR04	Sensor ultrassônico para medição de distâncias
HX 711	Circuito integrado para leitura de células de carga (sensores de peso)
I2C	Inter-Integrated Circuit (Protocolo de comunicação serial)
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de desenvolvimento integrado)
IPC	Instrução pelos colegas (Peer Instruction)
LCF	Sem significado claro (depende do contexto)
LCD	Liquid Crystal Display (Tela de cristal líquido)
MDF	Medium-Density Fiberboard (Madeira industrializada)
MCU	Microcontroller Unit (Unidade de microcontrolador)
MCUV	Variação de MCU (sem significado amplamente conhecido)
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
MRUA	Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado
PLICKERS	Ferramenta de avaliação em sala de aula que usa cartões com códigos QR
STEAM	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática
XX	Século XX
XXI	Século XXI

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Letra grega Alfa minúsculo
β	Letra grega Beta minúsculo
γ	Letra grega Gama minúsculo
δ	Letra grega Delta minúsculo
Δ	Letra grega Delta maiúsculo
π	Letra grega Pi minúsculo
θ	Letra grega Teta minúsculo
μ	Letra grega Mi minúsculo
ψ	Letra grega Psi minúsculo
τ	Letra grega Tau minúsculo
ω	Letra grega Ômega minúsculo
∞	Infinito
$\lim_{x \rightarrow \infty} x$	Limite de x tendendo para o infinito
$\sum_{n=1}^{\infty}$	Somatório de infinitos termos
\int	Integral indefinida
\int_a^b	Integral definida de “a” até “b”
$x' = \dot{x} = \frac{dx}{dt}$	Notação para derivada primeira
Δx	Varição em x
\vec{x}	Vetor
\hat{x}	Vetor unitário na direção de x
$ \vec{x} $	Módulo do vetor x
$\ln x$	Logaritmo natural
e^x	Função exponencia de base número de Euler

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Perguntas de Pesquisa e Objetivos	21
1.2	Perguntas da Pesquisa	21
1.2.1	Objetivo Geral	22
1.2.1.1	<i>Objetivos Específicos</i>	22
2	TECNOLOGIAS INTERATIVAS E DIGITAIS NO ENSINO DE FÍSICA	23
2.1	Uso de Tecnologias no Ensino Experimental de Física	23
2.2	Impacto das Estratégias Ativas no Ensino de Física	23
2.3	PLICKERS - Ferramenta Digital para Uso junto à Metodologia de IPC¹	24
2.4	Arduino no Ensino de Física	26
2.4.1	Arduino	26
2.5	Sensores para aquisição de dados	29
2.5.1	Sensor de Célula de Carga	29
2.5.2	Módulo Conversor Amplificador HX711	30
2.5.3	Módulo adaptador I2C	31
2.5.4	Display LCD 16x2	31
2.5.5	Sensor ultrassônico HC-SR04	32
2.5.6	Módulo Bluetooth HC-06	33
2.5.7	Módulo sensor magnético	34
2.5.8	Potenciômetro linear	34
2.5.9	Protoboard	35
2.5.10	Fonte Ajustável para Protoboard	36
2.5.11	Jumper	36
2.5.12	Sensor Reflexivo para Posição em Quedas Livres	37
2.6	O uso do Arduino em sala de aula e sua importância no ensino	38
2.7	Inteligência artificial no ensino de Física: Aplicações do CHATGPT	38
2.7.1	ChatGPT como Ferramenta Auxiliar no Ensino de Física	39
2.7.2	Elaboração de Códigos para Projetos com Arduino	40
2.8	O Uso do ChatGPT no Ensino de Física: Entre Inovações e Precauções	42
3	DESVENDANDO A FÍSICA CLÁSSICA	44
3.1	Leis de Newton	44
3.1.1	Primeira Lei de Newton —Lei da Inércia	44
3.1.2	Segunda Lei de Newton —Princípio Fundamental da Dinâmica	45

¹Instrução por Pares (Peer Instruction): Metodologia ativa desenvolvida por Eric Mazur (Harvard) na década de 1990, que combina questões conceituais, discussão em grupos e feedback imediato para promover a aprendizagem colaborativa. Funciona em etapas: (1) resposta individual a uma pergunta desafiadora; (2) debate em pares; (3) resposta revisada após discussão. É frequentemente associada a ferramentas digitais como Plickers, Kahoot! ou clickers. Para mais detalhes, ver: MAZUR, E. *Peer Instruction: A User's Manual*. Prentice Hall, 1997.

3.1.2.1	<i>Definição de Aceleração</i>	45
3.1.2.2	<i>Conceito de Momento Linear</i>	46
3.1.2.3	<i>Componentes Cartesianos</i>	46
3.1.2.4	<i>Demonstração e Aplicação</i>	46
3.1.3	Terceira Lei de Newton —Ação e Reação	47
3.2	Força Peso	48
3.2.1	Modulo da Força Peso	48
3.2.2	Aceleração Gravitacional	50
3.2.3	Expressão da Força Peso	51
3.2.4	Aspectos Importantes no Ensino de Física	51
3.3	Queda Livre	52
3.3.1	Histórico e Importância	53
3.3.2	Equações do Movimento	53
3.3.2.1	<i>Velocidade</i>	53
3.3.2.2	<i>Deslocamento</i>	53
3.3.2.3	<i>Velocidade ao Quadrado em Função do Deslocamento</i>	53
3.3.2.4	<i>Representações Gráficas</i>	54
3.3.3	Importância e Aplicações	56
3.3.4	Dedução da Equação da Velocidade	56
3.3.5	Experimentos e Aplicações no contexto do produto educacional	57
3.4	Lei de Hooke	57
3.4.1	Diagrama de uma mola sendo esticada por uma força	58
3.4.2	Demonstração da Força Elástica Compensadora em 1D	58
3.4.2.1	<i>Lei de Hooke e Relação com o Potencial</i>	58
3.4.3	Aplicações Práticas	59
3.5	Movimento Circular	60
3.5.1	Dedução detalhada da aceleração em coordenadas polares	60
3.5.1.1	<i>Representação Gráfica vetores em coordenadas polares</i>	62
3.5.2	Deslocamento angular	63
3.5.2.1	<i>Representação Gráfica Deslocamento angular</i>	64
3.5.3	Velocidade Tangencial	64
3.5.4	Aceleração Centrípeta	65
3.5.5	Força Centrípeta	65
3.5.6	Movimento Circular Não Uniforme	66
3.5.7	Período e Frequência	66
4	TEORIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM	67
4.1	Aprendizagem Significativa: Teoria de Ausubel	67
4.1.0.1	<i>Subsunçores e Ancoragem</i>	67
5	METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA	70
5.1	Formação de Professores de Física	72
5.2	O Ensino de Física no Brasil: Desafios e Perspectivas	72
5.2.1	Preparação para o Mundo Real e Mercado de Trabalho	73
5.3	Abordagem STEAM - Interdisciplinaridade e Conexões Holísticas	73
5.3.1	Estímulo à Criatividade e Inovação	75
5.3.2	Engajamento dos Alunos	77
5.3.3	Desenvolvimento de Habilidades do Século XXI	78
5.4	Instrução pelos colegas (Peer Instruction) - IPC	80

5.5	Teorias e metodologias combinadas para o Ensino de Física	85
6	METODOLOGIA DE APLICAÇÃO	89
6.1	Contexto da Aplicação	89
6.2	Metodologia de Ensino	90
6.2.1	Estrutura das Aulas	90
6.3	Queda Livre	91
6.3.1	Primeira Aula: Aplicação de Questionário, Confecção de Mapa Mental e Apresentação Teórica	91
6.3.2	Segunda Aula: Experimentos Práticos	93
6.3.3	Terceira Aula: Instrução por Pares	95
6.3.4	Quarta Aula: Síntese e Avaliação	97
6.4	Leis de Newton	97
6.4.1	Primeira Aula: Contextualização e Apresentação Teórica	97
6.4.2	Segunda Aula: Experimentos Práticos	99
6.4.3	Terceira Aula: Instrução por Pares	101
6.4.4	Quarta Aula: Síntese e Avaliação	103
6.5	Força Peso	104
6.5.1	Primeira Aula: Introdução Teórica e Questionamento Inicial	104
6.5.2	Segunda Aula: Experimentos Práticos	106
6.5.3	Terceira Aula: Discussão e Instrução por Pares	107
6.5.4	Quarta Aula: Síntese e Avaliação Final	109
6.6	Lei de Hooke e Força Elástica	110
6.6.1	Primeira Aula: Introdução ao Conceito	110
6.6.2	Segunda Aula: Experimentos Práticos	112
6.6.3	Terceira Aula: Instrução por Pares e Discussão	113
6.6.4	Quarta Aula: Síntese e Avaliação Final	114
6.7	Movimento Circular	115
6.7.1	Primeira Aula: Introdução ao Movimento Circular	116
6.7.2	Segunda Aula: Experimentos Práticos	117
6.7.3	Terceira Aula: Instrução por Pares	119
6.7.4	Quarta Aula: Síntese e Avaliação Final	120
6.8	Encerramento da Seção	121
7	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	122
7.1	Mapas Mentais e Questionários	122
7.1.1	Questionários Pré e Pós aplicação das atividades do produto educacional	122
7.1.2	Mapas Mentais	122
7.1.3	Integração do Plickers na Sequência Didática	123
7.2	Resultados e Análise por Conteúdo	123
7.2.1	Leis de Newton	123
7.2.1.1	<i>Análise do Aplicativo Plickers Leis de Newton</i>	123
7.2.1.2	<i>Mapa Metal - Pré Aplicação: Leis de Newton</i>	126
7.2.1.3	<i>Mapa Mental - Pós Aplicação: Leis de Newton.</i>	127
7.2.1.4	<i>Questionário Pré Aplicação: Leis de Newton.</i>	129
7.2.1.5	<i>Questionário Pós Aplicação: Leis de Newton</i>	130
7.2.2	Força Peso	132
7.2.2.1	<i>Análise do Aplicativo Plickers: Força Peso</i>	132
7.2.2.2	<i>Mapa Metal - Pré Aplicação: Força Peso</i>	134

7.2.2.3	<i>Mapa Mental - Pós Aplicação: Força Peso</i>	135
7.2.2.4	<i>Questionário Pré Aplicação: Força Peso.</i>	136
7.2.2.5	<i>Questionário Pós Aplicação: Força Peso</i>	137
7.2.3	Lei de Hooke	139
7.2.3.1	<i>Análise do Aplicativo Plickers: Lei de Hooke</i>	139
7.2.3.2	<i>Mapa Metal - Pré Aplicação: Lei de Hooke</i>	141
7.2.3.3	<i>Mapa Mental - Pós Aplicação: Lei de Hooke.</i>	143
7.2.3.4	<i>Questionário Pré Aplicação: Lei de Hooke</i>	145
7.2.3.5	<i>Questionário Pós Aplicação: Lei de Hooke</i>	146
7.2.4	Movimento Circular	147
7.2.4.1	<i>Análise do Aplicativo Plickers: Movimento Circular</i>	147
7.2.4.2	<i>Mapa Metal - Pré Aplicação: Movimento Circular</i>	150
7.2.4.3	<i>Mapa Mental - Pós Aplicação: Movimento Circular</i>	152
7.2.4.4	<i>Questionário Pré Aplicação: Movimento Circular</i>	153
7.2.4.5	<i>Questionário Pós Aplicação: Movimento Circular</i>	155
7.2.5	Queda Livre	156
7.2.5.1	<i>Análise do Aplicativo Plickers: Queda Livre</i>	156
7.2.5.2	<i>Mapa Metal - Pré Aplicação: Queda Livre</i>	159
7.2.5.3	<i>Mapa Mental - Pós Aplicação: Queda Livre</i>	160
7.2.5.4	<i>Questionário Pré Aplicação: Queda Livre</i>	162
7.2.5.5	<i>Questionário Pós Aplicação: Queda Livre</i>	163
7.3	Dificuldades e Imprevistos na Aplicação	165
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
	REFERÊNCIAS	174
	PRODUTO EDUCACIONAL	175
	ANÁLISES E TRATAMENTO DOS DADOS	460
	Apêndice 1	461
	Apêndice 2	466
	Apêndice 3	471
	Apêndice 4	478
	Apêndice 5	483

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física nas escolas brasileiras apresenta, historicamente, uma série de desafios relacionados tanto à falta de recursos didáticos quanto à dificuldade de engajar os estudantes em um aprendizado ativo e contextualizado. Segundo (CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, 2006), “o ensino tradicional de Física, caracterizado por uma abordagem expositiva e teórica, contribui para o afastamento dos estudantes, que frequentemente não conseguem perceber a relevância e aplicação prática dos conceitos abordados”. Esse cenário exige a adoção de metodologias que promovam a participação ativa dos alunos e a construção de uma aprendizagem significativa, possibilitando que os conceitos de Física sejam compreendidos de forma prática e conectados ao cotidiano.

Neste contexto, metodologias ativas, como a abordagem segundo (YAKMAN, 2017), STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), a instrução por pares e os princípios da aprendizagem significativa, destacam-se como alternativas promissoras. Para (MOREIRA, 2010), “metodologias ativas têm como objetivo central deslocar o estudante de uma postura passiva para uma posição de protagonismo, incentivando-o a construir seu próprio conhecimento a partir de interações, reflexões e práticas experimentais”. Ao integrar diferentes áreas do conhecimento e incentivar a interdisciplinaridade, a abordagem STEAM, por exemplo, não apenas reforça os conceitos científicos, mas também promove habilidades essenciais, como criatividade, trabalho em equipe e pensamento crítico. Além disso, a combinação desse método com a Instrução por Pares em atividades que visam engajar os estudantes apresenta potencial para promover uma aprendizagem significativa.

Neste trabalho, buscou-se alinhar essas metodologias à realidade da sala de aula brasileira por meio do desenvolvimento de experimentos de Física com materiais de baixo custo, como sobras de MDF - (Medium Density Fiberboard), e tecnologias acessíveis, como o arduino e sensores de baixo custo. Segundo (SILVA, F. L.; ALMEIDA, 2020), “o uso de materiais acessíveis é uma estratégia essencial para a democratização do ensino experimental, especialmente em escolas públicas, onde a falta de recursos é um problema recorrente”. Além disso, os experimentos foram planejados para abordar temas fundamentais da Física, como as Leis de Newton, a Lei de Hooke, força peso, queda livre e movimento circular, buscando promover uma compreensão prática desses conceitos.

O material didático elaborado incluiu explicações detalhadas sobre as abordagens pedagógicas utilizadas, instruções claras para a montagem dos experimentos e orientações sobre como aplicá-los em sala de aula. Mapas mentais foram utilizados para auxiliar na organização dos conceitos, facilitando a assimilação e a apropriação dos conteúdos pelos estudantes. Conforme defendido por (VASCONCELOS; LIMA; PEREIRA, J. T., 2018), “a utilização de mapas mentais no ensino de Ciências contribui significativamente para a organização do raciocínio e a

compreensão das relações entre os conceitos, além de estimular a criatividade dos alunos”.

Além disso, foram aplicados questionários pré e pós-testes em cada atividade, com o objetivo de avaliar o impacto do produto educacional na aprendizagem dos estudantes. Esses instrumentos permitiram identificar as dificuldades enfrentadas pelos alunos e ajustar as estratégias pedagógicas utilizadas. Segundo (VASCONCELOS; LIMA; PEREIRA, J. T., 2018), “a avaliação por meio de questionários antes e depois das atividades é uma ferramenta valiosa para medir o impacto de novas abordagens no ensino, permitindo aos professores avaliar a eficácia das práticas adotadas e a evolução do aprendizado”.

Do ponto de vista teórico, esta dissertação fundamenta-se, principalmente, na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. De acordo com (AUSUBEL, 2003), “a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações são incorporadas a estruturas cognitivas já existentes, estabelecendo conexões lógicas e relacionáveis com o conhecimento prévio do aluno”. Nesse sentido, os experimentos desenvolvidos foram projetados para promover essa conexão, utilizando problemas do cotidiano e práticas interativas que incentivassem os alunos a relacionar os conceitos abordados em sala com suas próprias vivências.

O uso de tecnologias acessíveis, como o arduino, também se mostrou essencial para viabilizar a proposta experimental. O arduino, por sua versatilidade e baixo custo, tem sido amplamente adotado em propostas educacionais. Conforme destaca (SILVA, J., 2020), “o arduino possibilita a criação de atividades práticas e interativas, permitindo que os alunos se envolvam diretamente na construção de experimentos e compreendam, de maneira prática, os princípios físicos envolvidos”. Além disso, a integração de sensores com o arduino possibilitou a coleta e análise de dados em tempo real, proporcionando aos estudantes uma experiência mais próxima da prática científica.

A estrutura desta dissertação reflete o desenvolvimento e aplicação do produto educacional proposto. O segundo capítulo revisa trabalhos correlatos, abrangendo o uso de metodologias ativas e tecnologias no ensino de Física, com destaque para os estudos que embasam a proposta pedagógica desenvolvida. Para (SILVA, F. L.; ALMEIDA, 2020), “a revisão de literatura permite identificar as lacunas existentes na prática educacional, além de contextualizar a importância das metodologias ativas e tecnologias acessíveis no ensino de Ciências”.

O terceiro capítulo destaca os tópicos fundamentais de Física que servem como base para o desenvolvimento dos experimentos propostos. Esses tópicos incluem as Leis de Newton, a Lei de Hooke, força peso, queda livre e movimento circular, sendo explorados tanto em seus aspectos teóricos quanto práticos. O quarto capítulo descreve a metodologia e teoria de ensino adotadas nesta dissertação, detalhando como as abordagens STEAM, a instrução por pares e a aprendizagem significativa foram integradas ao desenvolvimento do material didático e à aplicação dos experimentos em sala de aula.

O quinto capítulo detalha a metodologia empregada na aplicação do produto educacional

desenvolvido, destacando o planejamento, as etapas de execução, os instrumentos avaliativos utilizados e as estratégias para superar as dificuldades enfrentadas no contexto escolar. Segundo (CARVALHO, R. A.; PEREIRA, L. F.; SILVA, T. R., 2019), “o planejamento detalhado de atividades experimentais é crucial para garantir sua efetividade, especialmente quando se busca integrar tecnologias e metodologias ativas em ambientes escolares desafiadores”.

O sexto capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do projeto educacional desenvolvido, analisando o impacto das atividades na aprendizagem, no engajamento e na percepção dos estudantes sobre os conceitos de Física abordados. Por fim, o sétimo capítulo contém as considerações finais da dissertação, discutindo as contribuições da pesquisa, as limitações encontradas e as perspectivas para trabalhos futuros, com vistas a aprimorar o ensino de Física e promover uma aprendizagem mais significativa e inclusiva.

Essa dissertação, portanto, busca não apenas contribuir para o fortalecimento de práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Física, mas também responder a questões centrais como: Como integrar metodologias ativas, como STEAM, instrução por pares e tecnologias acessíveis (ex.: Arduino), para promover uma aprendizagem significativa de Física no Ensino Médio? Qual o impacto dessas estratégias no engajamento dos estudantes e na compreensão de conceitos físicos? É possível implementar práticas inovadoras em contextos com limitações estruturais, como escolas públicas brasileiras? Além disso, demonstra que é possível integrar teoria e prática de maneira eficiente, mesmo em contextos marcados por limitações estruturais e orçamentárias. Ao utilizar materiais acessíveis, tecnologias simples e metodologias ativas, espera-se oferecer um modelo educacional que seja replicável e transformador, alinhado às necessidades do ensino de Ciências no século XXI.

1.1 Perguntas de Pesquisa e Objetivos

O presente estudo se propõe a enfrentar os desafios do ensino tradicional de Física, frequentemente marcado por práticas pedagógicas pouco atrativas e descontextualizadas, que resultam em um aprendizado menos engajador e significativo para os alunos do Ensino Médio. Nesse contexto, a definição clara dos objetivos e das perguntas de pesquisa se torna fundamental para orientar o desenvolvimento da investigação e garantir que os resultados obtidos contribuam de forma efetiva para a busca por soluções inovadoras e eficazes para o ensino de Física

1.2 Perguntas da Pesquisa

1. Quais são os principais desafios que afetam a motivação e o engajamento dos alunos no ensino de Física no Ensino Médio?
2. De que forma a integração do Arduino, os princípios do STEAM e a Instrução por Pares

pode contribuir para o ensino de conceitos de Mecânica Clássica?

3. Qual o impacto da abordagem educacional na compreensão dos conceitos de Física pelos alunos?
4. A abordagem educacional é eficaz para aumentar o interesse e a motivação dos alunos para aprender Física?
5. A abordagem educacional contribui para o desenvolvimento de habilidades colaborativas e de resolução de problemas nos alunos?
6. A abordagem educacional é viável e replicável em outros contextos de ensino de Física?

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver, aplicar e avaliar uma abordagem educacional inovadora para o ensino de Física no Ensino Médio, que integre o uso do Arduino, os princípios do STEAM e a metodologia de Instrução por Pares, visando promover um aprendizado mais ativo, contextualizado e significativo.

1.2.1.1 *Objetivos Específicos*

- Identificar os principais desafios enfrentados no ensino de Física no Ensino Médio, no que se refere à motivação e ao engajamento dos alunos.
- Projetar uma sequência didática que combine o uso do Arduino, os princípios do STEAM e a Instrução por Pares para o ensino de conceitos de Mecânica Clássica.
- Implementar a sequência didática em turmas do primeiro e terceiro ano do Ensino Médio.
- Analisar o impacto da abordagem educacional na compreensão dos conceitos de Física, no interesse e na motivação dos alunos, e no desenvolvimento de habilidades colaborativas e de resolução de problemas.
- Avaliar a viabilidade e a replicabilidade da abordagem educacional em outros contextos de ensino.

2 TECNOLOGIAS INTERATIVAS E DIGITAIS NO ENSINO DE FÍSICA

2.1 Uso de Tecnologias no Ensino Experimental de Física

A integração de recursos tecnológicos no ensino de Física tem sido explorada como ferramenta pedagógica em diferentes contextos. No trabalho de F. L. Silva e Almeida (2020), por exemplo, destaca-se a aplicação de materiais acessíveis em atividades experimentais, permitindo a realização de práticas investigativas sem dependência de infraestrutura complexa. Embora a experimentação possa enriquecer a compreensão de fenômenos físicos, é importante ressaltar que o ensino da disciplina não precisa necessariamente partir de abordagens experimentais. A construção do conhecimento físico também se sustenta em análises teóricas, resolução de problemas e debates críticos sobre modelos científicos, estratégias que podem ser desenvolvidas mesmo em ambientes sem laboratórios ou equipamentos especializados. Nesse sentido, as atividades práticas com materiais de baixo custo, como propõe o estudo, atuam como complementos à aprendizagem, incentivando a criatividade e a contextualização, mas não como requisitos exclusivos para o ensino eficaz da Física.

Além disso, o uso de tecnologias digitais, como simuladores de experimentos e plataformas de ensino online, pode complementar a aprendizagem, especialmente quando a realização de experimentos não é viável. A integração de tecnologia e experimentação cria um ambiente de ensino mais dinâmico e inovador, possibilitando que os alunos experimentem e visualizem conceitos de Física de maneira mais interativa e envolvente.

2.2 Impacto das Estratégias Ativas no Ensino de Física

A implementação de estratégias ativas no ensino de Física tem mostrado impactos significativos no envolvimento e na motivação dos estudantes. Segundo Vasconcelos, Lima e J. T. Pereira (2018) destacam que estratégias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos e o uso de tecnologias digitais, podem transformar o ensino de Física, tornando-o mais colaborativo, dinâmico e relevante para o aluno. Essas metodologias são fundamentadas em práticas que colocam o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem, promovendo a autonomia e a responsabilidade pelo próprio aprendizado.

Ao utilizar, por exemplo, Arduino e sensores, os estudantes podem projetar, como discutido neste trabalho, seus próprios experimentos para investigar fenômenos físicos, como a aceleração, a gravitação ou a resistência de materiais. De acordo com S. M. Oliveira, R. L. Pereira e Santos (2019), projetos de pesquisa que envolvem o uso de sensores com Arduino permitem que os alunos apliquem conceitos teóricos em experimentos reais, proporcionando uma aprendizagem significativa e de longa duração. O uso dessas tecnologias ajuda a criar uma

cultura científica no ambiente escolar, pois os alunos não apenas aprendem sobre Física, mas praticam o método científico, realizando hipóteses, coletando dados e interpretando resultados. Para Tal é fundamental o planejamento de atividades com participação ativa e não meramente demonstrativa.

2.3 PLICKERS - Ferramenta Digital para Uso junto à Metodologia de IPC¹

O aplicativo Plickers, é uma ferramenta gratuita para uso básico com limitações, para usar as suas funcionalidades totais existe custos adicionais de acordo com a demanda do usuário, onde e disponível tanto na versão web quanto em aplicativo para dispositivos móveis acessíveis pelo site <https://get.plickers.com>.

O Plickers (ver Figura 2.1) oferece uma forma rápida e eficaz de administrar testes em sala de aula, segundo Lombardi et al. (2018).

Figura 2.1 – Logomarca do aplicativo Plickers



Fonte: (PLICKERS, 2024)

Com ele, o professor pode escanear as respostas dos alunos e acompanhar em tempo real o entendimento dos conceitos e pontos-chave da aula. Além disso, o aplicativo gera automaticamente o desempenho individual dos alunos, fornecendo gráficos e dados úteis para identificar dificuldades, tendências e estratégias de personalização do ensino.

Esses dados são valiosos para o professor, pois ajudam na adaptação do ensino às necessidades específicas da turma e podem ser utilizados como critérios de avaliação. Mas

¹Instrução por Pares (Peer Instruction): Metodologia ativa desenvolvida por Eric Mazur (Harvard) na década de 1990, que combina questões conceituais, discussão em grupos e feedback imediato para promover a aprendizagem colaborativa. Funciona em etapas: (1) resposta individual a uma pergunta desafiadora; (2) debate em pares; (3) resposta revisada após discussão. É frequentemente associada a ferramentas digitais como Plickers, Kahoot! ou clickers. Para mais detalhes, ver: MAZUR, E. *Peer Instruction: A User's Manual*. Prentice Hall, 1997.

não é apenas o professor que se beneficia do Plickers; os alunos também têm participação ativa no processo de aprendizagem. Eles têm a oportunidade de informar suas respostas e, instantaneamente, visualizar seu desempenho. Apresenta-se, na figura Figura 2.2, um exemplo de uso do aplicativo para contabilização de respostas de discentes em uma sala de aula.

Figura 2.2 – Exemplo de aplicação com o software Plickers



Fonte: (CLASSROOM, 2024)

Com uma técnica eficiente para contabilização das respostas, os docentes e discentes podem focalizar a atenção em interagir e discutir as respostas coletadas de forma eficiente, aumentando as interações argumentativas entre os atores do processo de ensino aprendizagem. Os benefícios do Plickers são vastos e amplamente comprovados e

Tendo em vista a disseminação e apropriação social de tecnologias digitais, bem como a disponibilidade de objetos educacionais digitais (ODE) e das plataformas para criação de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), é impossível pensar em metodologias ativas sem a inclusão das tecnologias integradas ao currículo e inseridas na sala de aula. (STUDART, 2019) .

A ferramenta Plickers tem se mostrado eficaz no ensino de física, conforme evidenciado por estudos recentes. No trabalho de (ZERBETTO, 2019), a aplicação do Plickers em turmas do ensino médio demonstrou um notável potencial para dinamizar a avaliação formativa. Observou-se um aumento significativo na participação dos alunos em atividades de revisão de conceitos, como cinemática e dinâmica, reforçando o engajamento e a compreensão dos temas abordados.

De forma complementar, (RIBEIRO, 2024) investigaram a integração da instrução por pares e do Plickers no estudo da energia mecânica. Os resultados indicaram ganhos conceituais significativos e um maior envolvimento dos estudantes em debates em grupo.

Ambos os estudos convergem ao destacar que o Plickers, quando combinado com metodologias ativas, proporciona feedback imediato e facilita a identificação de dificuldades específicas dos alunos. Essa abordagem contribui para uma aprendizagem mais contextualizada

e colaborativa.

2.4 Arduino no Ensino de Física

O uso do Arduino no ensino de Física proporciona aos alunos uma maneira prática e interativa de explorar conceitos físicos através de sensores que permitem a coleta de dados em tempo real. Sensores, por exemplo, de célula de carga, ultrassônico, reflexivo e magnético permitem aos estudantes realizar experimentos práticos em áreas como dinâmica, cinemática, óptica e mecânica dos fluidos, facilitando a integração teoria-prática.

S. M. Oliveira, R. L. Pereira e Santos (2019) destacam que a tecnologia digital e sensores de baixo custo como o Arduino têm o poder de transformar o ensino de Física, proporcionando um aprendizado mais significativo e mais próximo da realidade dos alunos.

2.4.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma de desenvolvimento de código aberto cuja famosa logomarca pode ser visualizada na Figura 2.3 (ARDUINO, 2024).

Figura 2.3 – Logomarca do Arduino



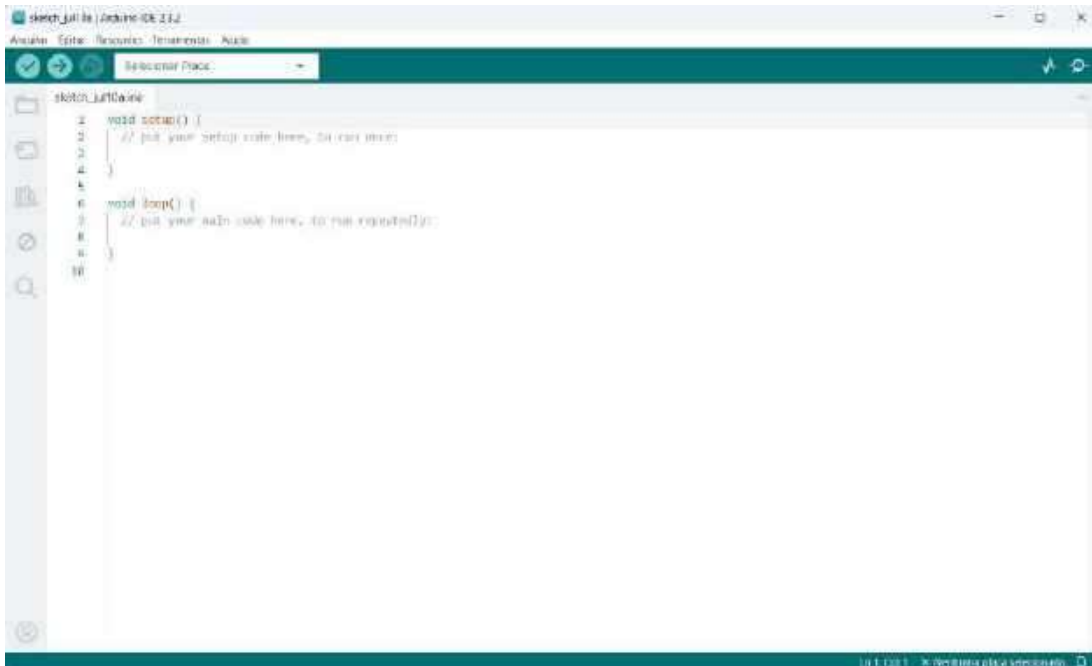
Fonte: (ARDUINO, 2024)

Esta tecnologia revolucionou o campo da eletrônica e da programação, especialmente no contexto educacional, contexto no qual será usado nas atividades descritas neste trabalho. Com sua combinação de acessibilidade, versatilidade e facilidade de uso, o Arduino se tornou uma ferramenta indispensável para estudantes e professores explorarem os princípios físicos de maneira prática e envolvente (CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO; MOLISANI, 2011).

A acessibilidade do Arduino democratizou o acesso à tecnologia. Na Figura 2.4 apresenta-se a tela inicial do ambiente de desenvolvimento integrado (IDE - Integrated Development Environment) que pode ser usado para programação desta plataforma. Com custos relativamente baixos e uma vasta comunidade de suporte online, alunos de todos os níveis podem adquirir e

começar a utilizar essa plataforma sem grandes investimentos financeiros. Isso não apenas reduz barreiras cognitivas de início de uma nova atividade, mas também fomenta a criatividade e a experimentação.

Figura 2.4 – Interface de desenvolvimento integrado para a plataforma Arduino

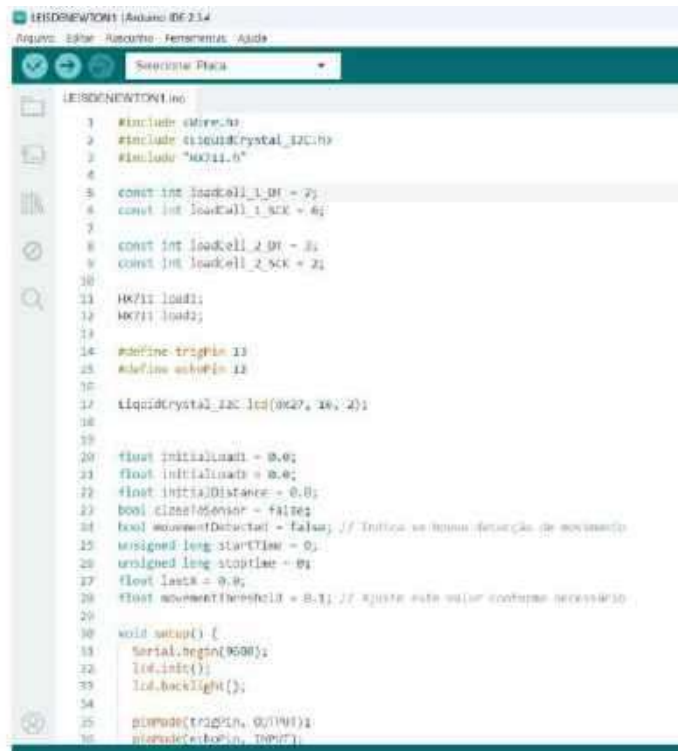


Fonte: Dados da Pesquisa, 2024

A natureza de código aberto do Arduino é outro fator preponderante para a democratização de acesso à esta tecnologia. Ela permite que estudantes e educadores não apenas utilizem os componentes padrão da plataforma, mas também desenvolvam e compartilhem seus próprios projetos e melhorias. Isso promove um ambiente colaborativo no qual o conhecimento é construído coletivamente, enriquecendo a experiência de aprendizagem.

Além disso, outra grande vantagem do Arduino é a facilidade de programação. Utilizando uma linguagem baseada em C/C++ simplificada e com uma interface intuitiva (ver Figura 2.5), mesmo os iniciantes podem aprender a programar dispositivos que respondem a sensores e atuadores de forma rápida e eficiente. Essa habilidade de transformar conceitos teóricos em aplicações práticas é fundamental para o aprendizado da Física, possibilitando aos alunos a possibilidade de, por exemplo, construir e testar experimentos que permitam discutir leis físicas como a conservação de energia, movimento e transferência de calor. Ou ainda, o uso desses conceitos físicos para implementar produtos inovadores e de baixo custo.

Figura 2.5 – Interface com programação em C++



```

1 #include <Wire.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3 #include "HX711.h"
4
5 const int loadCell_1_DT = 7;
6 const int loadCell_1_SCK = 6;
7
8 const int loadCell_2_DT = 3;
9 const int loadCell_2_SCK = 2;
10
11 HX711 load1;
12 HX711 load2;
13
14 #define trigPin 13
15 #define echoPin 12
16
17 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
18
19
20 float initialLoad1 = 0.0;
21 float initialLoad2 = 0.0;
22 float initialDistance = 0.0;
23 bool cinnDetector = false;
24 bool movementDetected = false; // Indica se houve detecção de movimento
25 unsigned long startTime = 0;
26 unsigned long stopTime = 0;
27 float lastR = 0.0;
28 float movementThreshold = 0.1; // ajuste este valor conforme necessário
29
30 void setup() {
31   Serial.begin(9600);
32   lcd.init();
33   lcd.backlight();
34
35   pinMode(trigPin, OUTPUT);
36   pinMode(echoPin, INPUT);

```

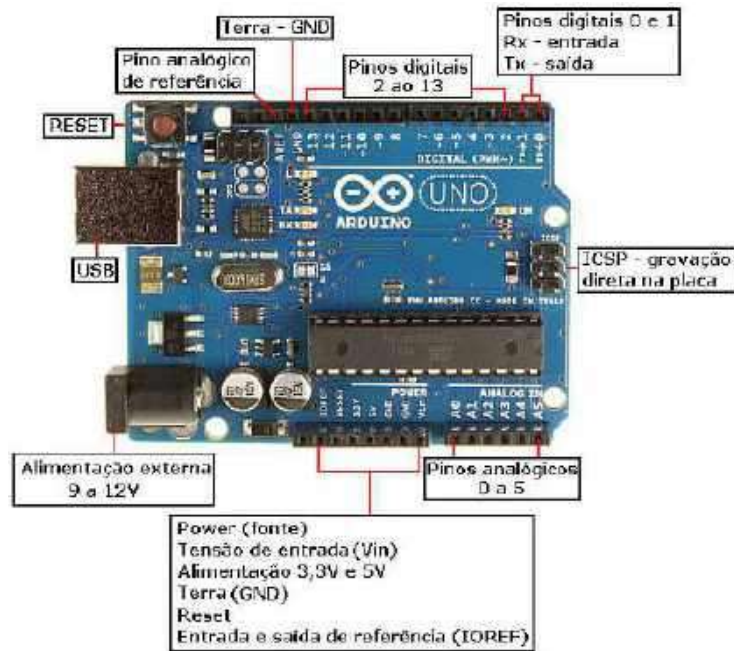
Fonte: Dados da Pesquisa, 2024

No ensino de Física, o Arduino pode ser utilizado de diversas maneiras inovadoras. Desde a criação de simulações que permitem aos alunos visualizarem fenômenos complexos até a prototipagem de dispositivos que medem grandezas físicas como temperatura, pressão e aceleração. O Arduino oferece uma plataforma versátil para explorar conceitos teóricos de maneira prática e tangível. Além disso, sua capacidade de integração com sensores e atuadores permite aos estudantes investigar relações causa-efeito em experimentos controlados, o que é essencial para uma compreensão profunda dos princípios físicos.

Em suma, a utilização do Arduino não apenas facilita o aprendizado da Física, mas também estimula o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade dos estudantes. Ao tornar concretos e observáveis conceitos teóricos abstratos, o Arduino prepara os alunos não apenas para os desafios acadêmicos, mas também para enfrentar futuros desafios no campo da engenharia e tecnologia. Assim, sua integração no ensino de Física representa não apenas uma evolução na metodologia educacional, mas também uma preparação essencial para o mundo digital e tecnológico do século XXI.

Há diversos modelos de sistemas Arduino disponíveis para aquisição no mercado. Na Figura 2.6, apresenta-se uma das placas Arduino mais básicas e populares, a Arduino Uno, que utiliza o microcontrolador ATmega328P da Atmel e se comunica com o computador por meio de uma porta USB, (ZUIM, 2024). Nesta imagem, os pinos que compõem esta placa são identificados.

Figura 2.6 – Placa Arduino Uno com a identificação de pinos



Fonte: (ZUIM, 2024) - Detalhes sobre esta placa estão disponíveis na página oficial do Arduino

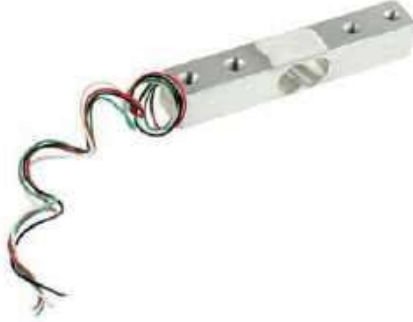
2.5 Sensores para aquisição de dados

Os sensores são dispositivos que convertem informações físicas ou químicas do ambiente em sinais elétricos. Eles são fundamentais para captar e medir variáveis como temperatura, umidade, luz, pressão, movimento, entre outras. Já os módulos são conjuntos funcionais de componentes eletrônicos que geralmente incluem um sensor específico e circuitos adicionais para facilitar sua integração em sistemas eletrônicos. Eles são projetados para simplificar o processo de utilização de sensores, oferecendo interfaces padronizadas e funcionalidades adicionais. Atualmente, há uma grande variedade de sensores e módulos disponíveis no mercado a preços acessíveis. Descreve-se nas próximas subseções alguns destes equipamentos que serão usados no desenvolvimento das atividades propostas neste produto educacional.

2.5.1 Sensor de Célula de Carga

O sensor de célula de carga Figura 2.7 é uma excelente ferramenta para medir forças e pesos em experimentos relacionados à dinâmica. Ele funciona por meio da deformação elástica de um material quando uma carga é aplicada, convertendo essa deformação em um sinal elétrico que pode ser interpretado pelo Arduino. Esse sensor pode ser utilizado em experimentos de dinâmica, como o estudo da segunda lei de Newton e forças em corpos.

Figura 2.7 – célula de carga



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

O uso de sensores como a célula de carga proporciona uma experiência prática e precisa, permitindo que os alunos validem teorias por meio da experimentação direta e adquiram habilidades em análise de dados.

2.5.2 Módulo Conversor Amplificador HX711

O módulo conversor amplificador HX711, exibido na Figura 2.8, é um dispositivo eletrônico utilizado para realizar a integração entre sensores de carga (células de carga) e microcontroladores como o Arduino.

Figura 2.8 – Conversor Amplificador HX711



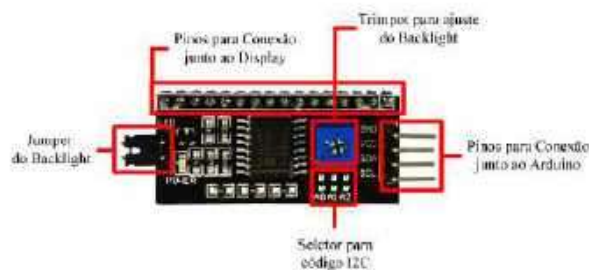
Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

Este módulo atua como um amplificador de sinal, permitindo que pequenas variações de tensão produzidas pela célula de carga sejam amplificadas e digitalizadas de forma precisa pelo microcontrolador. Isso facilita a medição de peso e outras grandezas físicas baseadas na deformação mecânica de materiais, sendo comumente empregado em aplicações envolvendo balanças e sistemas de monitoramento de peso.

2.5.3 Módulo adaptador I2C

O módulo adaptador I2C¹, na Figura 2.9, é um componente utilizado para facilitar a comunicação entre dispositivos eletrônicos que utilizam o protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit) e microcontroladores como o Arduino. Ele atua como um intermediário que permite conectar dispositivos que não possuem nativamente suporte ao protocolo I2C diretamente a um barramento I2C, simplificando a implementação e reduzindo o número de pinos necessários para a comunicação. Isso é particularmente útil em projetos nos quais há a necessidade de conectar vários dispositivos I2C a um único microcontrolador, otimizando o uso dos recursos disponíveis e facilitando a interação entre os componentes do sistema.

Figura 2.9 – Módulo adaptador I2C



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

2.5.4 Display LCD 16x2

O *display*² LCD³ 16x2 (16 colunas e 2 linhas) é um componente muito utilizado em projetos eletrônicos, especialmente com microcontroladores como o Arduino. Ele consiste em um visor de cristal líquido capaz de exibir 16 caracteres em cada uma das 2 linhas disponíveis. Este tipo de *display* é popular devido à sua facilidade de uso e à capacidade de apresentar informações de forma clara e legível.

O *display* LCD 16x2, cuja estrutura pode ser visualizada na Figura 2.10, é ideal para mostrar dados como valores obtidos por sensores, mensagens de texto ou qualquer informação que o usuário deseje visualizar em um formato alfanumérico.

¹Sigla para Inter-Integrated Circuit, que em português significa Circuito Inter-Integrado. É um protocolo de comunicação serial que permite que dispositivos se comuniquem e troquem dados através de um barramento compartilhado

²Usado como sinônimo de visor ou tela em português.

³Liquid Crystal Display - Tela de Cristal Líquido.

Figura 2.10 – *Display* LCD 16x2



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

Ele possui um controlador embutido que simplifica a interface com microcontroladores, permitindo que apenas alguns pinos sejam necessários para controlar o visor e enviar informações para exibição.

2.5.5 Sensor ultrassônico *HC-SR04*

O sensor ultrassônico, na Figura 2.11, emite ondas sonoras para medir distâncias com grande precisão. Ele opera emitindo pulsos ultrassônicos que são refletidos de volta por um objeto. Ao medir o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do eco, o sensor pode calcular a distância até o objeto com base na velocidade e propagação do som no ar. Esse sensor é ideal para experimentos de cinemática, nos quais a medição da posição e da velocidade de objetos em movimento pode ser feita em tempo real. Por exemplo, ele pode ser utilizado para estudar a velocidade média e a aceleração de objetos em movimento retilíneo uniforme (MRU) ou movimento retilíneo uniformemente acelerado (MRUA).

Este sensor é composto por um emissor ultrassônico (transmissor) e um receptor, ambos posicionados na mesma placa. O módulo *HC-SR04* possui uma precisão razoável para a finalidade que será empregado neste trabalho. Ele pode medir distâncias que variam de 2 cm a 400 cm com uma resolução de cerca de 3 mm.

Figura 2.11 – Sensor ultrassônico *HC-SR04*



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

É fácil de integrar com microcontroladores como o Arduino devido à sua interface simples de dois pinos: um para *trigger* (disparo) e outro para *echo* (eco).

2.5.6 Módulo *Bluetooth HC-06*

O módulo *Bluetooth HC-06*¹, apresentado na Figura 2.12, é um componente popular para comunicação sem fio com dispositivos Arduino e outros microcontroladores.

Figura 2.12 – Módulo *Bluetooth HC-06*



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

Ele permite que projetos baseados em Arduino se comuniquem com outros dispositivos tais como *smartphones*, *tablets* ou quaisquer outros equipamentos que utilizem a tecnologia Bluetooth para comunicação.

¹É uma tecnologia de comunicação que permite a transferência de dados entre dispositivos eletrônicos através de ondas de rádio de curta distância. A comunicação é feita por meio de pacotes de dados enviados de um dispositivo para outro.

2.5.7 Módulo sensor magnético

O módulo sensor magnético também conhecido como sensor de *efeito Hall*¹, é um dispositivo eletrônico usado para detectar campos magnéticos ao seu redor. O dispositivo é apresentado na Figura 2.13.

Figura 2.13 – Módulo sensor magnético



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

O funcionamento deste dispositivo é baseado no efeito Hall (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1993), sendo ele capaz de detectar a tensão elétrica proporcional à intensidade do campo magnético aplicado.

2.5.8 Potenciômetro linear

Um potenciômetro linear (ver Figura 2.14) é um componente eletrônico que permite ajustar a resistência elétrica em um circuito de maneira linear, conforme o deslocamento físico de um cursor ao longo de um trilho condutor.

¹É um fenômeno físico que acontece quando uma corrente elétrica passa por um condutor e é desviada por um campo magnético

Figura 2.14 – Potenciômetro linear



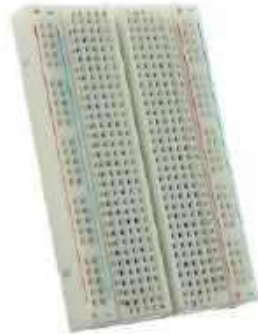
Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

Esse tipo de potenciômetro é utilizado para realizar ajustes precisos em diversos parâmetros elétricos, como volume, brilho e sensibilidade.

2.5.9 Protoboard

A placa Protoboard¹, cuja imagem pode ser visualizada na Figura 2.15, é composta por:

Figura 2.15 – Placa de Protoboard



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

- Furos de contato: são os pontos de conexão da Protoboard, nos quais é possível inserir componentes eletrônicos apenas utilizando pressão;
- Barras de contatos: são as colunas condutoras que conectam os furos de contato entre si;
- Canal central: divide a Protoboard em duas seções, separando as colunas de furos de contato e

¹Também conhecidas como placas breadboard ou matriz de contato

- Barras de contatos de alimentação: localizadas nas laterais da Protoboard, uma com terminal positivo (de cor vermelha) e outra com terminal negativo (de cor preta ou azul) interligados por toda a sua lateral.

2.5.10 Fonte Ajustável para Protoboard

A Fonte Ajustável para Protoboard (ver Figura 2.16) é uma placa desenvolvida para rápida instalação, bastando conecta-lá à protoboard.

Figura 2.16 – Fonte Ajustável para Protoboard



Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

É um dispositivo utilizado para fornecer tensão e corrente controladas e variáveis a circuitos montados em uma protoboard. Possui entrada alimentação por plug P4 e USB, bastando conectar o cabo com tensão de 6,5 a 12 VDC ¹ ou cabo USB para a protoboard fornecer aos seus pontos de contatos tensão de saída ajustável de 3,3 V e/ou 5 V. Além disso, também é possível utilizar a entrada USB como saída para alimentar circuitos, uma vez que oferece em seus terminais uma diferença de potencial de 5 V, permitindo ao projetista alimentar diferentes acessórios, inclusive a placa Arduino.

2.5.11 Jumper

Os *jumbers* ^{2 3} (ver Figura 2.17) possibilitam a realização de ligações móveis entre dois pontos dentro de um circuito eletrônico.

¹Tensão em corrente contínua (CC), representada pela sigla VDC (Volts Direct Current).

²Pode-se traduzir para o português como "ponte"

³É um condutor curto usado para fechar, abrir ou desviar parte de um circuito eletrônico

Figura 2.17 – Jumper

Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

São, geralmente pequenas peças ou fios metálicos, isolados por um material não condutivo, responsáveis pela condução de eletricidade tanto em placas de circuitos impressos (PCI) quanto em Protoboards.

O Jumper do tipo fio é indicado para realizar testes, simulações e montagem de projetos em placas protoboard. Eles são responsáveis por desviar, ligar ou desligar o fluxo elétrico permitindo configurações específicas por meio físico do hardware em uso.

2.5.12 Sensor Reflexivo para Posição em Quedas Livres

Um sensor reflexivo Figura 2.18 é um dispositivo eletrônico que detecta a presença de objetos por meio da reflexão da luz. Ele é composto por um emissor de luz e um receptor, que trabalham em conjunto para enviar e receber sinais de luz.

Figura 2.18 – Sensor Reflexivo

Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

O sensor pode ser utilizado de forma criativa para medir a posição de um objeto em queda livre, um fenômeno central no estudo da gravitação e das leis do movimento de Newton. Esse

sensor emite um feixe de luz que reflete de volta. Existem diferentes tipos de sensores reflexivos, como o sensor de obstáculos reflexivo infravermelho e o sensor óptico retrorreflexivo, como listado a seguir:

- Sensor de obstáculos reflexivo infravermelho utiliza reflexões de luz infravermelha para detectar a presença de objetos. É ideal para sistemas de automação e robótica.
- Sensor óptico retrorreflexivo detecta a presença de objetos independentemente da superfície, cor ou material dos mesmos. Conta com um filtro polarizado que elimina falsos sinais enviados por objetos brilhantes.

2.6 O uso do Arduino em sala de aula e sua importância no ensino

A utilização do Arduino no ensino de Física tem-se mostrado uma ferramenta relevante para promover metodologias ativas, nas quais os alunos assumem papel central no processo de aprendizagem. Como destacado por Simone Silva Frutuoso de Souza (2024), a aplicação dessa plataforma em aulas experimentais aumenta o engajamento dos estudantes, com 99% deles recomendando sua adoção contínua. Isso ocorre porque o Arduino permite a integração entre conceitos teóricos e práticos, facilitando a visualização de fenômenos físicos por meio de experimentos de baixo custo e alta versatilidade (MARTINAZZO et al., 2014).

Além disso, o Arduino possibilita a coleta e o processamento automatizado de dados, tornando atividades como o estudo da queda livre ou do pêndulo simples mais dinâmicas e precisas (SILVA, A. P. d.; SOUSA, 2024). Essa abordagem experimental, aliada à tecnologia, contribui para uma aprendizagem significativa, conforme observado por Kamada (2018), que utilizou a plataforma em ciclos de modelagem para ensinar termodinâmica e eletricidade. Os alunos não apenas construíram protótipos, mas também refletiram criticamente sobre a validade dos modelos físicos desenvolvidos.

A integração do Arduino também favorece projetos investigativos interdisciplinares. Por exemplo, Admiral (2020) relata a criação de um sistema de controle de temperatura para um aquário, unindo conceitos de física, programação e robótica. Essa prática estimula a resolução de problemas reais e a criatividade, aspectos muitas vezes negligenciados no ensino tradicional. Embora seu potencial seja reconhecido, estudos que apontam que a robótica educacional ainda é subutilizada, indicando a necessidade de maior capacitação docente e investimento em recursos tecnológicos acessíveis.

2.7 Inteligência artificial no ensino de Física: Aplicações do CHATGPT

A inteligência artificial (IA) tem se consolidado como uma ferramenta de grande relevância em diversas áreas do conhecimento, incluindo a educação. No ensino de Física, a IA pode ser

empregada para auxiliar tanto alunos quanto professores em suas atividades diárias, desde a elaboração de planos de aula até a resolução de problemas complexos. Além do ChatGPT^{1 2}, outras ferramentas de IA, como o Google Bard, Microsoft Copilot, Deep Seek e IBM Watson, também têm sido utilizadas para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem. Essas tecnologias podem ajudar os professores na criação de materiais didáticos personalizados, na correção automática de exercícios e na simulação de experimentos virtuais, otimizando o tempo e permitindo uma abordagem mais individualizada para os estudantes (CAVALCANTE, E., 2023).

Figura 2.19 – Logomarca do ChatGPT



Fonte: (CHATGPT, 2024)

No contexto específico do ensino de Física, o ChatGPT ver (Figura 2.19),(CHATGPT, 2024), se destaca por sua capacidade de gerar códigos em linguagens de programação, como Python, C++ ou MATLAB, e até mesmo em LaTeX, que é amplamente utilizado para a produção de documentos científicos. Essa funcionalidade é particularmente útil na elaboração de relatórios e na execução de simulações computacionais, tarefas nas quais a precisão e a clareza são essenciais. Além disso, o ChatGPT pode fornecer explicações detalhadas sobre conceitos físicos, auxiliar na resolução de problemas e sugerir melhorias em códigos, o que o torna uma ferramenta valiosa para a realização de experimentos e a produção de materiais acadêmicos. Sua capacidade de processar e gerar textos de forma coerente e contextualizada, aliada à sua versatilidade, justifica sua preferência em relação a outras ferramentas de IA em muitos cenários educacionais (CAVALCANTE, E., 2023).

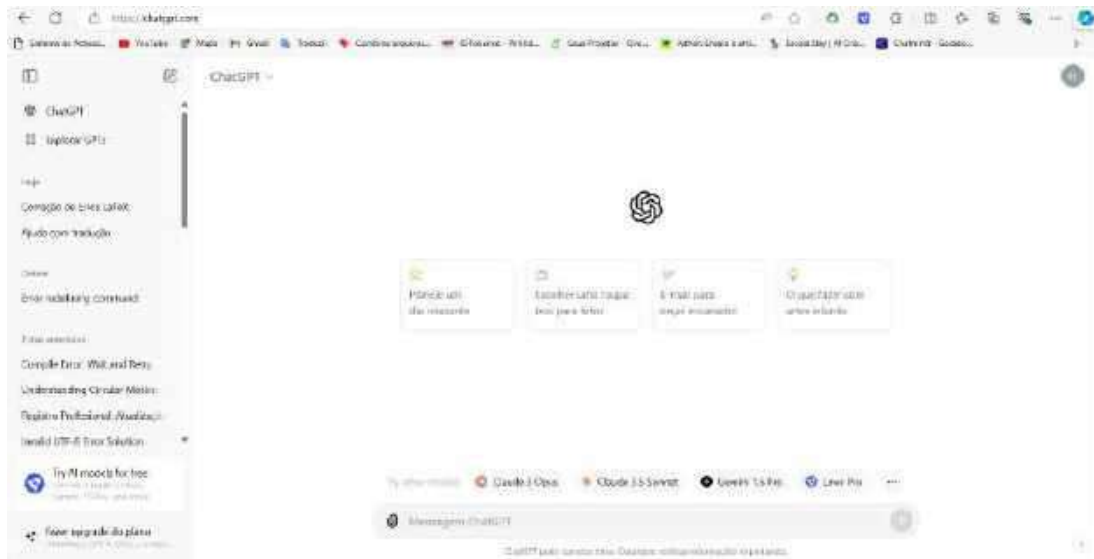
2.7.1 ChatGPT como Ferramenta Auxiliar no Ensino de Física

Na Figura 2.20 apresenta-se a interface para o ChatGPT, ferramenta poderosa que utiliza processamento de linguagem natural para entender e responder a perguntas de maneira semelhante à conversação humana (SILVA, M. C. d. et al., 2024).

¹É uma ferramenta de inteligência artificial (IA) que simula uma conversa com um ser humano, respondendo a perguntas de forma natural e coerente

²A sigla significa "Generative Pre-Trained Transformer"

Figura 2.20 – Interface do ChatGPT



Fonte: Autoria Própria, 2024

No contexto do ensino de Física, o ChatGPT pode ser utilizado para:

- **Explicação de Conceitos:** O ChatGPT pode fornecer explicações detalhadas sobre diversos tópicos de Física, desde conceitos básicos como força e movimento até assuntos mais avançados como conceitos de termodinâmica ou mecânica quântica. Isso permite que os alunos esclareçam dúvidas de maneira imediata, fora do horário de aula.
- **Soluções de Problemas:** Alunos podem utilizar o ChatGPT para obter ajuda na resolução de problemas de Física, seja por meio de dicas, passos detalhados ou até a resolução completa de questões complexas. Isso é especialmente útil para reforçar o aprendizado e praticar habilidades de resolução de problemas.
- **Preparação para Avaliações:** O ChatGPT pode ser usado para gerar questões de prática, simulados e fornecer *feedback* sobre as respostas dos alunos, ajudando-os a se prepararem melhor para exames e avaliações.

2.7.2 Elaboração de Códigos para Projetos com Arduino

Além do auxílio teórico, o ChatGPT também é uma ferramenta valiosa para a elaboração de códigos computacionais em projetos práticos, como os que utilizam a plataforma Arduino. No contexto educacional, o Arduino é frequentemente utilizado para ensinar princípios de Física e eletrônica.

Aqui estão algumas maneiras pelas quais ele pode ser útil:

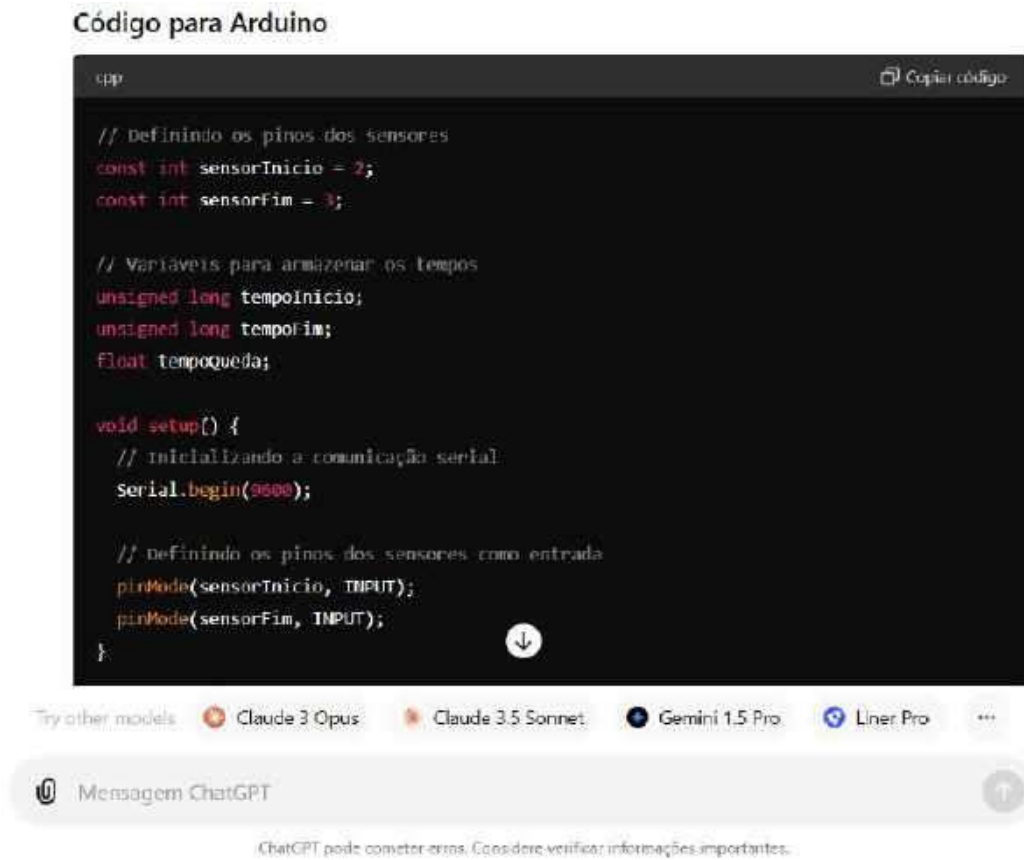
- **Geração de Códigos:** Alunos e professores podem descrever o objetivo do projeto e as funções desejadas, e o ChatGPT pode gerar trechos de código ou *scripts* completos em C++ para Arduino. Por exemplo, para um experimento de queda livre utilizando sensores, o ChatGPT pode ajudar a estruturar o código necessário para registrar os tempos de queda e calcular a velocidade. Nas figuras Figura 2.21 e Figura 2.22 são apresentados exemplos de interação com a plataforma para execução desta tarefa.

Figura 2.21 – Fragmento da interface do ChatGPT usado como ferramenta para estruturar um código Arduino para um experimento de queda de corpos



Fonte: Autoria Própria, 2024

Figura 2.22 – Fragmento Interface do ChatGPT



Fonte: Autoria Própria, 2024

- **Resolução de Erros:** Ao encontrar erros no código, os alunos podem consultar o ChatGPT para obter diagnósticos e sugestões de correção, economizando tempo e reduzindo a frustração que muitas vezes acompanha estes tipos de erros.
- **Otimização e Melhoria:** O ChatGPT pode sugerir melhorias no código, tais como a otimização de *loops* (laços ou repetições), a utilização de bibliotecas mais eficientes e melhores práticas de programação, ajudando a criar projetos mais robustos e eficientes.

2.8 O Uso do ChatGPT no Ensino de Física: Entre Inovações e Precauções

A integração de ferramentas de inteligência artificial, como o ChatGPT, no ensino de Física tem despertado interesse acadêmico, especialmente pela capacidade de personalizar a aprendizagem e dinamizar metodologias tradicionais. Por exemplo, em cursos de Engenharia Elétrica, onde conceitos de Física Experimental são fundamentais, o ChatGPT demonstra potencial para complementar a teoria com orientações em tempo real, otimizando o tempo de supervisão docente e mitigando limitações estruturais, como a falta de técnicos de laboratório (SOUZA, L. B. et al., 2023).

No entanto, pesquisas destacam que, embora a ferramenta consiga gerar soluções passo a passo para problemas de cálculo, como os envolvendo cinemática ou termodinâmica, sua precisão varia significativamente. Um estudo experimental analisou respostas a questões do ENEM¹ e identificou erros frequentes em cálculos que exigiam interpretação de grandezas vetoriais ou aplicação de equações específicas (FERRAZ, A.; LINO, 2023). Essas limitações reforçam a necessidade de supervisão docente, já que respostas incoerentes podem confundir alunos menos preparados. Além disso, a qualidade das soluções está intimamente ligada à formulação do prompt, exigindo que usuários dominem tanto a física quanto técnicas de comunicação com a IA² para obter resultados confiáveis (LIANG et al., 2023).

A criação de conteúdos educativos é outra área promissora. Professores podem utilizar o ChatGPT para elaborar roteiros de experimentos, scripts de vídeos ou até problemas contextualizados, integrando metodologias ativas como a aprendizagem baseada em projetos. Em uma intervenção pedagógica, a combinação do ChatGPT com simuladores PhET³ permitiu desenvolver aulas invertidas, onde os alunos acessavam materiais prévios gerados pela IA e depois realizavam experimentos virtuais. Essa abordagem aumentou o engajamento, especialmente em escolas públicas, onde a carência de laboratórios físicos é um desafio constante (FERNANDES et al., 2023).

Contudo, a adoção do ChatGPT não é isenta de riscos. Questões éticas, como a reprodução de vieses presentes nos dados de treinamento da IA ou o uso indevido em atividades avaliativas, exigem atenção. Como apontado por Albuquerque e Dores (2023), a ferramenta não substitui o papel do professor, mas demanda que este atue como mediador crítico, filtrando informações imprecisas e orientando os alunos a contextualizarem respostas.

Em síntese, o ChatGPT apresenta-se como um recurso complementar valioso, capaz de enriquecer o ensino de Física ao oferecer suporte personalizado e estimular a criatividade. No entanto, seu uso bem-sucedido depende de estratégias pedagógicas conscientes, formação docente para lidar com suas limitações e investimento em infraestrutura tecnológica. Como destacam Liang et al. (2023), a IA não substitui a experimentação prática ou o raciocínio crítico, mas pode ser um aliado na construção de uma aprendizagem mais interativa e significativa, desde que integrada de forma equilibrada e reflexiva ao currículo.

¹Exame Nacional do Ensino Médio é uma prova de admissão à educação superior realizada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, autarquia vinculada ao Ministério da Educação do Brasil.

²A inteligência artificial é uma tecnologia que permite gerar, classificar e executar tarefas como análise de imagens e reconhecimento de fala.

³PhET Interactive Simulations, um projeto da Universidade do Colorado Boulder, é um projeto de recursos educacionais abertos sem fins lucrativos que cria e hospeda explicações exploráveis. Foi fundada em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman.

3 DESVENDANDO A FÍSICA CLÁSSICA

3.1 Leis de Newton

As Leis de Newton são pilares da Mecânica Clássica, estabelecendo os princípios básicos que regem o movimento dos corpos. Publicadas na obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (NEWTON, 1687), essas leis descrevem como as interações determinam os movimentos, fornecendo uma base para análises que abrangem desde sistemas elementares até aplicações complexas.

3.1.1 Primeira Lei de Newton —Lei da Inércia

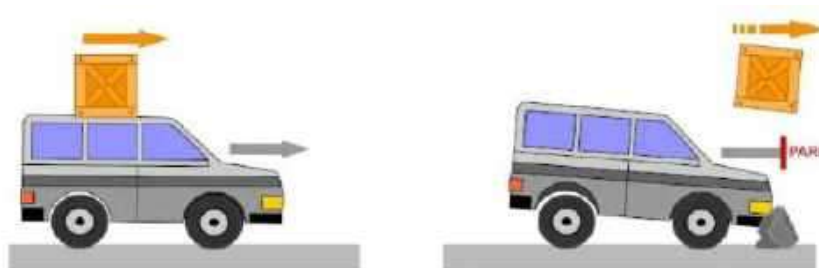
A Primeira Lei, segundo (NEWTON, 1687), estabelece que todo corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre ele. Uma tentativa de ilustrar a situação pode ser visualizada na Figura 3.1. Em termos matemáticos, para um corpo de massa m , temos:

$$\sum \vec{F} = 0 \implies \vec{v} = \text{constante} \quad (3.1)$$

Este princípio descreve a resistência dos corpos às mudanças em seu estado de movimento, propriedade conhecida como inércia. Ela define os referenciais inerciais, nos quais as Leis são válidas.

Em sistemas práticos, como um carrinho em uma superfície lisa e sem atrito, a ausência de forças externas assegura a permanência no movimento uniforme.

Figura 3.1 – Representação lei da Inércia



Fonte: (ENEM, 2025)

Na Figura 3.1, o carro está se movendo para a direita, carregando a caixa estável em seu teto. Quando o carro colide com a pedra e para abruptamente, a caixa continua a se mover para frente devido à inércia. Isso acontece porque a caixa tende a continuar em seu estado de

movimento a menos que uma força externa (como o atrito) a pare.

3.1.2 Segunda Lei de Newton —Princípio Fundamental da Dinâmica

A Segunda Lei de Newton relaciona a força resultante que atua em um corpo à sua aceleração. Sua formulação matemática é dada por (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). A expressão mais geral para Figura 3.2 será dada a seguir:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}. \quad (3.2)$$

A Figura 3.2 mostra uma pessoa empurrando uma caixa grande. A pessoa está exercendo uma força sobre a caixa, indicada pela seta vermelha rotulada como "Força resultante", que está na mesma direção da seta azul rotulada como "Movimento"

Figura 3.2 – Ilustração para discussão do Princípio fundamental da dinâmica



Fonte: (ESCOLA, 2025c)

3.1.2.1 Definição de Aceleração

A aceleração \vec{a} é definida como vetor variação da velocidade em relação ao tempo:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (3.3)$$

Substituindo essa definição na Segunda Lei, temos:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (3.4)$$

3.1.2.2 Conceito de Momento Linear

Introduzimos o conceito de momento linear \vec{p} ou quantidade de movimento, conforme definido por Newton (NEWTON, 1687)

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (3.5)$$

Assim, a Segunda Lei pode ser reescrita como (TIPLER; MOSCA, 2015):

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (3.6)$$

Essa formulação, mais geral, é particularmente útil para sistemas nos quais a massa varia com o tempo, como no caso de foguetes em movimento.

3.1.2.3 Componentes Cartesianos

No cotidiano, nos quais objetiva - se o estudo do movimento, trabalha-se com os componentes escalares para a 2ª Lei de Newton.

$$F_x = m \cdot a_x, \quad (3.7)$$

$$F_y = m \cdot a_y, \quad (3.8)$$

$$F_z = m \cdot a_z \quad (3.9)$$

Esse procedimento é essencial para a análise de problemas bidimensionais e tridimensionais de forma algébrica.

3.1.2.4 Demonstração e Aplicação

Considere um corpo de massa m sob a ação de uma força constante \vec{F} . Pela Segunda Lei de Newton (NEWTON, 1687), a aceleração é:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (3.10)$$

Integrando a aceleração no tempo (com velocidade inicial nula), obtém-se a velocidade

$\vec{v}(t)$, conforme descrito em (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016):

$$\vec{v}(t) = \int_0^t \vec{a} dt' = \int \frac{\vec{F}}{m} dt = \frac{\vec{F}}{m} \cdot t. \quad (3.11)$$

A posição $\vec{r}(t)$ é determinada integrando-se a velocidade, seguindo o formalismo clássico de (TIPLER; MOSCA, 2009):

$$\vec{r}(t) = \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}(t)} \vec{v}(t) dt = \int_0^t \frac{\vec{F}}{m} \cdot t dt = \frac{\vec{F}}{2m} \cdot t^2 + \vec{r}_0. \quad (3.12)$$

3.1.3 Terceira Lei de Newton — Ação e Reação

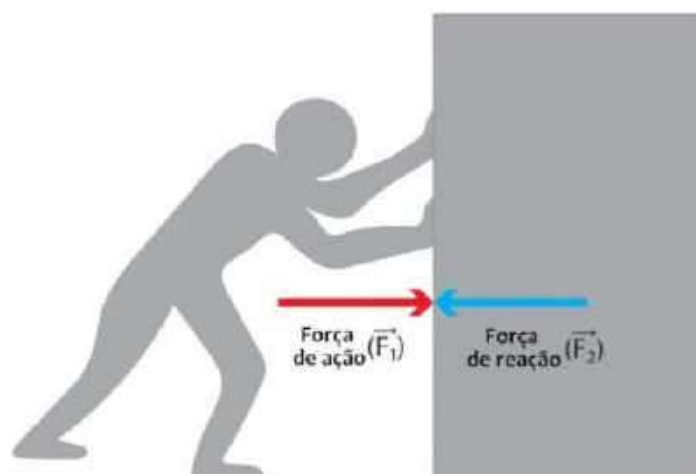
A Terceira Lei, segundo Newton (1687): Para toda ação, há sempre uma reação oposta e de igual intensidade.

Matematicamente, pode-se expressá-la como:

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A} \quad (3.13)$$

A Figura 3.3 mostra uma pessoa empurrando uma parede. A pessoa está inclinada para frente, com os braços estendidos, aplicando uma força \vec{F}_1 sobre a parede. A parede, por sua vez, aplica sobre a pessoa uma força \vec{F}_2 , de mesma intensidade, direção oposta e sentido contrário. A imagem ilustra perfeitamente o conceito de ação e reação, conforme estabelece a Terceira Lei de Newton:

Figura 3.3 – Representação Lei Ação e Reação



Fonte: (EDUCAÇÃO, 2025)

Um outro exemplo é o recuo de uma arma de fogo ao ser disparada. (ver Figura 3.4). A

força exercida pela explosão do propelente gera um movimento de recuo na arma, enquanto o projétil é acelerado para frente, evidenciando a conservação do momento linear total do sistema (TIPLER; MOSCA, 2015):

$$m_{\text{arma}} \cdot \vec{v}_{\text{arma}} + m_{\text{projétil}} \cdot \vec{v}_{\text{projétil}} = 0 \quad (3.14)$$

A conservação do \vec{P} é uma consequência da 3ª Lei de Newton.

Figura 3.4 – Representação Lei Ação e Reação do recuo de uma arma



Fonte: (ENEM, 2025)

A Terceira Lei de Newton é essencial para a compreensão das interações entre corpos, sendo crucial na análise de sistemas dinâmicos e de interações em colisões.

3.2 Força Peso

A força peso (TIPLER; MOSCA, 2015) é uma das forças fundamentais que agem sobre os corpos na Terra e se mantém sobre outros corpos celestes. Esta força é responsável pela atração gravitacional que a Terra exerce sobre os objetos próximos à sua superfície. No ensino de Física, a compreensão da força peso é essencial não só para entender o comportamento dos corpos sob a ação da atração gravitacional, mas também para formar a base do estudo de conceitos mais avançados, como o movimento de corpos e a dinâmica dos sistemas físicos mais elaborados.

3.2.1 Modulo da Força Peso

A força peso, conforme já explicitado anteriormente, é a força gravitacional que corpos como a Terra exerce sobre um objeto devido à sua massa. Essa força tem uma direção vertical, apontando para o centro da Terra. Sua intensidade depende da massa do objeto e da aceleração

da gravidade no ponto no geral ele se encontra. Formalmente, o módulo da força peso é expressa pela seguinte equação (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

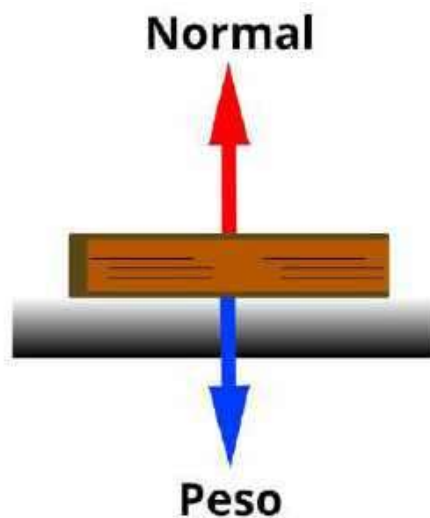
$$F_p = m \cdot g \quad (3.15)$$

Sendo que:

- F_p representa o módulo da força peso (medida em Newtons, N),
- m é a massa do objeto (medida em quilogramas, kg),
- g é a aceleração da gravidade (medida em metros por segundo ao quadrado, m/s^2).

A aceleração da gravidade g não é constante, mas pode ser considerada aproximadamente igual a $9,8 m/s^2$ na superfície terrestre, variando levemente com a altitude e a latitude. A Figura 3.5, representar \vec{N} e \vec{P} , ilustra forças em equilíbrio, mas não pares ação-reação. As forças Normal (\vec{N}) e o Peso (\vec{P}) não constituem um par ação-reação da Terceira Lei de Newton, pois ambas atuam no mesmo corpo (ex: um objeto em repouso sobre uma mesa). O verdadeiro par ação-reação do Peso (\vec{P}) é a força gravitacional que o objeto exerce sobre a Terra (\vec{P}_{Terra}), enquanto o par da Normal (\vec{N}) é a força que o objeto aplica sobre a superfície ($\vec{N}_{superfície}$). A Terceira Lei exige que ação e reação atuem em corpos distintos e sejam de mesma natureza física (ex: ambas gravitacionais ou ambas de contato). A Terceira Lei de Newton não se refere a forças que se cancelam em um único corpo, mas sim a interações recíprocas entre corpos distintos, fundamentais para a coerência das leis físicas.

Figura 3.5 – Representação de um livro sob a mesa e as forças existentes



Fonte: (ESCOLA, 2025b)

3.2.2 Aceleração Gravitacional

A aceleração da gravidade g é um dos conceitos fundamentais que explicam a origem que denominamos a força peso. Sua origem está na Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton, que descreve a interação gravitacional entre dois corpos. A equação (3.16) representa a expressão para o módulo da Lei da Gravitação Universal é dada por (NEWTON, 1687)

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (3.16)$$

Para a qual:

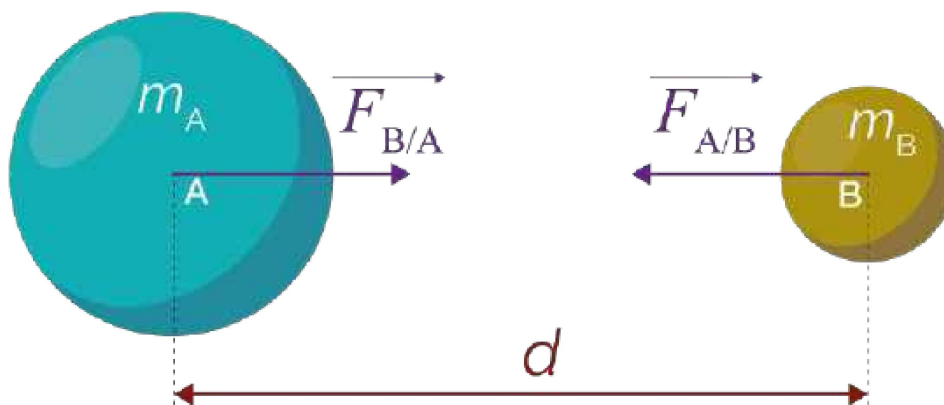
- F é a força de atração gravitacional entre dois corpos de massas m_1 e m_2 ,
- r é a distância entre os centros de massa dos dois corpos,
- G é a constante gravitacional universal, $G \approx 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Para um objeto de massa m na superfície da Terra, a força peso é a força de atração gravitacional entre a Terra (com massa M_{Terra}) e o objeto. Portanto, a aceleração da gravidade g é dada por:

$$g = G \cdot \frac{M_{\text{Terra}}}{r_{\text{Terra}}^2} \quad (3.17)$$

Sendo r_{Terra} é o raio da Terra, aproximadamente 6.371 km. A aceleração gravitacional g tem o valor médio de $9,8 \text{ m/s}^2$, mas essa quantidade varia conforme a latitude e a altitude, devido à distribuição irregular da massa da Terra e ao achatamento polar, conforme já comentamos anteriormente.

Figura 3.6 – Representação de dois objetos A e B, de massas m_A e m_B , separados por uma distância d .



Fonte: (MAXICOURS, 2025)

A Figura 3.6 ilustra dois corpos, A (massa m_A) e B (massa m_B), separados por uma distância d , com forças de interação $\vec{F}_{B/A}$ (força que B exerce sobre A) e \vec{F}_{AB} (força que A exerce sobre B). Essa representação está alinhada à Terceira Lei de Newton, ação e reação, onde:

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{B/A}, \quad (3.18)$$

ou seja, as forças têm mesma intensidade, direção oposta e atuam em corpos diferentes A e B.

3.2.3 Expressão da Força Peso

A expressão $F_p = m \cdot g$ pode ser entendida a partir da Lei da Gravitação Universal. O módulo da interação gravitacional entre um objeto de massa m e a Terra, de massa M_{Terra} , é dada por:

$$F_p = G \cdot \frac{m \cdot M_{\text{Terra}}}{r_{\text{Terra}}^2} \Rightarrow \frac{F_p}{m} = G \cdot \frac{M_{\text{Terra}}}{r_{\text{Terra}}^2} \quad (3.19)$$

Substituindo a expressão da força peso, obtemos:

$$g = \frac{G \cdot \frac{m \cdot M_{\text{Terra}}}{r_{\text{Terra}}^2}}{m} \quad (3.20)$$

resultando em:

$$g = G \cdot \frac{M_{\text{Terra}}}{r_{\text{Terra}}^2} \quad (3.21)$$

Portanto, a aceleração gravitacional g é uma constante (na superfície da Terra) que depende da massa da Terra e do raio da Terra.

3.2.4 Aspectos Importantes no Ensino de Física

O conceito de força peso é crucial no ensino de Física, não apenas pela sua aplicabilidade em diversos contextos cotidianos, mas também pelo seu papel no desenvolvimento do pensamento científico dos alunos. Durante o processo de ensino-aprendizagem, é importante destacar algumas questões:

- **Compreensão da Relação entre Massa e Peso:** Os alunos frequentemente confundem massa e peso. A massa de um objeto é uma medida da quantidade de matéria que ele

contém e é independente de sua localização, enquanto o peso é a força exercida pela Terra sobre esse objeto e depende da aceleração gravitacional do local. Esse conceito deve ser claramente diferenciado em sala de aula.

- **Variação de g em Diferentes Locais:** A aceleração da gravidade não é uniforme em todos os lugares da Terra. A variação de g com a latitude (por causa do achatamento polar) e com a altitude (quanto maior a altitude, menor g) deve ser discutida. Isso pode ser ilustrado com experimentos e cálculos, permitindo que os alunos compreendam a natureza local da força peso.
- **Importância da Fórmula:** A equação $F_p = m \cdot g$ é simples, mas poderosa. Seu uso é essencial para a resolução de uma variedade de problemas envolvendo o movimento de corpos sob a ação da atração gravitacional, como o lançamento de projéteis, quedas livres e o estudo de órbitas.
- **Exemplo Didático:** Um exercício clássico para ensinar a força peso é calcular o peso de diferentes objetos na Terra e na Lua. Isso permite discutir como a aceleração da gravidade afeta o peso de um objeto e como a gravidade lunar é aproximadamente $1/6$ da gravidade terrestre.

A força peso é um dos conceitos fundamentais da Física, com uma vasta gama de aplicações no cotidiano e nas ciências aplicadas. A partir da Lei da Gravitação Universal, tem-se a relação com a massa do objeto e com a aceleração gravitacional. Esse conceito não apenas é essencial para o entendimento dos movimentos e interações dos corpos, mas também constitui um pilar para o ensino de Física em níveis básicos e avançados, porque é a interação capaz de manter coeso o universo Newtoniano. As dificuldades encontradas pelos alunos no entendimento da força peso podem ser superadas com uma abordagem didática que enfatize as diferenças entre massa e peso, a variabilidade de g e a relação entre esses conceitos e os fenômenos naturais.

3.3 Queda Livre

A queda livre refere-se ao movimento de um corpo sob a ação exclusiva da gravidade, sem resistência do ar ou outras forças. Este capítulo explorará a queda livre a partir de uma perspectiva teórica e matemática avançada, fornecendo deduções detalhadas e exemplos aplicados sobre o objeto e a aceleração resultante, conhecida como aceleração devido à gravidade, é denotada por g e, na superfície da Terra, tem um valor aproximado de $9,81 \text{ m/s}^2$ (SERWAY; JEWETT, 2014). É importante notar que esta definição assume a ausência de resistência do ar, o que é uma idealização útil para simplificar os cálculos iniciais.

3.3.1 Histórico e Importância

Historicamente, o estudo da queda livre remonta aos experimentos de Galileu Galilei no século XVII. Galileu desafiou a visão aristotélica de que objetos mais pesados caem mais rapidamente do que objetos leves. Utilizando planos inclinados para desacelerar a queda dos objetos e medir o tempo de descida com precisão, Galileu demonstrou que, na ausência de resistência do ar, todos os corpos caem com a mesma aceleração.

3.3.2 Equações do Movimento

As equações do movimento para um corpo em queda livre podem ser deduzidas a partir das leis de Newton. Supondo uma aceleração constante $a = g$, temos as seguintes equações fundamentais do movimento retilíneo uniformemente acelerado (MRUA):

3.3.2.1 Velocidade

$$v = v_0 + gt \quad (3.22)$$

Sendo v é a velocidade final, v_0 é a velocidade inicial (igual a zero para queda livre a partir do repouso), g é a aceleração gravitacional, e t é o tempo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

3.3.2.2 Deslocamento

$$s = v_0t + \frac{1}{2}gt^2 \quad (3.23)$$

Na qual s é o deslocamento, e os outros termos são como definidos anteriormente (TIPLER; MOSCA, 2008).

3.3.2.3 Velocidade ao Quadrado em Função do Deslocamento

$$v^2 = v_0^2 + 2gs \quad (3.24)$$

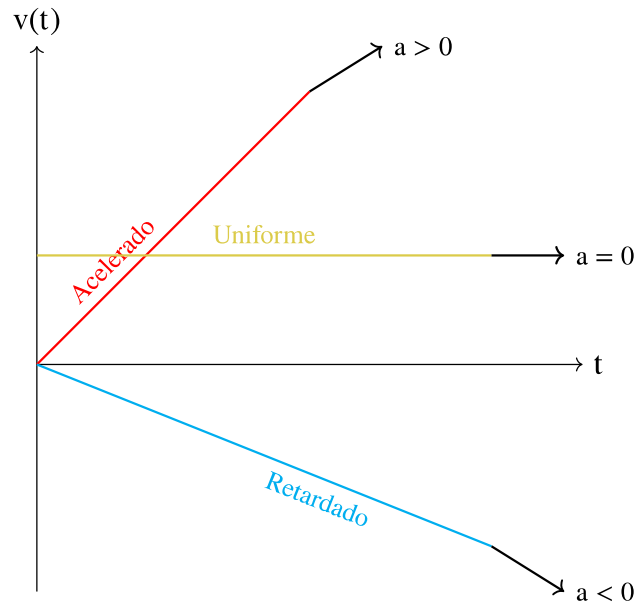
Esta equação é particularmente útil quando o tempo de queda não é conhecido. (SERWAY; JEWETT, 2014), e resulta da substituição de t dada na equação 3.22 e substituída na expressão

3.23.

3.3.2.4 Representações Gráficas

Gráfico da Velocidade em função do Tempo - $v(t) \times t$

Figura 3.7 – Gráfico da velocidade em função do tempo. Retas representam aceleração constante.



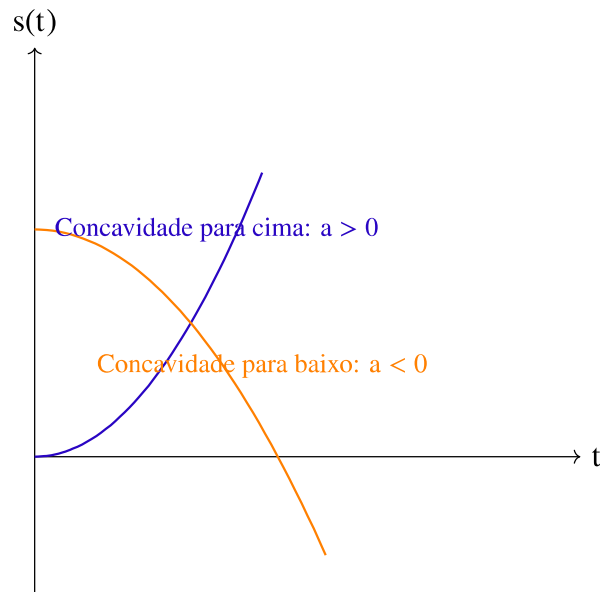
Fonte: Autoria Própria, 2025

Neste gráfico, temos três situações:

- **Acelerado:** a velocidade aumenta com o tempo — reta com inclinação positiva.
- **Uniforme:** a velocidade permanece constante — reta horizontal.
- **Retardado:** a velocidade diminui com o tempo — reta com inclinação negativa.

Gráfico da Posição em função do Tempo - $s(t) \times t$

Figura 3.8 – Gráfico da posição em função do tempo. A forma da curva depende da aceleração.



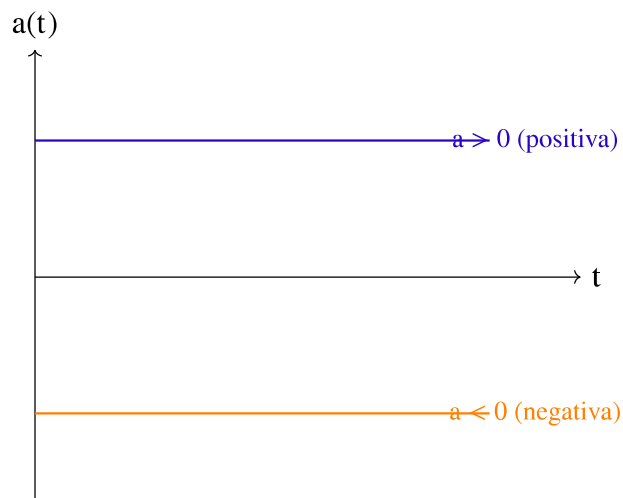
Fonte: Autoria Própria, 2025

Neste gráfico, as curvas são parábolas:

- **Concavidade voltada para cima:** movimento acelerado (aceleração positiva).
- **Concavidade voltada para baixo:** movimento retardado (aceleração negativa).

Gráfico da Aceleração em função do Tempo - $a(t) \times t$

Figura 3.9 – Gráfico da aceleração em função do tempo. Aceleração constante.



Fonte: Autoria Própria, 2025

Neste gráfico:

- **Reta horizontal acima do eixo:** aceleração positiva constante.
- **Reta horizontal abaixo do eixo:** aceleração negativa constante.

Graficamente, o comportamento da velocidade em função do tempo em uma queda livre a partir do repouso ($v_0 = 0$) é representado por uma linha reta com inclinação positiva. O coeficiente angular da linha é igual à aceleração g .

3.3.3 Importância e Aplicações

A velocidade no movimento de queda livre é um conceito amplamente aplicado em várias áreas da ciência e tecnologia, como:

- **Física experimental:** Medições precisas de v permitem determinar g com alta precisão.
- **Engenharia:** O cálculo da velocidade em queda livre é essencial no projeto de estruturas e sistemas que envolvem movimento gravitacional.
- **Astrofísica:** É usada para descrever o comportamento de corpos em campos gravitacionais intensos, como buracos negros.
- **Física forense:** Análises da velocidade de queda ajudam a esclarecer eventos envolvendo quedas de objetos ou pessoas.

3.3.4 Dedução da Equação da Velocidade

Começamos com a definição da aceleração:

$$a = \frac{dv}{dt} = g \quad (3.25)$$

Integrando a aceleração em relação ao tempo, obtemos:

$$v = \int_0^t g, dt' = gt + C_1 \quad (3.26)$$

Aplicando a condição inicial $v(0) = v_0$:

$$C_1 = v_0 \quad (3.27)$$

Assim, a equação da velocidade é:

$$v = v_0 + gt \quad (3.28)$$

(HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013)

3.3.5 Experimentos e Aplicações no contexto do produto educacional

A queda livre pode ser observada experimentalmente através do uso de equipamentos como cronômetros e dispositivos de medição de distância. Um exemplo clássico é o experimento de queda livre de Galileu, que demonstrou que todos os objetos caem com a mesma aceleração, independentemente de suas massas, na ausência de resistência do ar (GALILEO, 1638). No contexto moderno, a queda livre é estudada com maior precisão utilizando câmeras de alta velocidade e sensores avançados para medir a aceleração e o deslocamento. Esses experimentos confirmam que, na ausência de forças resistivas, a aceleração devido à gravidade é constante para todos os corpos.

A compreensão da queda livre é essencial para o estudo da mecânica e tem aplicações práticas em diversas áreas, incluindo a engenharia e as ciências naturais. O desenvolvimento teórico, combinado com a experimentação, proporciona uma visão abrangente deste fenômeno fundamental.

3.4 Lei de Hooke

A força elástica é uma força restauradora que aparece em sistemas elásticos quando esses são deformados. Este capítulo explorará a força elástica a partir de uma perspectiva teórica e matemática avançada, fornecendo deduções detalhadas e exemplos aplicados. A compreensão da força elástica é essencial para o estudo da mecânica e das propriedades dos materiais.

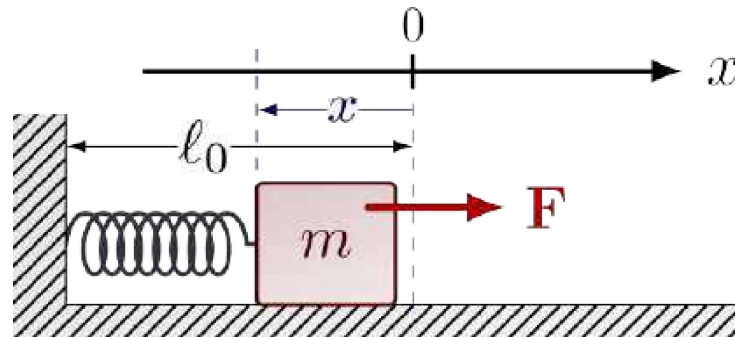
A lei de Hooke é a base para a análise de sistemas elásticos. Ela afirma que a força F necessária para esticar ou comprimir uma mola é proporcional ao deslocamento x da posição de equilíbrio. Em uma dimensão, têm-se que:

$$F = -kx \quad (3.29)$$

na qual k é a constante elástica da mola e x é o deslocamento em relação à posição de equilíbrio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

3.4.1 Diagrama de uma mola sendo esticada por uma força

Figura 3.10 – Representação Diagrama Massa e Mola



Fonte: TikZ.net (2025)

O Diagrama mostra Figura 3.10 força em função do deslocamento para uma mola ideal é uma linha reta que passa pela origem, indicando uma relação linear entre a força e o deslocamento.

3.4.2 Demonstração da Força Elástica Compensadora em 1D

3.4.2.1 Lei de Hooke e Relação com o Potencial

A força elástica compensadora em 1D é dada por:

$$F(x) = -kx, \quad (3.30)$$

onde k é a constante elástica e x é o deslocamento da posição de equilíbrio. Essa força também pode ser expressa como o gradiente negativo de uma energia potencial elástica $U(x)$:

$$\vec{F} = -\vec{\nabla}U \quad \Rightarrow \quad F(x) = -\frac{dU}{dx}. \quad (3.31)$$

Igualando as Expressões

Igualando as Equações (3.30) e (3.31):

$$-kx = -\frac{dU}{dx}. \quad (3.32)$$

Simplificando os sinais negativos:

$$\frac{dU}{dx} = kx. \quad (3.33)$$

Determinação do Potencial Elástico $U(x)$

Integre a Equação (3.33) para encontrar $U(x)$:

$$\begin{aligned} U(x) &= \int kx \, dx + C \\ &= \frac{1}{2}kx^2 + C. \end{aligned} \quad (3.34)$$

Condição de Contorno

Adotando $U(0) = 0$ (energia potencial nula na posição de equilíbrio):

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2. \quad (3.35)$$

Verificação Final

Substituindo $U(x)$ da Equação (3.35) na Equação (3.31):

$$F(x) = -\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{2}kx^2 \right) = -kx, \quad (3.36)$$

o que confirma a validade da Lei de Hooke.

Interpretação Física

- O gradiente negativo ($-\frac{dU}{dx}$) garante que a força seja restauradora, sempre apontando para $x = 0$.
- A energia potencial 3.37 é parabólica, característica de sistemas harmônicos.

A energia potencial armazenada em um sistema elástico é dada por:

$$U = \frac{1}{2}kx^2 \quad (3.37)$$

onde U é a energia potencial elástica (TIPLER; MOSCA, 2008).

3.4.3 Aplicações Práticas

A compreensão da força elástica é essencial para diversas aplicações práticas, incluindo o projeto de sistemas de suspensão em veículos, estruturas de engenharia civil, instrumentos

musicais e dispositivos médicos. O estudo das propriedades elásticas dos materiais também é fundamental para o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias e, nestes casos, a força elástica é um conceito útil.

3.5 Movimento Circular

O movimento circular é um dos movimentos interessantes na Física, ocorrendo quando um objeto se desloca ao longo de uma trajetória circular com um raio constante r . Este tipo de movimento é amplamente utilizado na descrição de fenômenos naturais, como o movimento de planetas ao redor de estrelas, bem como em várias aplicações tecnológicas. Neste contexto, é essencial deduzir as principais equações que governam o movimento circular e sua interpretação Física.

3.5.1 Dedução detalhada da aceleração em coordenadas polares

Segundo Nussenzveig (1994), ao trabalhar com movimento circular ou sistemas com simetria radial, é conveniente descrever as grandezas vetoriais em coordenadas polares. Essas coordenadas são definidas pelos vetores unitários \hat{r} (radial) e $\hat{\phi}$ (transversal/tangencial), que dependem do tempo.

1. Posição do ponto

A posição de um ponto a uma distância fixa R do centro é dada por:

$$\vec{r}(t) = R \hat{r} \quad (3.38)$$

Aqui, \hat{r} é o vetor unitário radial que aponta da origem para a posição do ponto.

2. Velocidade

A velocidade é obtida derivando $\vec{r}(t)$ em relação ao tempo:

$$\begin{aligned} \vec{v}(t) &= \dot{\vec{r}} = \dot{t}(R \hat{r}) \\ &= \dot{R} \hat{r} + R \dot{\hat{r}} \end{aligned} \quad (3.39)$$

Como R é constante (raio fixo), temos:

$$\dot{R} = \ddot{R} = 0 \quad (3.40)$$

Logo, a equação (3.39) se reduz a:

$$\vec{v}(t) = R \hat{r} \dot{\phi} \quad (3.41)$$

Sabemos que a derivada do vetor unitário radial em coordenadas polares é:

$$\hat{r} \dot{\phi} = \dot{\phi} \hat{\phi} \quad (3.42)$$

Portanto, a velocidade fica:

$$\vec{v}(t) = R \dot{\phi} \hat{\phi} \quad (3.43)$$

3. Aceleração

Derivando a equação da velocidade (3.43):

$$\begin{aligned} \vec{a}(t) &= \dot{\vec{v}} = \dot{t}(R \dot{\phi} \hat{\phi}) \\ &= R \ddot{\phi} \hat{\phi} + R \dot{\phi} \dot{\hat{\phi}} \end{aligned} \quad (3.44)$$

Agora usamos a identidade da derivada do vetor unitário tangencial:

$$\dot{\hat{\phi}} = -\dot{\phi} \hat{r} \quad (3.45)$$

Substituindo (3.45) em (3.44):

$$\begin{aligned} \vec{a}(t) &= R \ddot{\phi} \hat{\phi} + R \dot{\phi} (-\dot{\phi} \hat{r}) \\ &= R \ddot{\phi} \hat{\phi} - R \dot{\phi}^2 \hat{r} \end{aligned} \quad (3.46)$$

4. Decomposição da aceleração

A equação final pode ser interpretada como a soma de dois vetores:

$$\vec{a}(t) = \underbrace{-R \dot{\phi}^2 \hat{r}}_{\vec{a}_c \text{ (centrípeta)}} + \underbrace{R \ddot{\phi} \hat{\phi}}_{\vec{a}_t \text{ (tangencial)}} \quad (3.47)$$

Ou seja:

$$\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t \quad (3.48)$$

Onde:

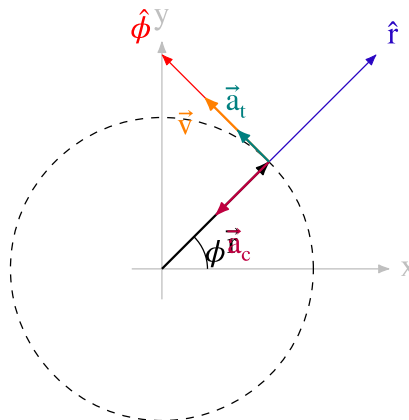
$$\vec{a}_c = -R\dot{\phi}^2 \hat{r} \quad (\text{aceleração centrípeta, aponta para o centro}) \quad (3.49)$$

$$\vec{a}_t = R\ddot{\phi} \hat{\phi} \quad (\text{aceleração tangencial, perpendicular à radial}) \quad (3.50)$$

Essa decomposição é fundamental para analisar movimentos circulares e sistemas em rotação. (NUSSENZVEIG, 1994).

3.5.1.1 Representação Gráfica vetores em coordenadas polares

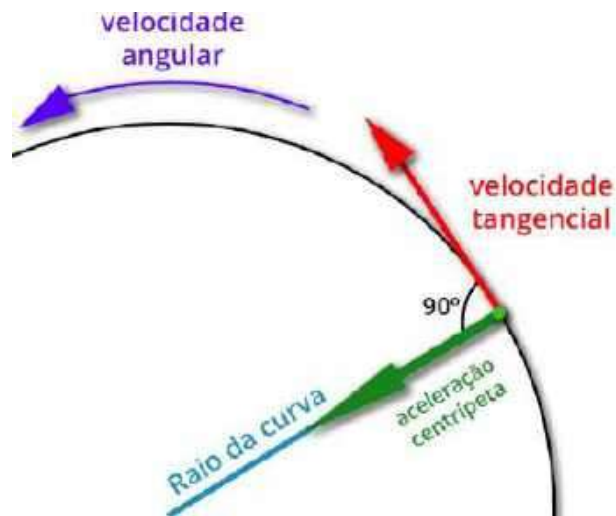
Figura 3.11 – Representação dos vetores em coordenadas polares



Fonte: Autoria Própria, 2025

A Figura 3.11 ilustra a representação de vetores em coordenadas polares para um sistema em movimento circular. O vetor posição \vec{r} está associado aos vetores unitários radial \hat{r} e tangencial $\hat{\phi}$, que variam com o ângulo ϕ . A velocidade \vec{v} é tangente à trajetória, enquanto a aceleração centrípeta \vec{a}_c aponta para o centro da curva, conforme a dinâmica de movimentos circulares (MARION; THORNTON, 2004). A aceleração tangencial \vec{a}_t , por sua vez, surge apenas em movimentos não uniformes ($\dot{\omega} \neq 0$) (TAYLOR, 2005). A decomposição vetorial em coordenadas polares é essencial para analisar sistemas rotacionais (GOLDSTEIN; POOLE; SAFKO, 2002).

Figura 3.12 – Diagrama dos conceitos de velocidade angular, velocidade tangencial, aceleração centrípeta e o seu raio.



Fonte: Escola (2025a)

A Figura 3.12 é um diagrama que ilustra os conceitos de velocidade angular, velocidade tangencial, aceleração centrípeta e o raio de uma curva no contexto de movimento circular.

3.5.2 Deslocamento angular

No movimento circular, a posição de um corpo pode ser descrita em termos do ângulo θ , que é medido a partir de um ponto fixo. A relação entre o deslocamento linear s e o deslocamento angular θ é dada por:

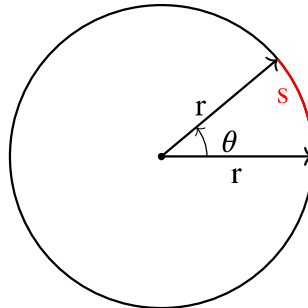
$$s = r \cdot \theta \quad (3.51)$$

sendo que:

- s é o deslocamento linear do corpo,
- r é o raio da trajetória circular,
- θ é o deslocamento angular (medido em radianos).

3.5.2.1 Representação Gráfica Deslocamento angular

Figura 3.13 – Representação geométrica de $s = r \cdot \theta$



Fonte: Autoria Própria, 2025

A Figura 3.13 ilustra a relação entre o comprimento do arco s , o raio r e o ângulo θ (medido em radianos) em um setor circular. O comprimento do arco é proporcional ao ângulo central subtendido por ele, sendo dado pela equação $s = r \cdot \theta$. Os dois vetores que partem da origem representam os raios do círculo delimitando o setor circular. O arco vermelho é o comprimento s , correspondente ao deslocamento ao longo da circunferência entre os dois raios. O ângulo θ é marcado entre os dois vetores e deve estar em radianos para que a fórmula $s = r \cdot \theta$ seja válida diretamente, sem necessidade de conversão. (NUSSENZVEIG, 1994). Essa relação é fundamental na cinemática angular e no estudo de movimentos circulares, pois permite converter um deslocamento angular em uma distância percorrida ao longo da trajetória circular.

3.5.3 Velocidade Tangencial

A velocidade tangencial v é a taxa de variação do deslocamento linear s em relação ao tempo:

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (3.52)$$

Substituindo $s = r \cdot \theta$ nesta equação, obtemos:

$$v = \frac{d(r \cdot \theta)}{dt} = r \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (3.53)$$

Definimos $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ como a *velocidade angular*, que representa a taxa de variação do ângulo θ ao longo do tempo. Assim, temos a relação entre a velocidade tangencial e a velocidade angular:

$$v = r \cdot \omega \quad (3.54)$$

Logo, a velocidade tangencial depende diretamente do raio da trajetória e da velocidade angular do corpo.

3.5.4 Aceleração Centrípeta

A aceleração centrípeta a_c é a aceleração responsável por mudar a direção do vetor velocidade, mantendo o corpo em movimento circular. A fórmula da aceleração centrípeta é dada por:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad (3.55)$$

Substituindo $v = r \cdot \omega$, obtemos:

$$a_c = r \cdot \omega^2 \quad (3.56)$$

Essa aceleração é sempre dirigida para o centro da trajetória circular.

3.5.5 Força Centrípeta

A força centrípeta F_c é a força responsável por fornecer a aceleração centrípeta. Aplicando a segunda lei de Newton, $F = m \cdot a$, e considerando a aceleração centrípeta a_c , temos:

$$F_c = m \cdot a_c = \frac{mv^2}{r} \quad (3.57)$$

Ou, em termos da velocidade angular ω , têm-se:

$$F_c = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad (3.58)$$

Essa força pode ser gerada por diferentes tipos de interações, como a força gravitacional (no caso de órbitas planetárias), a força de atrito (em carros fazendo curvas), ou a tensão em uma corda (em movimentos de pêndulo).

3.5.6 Movimento Circular Não Uniforme

No movimento circular não uniforme, o módulo da velocidade não é constante, e o corpo experimenta uma aceleração tangencial adicional, a_t , responsável por modificar a magnitude da velocidade. A aceleração total a é a soma vetorial das acelerações centrípeta e tangencial:

$$\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t \quad (3.59)$$

sendo \vec{a}_c a aceleração centrípeta (sempre apontando para o centro da trajetória) e \vec{a}_t a aceleração tangencial (que altera a magnitude da velocidade).

3.5.7 Período e Frequência

O período T é o tempo necessário para que o corpo complete uma volta completa ao redor da trajetória circular. A frequência f é o número de voltas por unidade de tempo. A relação entre o período e a frequência é dada por:

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.60)$$

Além disso, a frequência está relacionada à velocidade angular ω pela equação:

$$\omega = 2\pi f \quad (3.61)$$

Os conceitos são amplamente aplicados tanto em sistemas naturais (como o movimento de planetas e satélites) quanto em contextos tecnológicos (como motores e sistemas mecânicos).

4 TEORIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

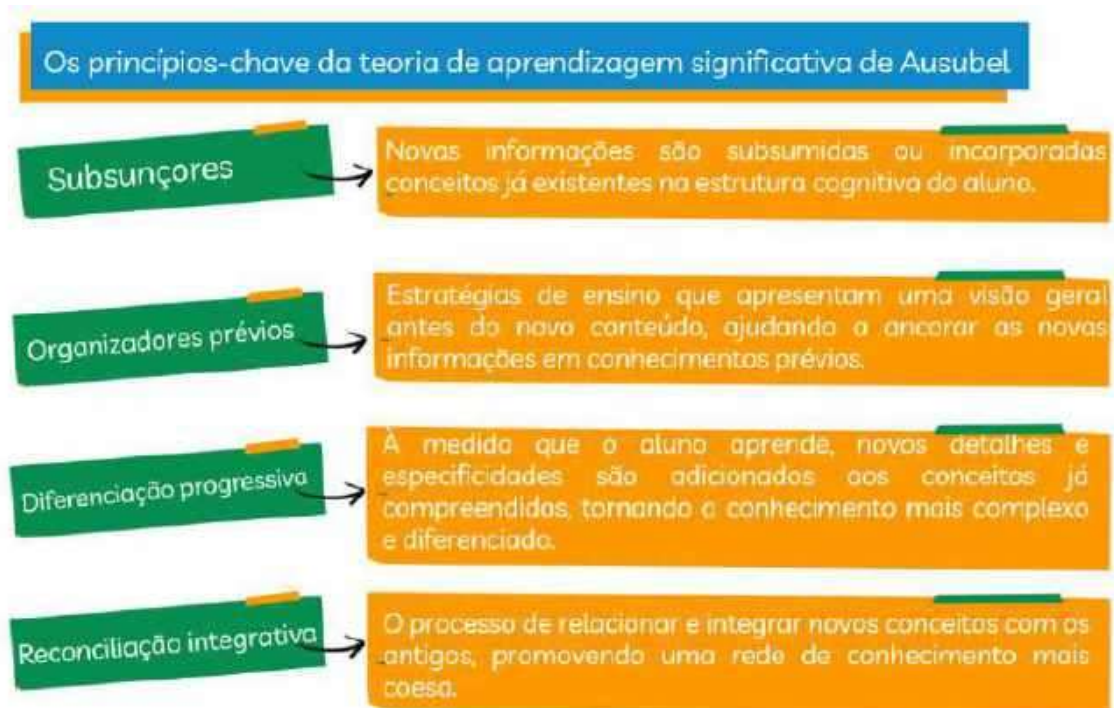
4.1 Aprendizagem Significativa: Teoria de Ausubel

A Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel (AUSUBEL, 1982) é um dos pilares fundamentais para entender como os estudantes adquirem e retêm o conhecimento. Ausubel destaca que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando o novo conhecimento é relacionado ao conhecimento pré-existente do aluno, ou seja, o novo conteúdo deve ser ancorado a ideias já compreendidas.

4.1.0.1 Subsunoçores e Ancoragem

Conceitos como "subsunoçores" e "ancoragem" são centrais nessa teoria. Subsunoçores são os conceitos prévios relevantes na estrutura cognitiva do aluno, aos quais as novas informações podem se ancorar (MOREIRA, 2010). A qualidade e a organização desses subsunoçores influenciam diretamente a facilidade e a profundidade da aprendizagem. A Figura 4.1 mostra o resumo dos princípios-chave desta teoria.

Figura 4.1 – Princípios da teoria de aprendizagem significativa

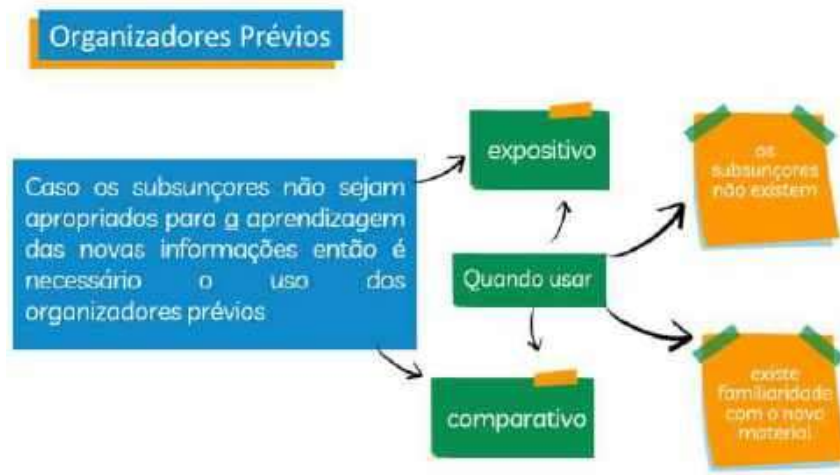


Fonte: (MOREIRA, 2010)

Em seu modelo, a organização cognitiva desempenha um papel essencial: o conhecimento

deve ser estruturado de forma hierárquica, com conceitos mais gerais servindo como âncoras para a aprendizagem de conceitos mais específicos. A Figura 4.2 representa os tipos de organizadores prévios, quando não existem os subsunçores.

Figura 4.2 – Representação dos Organizadores Prévios



Fonte: Autoria própria, 2024

O conceito de aprendizagem significativa está em contraste com a aprendizagem mecânica, na qual o estudante memoriza informações sem uma verdadeira compreensão. De acordo com (AUSUBEL, 1982), a motivação do aluno, o uso de organizadores prévios e a exposição ao conteúdo de forma clara e estruturada são cruciais para que o conhecimento se torne significativo e duradouro. A seguir, na Figura 4.3 apresenta-se a organização da aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica.

Figura 4.3 – Representação da Organização da aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica



Fonte: Autoria própria, 2024

A teoria de Ausubel também se relaciona diretamente com o ensino de Física, especialmente no que se refere à educação científica. O trabalho de Moreira (2010) reforça esse ponto, explorando a aplicação de uma abordagem significativa no ensino de Física, indicando como os professores podem utilizar os conceitos de Ausubel para organizar e mediar o conhecimento de maneira mais eficaz e conectar os conceitos científicos ao cotidiano dos alunos.

É fundamental que o professor identifique e ative o conhecimento prévio dos alunos antes de apresentar novos conceitos. (AUSUBEL, 1968), (MOREIRA, 2010), Estratégias como a utilização de organizadores prévios (mapas conceituais, analogias) podem facilitar a ancoragem de novos conhecimentos e promover uma aprendizagem mais efetiva.

5 METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA

As metodologias ativas representam uma revolução no mundo da educação, transformando a sala de aula em um espaço dinâmico e interativo, no qual os alunos são os protagonistas de seu próprio aprendizado. Imagine-se agora como um facilitador de descobertas, guiando os alunos em uma jornada de exploração e aprendizado significativo. Certamente, trata-se de uma missão empolgante.

Segundo Studart (2019),

Aprendizagem ativa envolve os alunos no processo de aprendizagem por meio de atividades e/ou discussão em sala de aula, em vez de ouvir passivamente um especialista. Ela enfatiza o pensamento de ordem superior e frequentemente envolve trabalho em equipe. (STUDART, 2019)

Ao usarem metodologias ativas, os educadores não apenas transformam a experiência educacional dos alunos, mas também os prepara para enfrentarem os desafios do mundo real, no qual a capacidade de pensar de forma crítica, trabalhar em equipe e se adaptar a mudanças é mais importante do que nunca.

A combinação da abordagem STEAM (acrônimo para Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics - Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) (QUINA; CASAL-DE-LA-FUENTE; CARDOSO, 2023) com a metodologia de instrução pelos colegas (peer instruction ou IPC), (GARCIA; OLIVEIRA, M. M. d.; PLANTIER, 2019) e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (AUSUBEL, 1968),(SILVA, S. d. C. R.; SCHIRLO, 2014) no ensino de Física oferece um poderoso instrumento e que tem potencial para impactar a experiência educacional dos alunos. Segundo, Venturine e Oliveira Malaquias (2023), o modelo educacional tradicional tem sido alvo de diversas críticas por parte de educadores, pensadores e pesquisadores, os quais propõem metodologias para promover uma melhoria no sistema de ensino e aprendizagem.

Ao adotar a abordagem STEAM, o professor estará se adequando às exigências da nova estrutura do Ensino Médio aprovado pelo congresso nacional em 2016 (SILVEIRA, 2023). Segundo a BNCC¹ (ZANATTA, 2017), os educadores devem integrar conceitos de Física com outras disciplinas, como Artes, Matemática e tecnologia, permitindo que os alunos explorem

¹Base Nacional Comum Curricular

conexões interdisciplinares, estejam capacitados e compreendam a Física em um contexto mais amplo e relevante. Isso estimula a curiosidade, a criatividade e a aplicação prática do conhecimento, elementos essenciais para uma aprendizagem significativa, em acordo com as afirmações de Vieira, Nicolodi e Darroz (2021).

A Educação Básica cumpre seu papel ao fornecer uma educação que permita ao cidadão não apenas compreender o mundo ao seu redor, mas também usar esses conhecimentos para transformá-lo. Para citar um exemplo relacionado ao tema eletricidade, parte desse papel envolve a capacidade de:

Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.(VIEIRA; NICOLODI; DARROZ, 2021) .

A metodologia de instrução por pares (GARCIA; OLIVEIRA, M. M. d.; PLANTIER, 2019) complementa essa abordagem, promovendo a colaboração entre os alunos e incentivando-os a assumirem papéis ativos na construção do conhecimento. Ao trabalharem juntos para explicar conceitos, resolver problemas e realizar experimentos, os estudantes não apenas consolidam sua compreensão da Física, mas também desenvolvem habilidades de comunicação, trabalho em equipe e pensamento crítico.

Por fim, a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1968) constitui a abordagem teórica imprescindível, pois enfatiza a importância de conectar os novos conhecimentos com a estrutura cognitiva prévia dos alunos, tornando a aprendizagem mais profunda e duradoura. Ao contextualizar os princípios físicos em situações do mundo real ou relacioná-los com experiências pessoais dos alunos, os educadores podem facilitar a internalização dos conceitos e promover uma compreensão mais sólida e significativa.

Assim, ao combinar a abordagem STEAM com a metodologia de instrução por pares e a teoria da Aprendizagem Significativa, os educadores têm ferramentas que são adequadas para criar um ambiente de aprendizagem dinâmico, envolvente e eficaz e que tem potencial para preparar os alunos não apenas para compreender os conceitos de Física, mas também para aplicá-los de forma criativa e reflexiva e em diferentes contextos. Ao adentrar nesse universo de ensinagem ativa, os alunos não são mais apenas aprendizes passivos, absorvendo informações

fragmentadas. Em vez disso, tornam-se exploradores curiosos, navegando pelos vastos oceanos do conhecimento, conectando pontos e desvendando segredos ocultos.

5.1 Formação de Professores de Física

A formação de professores de Física é um tema essencial para discussões e aprimoramentos com o objetivo de garantir que os educadores estejam devidamente preparados para enfrentar os desafios do ensino dessa disciplina. Carvalho e Gil-Pérez (2006) discutem amplamente as tendências e inovações na formação de professores de Ciências, com um foco específico na área de Física. Segundo eles,

É fundamental que os programas de formação de professores integrem teoria e prática de maneira coesa, permitindo aos futuros educadores não apenas dominar o conteúdo específico da Física, mas também compreender e aprimorar os processos de ensino-aprendizagem (CARVALHO, A. M. P. d.; GIL-PÉREZ, 2006, p. 45) .

Essa abordagem visa capacitar os professores a adaptarem-se às novas demandas educacionais, oferecendo uma formação crítica e reflexiva.

Além disso, o desenvolvimento profissional contínuo é crucial para garantir que os professores de Física se mantenham atualizados com as novas abordagens pedagógicas, como o uso de metodologias ativas, tecnologias educacionais e modelos inovadores, como o STEAM. Este modelo, em particular, tem se mostrado cada vez mais relevante no contexto atual do ensino de Física, pois integra diferentes áreas do conhecimento e permite uma abordagem mais interdisciplinar e contextualizada.

5.2 O Ensino de Física no Brasil: Desafios e Perspectivas

A educação em Física no Brasil enfrenta desafios significativos, desde a qualidade do ensino até a formação inadequada de professores. CARVALHO, PEREIRA e R. P. SILVA (2019) identificam as principais dificuldades encontradas no ensino de Física no país, como a fragmentação do conhecimento, o desinteresse dos alunos e a deficiência na infraestrutura escolar. Eles destacam que,

As metodologias tradicionais, muitas vezes, não são suficientes para engajar os alunos em um aprendizado mais profundo e contextualizado (CARVALHO; PEREIRA; SILVA, R. P., 2019, p.145) .

Além disso, os autores ressaltam que a falta de recursos materiais e a escassez de laboratórios e equipamentos adequados agravam ainda mais a situação do ensino de Física nas escolas brasileiras.

Por outro lado, CARVALHO, PEREIRA e R. P. SILVA (2019) também apontam as perspectivas de melhoria do ensino de Física, como a adoção de metodologias ativas que incentivam a participação dos alunos e promovem um aprendizado mais dinâmico. Essas metodologias, de acordo com os autores, têm o potencial de

Reconfigurar o papel do aluno como protagonista do seu aprendizado. Eles defendem a importância de contextualizar o ensino de Física com temas do cotidiano, de modo a tornar a disciplina mais próxima da realidade dos alunos e, assim, mostrar sua relevância prática.(CARVALHO; PEREIRA; SILVA, R. P., 2019, p.147)

O trabalho de J. P. Silva e Gomes (2021) também reforça essa necessidade de transformação nas práticas pedagógicas, defendendo o uso de abordagens que favoreçam a autonomia e o pensamento crítico dos alunos. Os autores enfatizam que:

Um ensino que estimule a reflexão crítica e a resolução de problemas permite aos estudantes compreender melhor a Física e sua aplicação no mundo real (SILVA, J. P.; GOMES, 2021, p. 73)

Para esses estudiosos, a mudança nas práticas pedagógicas é um caminho fundamental para superar os desafios do ensino de Física no Brasil e garantir uma formação mais adequada e relevante para os alunos.

5.2.1 Preparação para o Mundo Real e Mercado de Trabalho

5.3 Abordagem STEAM - Interdisciplinaridade e Conexões Holísticas

A abordagem STEAM¹ reconhece a interdependência entre as disciplinas, permitindo que os alunos vejam conexões holísticas² entre conceitos e habilidades relacionadas a cada uma delas. Ao integrar conhecimentos de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, os estudantes são capacitados a entender como essas áreas se relacionam e interagem no mundo real, promovendo uma compreensão mais profunda e contextualizada (BACICH; HOLANDA, 2020).

¹Acrônimo para Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics - Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática.

²significa total, abrangente, completo ou inteiro. É um termo que deriva do grego holo e que se refere a uma visão que considera o todo como algo mais do que a soma das partes.

Segundo a BNCC (2016), o ensino deve, entre muitos outros objetivos, propiciar aos alunos as habilidades e competências para

Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (BNCC, 2016)

Sendo assim, a Matemática não deve ser apenas uma série de fórmulas abstratas, mas sim a linguagem universal que permeia todas as disciplinas, desde a análise de dados científicos até a criação de obras de arte. A Arte não é apenas estética, mas sim uma forma de expressão que ajuda a dar vida aos conceitos científicos e a tornar tangível o mundo abstrato da Matemática.

Ainda neste cenário, a Engenharia não deve ser vista apenas como área que versa sobre técnicas e teorias que são úteis para construir pontes e máquinas, mas sim como conjunto de saberes que permitem solucionar problemas complexos de maneira criativa e inovadora, utilizando conhecimentos de diversas áreas, incluindo os conceitos discutidos nas aulas de Física. Também não se poderá reduzir a Tecnologia apenas a um aglomerado de dispositivos e algoritmos, mas sim uma ferramenta poderosa que amplia nossa capacidade de explorar, criar e colaborar. Todas estas características da metodologia STEAM estão em harmonia com a necessidade do ensino que permita ao discente

Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.(BNCC, 2016) .

E, é claro, a Ciência, de forma geral, não é apenas um conjunto de fatos a serem memorizados, mas sim uma jornada de investigação e descoberta, na qual perguntas são tão importantes quanto respostas e a curiosidade é o combustível que impulsiona o progresso.

Ao integrar essas disciplinas, os alunos são convidados a cruzar fronteiras, a desafiar limites e a explorar novos territórios do conhecimento. E, à medida que mergulham nessa jornada interdisciplinar, descobrem que as conexões que fazem são muito mais do que simplesmente acadêmicas; são profundamente humanas, enriquecendo suas vidas de maneiras que vão além das paredes da sala de aula.

Portanto, ao promover a interdisciplinaridade e as conexões holísticas, a metodologia STEAM não apenas prepara os alunos para os desafios do mundo moderno, mas também os

capacita a se tornarem cidadãos globais conscientes, capazes de compreender e enfrentar os complexos problemas que se apresentam na sociedade. É uma jornada emocionante, repleta de descobertas, aprendizados e, acima de tudo, de uma profunda apreciação pela vastidão e beleza do conhecimento humano.

A preparação para o mundo real e o mercado de trabalho pode ser uma jornada empolgante e desafiadora, e a abordagem STEAM se destaca como uma bússola confiável nesse trajeto. Imagine-se agora como um viajante em uma jornada épica, pronto para enfrentar os desafios do mundo além dos portões da academia. Ferraz afirma que

(...) a educação que a escola tem oferecido resume-se no desenvolvimento da capacidade de “aprender a aprender”, não como aquisição de informações e tecnologias para uma satisfatória inserção num mercado “flexível” (como supõe a legislação), mas sim no sentido de aprender a identificar a estratégia mais adequada para alcançar determinado fim. (FERRAZ, R., 2006) .

A integração das disciplinas STEAM não é apenas uma questão de adquirir conhecimento, mas sim de cultivar habilidades e mentalidades que são essenciais para prosperar em um mundo cada vez mais complexo e interconectado.

Ao atravessar essa jornada, os alunos não apenas acumulam informações, mas também desenvolvem uma compreensão profunda de como aplicar esse conhecimento de maneira prática e inovadora. Eles não apenas resolvem problemas em laboratórios e salas de aula, mas também aprendem a enfrentar os desafios do mundo real com confiança e resiliência.

5.3.1 Estímulo à Criatividade e Inovação

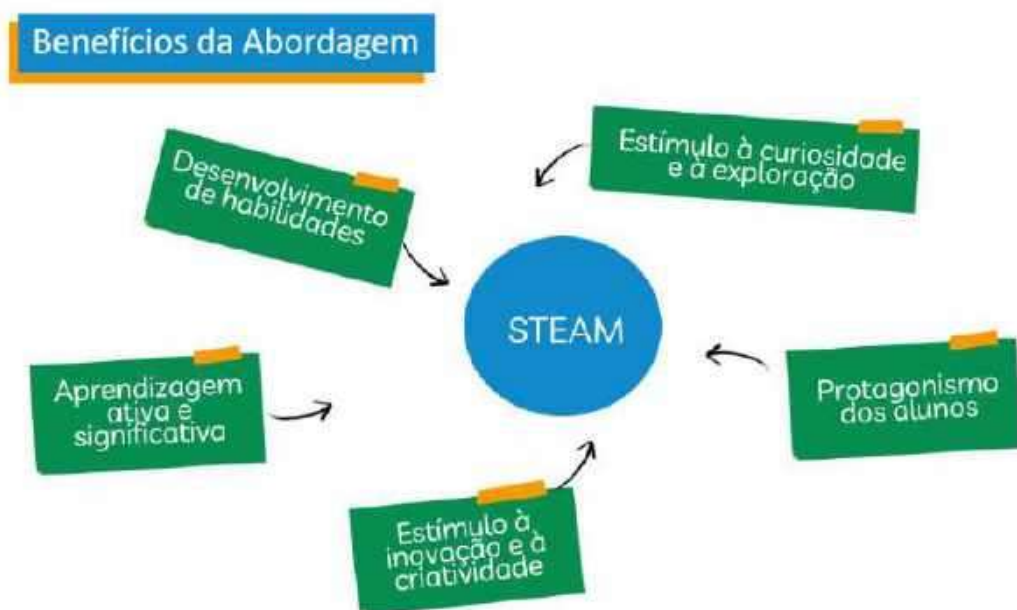
A abordagem STEAM se revela como um terreno fértil para o florescimento da criatividade e inovação. Imagine-se agora como um artista diante de uma tela em branco, pronto para dar vida a suas ideias mais audaciosas. Neste ambiente, a Arte não é apenas uma forma de expressão, mas sim um catalisador para a imaginação, um convite para explorar novas perspectivas e desafiar convenções. Os alunos não apenas criam obras de arte, mas também experimentam, colaboram e reimaginam o mundo ao seu redor de maneiras que nunca pensaram possíveis.

Maia, Rodolfo Araújo de Carvalho e Appelt (2021) afirmam que:

Foi recentemente que a abordagem STEAM, antes denominado STEM, começou a ganhar força na educação e na literatura, e incorporou a componente Artes para inserir as Ciências Humanas e Sociais em seu contexto. Isso permitiu que esta abordagem educacional evoluísse para além da instrumentação e habilidades técnicas, reforçando a importância da interdisciplinaridade, compreensão do mundo ao seu redor e dando maior relevância a habilidades humanísticas, como a criatividade e criticidade. (MAIA; CARVALHO, R. A. de; APPELT, 2021) .

E, é claro, a Ciência não é apenas um conjunto de fatos a serem memorizados, mas sim uma jornada de exploração e descoberta, na qual perguntas são tão importantes quanto as respostas, sendo a curiosidade o combustível que impulsiona o progresso. Os alunos não apenas estudam o mundo natural, mas também o questionam, o desafiam e o transformam, moldando o futuro com suas descobertas e *insights*. A Figura 5.1 mostra em resumo os benefícios da abordagem STEAM.

Figura 5.1 – Representação dos Benefícios da abordagem



Fonte: Autoria própria, 2024

Ao integrar essas disciplinas, os alunos são convidados a pensar de forma criativa e a abordar problemas de maneiras inovadoras. E à medida que exploram novos territórios do conhecimento, descobrem que a verdadeira magia da metodologia STEAM não está apenas na criação de soluções inteligentes e originais, mas sim na transformação de suas próprias mentes, cultivando uma paixão pela descoberta e uma sede insaciável por conhecimento.

5.3.2 Engajamento dos Alunos

Neste cenário, a metodologia STEAM emerge como um convite irresistível à participação ativa e entusiástica dos alunos. Imagine-se agora como um condutor de uma orquestra, regendo não apenas um conjunto de notas, mas sim uma sinfonia harmoniosa de aprendizado e descoberta.

Com o uso desta metodologia, a interdisciplinaridade não é apenas uma ideia abstrata, mas sim uma realidade palpável e, fazendo parte dela, os alunos são convidados a explorar conexões entre diferentes áreas de conhecimento de maneira prática e envolvente. Eles não apenas aprendem sobre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática de forma isolada, mas sim como peças de um quebra-cabeça interconectado, cada uma contribuindo com conhecimentos para uma compreensão mais completa e significativa do mundo ao seu redor.

Ao mergulhar nessa abordagem integrada, os alunos são incentivados a se tornarem protagonistas de seu próprio aprendizado, explorando tópicos de interesse pessoal e colaborando com seus colegas em projetos desafiadores e estimulantes. Eles não apenas absorvem informações passivamente, mas sim as constroem ativamente, através de experiências práticas, experimentação e descoberta.

Nesse sentido, a abordagem STEAM pode ser implementada na Educação Básica a partir de situações do cotidiano da comunidade em que os estudantes analisam um problema, planejam e propõem soluções para mitigá-lo ou amenizá-lo. (MAIA; CARVALHO, R. A. de; APPELT, 2021) .

A sala de aula se transforma em um espaço de exploração e criatividade e os alunos são incentivados a questionar, experimentar e assumir riscos intelectuais. Eles não apenas buscam respostas, mas sim formulam perguntas provocativas, desafiando suposições e explorando novos territórios do conhecimento.

E, é claro, o papel do educador se transforma de transmissor de informações para facilitador de aprendizado, guiando e apoiando os alunos em sua jornada de descoberta. O professor não apenas fornece respostas, mas sim estimula a curiosidade, fomenta o pensamento crítico e celebra a diversidade de perspectivas e ideias que surgem no processo de aprendizagem.

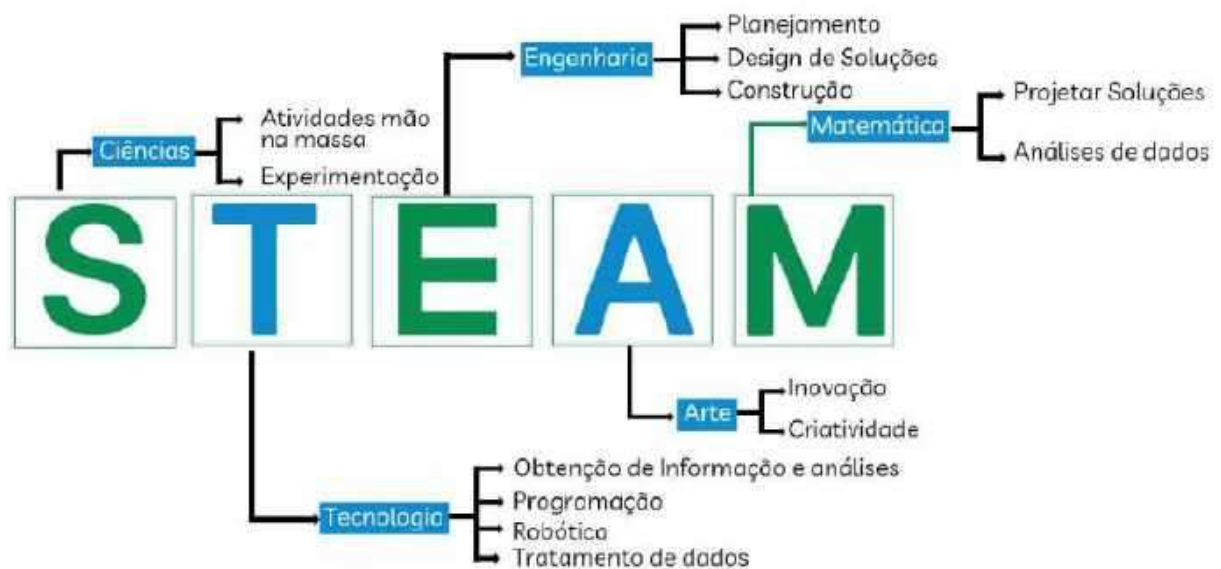
Ao promover esse engajamento ativo dos alunos, a metodologia STEAM não apenas torna o aprendizado mais significativo e relevante, mas também prepara os alunos para enfrentar os desafios do século XXI com confiança e determinação. É uma abordagem que celebra a alegria

da descoberta, a emoção da colaboração e a beleza da aprendizagem ao longo da vida.

5.3.3 Desenvolvimento de Habilidades do Século XXI

Uma representação de como a metodologia STEAM, ao reconhecer a interdependência entre as disciplinas emerge como um catalisador essencial para o desenvolvimento das habilidades do século XXI, pode ser visualizada na figura Figura 5.2.

Figura 5.2 – Diagrama STEAM proposto pelo autor



Fonte: Autoria própria, 2024

O docente pode, com esta metodologia, imaginar-se como um arquiteto de pontes entre o passado e o futuro, construindo alicerces sólidos para o sucesso e a realização pessoal dos alunos. Perceba que as disciplinas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática se entrelaçam para criar uma tapeçaria rica e multifacetada de aprendizado, na qual os alunos não apenas adquirem conhecimento, mas também cultivam habilidades essenciais para prosperar em um mundo em constante evolução.

Ao mergulhar nesse ecossistema educacional integrado, os alunos são convidados a desenvolver habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração, comunicação e criatividade. Eles não apenas absorvem informações de forma passiva, mas

sim as aplicam de maneira prática e significativa, enfrentando desafios complexos e encontrando soluções inovadoras. A Matemática se transforma em uma ferramenta poderosa para a análise de dados e a tomada de decisões informadas. A Tecnologia constitui um meio de ampliar a capacidade dos alunos de criar, colaborar e se comunicar em um mundo cada vez mais conectado. A Engenharia oferece uma estrutura para a resolução de problemas complexos e a implementação de soluções práticas. A Arte estimula a imaginação e a expressão criativa, enquanto a Ciência fomenta a curiosidade e a investigação.

E, à medida que os alunos exploram essas disciplinas de maneira integrada, descobrem que estão desenvolvendo habilidades que são essenciais para o sucesso em qualquer campo ou profissão. Eles aprendem a pensar de forma crítica, a trabalhar em equipe, a comunicar suas ideias de forma clara e persuasiva, além de se tornarem capazes de encontrar soluções inovadoras para os desafios que enfrentam.

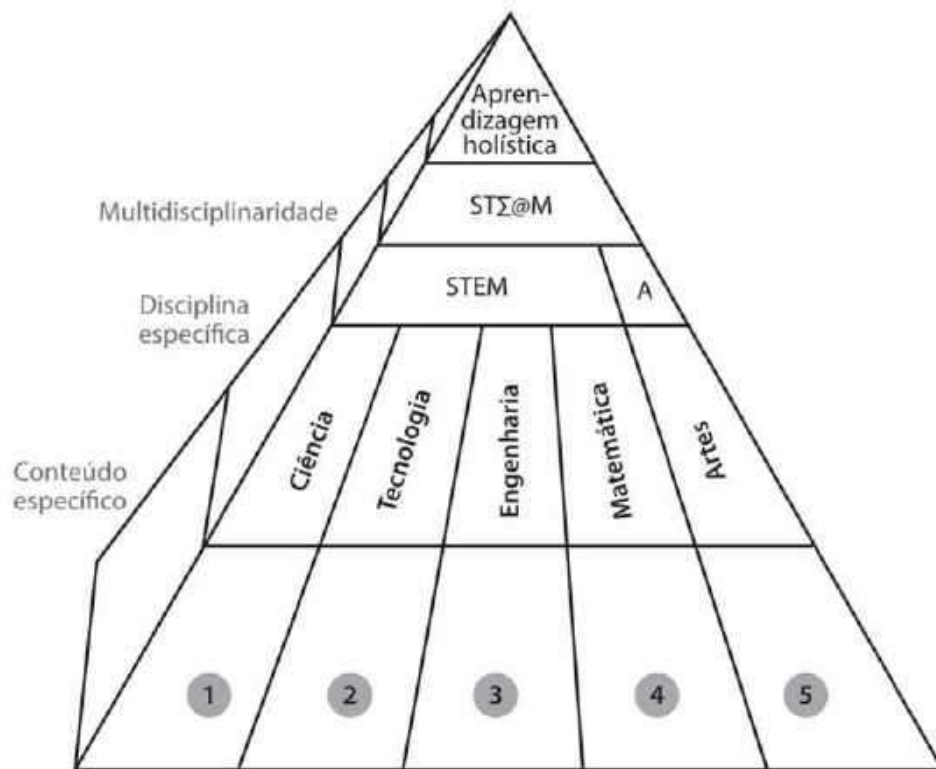
Em um projeto STEAM, temos como objetivo a construção de propostas de intervenção pelos estudantes para pensar sobre um desafio que faz parte do contexto escolhido, e, nesse caso, devemos tomar cuidado para não tratar as áreas de forma isolada, tornando o projeto multidisciplinar. É um equívoco comum escolher um tema para trabalhar nas diferentes áreas e acreditar que isso é o suficiente para promover uma conexão entre os conceitos de cada uma delas. (BACICH; HOLANDA, 2020) .

Ao promover o desenvolvimento dessas habilidades do século XXI, a metodologia STEAM (BACICH; HOLANDA, 2020) não apenas prepara os alunos para os desafios do mundo moderno, mas também os capacita a se tornarem cidadãos globais responsáveis, capazes de fazer diferença positiva em suas comunidades e no mundo. É uma abordagem que celebra não apenas o que os alunos sabem, mas também quem eles são e quem eles podem se tornar. A proposta do acrônimo STEAM é creditada a Yakman (2017), que desenvolveu uma pirâmide visual apresentada na Figura 5.3 para representar a integração das áreas. A base da Pirâmide é composta pelos itens numerados a seguir estão indicados na figura. Estes itens representam as áreas temáticas, quais sejam:

1. História da origem dos conceitos, processos de investigação, física, biologia, química, ciências espaciais, geociências, bioquímica.
2. História das tecnologias, tecnologia e sociedade, design, habilidades, projetos para o mundo, agricultura, medicina, biomedicina, biotecnologia, informática, comunicação, construção, indústrias, transporte, energia .

3. Aeroespacial, fluidos, arquitetura, agronomia, civil, computacional, de minas, acústica, química, elétrica, ambiental, industrial, de materiais, mecânica, dos oceanos, naval .
4. Operações, álgebra, geometria, medições, análise de dados, probabilidade, resolução de problemas, comunicação, cálculos, trigonometria, causas e efeitos.
5. Humanidades (nas, visuais performáticos): música, teatro, fisiologia (artes manuais, corporais e psicologia), antropologia, relações internacionais, filosofia.

Figura 5.3 – Pirâmide integração das áreas na metodologia STEAM



Fonte: Portal Sinapsys.News (2024),(YAKMAN, 2017)

5.4 Instrução pelos colegas (Peer Instruction) - IPC

Desenvolvida por Eric Mazur(MAZUR, 2015) a metodologia de Instrução pelos Colegas, ou Peer Instruction, é uma abordagem inovadora para o ensino e aprendizagem colaborativa. Descrita detalhadamente em seu livro Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa (MAZUR, 2015), essa metodologia transforma o papel dos alunos em participantes ativos no processo educativo.

Em vez de depender exclusivamente do professor para transmitir informações, os alunos se envolvem em discussões, debates e atividades práticas que incentivam o pensamento crítico e a compreensão aprofundada dos conceitos. A Figura 5.4 mostra o resumo esquematizado dos conceitos fundamentais do IPC.

Figura 5.4 – Representação dos conceitos fundamentais da Instrução por Pares

Conceitos Fundamentais da Instrução por Pares



Fonte: Autoria Própria, 2024

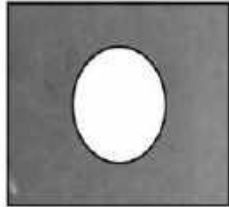
A Instrução pelos Colegas, como explorado por Araujo e Mazur (2013), se mostra particularmente eficaz na disciplina de Física no Ensino Médio. Ela promove a participação ativa dos alunos, estimula o pensamento crítico e ajuda na consolidação do conhecimento.

O método é estruturado em etapas-chave, começando com uma breve exposição dialogada pelo professor, seguida pela apresentação de uma questão conceitual que os alunos devem responder individualmente. Com base nas respostas coletadas, o professor ajusta a abordagem para garantir que todos os alunos compreendam os conceitos, seja por meio de discussões em grupo ou pela reformulação da exposição do tema.

A Figura 5.5 apresenta um exemplo de questão conceitual.

Figura 5.5 – Exemplo de uma questão conceitual para uso com a metodologia IPC

Considere uma placa de metal de formato retangular com um furo circular no centro. Se a placa for uniformemente aquecida, o diâmetro do buraco:



- a) aumenta
- b) permanece o mesmo
- c) diminui

Fonte: Araujo e Mazur (2013)

A imagem apresentada na Figura 5.6 apresenta um exemplo de aplicação da metodologia em sala de aula.

Figura 5.6 – Exemplo de aplicação da metodologia IPC, utilizando cartão - momento de coleta da resposta dos discentes a um dos questionamentos realizados pelo autor



Fonte: Autoria Própria, 2024

Nela capturou-se o momento em que os alunos apresentaram a resposta para uma questão conceitual proposta no âmbito da IPC. Durante a atividade os discentes receberão cartões resposta (ver Figura 5.7), confeccionados em material de baixo custo, com o intuito de facilitar a contabilização das respostas pelo docente.

Figura 5.7 – Cartões resposta confeccionados com papelão usados durante a aplicação da metodologia IPC



Fonte: Autoria Própria, 2024

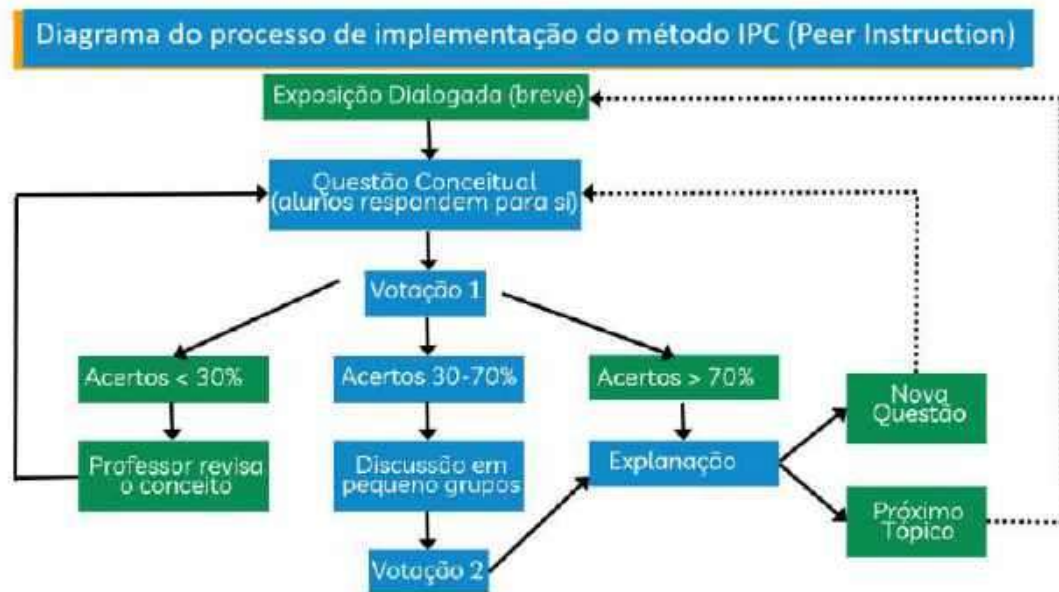
Após a coleta das respostas dos discentes, quando mais de 70% dos alunos acertam a questão proposta, tem-se um indicativo de uma compreensão sólida do tema pela maioria da turma. Nesse caso, o professor pode fazer considerações breves sobre o assunto antes de prosseguir para outro tópico, aproveitando o momento do aprendizado. Essas considerações breves podem incluir um resumo dos principais pontos discutidos e reforçar a importância do tema dentro do contexto mais amplo do currículo. Ao mesmo tempo, é essencial que o professor esteja atento àqueles alunos que podem precisar de apoio adicional para alcançar o mesmo nível de compreensão que a maioria da turma.

Por outro lado, quando o índice de acertos está abaixo de 30%, há uma lacuna na compreensão do tema. Nesse caso, o professor reformula a exposição do assunto, ajustando-a para abordar as dificuldades identificadas, mas mantendo a motivação e o interesse dos alunos.

Quando o índice de acertos está entre 30% e 70%, os alunos devem se reunir em pequenos grupos para discutir o tema em estudo. Durante essa etapa, o professor participa ativamente das discussões, circulando entre os grupos e fornecendo orientações e esclarecimentos conforme necessário. Após o debate em grupo, o processo de votação é retomado e o professor esclarece a resposta correta, garantindo que todos os alunos compreendam os conceitos abordados.

O diagrama apresentado na Figura 5.8 esquematiza o processo de aplicação do método IPC. A essência da metodologia foi destacada nesta figura em azul.

Figura 5.8 – Diagrama do processo de implementação do método IPC (Peer Instruction). Em destaque a etapa como ConcepTest. Adaptado de Lasry, Mazur e Watkins (ARAÚJO; MAZUR, 2013)



Fonte: Autoria Própria, 2024

Este método está em constante evolução e conta com uma comunidade ativa de professores em todo o mundo. A abordagem IPC não apenas promove o aprendizado ativo e colaborativo, mas também desenvolve habilidades sociais, como comunicação eficaz, trabalho em equipe e pensamento crítico. Ao integrar a metodologia de instrução pelos colegas nas atividades desenvolvidas em sala de aula, os professores podem criar um ambiente de aprendizado inclusivo e estimulante, no qual cada aluno é desafiado e apoiado em seu processo individual de aprendizagem.

Ao adotar essa abordagem, os educadores capacitam os alunos a assumirem um papel ativo em sua própria aprendizagem, promovendo a autonomia, a responsabilidade e o pensamento independente. Os alunos não apenas aprendem com seus professores, mas também com os colegas, compartilhando conhecimentos, experiências e perspectivas únicas que enriquecem o processo de aprendizagem.

Com o uso da IPC, a sala de aula se transforma em um ambiente colaborativo e inclusivo, oportunizando aos alunos a possibilidade de contribuir com o processo de aprendizagem enquanto podem aprender uns com os outros. As hierarquias tradicionais de ensino são substituídas por uma cultura de respeito mútuo e cooperação e os alunos são valorizados como participantes

ativos no processo de aprendizagem.

E, é claro, a instrução pelos colegas não se limita apenas à sala de aula, mas se estende para além de seus limites, incorporando atividades como tutoria entre pares, discussões em grupo e projetos colaborativos. Os discentes envolvidos não apenas recebem feedback dos professores, mas também dos colegas, o que os ajuda a identificar áreas de melhoria e a desenvolver habilidades essenciais para o sucesso acadêmico e profissional (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Possibilitar aos discentes a oportunidade de se tornarem aprendizes autônomos e críticos bem como cultivar uma cultura de colaboração e respeito mútuo que permeia toda a comunidade escolar são algumas das vantagens da promoção do uso da metodologia IPC. É uma abordagem que não apenas prepara os alunos para o sucesso na sala de aula, mas também para enfrentar os desafios do mundo real, no qual a capacidade de trabalhar em equipe e colaborar efetivamente com os outros é fundamental para o sucesso.

5.5 Teorias e metodologias combinadas para o Ensino de Física

Nos últimos anos, as metodologias de ensino inovadoras têm ganhado destaque como formas eficazes de engajar os alunos e promover condições para a aprendizagem significativa. Entre essas metodologias, a abordagem STEAM, e a Instrução por Pares têm se mostrado particularmente eficazes no ensino de disciplinas como a Física. A implementação de metodologias ativas é profundamente fundamentada nas teorias educacionais contemporâneas, como o construtivismo (PIAGET, 1976), a Aprendizagem Social (BANDURA, 1977) e a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1982)."

A Teoria Construtivista, defendida por Vygotsky, enfatiza que o aprendizado é mais eficaz quando os alunos constroem seu próprio conhecimento de forma ativa, em interação com o ambiente e com os outros. (VYGOTSKY, 1978), destaca que aprendizado é potencializado pela interação social, especialmente quando os alunos colaboram e aprendem uns com os outros dentro do que ele conceitua e por sua zona de desenvolvimento proximal.

A teoria da aprendizagem significativa de (MOREIRA, 2010), que se opõe à mera memorização, destaca que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando o conteúdo é relevante e relacionado ao conhecimento prévio do aluno. Essa teoria justifica o uso de metodologias como STEAM, que contextualiza o aprendizado, tornando-o mais próximo da

realidade dos alunos e conectando conceitos teóricos a aplicações práticas. A Instrução por Pares também contribui para a aprendizagem significativa ao promover a construção coletiva do conhecimento, sendo que os alunos podem, por meio de discussões e explicações mútuas, integrar novos conceitos ao seu repertório de maneira mais significativa.

A aprendizagem social, conforme discutida por (BANDURA, 1977), também é um pilar importante para metodologias como a Instrução por Pares. Bandura enfatiza que o aprendizado é um processo que ocorre por meio da observação e da imitação de comportamentos dos outros.

Portanto, as metodologias STEAM e Instrução por Pares estão fortemente alinhadas com teorias educacionais que promovem a aprendizagem ativa, colaborativa e contextualizada. A implementação dessas abordagens no ensino de Física, utilizando o Arduino como ferramenta prática, oferece aos alunos oportunidades únicas de construir conhecimento de maneira significativa e integrada, socialmente, preparando-os para os desafios do século XXI.

Para a metodologia da pesquisa optou-se pela fenomenológica, que constitui uma abordagem qualitativa que busca compreender e descrever as experiências vividas pelos indivíduos em relação a um fenômeno específico. Segundo (HUSSERL, 1913), a fenomenologia centra-se na essência das experiências subjetivas, desvelando as percepções e significados que as pessoas atribuem às suas vivências. Este método é particularmente útil em estudos que envolvem a exploração de sentimentos, percepções e experiências humanas em profundidade.

Reconhecida por (MOREIRA, 2011), a fenomenologia, enquanto abordagem qualitativa na pesquisa em ensino, tem como perspectiva a busca por compreender os significados atribuídos pelos atores sociais aos fenômenos educacionais, integrando-se ao domínio conceitual das pesquisas que investigam processos de ensino-aprendizagem através de registros detalhados das interações em contexto natural.

Para (MOREIRA, 2011), a pesquisa fenomenológica em ensino caracteriza-se por:

- Foco na construção social da realidade educativa (p. 47)
- Ênfase na interpretação dos significados implícitos nas ações pedagógicas
- Uso de técnicas de baixa inferência para preservar a autenticidade dos fenômenos

Essa perspectiva ecoa a visão de (ERICKSON, 1986) sobre pesquisa interpretativa, que Moreira adota como marco teórico para análises qualitativas em sala de aula. A fenomenologia

aplicada ao ensino, nessa concepção, permite examinar não apenas o comportamento observável, mas as camadas de significado subjacentes às práticas docentes Moreira (2011).

A abordagem empregada foi a qualitativa para obter uma compreensão aprofundada das experiências e percepções dos alunos em relação ao uso do Arduino e da metodologia STEAM. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários aplicados em dois momentos: antes e após a intervenção. Esses questionários abordaram os conteúdos de Física trabalhados e foram complementados pelo uso de mapas mentais, criados pelos alunos nas mesmas etapas. Essa estratégia permitiu avaliar as mudanças no entendimento conceitual e na percepção dos alunos sobre os temas explorados. (GIL, 2002) argumenta que a abordagem qualitativa é essencial para captar as nuances das experiências dos participantes, destacando que a análise qualitativa é fundamental para compreender a complexidade do comportamento humano.

As observações sistemáticas realizadas durante as aulas documentaram as interações entre os alunos, o engajamento com os experimentos e a dinâmica da sala de aula. Esses registros forneceram um contexto valioso que complementa os dados dos questionários e mapas mentais, proporcionando uma visão mais abrangente do ambiente educacional.

Caracterizamos esta pesquisa como uma pesquisa-ação, Thiollent (2009), uma vez que o pesquisador participa ativamente no processo de implementação e avaliação das metodologias. A pesquisa-ação permite um ciclo contínuo de planejamento, ação, observação e reflexão, adaptando as estratégias conforme necessário para atingir os objetivos educacionais. Moreira (2011) destaca que a pesquisa-ação possibilita um ajuste contínuo das estratégias educacionais, promovendo uma aprendizagem mais relevante e significativa.

A participação ativa do pesquisador é crucial para identificar e solucionar problemas emergentes durante o processo de implementação. Esse ciclo iterativo de avaliação e ajuste contínuo garante que as metodologias sejam constantemente refinadas para atender às necessidades dos alunos de maneira eficaz.

A utilização do Arduino como ferramenta central permitiu a realização de experimentos práticos utilizando materiais reaproveitados, como sobras de MDF, sensores e outros componentes eletrônicos, para abordar conteúdos de Física de forma interativa. Durante as aulas, foram realizados experimentos que exploraram conceitos como queda livre, leis de Newton, força peso, lei de Hooke e movimento circular. Esses experimentos foram complementados por vídeos

demonstrativos produzidos com o material elaborado, que auxiliaram os alunos na compreensão dos fenômenos físicos abordados.

A metodologia STEAM, que envolve a integração de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, promove um aprendizado interdisciplinar e focado na resolução de problemas reais. Yakman (2017) salienta que a educação STEAM é crucial para desenvolver um modelo educacional que prepare os alunos para os desafios do século XXI.

Além disso, a Instrução por Pares, os alunos trabalham em duplas ou pequenos grupos, foi utilizada para promover a aprendizagem colaborativa. Mazur (2015) destaca os benefícios dessa metodologia para a compreensão conceitual dos alunos uma vez que permite que os alunos aprendam de maneira mais eficaz através da interação e discussão com seus colegas.

6 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

A educação no século XXI enfrenta desafios complexos, que exigem metodologias e teorias de ensino capazes de promover o engajamento dos alunos e conectar o aprendizado escolar à realidade. Nesse contexto, a aplicação de abordagens como STEAM, Instrução por Pares e a Aprendizagem Significativa tem se mostrado eficaz para potencializar a compreensão dos conceitos científicos e tecnológicos. A combinação destas abordagens oferece a possibilidade de acesso a um ensino mais dinâmico e integrado, que privilegia a aprendizagem ativa, o trabalho colaborativo e a aplicação prática dos conhecimentos.

Dessa forma, foi realizada a aplicação do produto educacional (ver apêndice 8) em uma escola pública de Ensino Médio integral no Maranhão. A escolha foi motivada pelo objetivo de avaliar se a combinação das metodologias juntamente com recursos tecnológicos como Arduíno tem o potencial de tornar o aprendizado da Física mais significativo e interativo para os alunos. Essa estratégia busca responder às demandas educacionais contemporâneas, conectando conceitos teóricos à prática e desenvolvendo competências pelos estudantes para resolverem problemas do mundo real.

6.1 Contexto da Aplicação

A aplicação da metodologia foi implementada em uma escola de Ensino Médio integral, envolvendo quatro turmas do primeiro ano e uma turma do terceiro ano da área de Ciências Exatas e da Terra (ETT), totalizando, aproximadamente, 150 alunos. O foco principal foi o ensino interativo de conceitos fundamentais da Física, como as Leis de Newton, força peso, Lei de Hooke, queda livre e movimento circular, integrando experimentação prática e metodologias ativas de ensino.

A implementação seguiu uma estrutura didática planejada em quatro aulas para cada conteúdo, como mostra na Figura 6.1, combinando diferentes estratégias de ensino, como aulas expositivas, experimentação prática, instrução por pares, atividades de confecção de mapas mentais e questionários, distribuídas em 20 aulas no total, com cada aula tendo 50 minutos de duração. Essa abordagem visou promover uma aprendizagem significativa, contextualizada e colaborativa.

Figura 6.1 – Diagrama do processo de aplicação da Sequência Didática



Fonte: Autoria Própria, 2024

6.2 Metodologia de Ensino

6.2.1 Estrutura das Aulas

Cada conteúdo foi dividido em quatro aulas, com etapas bem definidas:

1. Primeira Aula: Aplicação de Questionário, confecção de Mapa Mental e Apresentação Teórica

A primeira aula foi dedicada a aplicação de questionário e confecção de mapas mentais do conteúdo, afim de coletar as informações que o aluno já tem sobre o assunto. Logo em seguida inicia a introdução dos conceitos teóricos, utilizando recursos audiovisuais, como vídeos explicativos e animações. Os vídeos ilustraram fenômenos físicos difíceis de observar no cotidiano, como a queda livre e a deformação de molas na Lei de Hooke. Exemplos práticos também foram apresentados, como o estudo das forças em corpos em movimento, permitindo aos alunos possibilidades de "visualização" dos conceitos.

2. Segunda Aula: Experimentos Práticos

Após a exposição teórica, os alunos tendo realizados experimentos práticos utilizando materiais simples, como sobras de MDF, Sensores e o Arduíno como ferramenta central.

Esses experimentos permitem aos alunos aplicarem conceitos de Física de forma concreta e integrada às áreas de Tecnologia e Engenharia, elementos essenciais da abordagem STEAM.

3. **Terceira Aula: Instrução por Pares**

A terceira aula promoveu a interação colaborativa por meio da metodologia de Instrução por Pares. Os alunos foram organizados nas filas ou pequenos grupos para discutir conceitos, responder questões propostas e resolver problemas práticos. Essa abordagem reforçou o aprendizado ao estimular a explicação e a argumentação entre os colegas, consolidando os conceitos explorados nas aulas anteriores.

4. **Quarta Aula: Síntese e Avaliação**

A última aula foi dedicada à revisão e consolidação do conteúdo. Os alunos tinham a oportunidade de compartilharem dúvidas. Um questionário final foi aplicado e foi solicitado aos alunos a confecção de um mapa mental com o objetivo de avaliar o progresso ao longo do ciclo de aprendizagem. Logo em seguida foi apresentado o assunto do Próximo conteúdo.

6.3 **Queda Livre**

A aplicação do conteúdo sobre queda livre seguiu a metodologia de ensino previamente estruturada, com as quatro etapas principais. O objetivo foi proporcionar aos alunos uma compreensão teórica e prática deste fenômeno físico, integrando tecnologia e experimentação. As atividades estão descritas na seção do produto educacional, apresentado na seção 42 no apêndice 8.

6.3.1 **Primeira Aula: Aplicação de Questionário, Confecção de Mapa Mental e Apresentação Teórica**

Na primeira aula, os alunos participaram da aplicação de um **questionário inicial** e da confecção do **mapa mental**¹, (ver Figura 6.4) sobre queda livre. Essa etapa permitiu que fossem identificados os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema, tais como a influência da gravidade e a aproximação da ausência de resistência do ar.

¹Um mapa mental é uma ferramenta visual que organiza ideias e informações de forma hierárquica e associativa em torno de um tema central. Utiliza palavras-chave, imagens, cores e ramificações para estimular a criatividade, facilitar a memorização e a compreensão de conceitos complexos.

Após a coleta das informações, foi feita uma introdução teórica, (ver Figura 6.3) e logo depois uso de vídeos que ilustravam a queda de objetos em ambientes com e sem resistência do ar. Por exemplo, uma comparação entre a queda de uma pena e de uma esfera em um ambiente com vácuo foi apresentada, destacando o conceito de aceleração constante ($g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$).

Figura 6.2 – (a) Exposição teórica (à esquerda), (b) Exposição do modelo de Mapa Mental (à direita).



Figura 6.3 – Exposição teórica

Fonte: Autoria própria



Figura 6.4 – Exposição do modelo de Mapa Mental.

Fonte: Autoria própria

Foram apresentados exemplos práticos do cotidiano, como objetos em queda livre durante esportes ou experiências em gravidade zero, facilitando a conexão entre os conceitos e a realidade.

6.3.2 Segunda Aula: Experimentos Práticos

Nesta etapa, os alunos realizaram **experimentos práticos**, (ver Figura 6.5) para explorar o conceito de queda livre. Utilizando o Arduino como ferramenta central, sensores de distância foram montados em uma estrutura simples, feita de sobras de MDF. O sistema permitiu medir o tempo de queda e calcular a aceleração gravitacional (g). (Ver seção 47, figura 7.9, apêndice 8).

Procedimento Experimental:

- Configurou-se o aparato experimental de forma que fosse possível deixar cair vários tamanhos de bolas de papel, com o tempo de queda sendo registrado por um sensor conectado ao Arduino.
- A partir dos dados coletados, os alunos calcularam, (ver Figura 6.8) o valor de g com base na equação da posição:

$$s = \frac{1}{2}gt^2$$

na qual s é a altura de queda e t representa o tempo.

Figura 6.5 – Aparato experimental de Queda Livre sendo utilizado.



Figura 6.6 – Alunos da Turma de 3ºano ETT realizando o experimento

Fonte: Autoria própria



Figura 6.7 – Aluna da Turma de 1ºano realizando o experimento

Fonte: Autoria própria

Esse experimento possibilitou que os alunos verificassem na prática a aceleração constante dos corpos em queda livre, como descrito no apêndice 8, reforçando a conexão entre teoria e prática.

Figura 6.8 – Trabalhando com os dados obtidos dos experimentos.



Fonte: Autoria Própria

6.3.3 Terceira Aula: Instrução por Pares

Na terceira aula, foi aplicada a metodologia de **Instrução por Pares**, (ver Figura 6.9) que promovem a interação entre os alunos para discutir e resolver questões relacionadas à queda livre. Divididos em pequenos grupos, os alunos debateram tópicos como:

- Quando um objeto está em queda livre, a única força atuando sobre ele é?
 - a) Força gravitacional (peso).
 - b) Resistência do ar.
 - c) Força normal.

- d) Força magnética.
- Na ausência de resistência do ar, todos os objetos em queda livre caem?
 - a) Aceleram igualmente, independentemente da massa.
 - b) Caem com velocidades diferentes conforme a massa.
 - c) Mantêm velocidade constante.
 - d) Não sofrem aceleração.

Atividades em Grupo:

- Dando sequência às atividades de aplicação da metodologia instrução por pares, os alunos foram divididos em grupos para responder as questões que tiveram um percentual de acerto abaixo de 30%
- Em sequência houve discussão acerca da influência da resistência do ar em objetos leves, como uma pena.

Figura 6.9 – Alunos usando os cards para a leitura das respostas, durante as atividades com a metodologia instrução por pares



Fonte: Autoria Própria

Essa etapa consolidou os conceitos ao incentivar a explicação e o debate entre os colegas.

6.3.4 Quarta Aula: Síntese e Avaliação

Na última aula, os alunos participaram de uma **atividade de síntese**. Um questionário final foi aplicado, incluindo questões teóricas e práticas sobre queda livre, como a determinação da aceleração gravitacional em diferentes experimentos. Além disso, foi proposto a confecção de um novo **mapa mental**, permitindo que os alunos comparassem seu progresso em relação ao início do ciclo.

Discussão Final: Os alunos compartilharam suas dúvidas e apresentaram os resultados dos experimentos realizados na aula prática. Uma prévia do próximo conteúdo foi apresentada, conectando queda livre a conceitos futuros.

Essa metodologia garantiu a aplicação de uma sequência de aprendizagem completa e com o potencial de ser significativa, unindo teoria, prática e trabalho colaborativo. O tema de queda livre foi explorado de maneira dinâmica e interativa, com o objetivo de facilitar a compreensão dos alunos e promover maior engajamento com os conceitos de Física.

6.4 Leis de Newton

A exploração das Leis de Newton foi conduzida em um ciclo de aulas estruturado em quatro etapas principais, com foco em proporcionar aos alunos uma compreensão profunda e significativa dos princípios fundamentais da dinâmica. A metodologia integrada permitiu a aplicação prática e a conexão com situações do cotidiano.

6.4.1 Primeira Aula: Contextualização e Apresentação Teórica

Na primeira aula, foi realizada uma contextualização inicial para introduzir as Leis de Newton. Começamos com um **questionário diagnóstico e a confecção do mapa mental** para identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre força, massa e aceleração. Em seguida, apresentou-se um **mapa conceitual** que apresentava os conceitos-chave das três leis. (Ver apêndice 8, seção 65)

Para ilustrar a importância das Leis de Newton, utilizamos exemplos cotidianos, como:

- O movimento de um carrinho de supermercado ao aplicar força em diferentes direções.

- A relação entre a força exercida e a massa ao empurrar objetos leves e pesados.
- Situações de repouso e equilíbrio em sistemas.

Foram exibidos **vídeos demonstrativos** que apresentavam situações práticas envolvendo as Leis de Newton, como o movimento de objetos em superfícies horizontais e inclinadas. Durante a explicação, utilizou-se a seguinte formulação fundamental da Segunda Lei de Newton:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Figura 6.10 – Apresentação Teórica e Organização do Mapa Mental.



Figura 6.11 – Apresentação teórica sobre as Leis de Newton.

Fonte: Autoria própria.



Figura 6.12 – Mapa Mental sobre Leis de Newton.

Fonte: Autoria própria.

Essa abordagem inicial garantiu que os alunos estivessem preparados para as atividades práticas subsequentes.

6.4.2 Segunda Aula: Experimentos Práticos

Na segunda aula, foram realizados **experimentos práticos** com foco na aplicação direta das Leis de Newton. Um aparato experimental (ver Figura 6.13) foi montado utilizando carrinhos, trilhos de baixa fricção e sensores conectados a um Arduino. (Ver apêndice 8, seção 70).

Procedimento Experimental:

- Os alunos mediram a aceleração de um carrinho em um trilho ao aplicar diferentes forças com pesos variados resultantes do uso de diferentes valores de massa.
- Sensores registraram os valores de força e aceleração, permitindo o cálculo da massa do sistema.
- Foram explorados casos de repouso e movimento uniforme, além de situações envolvendo forças desequilibradas.

Figura 6.13 – Demonstração do experimento sobre Leis de Newton.



Figura 6.14 – Demonstração das partes do experimento prático do carrinho.

Fonte: Autoria própria.



Figura 6.15 – Demonstração do manuseio do experimento com sensores.

Fonte: Autoria própria.

Esses experimentos (ver Figura 6.16) permitiram que os alunos verificassem na prática as relações propostas pelas Leis de Newton e discutissem os resultados obtidos como mostra (apêndice 8).

Figura 6.16 – Experimento sendo realizados pelos alunos.



Figura 6.17 – Preparação do experimento pratico para movimento do carrinho.

Fonte: Autoria própria.



Figura 6.18 – Aquisição dos dados captados pelos sensores.

Fonte: Autoria própria.

6.4.3 Terceira Aula: Instrução por Pares

A terceira aula foi dedicada à **Instrução por Pares**. Os alunos participaram com engajamento; em alguns momentos, foram divididos em pequenos grupos para responder às questões que tiveram percentual abaixo de 50% de acerto, como mostra a Figura 6.19.

Figura 6.19 – Questões usado no Instrução por Pares



Fonte: Dados da Pesquisa, 2024

A proposta foi que trabalhassem em conjunto para discutir e resolver as questões. O foco estava na compreensão conceitual das três Leis de Newton, com perguntas como:

- A Segunda Lei de Newton pode ser expressa pela fórmula:
 - $F = m \cdot v$ (força é massa vezes velocidade)
 - $F = m \cdot g$ (força é massa vezes gravidade)
 - $F = m \cdot a$ (força é massa vezes aceleração)
 - $F = -F'$ (ação e reação)
- Qual dessas situações exemplifica a Terceira Lei de Newton?
 - Um livro em repouso sobre uma mesa.
 - Um carro acelerando em uma estrada.
 - Um foguete se movendo para cima ao expelir gases para baixo.
 - Uma pessoa empurrando uma parede e sentindo a força da parede em sua mão.
- A tensão em uma corda que sustenta um objeto em repouso depende de:
 - A velocidade do objeto.

- b) A aceleração do objeto.
- c) A massa do objeto e a aceleração da gravidade.
- d) O material da corda.

Os alunos utilizaram **cartões de resposta** (ver Figura 6.20) para registrar suas escolhas e receberam feedback imediato. Essa metodologia promoveu um ambiente de aprendizado colaborativo e interativo.

Figura 6.20 – Dinâmica de Instrução por Pares.



Fonte: Autoria própria.

6.4.4 Quarta Aula: Síntese e Avaliação

Na aula final, foi realizada uma **síntese** dos conceitos explorados. Os alunos elaboraram um novo mapa mental, revisando os tópicos discutidos, oportunizando a consolidação do aprendizado.

Atividade Final:

- Aplicou-se um questionário com questões teóricas e problemas envolvendo as Leis de Newton.

- Os alunos apresentaram os resultados dos experimentos realizados, discutindo como a teoria se conecta à prática.

Figura 6.21 – Alunos respondendo o questionário final.



Fonte: Autoria própria.

Esse ciclo de aulas garantiu uma abordagem abrangente e interativa das Leis de Newton, fortalecendo a compreensão dos alunos e estimulando o interesse pela Física.

6.5 Força Peso

A aplicação do conteúdo sobre força peso foi estruturada com base em uma metodologia ativa de ensino, dividida em quatro etapas principais. O objetivo foi levar os alunos a compreenderem o conceito de peso como uma força gravitacional e suas implicações no cotidiano, por meio de abordagens teóricas e experimentais.

6.5.1 Primeira Aula: Introdução Teórica e Questionamento Inicial

Na aula inicial, os alunos foram desafiados a refletir sobre o conceito de peso em situações do cotidiano. Um **questionário diagnóstico** foi aplicado para identificar concepções prévias, abordando questões como:

- Qual a diferença entre massa e peso?
- O peso de um objeto é o mesmo na Terra e na Lua?
- Como a força peso é calculada?

Além disso, foi utilizado um **mapa mental** (ver Figura 6.22) para organizar ideias relacionadas à força peso, suas características e a relação com a gravidade.

Figura 6.22 – Modelo apresentado para confecção do mapa mental



Fonte: Autoria própria.

Na sequência, foi realizada uma exposição teórica, destacando a definição da força peso como a interação gravitacional entre um corpo e o planeta. A fórmula foi apresentada:

$$P = m \cdot g$$

na qual P é o peso (N), m é a massa (kg), e g é a aceleração gravitacional ($9,8 \text{ m/s}^2$ na

Terra).

Foram utilizados vídeos interativos mostrando situações como a diferença de valores de peso de um mesmo objeto na superfície da Terra e da Lua, promovendo uma discussão sobre os efeitos da gravidade em diferentes corpos celestes.

6.5.2 Segunda Aula: Experimentos Práticos

A segunda aula foi dedicada à realização de experimentos práticos (ver Figura 6.23) para explorar o conceito de força peso. Os alunos utilizaram uma balança digital conectada a sensores de força com Arduino para medir o peso de objetos variados.

Procedimento Experimental:

- Preparação de diferentes objetos (esferas de materiais variados) com massas conhecidas.
- Registro do peso de cada objeto utilizando os sensores.
- Comparação do valor experimental obtido com o cálculo teórico do peso usando $P = m \cdot g$.
- Análise de como o peso varia com a massa e permanece constante em um mesmo local (aceleração gravitacional fixa).

Figura 6.23 – Experimento sendo realizados pelos alunos.

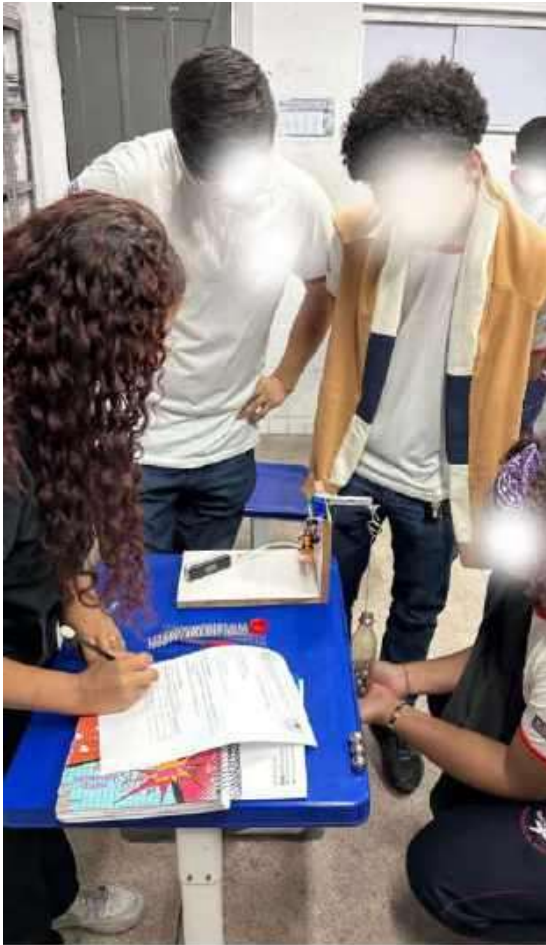


Figura 6.24 – Alunos configurando sensores de força.

Fonte: Autoria própria.



Figura 6.25 – Resultados sendo analisados pelos alunos.

Fonte: Autoria própria.

Os alunos registraram os valores obtidos em tabelas, como mostra o (apêndice 8), comparando as medições com os cálculos teóricos. Esse processo permitiu reforçar o entendimento prático do conceito de força peso.

6.5.3 Terceira Aula: Discussão e Instrução por Pares

Na terceira aula, foi aplicada a metodologia de **Instrução por Pares** (ver Figura 6.26), promovendo a interação e o debate entre os alunos.

Atividades em Grupo:

- Discussão sobre como o peso de um objeto varia em diferentes planetas.

- Resolução de problemas tais como:
 - Um astronauta tem massa de 80 Kg na Terra. Qual é o seu peso na Lua, onde a aceleração gravitacional é ($g_{\text{Lua}} = 1,6 \text{ m/s}^2$)?
 - Qual é a relação entre peso e massa em situações de microgravidade?

Os alunos utilizaram cartões de resposta para registrar suas conclusões e votações em grupo, analisando explicações uns dos outros para consolidar o aprendizado.

Figura 6.26 – Atividade de discussão com Instrução por Pares.



Fonte: Autoria própria.

Essa abordagem reforçou conceitos como a diferença entre peso e massa, enquanto os alunos aprendiam colaborativamente.

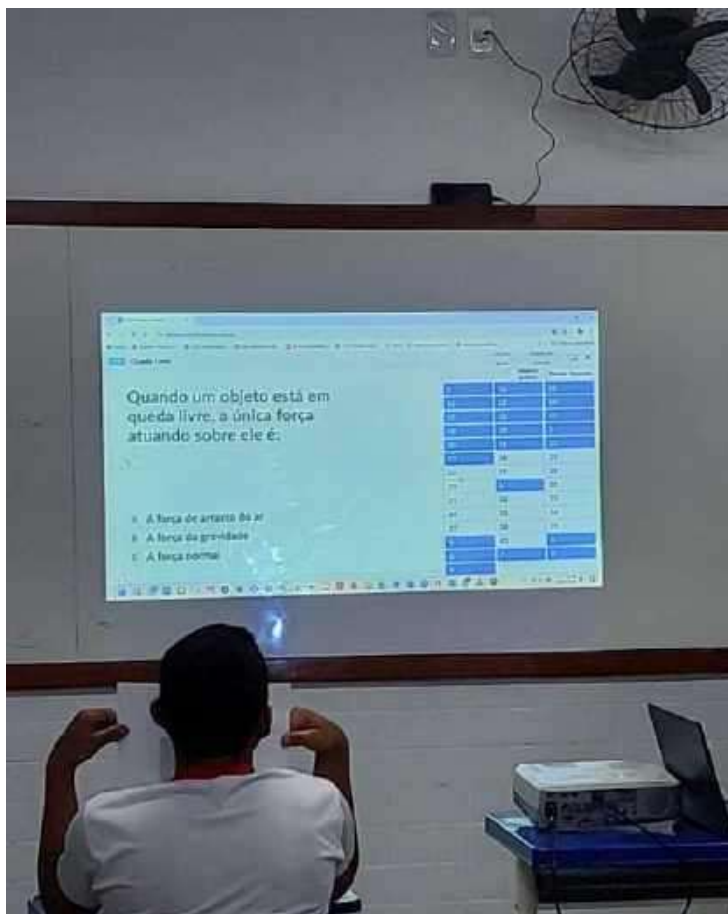
6.5.4 Quarta Aula: Síntese e Avaliação Final

Na última aula, os alunos participaram de uma **atividade de síntese**. Um questionário avaliativo foi aplicado para revisar os conceitos abordados, incluindo:

- Diferenciar peso e massa.
- Resolver problemas envolvendo a fórmula $P = m \cdot g$.
- Analisar como o peso de um objeto varia em diferentes planetas.

Além disso, os alunos criaram novos mapas mentais, comparando-os com os produzidos na primeira aula, e discutiram como seu entendimento sobre o tema evoluiu ao longo do processo.

Figura 6.27 – Atividade de discussão com Instrução por Pares.



Fonte: Autoria própria.

Discussão Final: Os alunos compartilharam suas dúvidas e resultados, conectando o

conceito de força peso ao conteúdo futuro sobre força normal e tensão. Essa abordagem garantiu uma compreensão profunda e contextualizada do tema, como será evidenciado no capítulo 6.

6.6 Lei de Hooke e Força Elástica

A abordagem da Lei de Hooke foi organizada para explorar a relação entre força elástica e deformação em molas, utilizando aulas teóricas, experimentos e discussões para promover a compreensão ativa dos alunos.

6.6.1 Primeira Aula: Introdução ao Conceito

Primeiramente foi aplicado um questionário e também solicitou-se a construção de um mapa mental, em seguida a aula foi focada em apresentar o contexto histórico e teórico da **Lei de Hooke** (ver Figura 6.28). Foi destacado como Robert Hooke estabeleceu a relação matemática entre a deformação de uma mola e a força aplicada.

Figura 6.28 – Aula teórica da lei de Hooke

Fonte: Autoria própria.

- Introdução histórica: Quem foi Hooke e sua contribuição para a Física.
- Apresentação da fórmula da Lei de Hooke em 1 dimensão:

$$F = -k \cdot x$$

sendo F a força elástica (N), k é a constante elástica da mola (N/m), e x é a deformação da mola (m).

- Discussão inicial: Por que a força elástica é uma força restauradora?

Os alunos foram incentivados a refletir sobre exemplos do cotidiano nos quais a força elástica está presente, como molas de colchão, amortecedores e elásticos.

6.6.2 Segunda Aula: Experimentos Práticos

A segunda aula foi dedicada à realização de experimentos para verificar a validade da Lei de Hooke.

Montagem Experimental: Os alunos utilizaram um sistema com molas de diferentes constantes elásticas, massas conhecidas, régua e sensores conectados a um Arduino para medir a deformação da mola em função da força aplicada. As informações foram colocadas na tabela como mostra a Figura 6.29.

Figura 6.29 – Experimentos sendo realizados pelos alunos.



Figura 6.30 – Alunos configurando os sensores de força.

Fonte: Autoria própria.



Figura 6.31 – Resultados sendo analisados pelos alunos.

Fonte: Autoria própria.

Procedimento:

- Fixar a mola em um suporte e registrar seu comprimento inicial.
- Adicionar massas conhecidas à mola, registrando a deformação (x).

Figura 6.32 – Uso do Experimento pelos alunos

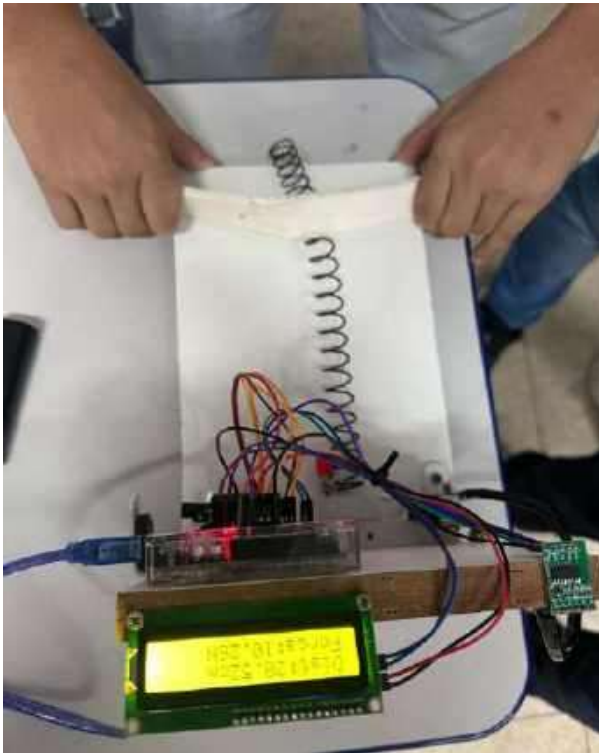


Figura 6.33 – Aplicando uma força na mola.

Fonte: Autoria própria.

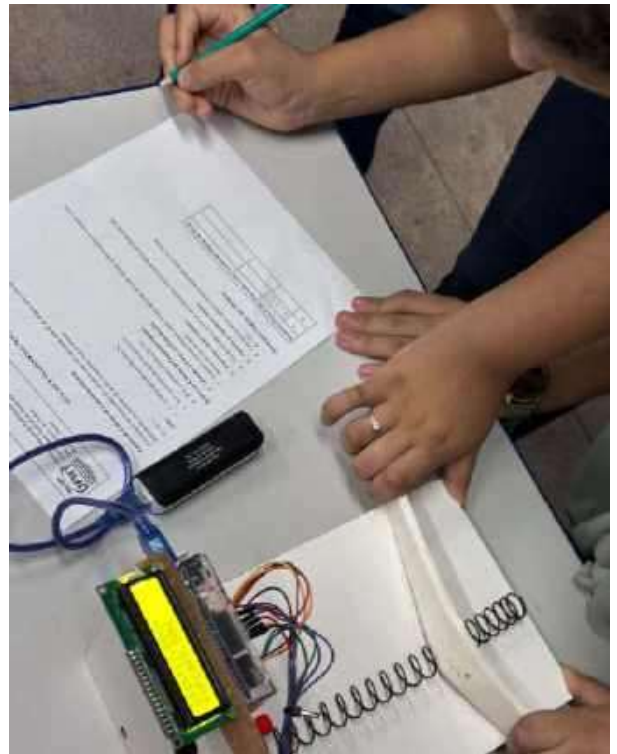


Figura 6.34 – Anotação durante aquisição dos dados.

Fonte: Autoria própria.

6.6.3 Terceira Aula: Instrução por Pares e Discussão

Na terceira aula, os alunos participaram de uma atividade de **Instrução por Pares** para consolidar o aprendizado.

Atividades em Grupo:

- Resolução de problemas envolvendo a fórmula da Lei de Hooke:
 - Qual a deformação de uma mola com $k = 200 \text{ N/m}$ quando submetida a uma força de 10 N ?
 - Uma mola se estende 5 cm quando uma força de 15 N é aplicada. Qual é a constante elástica da mola?
- Discussão sobre os limites de elasticidade: o que acontece quando a mola é deformada para além de sua região elástica?

Os alunos utilizaram cartões de resposta e discutiram em pequenos grupos, comparando métodos de resolução e compartilhando conclusões.

Figura 6.35 – Aplicação da Instrução dos Pares



Fonte: Autoria própria.

6.6.4 Quarta Aula: Síntese e Avaliação Final

Na última aula, foi realizada uma **atividade de síntese** para revisar o conteúdo abordado.

- Aplicação de um **questionário avaliativo** com questões teóricas e práticas.
- Discussão sobre aplicações reais da Lei de Hooke em engenharia e tecnologia.
- Comparação dos resultados experimentais com os valores teóricos, reforçando a importância da precisão experimental.

Os alunos também elaboraram **mapas mentais** para resumir as ideias principais, incluindo conceitos como limite de elasticidade, energia potencial elástica e aplicações práticas.

Figura 6.36 – Atividade de elaboração de mapa mental pelos alunos sobre a Lei de Hooke.



Fonte: Autoria própria.

Discussão Final: O conteúdo foi encerrado com uma reflexão coletiva sobre como a força elástica é um exemplo de força restauradora e sua importância em sistemas mecânicos, promovendo a conexão entre o aprendizado e problemas reais.

6.7 Movimento Circular

O estudo do Movimento Circular foi estruturado em quatro aulas, combinando teoria, experimentação prática e atividades interativas. O objetivo foi compreender as características fundamentais desse tipo de movimento, como velocidade angular, frequência, período e aceleração centrípeta.

6.7.1 Primeira Aula: Introdução ao Movimento Circular

Na aula inicial (ver Figura 6.37), foram apresentados os conceitos básicos e exemplos cotidianos de movimento circular, como o movimento das rodas de um carro, a rotação de um ventilador e a órbita dos satélites.

Figura 6.37 – Aula Teórica Movimento Circular



Fonte: Autoria própria.

Conteúdo Teórico:

- Definição de Movimento Circular Uniforme (MCU): características e conceitos principais.
- Apresentação das grandezas: (ver apêndice 8, seção 80).
 - **Período (T)**: tempo para completar uma volta.
 - **Frequência (f)**: número de voltas por segundo.
 - **Velocidade Angular (ω)**: definida como $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

– **Aceleração Centrípeta** (a_c): direção radial, calculada por $a_c = \frac{v^2}{r}$.

- Fórmulas fundamentais discutidas:

$$v = r \cdot \omega, \quad a_c = \frac{v^2}{r} = r \cdot \omega^2$$

Foram utilizados vídeos explicativos e demonstrações com objetos em movimento circular, como bolas presas por um barbante, para ilustrar as forças envolvidas. Os alunos foram incentivados a compartilhar exemplos cotidianos que conheciam.

6.7.2 Segunda Aula: Experimentos Práticos

A segunda aula foi dedicada a experimentos práticos, com o objetivo de explorar os conceitos discutidos na aula teórica.

Os alunos ajustaram o aparato experimental fabricado com MDF, com um círculo e um ímã indicando o ponto para o sensor magnético medir o período do sistema. Conectados ao Arduino para medir a velocidade angular e o período do movimento, as informações foram registrados como mostra o apêndice 8.

Figura 6.38 – Aparato experimental para estudar o Movimento Circular Uniforme



Figura 6.39 – Ajuste do experimento

Fonte: Autoria própria.

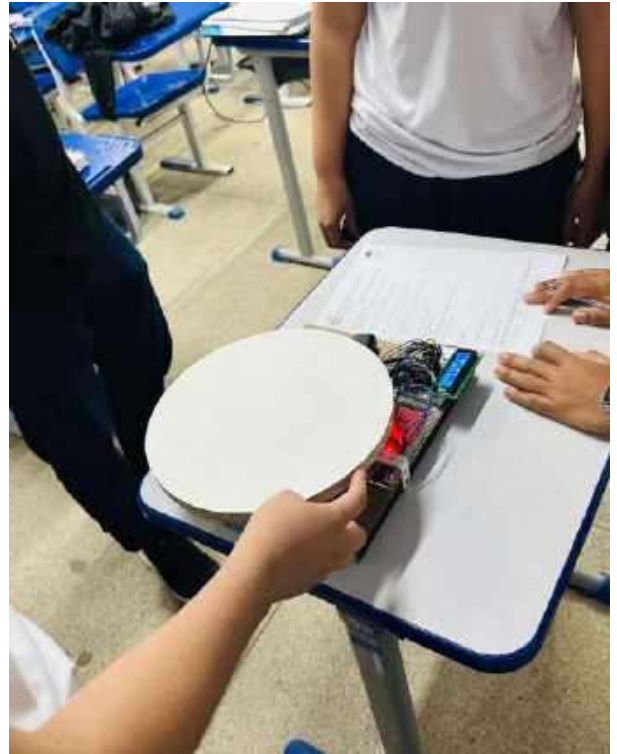


Figura 6.40 – Calibração do experimento.

Fonte: Autoria própria.

Procedimento:

- O círculo foi ajustado para girar o objeto com diferentes velocidades. (Figura 6.39 e Figura 6.40)
- Foram registrados o tempo para completar 10 voltas e calculado o período (T) e a frequência ($f = 1/T$).
- Utilizando a fórmula $v = r \cdot \omega$, foi calculada a velocidade linear (v).
- Os dados experimentais foram utilizados para determinar a aceleração centrípeta (a_c).

Figura 6.41 – Alunos interagindo com o aparato experimental para estudar o Movimento Circular Uniforme



Figura 6.42 – Registrando os dados adquiridos pelo aparato experimental.

Fonte: Autoria própria.

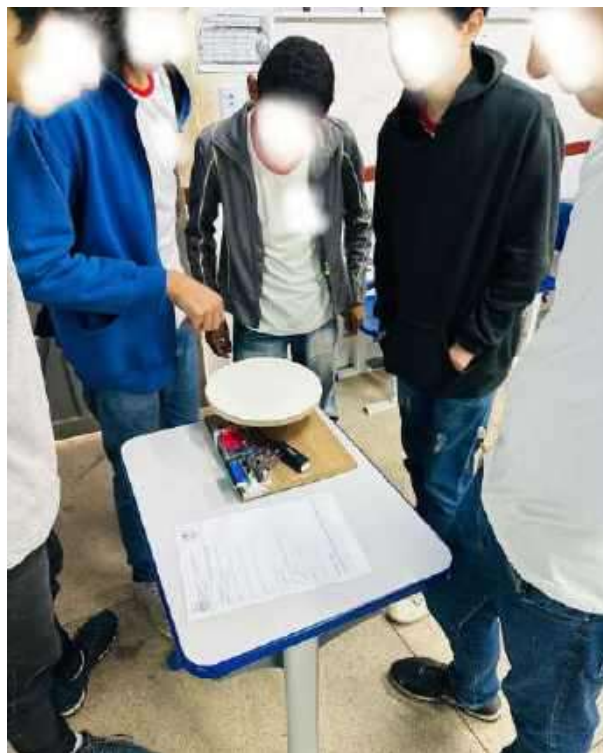


Figura 6.43 – Interação com o aparato experimental.

Fonte: Autoria própria.

6.7.3 Terceira Aula: Instrução por Pares

Na terceira aula, foi aplicada a metodologia de **Instrução por Pares** para reforçar os conceitos de movimento circular.

Atividades em Grupo:

- Discussão de questões conceituais:
 - O que mantém um objeto em trajetória circular?
 - Qual é a relação entre a velocidade angular e a aceleração centrípeta?
- Resolução de problemas práticos, tais como:
 - Uma bola presa a um fio de 0,5 m descreve um círculo com frequência de 2 Hz. Qual a aceleração centrípeta?

- Um carro percorre uma curva de raio 50 m a 20 m/s. Determine a força centrípeta necessária, considerando uma massa de 800 kg.

Os alunos foram incentivados a trocar ideias e justificar suas respostas, promovendo aprendizado colaborativo.

Figura 6.44 – Leitura dos códigos das respostas dos alunos



Fonte: Autoria própria.

6.7.4 Quarta Aula: Síntese e Avaliação Final

Na última aula, foi realizada uma **atividade de síntese** para consolidar o conteúdo estudado.

Atividades:

- Aplicação de um **questionário final**, abordando conceitos teóricos e cálculos práticos.

- Proposta de criação de um **mapa mental** para organizar as ideias principais sobre Movimento Circular.

Discussão Final: A aula foi encerrada com a apresentação dos resultados dos experimentos, uma reflexão coletiva sobre aplicações práticas do movimento circular (como centrífugas e engrenagens) e uma introdução ao próximo conteúdo, qual seja, o Movimento Circular Uniformemente Variado (MCUV).

Este ciclo de aulas proporcionou uma compreensão completa e significativa do Movimento Circular uniforme, conectando teoria, prática e trabalho colaborativo de forma dinâmica.

6.8 Encerramento da Seção

Estas foram as últimas aulas ministradas nesta seção. Todos os passos metodológicos aplicados - desde a concepção dos experimentos com Arduino até a implementação das estratégias de Instrução por Pares e Aprendizagem Significativa - estão detalhadamente descritos no **Produto Educacional**, disponível no **Apêndice 8**. O documento complementar especifica: (i) Processos de construção dos aparatos experimentais com materiais de baixo custo, (ii) fluxogramas de aplicação das metodologias ativas, e (iii) modelos dos instrumentos avaliativos utilizados, garantindo completa reprodutibilidade pedagógica.

7 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, apresentamos os resultados obtidos a partir da aplicação do produto educacional desenvolvido, (ver Apêndice 8) que integrou metodologias ativas, como a abordagem STEAM, e a Instrução por Pares (IPC), aliadas ao uso de tecnologias como o Arduino em atividades concebidas com o embasamento na teoria da aprendizagem significativa. Os conteúdos de Física foram aplicados em 4 turmas de primeiro ano e 1 de terceiro ano do Ensino Médio, sendo voltados para temas relacionados à Mecânica Clássica, sendo eles: Leis de Newton, Força Peso, Lei de Hook e Movimento Circular. O objetivo foi avaliar o impacto dessas metodologias na compreensão dos conceitos de Física pelos alunos, bem como no engajamento e na motivação para o aprendizado.

7.1 Mapas Mentais e Questionários

Para avaliar a evolução do aprendizado dos alunos, foram aplicados questionários antes e depois da intervenção pedagógica. Além disso, os alunos elaboraram mapas mentais em duas etapas: no início e no final de cada ciclo de aulas. Esses instrumentos permitiram uma análise qualitativa por comparação do progresso dos estudantes.

7.1.1 Questionários Pré e Pós aplicação das atividades do produto educacional

Os questionários foram elaborados com questões objetivas e discursivas, abordando os conceitos fundamentais de Física trabalhados em cada tema (Leis de Newton, Força Peso, Lei de Hooke e Movimento Circular). As respostas foram analisadas para identificar mudanças na compreensão dos conceitos e na capacidade de aplicá-los em situações práticas.

7.1.2 Mapas Mentais

Os mapas mentais foram utilizados como ferramentas visuais para organizar e conectar os conceitos aprendidos. A análise dos mapas mentais permitiu identificar como os alunos estruturaram seu conhecimento antes e após a intervenção, evidenciando a evolução na organização e na profundidade dos conceitos.

7.1.3 Integração do Plickers na Sequência Didática

O aplicativo Plickers foi utilizado exclusivamente na terceira aula de cada ciclo (etapa de Síntese e Avaliação), seguindo rigorosamente a estrutura metodológica definida:

- **Momento de Aplicação:** Após todo o ciclo pedagógico (aulas 1 a 2), servindo como instrumento de avaliação somativa
- **Objetivo Principal:** Mensurar a consolidação dos conceitos após exposição teórica, experimentação prática e discussões colaborativas
- **Questões Elaboradas:** 5 itens por conteúdo, onde os resultados apresentados em porcentual se refere a turma.

A correlação entre resultados teóricos (Plickers) e organização conceitual (mapas) reforçou a eficácia da abordagem STEAM-Arduino, conforme detalhado neste capítulo, confirmando sua capacidade de promover aprendizagem significativa por meio da integração entre teoria, prática e avaliação contínua.

7.2 Resultados e Análise por Conteúdo

7.2.1 Leis de Newton

7.2.1.1 Análise do Aplicativo Plickers Leis de Newton

A aplicação do Plickers nas turmas, com o conteúdo focado nas Leis de Newton, permitiu uma análise detalhada do desempenho dos alunos. Os resultados da Figura 7.1 indicam um progresso positivo das turmas no entendimento dos conceitos.

Figura 7.1 – Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Leis de Newton.



Fonte: Dados da Pesquisa.

A atividade "Em andamento" apresentou um desempenho de 85%, sugerindo um bom nível de compreensão geral. Na atividade realizada na quinta-feira, 3 de outubro, os alunos atingiram a maior pontuação, com 91%, demonstrando um entendimento sólido do conteúdo. A atividade aplicada na quarta-feira, 2 de outubro, obteve uma pontuação de 81%, também indicando um bom nível de compreensão, embora ligeiramente inferior ao dia subsequente. Outra atividade, aplicada na mesma data, resultou em uma pontuação de 67%, sugerindo que uma parcela dos alunos poderiam necessitar de apoio adicional para reforçar o aprendizado.

A variação nas pontuações pode refletir diferentes níveis de compreensão entre as turmas ou indicar áreas nos quais o conteúdo necessitam de maior revisão e esclarecimento. Estas observações são cruciais para direcionar estratégias pedagógicas e melhorar o ensino sobre as Leis de Newton.

A Figura 7.2 mostra um exemplo de um questionário que foi aplicado em sala de aula relacionado às Leis de Newton, abordando conceitos fundamentais da Física Clássica. A Primeira Lei de Newton, ou Lei da Inércia, é corretamente descrita como a tendência de um objeto permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre ele. A Terceira Lei de Newton, conhecida como Lei da Ação e Reação, é exemplificada pela interação entre o empurrar de uma parede e a parede empurrando de volta, ilustrando que forças sempre ocorrem em pares. A Segunda Lei de Newton é corretamente representada pela fórmula que relaciona força, massa e aceleração. O questionário também aborda a tensão em uma corda, que depende do peso do objeto sustentado.

Figura 7.2 – Exemplo de Perguntas aplicadas do aplicativo Plickers sobre Leis de Newton.

The screenshot displays the Plickers application interface with the following content:

- QUESTÕES** (Questions) header on the left and **TODOS RESPONDIDO** (All answered) status on the right.
- Question 1:** "A Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia, afirma que:" (82% correct). Correct answer: "Um objeto permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre ele." (Option C).
- Question 2:** "Qual dessas situações exemplifica a Terceira Lei de Newton?" (86% correct). Correct answer: "O empurrar de uma parede e a parede empurrando de volta." (Option B).
- Question 3:** "A Segunda Lei de Newton pode ser expressa pela fórmula:" (95% correct). Correct answer: "F = m · a" (Option D).
- Question 4:** "A Terceira Lei de Newton afirma que:" (95% correct). Correct answer: "Para toda força, há uma força de mesma direção e intensidade, mas sentido oposto." (Option B).
- Question 5:** "A tensão em uma corda que sustenta um objeto em repouso depende de:" (95% correct). Correct answer: "A força de atrito." (Option D).

Fonte: Dados da Pesquisa.

A primeira questão, que aborda a Primeira Lei de Newton, teve alto percentual de acertos de 82% , indicando que a maioria dos alunos compreendeu corretamente esse conceito. Esse resultado mostrou que a instrução prévia foi eficaz ao explicar a ideia de inércia e como ela se manifesta em situações cotidianas.

A segunda questão pede um exemplo que ilustre a Terceira Lei de Newton, o alto percentual de acertos, de 86%, indica que a maioria dos alunos compreendeu corretamente o conceito de ação e reação. Esse resultado mostrou que a instrução prévia foi eficaz ao explicar a ideia de ação e reação e como ela se manifesta em situações práticas.

A terceira questão aborda a formulação matemática da Segunda Lei de Newton, que relaciona força, massa e aceleração. O alto percentual de acertos, de 95%, indica que a maioria dos alunos conseguiu identificar corretamente a expressão matemática para a Segunda Lei de Newton. Esse resultado mostrou que a instrução prévia foi eficaz ao enfatizar a importância dessa fórmula e ao fornecer contextos práticos para sua aplicação.

A quarta questão aborda a formulação matemática da terceira Lei de Newton, também teve alto percentual de acertos, de 95% .E por fim, a quinta questão aborda a tensão em uma corda que sustenta um objeto em repouso. O percentual de acertos, também foi alto, de 95% .

Estes percentuais de acertos refletem diretamente a eficácia da instrução prévia recebida pelos alunos. Os altos percentuais em todas as questões como 95% indicam que a maioria dos alunos compreendeu corretamente os conceitos fundamentais das Leis de Newton. No entanto, ainda há uma reduzida parcela de alunos que não acertaram.

7.2.1.2 Mapa Mental - Pré Aplicação: Leis de Newton

A análise dos questionários e das atividades realizadas demonstrou um avanço significativo na compreensão das Leis de Newton. No início, apenas 62% dos alunos estavam aptos a identificar corretamente as três leis em diferentes contextos. Após a aplicação das atividades experimentais e teóricas, 85% deles conseguiram explicar e aplicar as Leis de Newton corretamente. Este avanço é refletido tanto nas respostas dos questionários como nos relatórios das experiências práticas.

Figura 7.3 – Mapa Mental de um dos alunos na etapa de Pré Aplicação Leis de Newton.



Fonte: Dados da Pesquisa.

O mapa mental produzido por um dos alunos durante a etapa de pré-aplicação pode ser visualizado na Figura 7.3 criado pelo aluno revela um nível significativo de conhecimento prévio

sobre as Leis de Newton. Este conhecimento é fundamental para o aprofundamento e aplicação dos conceitos científicos em contextos mais avançados. A visualização dos principais conceitos através do mapa mental demonstra uma compreensão sólida e estruturada das leis centrais que regem a Mecânica Clássica.

As ramificações que se estendem a partir do tema central mostram os conceitos-chave que o aluno já dominava. Além disso, a inclusão da "Lei da Gravidade" e da lenda da maçã são evidências de que o aluno possui um conhecimento contextual, indo além das fórmulas e definições. Esse entendimento contextual é essencial, pois permite que o aluno conecte os conceitos teóricos com aplicações práticas e históricas, enriquecendo seu aprendizado.

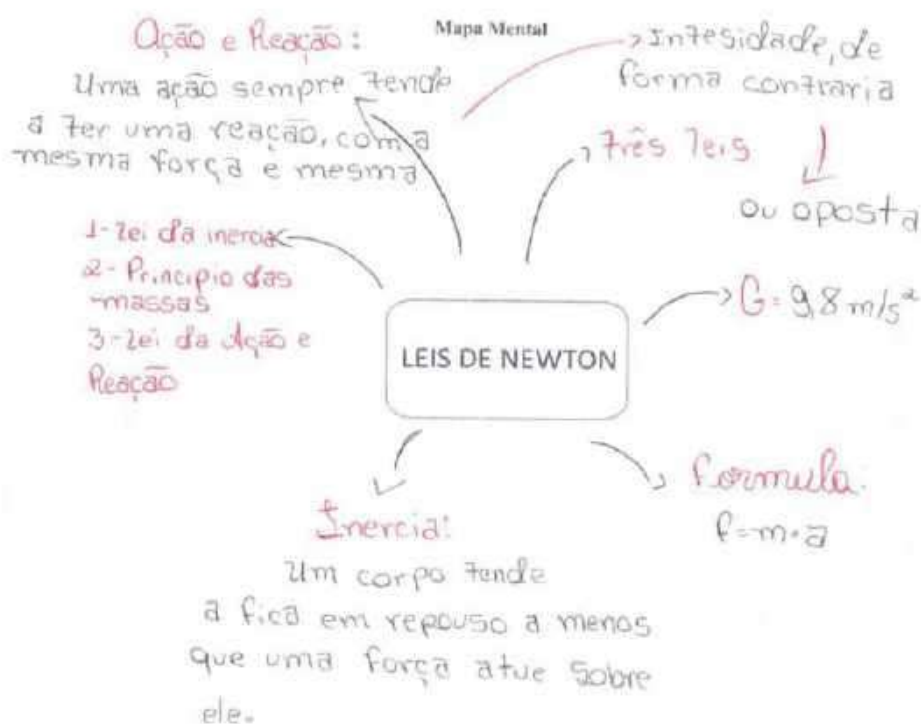
Contudo, é importante considerar que o conhecimento prévio, embora significativo, pode não ser uniforme entre todos os alunos. Assim, estratégias pedagógicas diferenciadas — como revisões direcionadas, discussões em grupo e atividades práticas adaptadas — são essenciais para garantir que todos os estudantes, independentemente de seu nível inicial, alcancem uma compreensão adequada dos conceitos. Esses métodos não apenas reforçam o aprendizado, mas também promovem a equidade ao atender às necessidades individuais de aprendizagem.

A análise comparativa entre turmas revelou que alunos do terceiro ano da área de Ciências Exatas e da Terra (ETT), embora mais avançados curricularmente, apresentaram padrões de organização conceitual em mapas mentais semelhantes aos dos primeiros anos. Essa equivalência reforça a importância de estratégias personalizadas mesmo em etapas posteriores do Ensino Médio, além de apontar para a necessidade de revisão da progressão curricular para garantir maior complexidade e aprofundamento ao longo da formação.

7.2.1.3 Mapa Mental - Pós Aplicação: Leis de Newton.

O mapa mental pós-aplicação elaborado pelo mesmo aluno é apresentado na Figura 7.4. Ele revela uma significativa consolidação e aprofundamento do conhecimento sobre o tema. Este progresso é evidente na organização e na riqueza de detalhes presentes no mapa, que abrange não apenas os conceitos básicos, mas também aspectos mais avançados e aplicações práticas.

Figura 7.4 – Mapa Mental Pós Aplicação: Leis de Newton.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao contrário do mapa mental pré-aplicação, o novo mapa apresenta descrições mais elaboradas e interconectadas dos conceitos, sugerindo que o aluno desenvolveu uma compreensão mais complexa e integrada.

A Primeira Lei de Newton, ou Lei da Inércia, é claramente explicada. A Terceira Lei de Newton, também é abordada com mais profundidade, elucidando a interação entre forças iguais e opostas. A inclusão da Lei da Gravidade e seu valor numérico demonstra que o aluno avançou no entendimento dos princípios que governam a atração gravitacional.

A organização e clareza do mapa mental pós-aplicação sugerem que o aluno foi capaz de estruturar seu conhecimento de maneira lógica e coesa, facilitando a aplicação prática dos conceitos aprendidos. Esse padrão foi observado na maioria dos estudantes das turmas de primeiro ano, cujos mapas mentais apresentaram conexões consistentes entre teoria e exemplos do cotidiano. Este progresso coletivo não só reflete a eficácia das estratégias adotadas, como também destaca o potencial de metodologias ativas para harmonizar níveis heterogêneos de compreensão, desde que integradas a mecanismos de apoio contínuo.

7.2.1.4 Questionário Pré Aplicação: Leis de Newton.

A aplicação de questionários antes (pré) e depois (pós) da exposição ao conteúdo sobre as Leis de Newton permitiu uma análise clara da evolução da compreensão dos alunos em relação aos conceitos físicos abordados. As respostas coletadas, como mostram, a Figura 7.5 e ?? revelam uma mudança significativa na qualidade e na profundidade do entendimento dos alunos, demonstrando o impacto positivo da abordagem pedagógica utilizada.

No questionário aplicado antes da exposição ao conteúdo, as respostas dos alunos evidenciaram uma compreensão inicial bastante limitada e, em alguns casos, incorreta dos conceitos físicos envolvidos. (ver ??)

Figura 7.5 – Questionário Pré Aplicação Leis de Newton de vários alunos.

6. Você está em um ônibus em movimento e, de repente, o motorista freia bruscamente. Você sente seu corpo ser projetado para frente. Por que você se move para frente quando o ônibus para bruscamente? Relacione sua resposta à Primeira Lei de Newton.

O motivo é porque na primeira lei de Newton afirmamos que um objeto em repouso sempre permanecerá em repouso

7. Um jogador de futebol chuta uma bola e a bola se move rapidamente em direção ao gol. Utilize a Terceira Lei de Newton para explicar o que acontece quando o jogador aplica uma força à bola com o pé.

Para toda força, há uma força de mesma direção e intensidade, mas sentidos opostos

8. Uma criança puxa um trenó sobre a neve. Quando ela para de puxar, o trenó para gradualmente. Explique por que o trenó desacelera e eventualmente para, relacionando sua resposta à força de atrito.

A força de atrito em oposição a energia potencial gravitacional da criança.

9. Um balde de tinta é suspenso por uma corda presa ao teto. O balde está parado. Explique como a força de tensão na corda se relaciona com o peso do balde de tinta.

A força total é igual ao peso da massa pela aceleração

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 6, que aborda a sensação de ser projetado para frente quando o ônibus freia bruscamente, as respostas foram incompletas e não relacionaram adequadamente o fenômeno à Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia). Isso indica que os alunos ainda não tinham uma compreensão clara de como a inércia afeta o movimento dos corpos. A falta de uma explicação

detalhada sugere que os alunos não estavam familiarizados com o conceito.

Na Questão 7, que trata da ação e reação, quando um jogador de futebol chuta uma bola, as respostas não aplicaram corretamente a Terceira Lei de Newton (Lei da Ação e Reação). Isso indica uma confusão comum sobre como as forças de ação e reação atuam em pares iguais e opostos. Os alunos não tinham clareza sobre o fato de que a força aplicada pelo pé do jogador na bola resulta em uma força igual e oposta aplicada pela bola no pé do jogador.

Na Questão 8, que aborda a desaceleração de um trenó puxado por uma criança, as respostas foram vagas e não explicaram claramente o papel da força de atrito. A falta de uma explicação detalhada sugere que os alunos não tinham compreendido a relação entre a força de atrito e a desaceleração do trenó. Eles não conseguiram articular que o atrito entre o trenó e a neve é a força que causa a desaceleração e eventual parada do trenó.

Na Questão 9, que trata do balde de tinta suspenso por uma corda, as respostas não explicaram adequadamente como a força de tensão na corda se relaciona com o peso do balde. Isso indica que os alunos não tinham compreendido o conceito de equilíbrio de forças. Eles não conseguiram articular, nesta situação, que a força de tensão na corda é igual e oposta ao peso do balde, mantendo-o em repouso.

7.2.1.5 Questionário Pós Aplicação: Leis de Newton

Após a aplicação do conteúdo, as respostas dos alunos mostraram uma melhora significativa na compreensão dos conceitos das Leis de Newton como mostra a Figura 7.6. As respostas tornaram-se mais precisas, detalhadas e corretas, indicando que os alunos adquiriram um entendimento mais sólido dos conceitos.

Figura 7.6 – Questionário Pós Aplicação Leis de Newton.

6. Você está em um ônibus em movimento e, de repente, o motorista freia bruscamente. Você sente seu corpo ser projetado para frente. Por que você se move para frente quando o ônibus para bruscamente? Relacione sua resposta à Primeira Lei de Newton.

Seu corpo estava em movimento com o ônibus quando freado, mas é projetado para frente por causa da

7. Um jogador de futebol chuta uma bola e a bola se move rapidamente em direção ao gol. Utilize a Terceira Lei de Newton para explicar o que acontece quando o jogador aplica uma força à bola com o pé.

toda ação tem uma reação assim como a força que o chute na bola vai causar

8. Uma criança puxa um trenó sobre a neve. Quando ela para de puxar, o trenó para gradualmente. Explique por que o trenó desacelera e eventualmente para, relacionando sua resposta à força de atrito.

Por causa do atrito do trenó no chão e por causa da resistência do ar que faz com que o trenó perca energia.

9. Um balde de tinta é suspenso por uma corda presa ao teto. O balde está parado. Explique como a força de tensão na corda se relaciona com o peso do balde de tinta.

está equilibrado com o peso do balde.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 6, os alunos explicaram que o corpo é projetado para frente devido à inércia. Na Questão 7, eles aplicaram corretamente a Terceira Lei de Newton, indicando compreensão do conceito de ação e reação e como ele se manifesta em interações físicas. Na Questão 8, eles mostraram entendimento da relação entre a força de atrito e a desaceleração de um objeto em movimento. Eles demonstraram alta proficiência na aplicação dos conceitos, com desempenho acima de 80% na maioria das questões. A equivalência entre primeiro e terceiro anos ressalta a eficácia da abordagem.

E, por fim, na Questão 9, os alunos forneceram índices de que compreenderam o conceito de equilíbrio de forças e como ele se aplica a objetos em repouso. O desempenho coletivo das turmas foi positivo e consistente, com avanços significativos na aplicação dos conceitos

A comparação entre as respostas pré e pós-conteúdo revela uma evolução significativa na compreensão dos alunos. Isso destaca a eficácia da abordagem pedagógica utilizada e a importância de uma explicação clara e detalhada para o ensino de conceitos físicos complexos. A evolução observada nas respostas dos alunos reforça a necessidade de uma abordagem pedagógica

bem estruturada e adaptada às necessidades dos alunos, garantindo uma compreensão profunda e significativa dos conceitos físicos.

7.2.2 Força Peso

7.2.2.1 Análise do Aplicativo Plickers: Força Peso

A Figura 7.7 apresenta um painel de relatórios de desempenho dos alunos, destacando os resultados obtidos nas atividades relacionadas ao tema "Força Peso ". O painel exibe três registros distintos. Cada atividade está associada a um percentual de acerto, indicando o nível de aproveitamento dos participantes.

Figura 7.7 – Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Força Peso.



Fonte: Dados da Pesquisa.

O primeiro relatório indica que a atividade apresenta um desempenho de 73%, evidenciado por uma marcação em verde, o que pode sugerir um resultado satisfatório. Já os relatórios de atividades anteriores mostram percentuais de 66% e 68%. Os números indicam discreta evolução no desempenho, demonstrando um possível progresso dos participantes no aprendizado do conteúdo.

Esse tipo de acompanhamento pode ser essencial para avaliar a eficácia do ensino e identificar possíveis dificuldades enfrentadas pelos alunos. No contexto educacional, relatórios como esses são fundamentais para monitorar a evolução dos estudantes, fornecendo dados concretos para ajustes no processo de ensino-aprendizagem. A ligeira melhora nos resultados pode indicar que os alunos estão assimilando melhor os conceitos abordados, possivelmente por meio de reforços pedagógicos ou maior dedicação às atividades propostas. Dessa forma, a

análise contínua dos resultados permite intervenções pedagógicas mais eficazes, promovendo um aprendizado mais sólido e consistente.

Figura 7.8 – Exemplo de Questões aplicadas do aplicativo Plickers sobre Força Peso.



Fonte: Dados da Pesquisa.

A análise dos resultados, Figura 7.8, revela um nível de compreensão variável entre os conceitos abordados, com algumas questões bem assimiladas e outras apresentando dificuldades significativas.

Uma das questões que apresentou maior índice de erro foi a que pedia a definição da força peso, obtendo apenas 26% de acertos. Esse resultado sugere uma possível confusão dos alunos com os diferentes tipos de força. A dificuldade nesse conceito pode indicar a necessidade de reforço didático, com explicações mais detalhadas e exemplos práticos para facilitar a compreensão.

Por outro lado, a questão que abordava os fatores que influenciam a força peso apresentou um alto índice de acertos, chegando a 89%. Isso demonstra que a maioria compreende corretamente a relação entre a aceleração gravitacional e a massa do corpo. Da mesma forma, a questão que perguntava sobre o valor da aceleração da gravidade na superfície terrestre obteve 100% de acertos, mostrando que esse conceito está bem consolidado entre os participantes.

Outra questão que apresentou um bom desempenho foi a que tratava da relação entre o

peso de um objeto na Terra e na Lua, com 80% de acertos. Esse resultado indica que a maioria entende a influência da gravidade na variação do peso, ainda que uma parcela dos participantes possa ter dúvidas sobre os fatores que determinam essa diferença. Em contrapartida, a questão sobre a unidade de medida da força peso no Sistema Internacional, obteve 70% de acertos, sugerindo que ainda há certa confusão entre as unidades de força e de massa.

7.2.2.2 Mapa Mental - Pré Aplicação: Força Peso

Observou-se que os mapas possuem termos que parecem desconexos ou apresentam erros de ortografia, o que pode dificultar a compreensão das ideias apresentadas. A clareza na definição dos conceitos e a precisão nos termos são essenciais para o ensino eficaz da Física. A Figura 7.9 é um exemplo de mapa feito por um aluno.

Figura 7.9 – Mapa Mental Pré Aplicação Força Peso.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Além disso, foi percebido que os mapas poderiam ser enriquecidos com a inclusão de elementos como a fórmula do peso ($P = m \cdot g$), a relação entre massa, peso e aceleração da gravidade, e exemplos práticos que ilustrem a aplicação da força peso em situações do cotidiano.

Em síntese, os mapas mentais elaborados pelos alunos refletiram uma abordagem inicial do conceito de "Força Peso" e demonstraram um esforço para organizar as ideias.

7.2.2.3 Mapa Mental - Pós Aplicação: Força Peso

Um dos alunos, ao elaborar o mapa mental, apresentado na Figura 7.10, buscou organizar os principais conceitos relacionados a esse tema na Física. Ele destacou elementos essenciais como Newton, que representa a unidade de medida da força peso, e força de atração, sugerindo que ele compreende que o peso é uma força gravitacional exercida pela Terra sobre os corpos.

Figura 7.10 – Mapa Mental Pré Aplicação Força Peso.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Além disso, em alguns mapas os alunos relacionaram corretamente a massa e a gravidade, indicando que eles entendem que a força peso depende desses dois fatores. A presença da equação $P = m \cdot g$ reforça essa compreensão matemática, demonstrando que eles sabem que o peso é calculado, multiplicando a massa do objeto pela aceleração da gravidade, no local onde está o objeto.

O valor 9,8 anotado no mapa sugere que o aluno reconhece a aceleração gravitacional da

superfície da Terra como, aproximadamente, $9,8 \text{ m/s}^2$.

No entanto, o mapa não explicita claramente a diferença entre massa e peso, o que pode indicar que o aluno ainda precisa consolidar esse entendimento. Além disso, seria interessante verificar se ele compreende que a força peso varia conforme a gravidade do local, diferentemente da massa, que permanece constante.

7.2.2.4 Questionário Pré Aplicação: Força Peso.

No questionário aplicado antes da exposição ao conteúdo, as respostas dos alunos evidenciaram uma compreensão inicial bastante limitada e, em alguns casos, incorreta dos conceitos físicos envolvidos. A Figura 7.11 é um exemplo de questões respondidas por vários alunos escolhidos aleatoriamente.

Figura 7.11 – Questionário Pré Aplicação Força Peso.

8. Uma pessoa está em um elevador que está acelerando para cima. Como esse efeito afeta a sensação de peso da pessoa? Justifique sua resposta.

Quando o objeto está subindo e não tem um pouco de peso

9. Durante uma viagem no espaço, um astronauta experimenta a sensação de flutuar. Explique o que ocorre com a força peso e a hidratação gravitacional nesse ambiente.

a força de atração da lua aponta o centro da lua e a força fazendo que o objeto vá.

10. Explique por que o peso de um objeto é diferente na Terra e na Lua, e o que muda na força gravitacional em cada local.

A Terra tem uma gravidade maior que a da lua e é o que muda entre um e outro.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 8, que aborda a sensação de peso em um elevador acelerando para cima, as respostas foram incompletas e não justificaram adequadamente o efeito da aceleração sobre a sensação de peso. Isso indica que os alunos ainda não tinham uma compreensão clara de como a

aceleração afeta a força normal e, conseqüentemente, a sensação de peso.

Na Questão 9, que trata da sensação de flutuação no espaço, as respostas mencionaram a ausência de gravidade no espaço, o que é incorreto. A gravidade ainda está presente, mas os astronautas experimentam a sensação de flutuação devido à queda livre. Isso indica uma confusão comum entre ausência de gravidade e microgravidade. Os alunos não tinham clareza sobre o fato de que a sensação de flutuação é resultado da queda livre em um campo gravitacional, não da ausência de gravidade.

Na Questão 10, que aborda a diferença de peso na Terra e na Lua, as respostas foram vagas e não explicaram claramente a diferença de peso em função da gravidade local. A falta de uma explicação detalhada sugere que os alunos não tinham compreendido a relação entre massa, peso e aceleração gravitacional. Eles não conseguiram articular que o peso varia porque a aceleração gravitacional é diferente na Terra e na Lua.

7.2.2.5 *Questionário Pós Aplicação: Força Peso*

Após a aplicação do conteúdo, as respostas dos alunos mostraram uma melhora significativa na compreensão dos conceitos de força peso e gravitação. As respostas tornaram-se mais precisas, detalhadas e corretas, indicando que os alunos adquiriram um entendimento mais sólido dos conceitos, como no exemplo da Figura 7.12 respondido pelos alunos, escolhido aleatoriamente.

Figura 7.12 – Questionário Pós Aplicação Força Peso.

8. Uma pessoa está em um elevador que está acelerando para cima. Como esse efeito afeta a sensação de peso da pessoa? Justifique sua resposta.

*Como se a gravidade fosse
bem pequena a pessoa
não teria um peso baixo
onde ela iria flutuar.*

9. Durante uma viagem ao espaço, um astronauta experimenta a sensação de flutuar. Explique o que ocorre com a força peso e a hidratação gravitacional nesse ambiente.

*Como no espaço não
tem gravidade a pessoa
começa a flutuar.*

10. Explique por que o peso de um objeto é diferente na Terra e na Lua, e o que muda na força gravitacional em cada local.

*Justamente por conta
da gravidade, que na
lua a gravidade é
bem menor que na
terra.*

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 8, um dos alunos explicou que a aceleração para cima aumenta a força normal, fazendo com que a pessoa se sinta mais pesada. Isso demonstra que o aluno entendeu a relação entre aceleração, força normal e sensação de peso.

Na Questão 9, os alunos explicaram que a sensação de flutuação ocorre porque tanto o astronauta quanto a nave estão em queda livre, experimentando a mesma aceleração gravitacional. Isso indica que os alunos compreenderam o conceito de microgravidade e como ele difere da ausência de gravidade. Eles entenderam que a sensação de flutuação é resultado da queda livre em um campo gravitacional.

Na Questão 10, os alunos explicaram que o peso varia devido à diferença na aceleração gravitacional nos dois corpos celestes. Isso mostra que os alunos entenderam a relação entre massa, peso e gravidade. Eles conseguiram articular que o peso é uma força que depende da aceleração gravitacional, que é diferente na Terra e na Lua.

A comparação entre as respostas pré e pós-conteúdo revela uma evolução significativa na compreensão dos alunos. Antes da exposição ao conteúdo, as respostas eram vagas e frequentemente incorretas, indicando uma falta de entendimento dos conceitos básicos. Após a

aplicação do conteúdo, as respostas tornaram-se mais precisas e detalhadas, demonstrando que os alunos adquiriram um conhecimento mais sólido e aplicável dos conceitos de força peso e gravitação. Isso destaca novamente a eficácia da abordagem pedagógica utilizada e a importância de uma explicação clara e detalhada para o ensino de conceitos físicos complexos. A evolução observada nas respostas dos alunos reforça a necessidade de uma abordagem pedagógica bem estruturada e adaptada às necessidades dos alunos, garantindo uma compreensão profunda e significativa dos conceitos físicos, em conformidade com os comentários anteriores.

7.2.3 Lei de Hooke

7.2.3.1 Análise do Aplicativo Plickers: Lei de Hooke

A Figura 7.13 mostra os resultados obtidos a partir da avaliação dos alunos em atividades relacionadas à Lei de Hooke, nas quais se identificou os percentuais de acerto de, respectivamente com percentuais de 74%, 75% e 88%. Esse valor indica que a maioria dos alunos alcançou um bom nível de compreensão do tema, mas também mostra que ainda há uma parcela que enfrenta dificuldades.

Figura 7.13 – Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Lei de Hooke.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Estes alunos precisam de acompanhamento mais próximo, visando garantir que, nas turmas, todos os alunos atinjam um domínio pleno do conteúdo.

A Figura 7.14 mostra percentuais de acertos para questões específicas e que nos permitem analisar o nível de compreensão dos estudantes sobre os temas destacados e identificar especificamente quais aspectos foram bem assimilados e quais podem necessitar de mais atenção.

Os percentuais que variam entre 85% e 95%, evidenciam que a maioria dos alunos alcançaram um bom nível de compreensão dos conceitos básicos da Lei de Hooke. Esse é um resultado positivo, pois demonstra que os estudantes assimilaram os aspectos fundamentais, como a relação entre força e deformação, a fórmula unidimensional da Lei de Hooke ($F = k \cdot x$) e o significado da constante elástica (k). Esses conceitos são essenciais para a aplicação prática da lei e para o entendimento do comportamento de materiais elásticos.

Figura 7.14 – Exemplo de questões aplicadas extraído do aplicativo Plickers sobre Lei de Hooke.

The image shows a screenshot of the Plickers application interface. At the top, it says "QUESTÕES" on the left and "TODOS RESPONDIDO" on the right. There are five question cards displayed in a grid:

- Question 1:** "O que descreve a Lei de Hooke?" (85%). Options: A) A relação entre a força e a aceleração; B) A relação entre a força e a distância; C) A relação entre a força e a deformação; D) A relação entre a massa e a gravidade.
- Question 2:** "Segundo a Lei de Hooke, o que acontece com a força aplicada à medida que a deformação aumenta?" (75%). Options: A) A força permanece constante; B) A força diminui; C) A força aumenta; D) A força primeiro aumenta e depois diminui.
- Question 3:** "Em qual tipo de material a Lei de Hooke é aplicável?" (90%). Options: A) Líquidos; B) Gases; C) Sólidos elásticos; D) Materiais não elásticos.
- Question 4:** "Qual é a fórmula básica da Lei de Hooke?" (95%). Options: A) $F = m \cdot a$; B) $F = k \cdot x$; C) $F = p \cdot y$; D) $F = q / r$.
- Question 5:** "Na fórmula da Lei de Hooke, o que representa 'k'?" (95%). Options: A) A força aplicada; B) A constante de deformação; C) A constante elástica; D) A velocidade.

Fonte: Dados da Pesquisa.

A questão com o percentual (85%) perguntava "O que descreve a Lei de Hooke?". Embora ainda seja um valor alto, sugere que alguns alunos tiveram dúvidas sobre o conteúdo básica da lei. A Lei de Hooke descreve a relação entre a força aplicada e a deformação de materiais elásticos, e é fundamental que todos os estudantes compreendam essa definição de forma clara.

Por outro lado, as questões sobre a fórmula básica unidimensional da Lei de Hooke ($F = k \cdot x$) e o significado da constante "k" tiveram um percentual de 95%, indicando que a maioria dos alunos compreenderam bem esses aspectos. Esse é um ponto positivo, pois a fórmula e a constante elástica são elementos-chave para a aplicação prática da lei. O fato de os alunos estarem familiarizados com esses conceitos sugere que as atividades propostas foram eficazes em consolidar o aprendizado.

A questão que perguntava em qual tipo de material a Lei de Hooke é aplicável teve um percentual de acerto de 90%. Isso indica que a maioria dos alunos entenderam que a lei se aplica a sólidos elásticos, mas ainda há uma pequena parcela que pode estar confusa sobre esta especificidade. Reforçar exemplos de materiais elásticos e não elásticos, como molas, borrachas e outros materiais que seguem o comportamento descrito pela Lei de Hooke, pode ajudar a esclarecer essa questão.

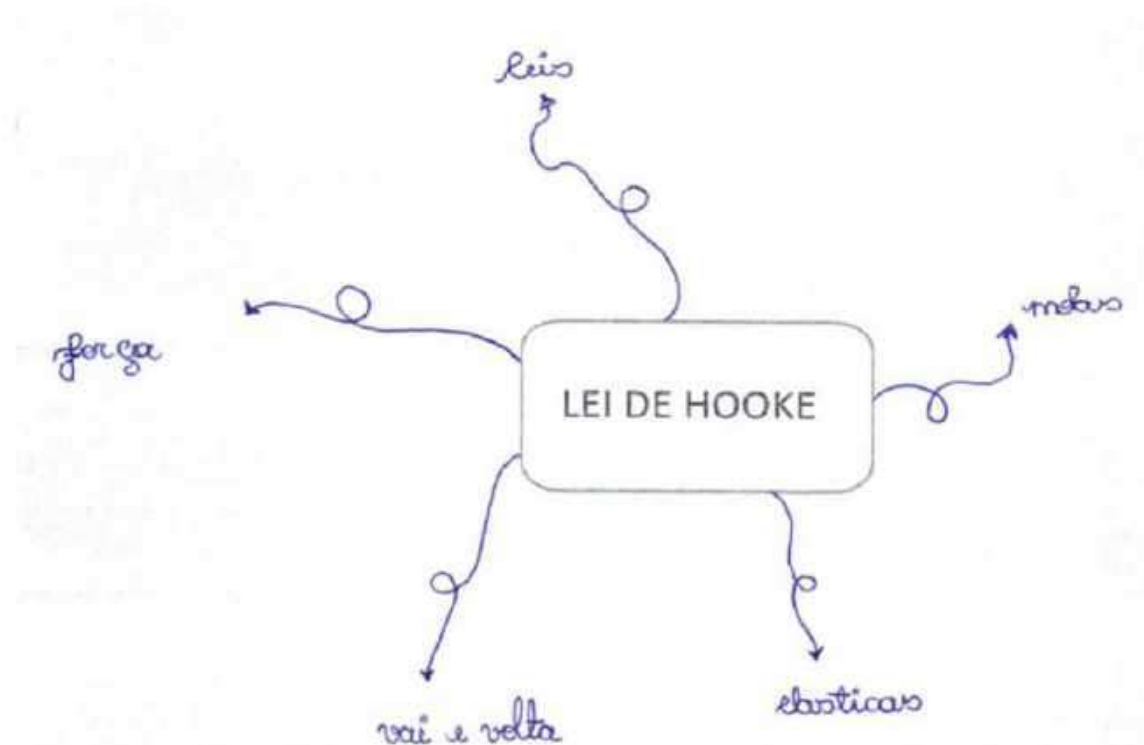
A questão que abordava o comportamento da força aplicada à medida que a deformação aumenta também teve um bom desempenho. A resposta correta é que a força aumenta, o que está alinhado com a relação linear descrita pela Lei de Hooke. Esse é um conceito importante para entender como materiais elásticos respondem a cargas aplicadas.

Por fim, está evidenciado que os alunos alcançaram um bom nível de compreensão da Lei de Hooke. No entanto, há espaço para melhorias, especialmente em relação à definição básica da lei e aos tipos de materiais aos quais ela se aplica. Revisões focadas nesses aspectos, juntamente com exemplos práticos e atividades de reforço, podem ajudar a consolidar o aprendizado e garantir que todos os alunos atinjam um domínio pleno do tema.

7.2.3.2 Mapa Metal - Pré Aplicação: Lei de Hooke

A partir das observações dos mapas mentais, percebe-se que os alunos, de maneira geral, possuem uma base conceitual pré-existente que os orienta para a compreensão da Lei de Hooke. A organização inicial aponta para um ponto de partida seguro, o qual se conecta diretamente a conceitos essenciais relacionados ao campo da elasticidade dos materiais. A Figura 7.15 apresenta um exemplo de um mapa produzido pelos alunos

Figura 7.15 – Mapa Mental produzido por um estudante Pré Aplicação: Lei de Hooke.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Os ramos que se estendem a partir do núcleo, como "força", "molas", "elásticas", e "vai e volta", demonstram associações claras que os alunos já fazem com a Lei de Hooke. Primeiramente, o conceito de força aparece destacado à esquerda, o que reflete uma compreensão da relação fundamental entre a força aplicada a um material elástico e a deformação que ocorre, conforme estipulado pela Lei de Hooke. Essa conexão evidencia que os alunos estão conscientes da importância da força no contexto dessa lei, reconhecendo sua função causal na deformação dos materiais.

Outro conceito importante é o de molas, que surge no canto superior direito do mapa. Este detalhe é relevante, pois molas são frequentemente utilizadas para ilustrar e aplicar a Lei de Hooke, tornando-as um exemplo clássico do comportamento descrito pela teoria. Essa associação sugere que os alunos provavelmente têm uma compreensão intuitiva de que as molas são materiais elásticos, e que seu estudo é uma das formas mais diretas de compreender a Lei de Hooke.

Ademais, o ramo que leva à palavra elásticas reforça a ideia de que os alunos reconhecem a natureza dos materiais envolvidos na Lei de Hooke. A elasticidade, nesse contexto, é vista como uma propriedade intrínseca dos materiais que se deformam sob a ação de forças, mas

retornam à sua forma original quando a força é removida. Essa associação é um ponto chave, pois mostra que os alunos já compreendem que a elasticidade é uma característica essencial na aplicação da Lei de Hooke, além de indicar que estão familiarizados com o comportamento de deformação reversível dos materiais.

Por fim, a expressão vai e volta, que aparece na parte inferior do mapa, também é significativa. Ela sugere uma compreensão de que a Lei de Hooke está diretamente relacionada à ideia de que os materiais elásticos retornam à sua posição original após a aplicação de uma força, desde que essa força não ultrapasse o limite de elasticidade do material. Essa compreensão reforça a ideia de que os alunos já têm noção do processo de deformação reversível, essencial para a Lei de Hooke.

7.2.3.3 *Mapa Mental - Pós Aplicação: Lei de Hooke.*

A Figura 7.16 mostra um exemplo de mapa mental após as discussões e utilização de experimentos. Na parte superior da imagem, há uma representação da relação entre a força e a deformação, reforçando a ideia central de que, para materiais elásticos, essa relação é linear até um certo limite, para o qual a deformação se torna permanente. Ao lado, a fórmula que expressa essa relação está destacada, mostrando a equação fundamental unidimensional que descreve o comportamento da força e da deformação em materiais que obedecem à Lei de Hooke.

Figura 7.16 – Mapa Mental Pré Aplicação Lei de Hooke.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Outro ponto importante no mapa é a menção à constante elástica, representada por k , que caracteriza a rigidez do material. Essa constante é específica para cada tipo de material e é um parâmetro fundamental para calcular a força de deformação. A constante elástica também é um fator importante para determinar até que ponto o material pode ser deformado sem sofrer danos permanentes.

Na parte inferior, o mapa mental também menciona os "tipos de materiais" os quais a Lei de Hooke se aplica, destacando que ela se aplica a sólidos elásticos. Isso inclui materiais como metais e plásticos, que seguem o comportamento descrito pela Lei de Hooke quando submetidos a pequenas deformações. Contudo, é importante notar que materiais não elásticos, como borracha e alguns plásticos, podem não seguir essa relação linear, e sua deformação pode não ser proporcional à força.

7.2.3.4 Questionário Pré Aplicação: Lei de Hooke

A aplicação de questionários antes (pré) e depois (pós) da exposição ao conteúdo sobre a Lei de Hooke permitiu uma análise clara da evolução da compreensão dos alunos em relação aos conceitos físicos abordados. Consta na Figura 7.17 as respostas coletadas antes da aplicação do produto educacional. Quando se compara com as respostas pós aplicação (ver Figura 7.18), constata-se que há mudança significativa na qualidade e na profundidade do entendimento dos alunos, demonstrando o impacto positivo da abordagem pedagógica utilizada.

Figura 7.17 – Questionário Pré Aplicação Lei de Hooke.

8. Em uma aula de física, você precisa explicar como a Lei de Hooke é aplicada nas balanças de peso que utilizam molas para medir a massa dos objetos. Descreva como a força e a deformação estão relacionadas neste contexto.

Conferimos o peso as molas
mas não se esticamos da corda
deixamos

9. Você está instalando amortecedores em uma bicicleta nova e quer garantir que eles forneçam o nível correto de absorção de choque. Como você descreveria a importância da constante elástica dos amortecedores na qualidade e no conforto do passeio?

não sei. É importante
para as molas amortecer
e ajuda me a ficar
no passeio

10. Imagine que você tem uma mola presa ao teto e você pendura um peso nela. Como você explicaria a deformação que ocorre na mola usando a Lei de Hooke?

Sim, com o peso aplicado
cria a elasticidade que causa
deformação na mola

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 8, que aborda a aplicação da Lei de Hooke em balanças de peso que utilizam molas, as respostas foram incompletas e não descreveram adequadamente a relação entre força e deformação. Isso indica que os alunos ainda não tinham uma compreensão clara de como a força aplicada a uma mola resulta em uma deformação proporcional, conforme descrito pela Lei de Hooke, desde que o limite elástico não seja excedido.

Na Questão 9, que trata da importância da constante elástica dos amortecedores em uma bicicleta, as respostas foram vagas e não explicaram claramente o papel da constante elástica na

absorção de choque. Isso indica uma confusão comum sobre como a constante elástica afeta a qualidade e o conforto do passeio. Os alunos não tinham clareza sobre o fato de que a constante elástica determina a rigidez da mola e, conseqüentemente, a capacidade do amortecedor de absorver impactos de maneira eficiente.

Na Questão 10, que aborda a deformação de uma mola ao ser pendurada um peso nela, as respostas foram incompletas e não aplicaram corretamente a Lei de Hooke. A falta de uma explicação detalhada sugere que os alunos não tinham compreendido a relação entre a força aplicada (peso) e a deformação da mola. Eles não conseguiram articular que a deformação é diretamente proporcional à força aplicada, conforme descrito pela Lei de Hooke.

7.2.3.5 Questionário Pós Aplicação: Lei de Hooke

Após a aplicação do conteúdo, as respostas dos alunos mostraram, conforme já comentamos, uma melhora significativa na compreensão dos conceitos da Lei de Hooke, como mostra a Figura 7.18. As respostas tornaram-se mais precisas, detalhadas e corretas, indicando que os alunos adquiriram um entendimento mais sólido dos conceitos.

Figura 7.18 – Questionário Pós Aplicação Lei de Hooke.

8. Em uma aula de física, você precisa explicar como a Lei de Hooke é aplicada nas balanças de peso que utilizam molas para medir a massa dos objetos. Descreva como a força e a deformação estão relacionadas neste contexto.

A força peso que atua sobre a balança faz com que as molas sejam deformadas, permitindo que a massa possa ser medida.

9. Você está instalando amortecedores em uma bicicleta nova e quer garantir que eles forneçam o nível correto de absorção de choque. Como você descreveria a importância da constante elástica dos amortecedores na qualidade e no conforto do passeio?

Para o melhor funcionamento da bicicleta, que os amortecedores ajudem a melhorar o conforto de quem anda nela.

10. Imagine que você tem uma mola presa no teto e você pendura um peso nela. Como você explicaria a deformação que ocorre na mola usando a Lei de Hooke?

Ela fica deformada e logo depois volta ou permanece em deformação.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 8, os alunos explicaram que a força aplicada a uma mola resulta em uma deformação proporcional, conforme descrito pela Lei de Hooke. Isso demonstra que os alunos entenderam o conceito de que a deformação de uma mola é diretamente proporcional à força aplicada, desde que o limite elástico não seja excedido. Eles conseguiram aplicar esse conceito ao funcionamento de balanças de peso que utilizam molas.

Na Questão 9, os alunos descreveram a importância da constante elástica dos amortecedores na absorção de choque e no conforto do passeio. Isso indica que os alunos compreenderam que a constante elástica determina a rigidez da mola e, conseqüentemente, a capacidade do amortecedor de absorver impactos de maneira eficiente.

Na Questão 10, os alunos explicaram que a deformação da mola ao ser pendurada um peso nela é diretamente proporcional à força aplicada, conforme descrito pela Lei de Hooke. Isso mostra que os alunos entenderam a relação entre a força aplicada (peso) e a deformação da mola. Eles conseguiram articular que a deformação é diretamente proporcional à força aplicada, desde que o limite elástico não seja excedido.

Antes da exposição ao conteúdo, as respostas eram vagas e frequentemente incorretas, indicando uma falta de entendimento dos conceitos básicos da Lei de Hooke. Após a aplicação do conteúdo, as respostas tornaram-se mais precisas e detalhadas, demonstrando que os alunos adquiriram um conhecimento mais sólido e aplicável dos conceitos. Isso destaca a eficácia da abordagem pedagógica utilizada e a importância de uma explicação clara e detalhada para o ensino de conceitos físicos complexos. A evolução observada nas respostas dos alunos reforça a necessidade de uma abordagem pedagógica bem estruturada e adaptada às necessidades dos alunos, garantindo uma compreensão profunda e significativa dos conceitos físicos.

7.2.4 Movimento Circular

7.2.4.1 *Análise do Aplicativo Plickers: Movimento Circular*

A Figura 7.19 apresentado mostra o relatórios sobre a aplicação do conteúdo de "Movimento Circular" para diferentes turmas do ensino médio. Os relatórios refletem o desempenho das turmas em dias específicos, variando de 68% a 76% de aproveitamento, o que nos permite analisar a eficácia da aplicação desse conteúdo ao longo das aulas.

Figura 7.19 – Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Movimento Circular.



Fonte: Dados da Pesquisa.

O desempenho das turmas demonstra uma variação relativamente pequena, nos percentuais de acerto, indicando uniformidade dos grupos. Por outro lado, a turma que obteve o menor percentual, de 68%, teve a necessidade de uma revisão em grupo dos alunos da pergunta apresentada a fim de melhorar o entendimento do conteúdo, conforme preconiza a metodologia IPC.

As outras turmas, com percentuais de acerto entre 72% e 74%, apresentaram um desempenho consistente e moderado. O fato de as notas estarem em uma faixa relativamente próxima sugere que, de maneira geral, o conteúdo foi assimilado de forma equilibrada. Além disso, houve uma turma, com 73% de aproveitamento, indicando que foi alcançado melhorias nos resultados à medida que as aulas avançavam.

As questões aplicadas em sala de aula através do aplicativo Plickers como aquelas apresentadas na Figura 7.20, abordaram conceitos fundamentais sobre o movimento circular, com foco em trajetória, velocidade angular, forças envolvidas e o conceito de período. A análise dos percentuais de acertos revela tanto o bom entendimento dos alunos em alguns acertos quanto a necessidade de reforço em outros tópicos.

Figura 7.20 – Questões Aplicadas no aplicativo Plickers sobre Movimento Circular.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Na primeira questão, que perguntava sobre a trajetória em um movimento circular, a grande maioria dos alunos, 73%, acertou que a trajetória é curva, o que demonstra uma compreensão dos aspectos básicos do movimento circular. Esse acerto é esperado, pois, em um movimento circular, é evidente que a trajetória é uma curva, ao contrário de outros tipos de movimento, como o retilíneo.

Na segunda questão, a unidade de medida da velocidade angular foi a base de avaliação. Com 71% de acertos, a maioria dos alunos respondeu corretamente que a unidade de medida da velocidade angular é radianos por segundo (rad/s). Esse conceito é essencial para o estudo do movimento circular e sua resposta correta por parte da turma indica que o conteúdo foi absorvido de forma satisfatória.

A terceira questão, relacionada à força que mantém o carro na pista durante uma curva, teve uma das melhores taxas de acerto, com 88% dos alunos respondendo corretamente. A força centrípeta foi identificada como a força que age para manter o carro em movimento circular, evitando que ele saia da pista. A alta taxa de acertos nesta questão mostra que os alunos compreendem as forças que atuam em objetos em movimento circular e a importância da força centrípeta para garantir a estabilidade do movimento.

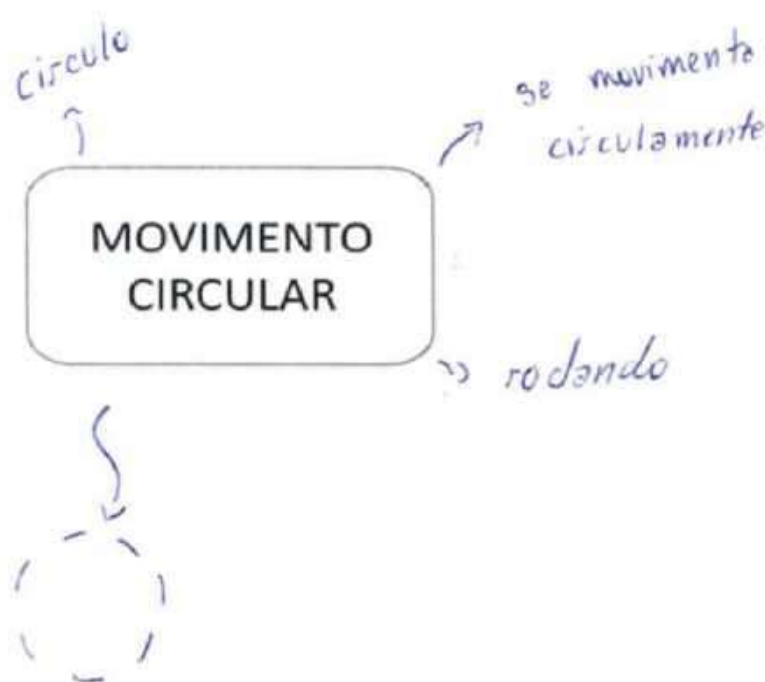
No entanto, a quarta questão, sobre a força que mantém as pessoas em movimento no carrossel, teve um percentual de acerto um pouco inferior, de 77%. Embora a maioria tenha respondido corretamente, a diferença de 11% em relação à questão anterior indica que alguns alunos ainda não dominaram completamente o conceito de força centrípeta em diferentes contextos, como o movimento de um carrossel.

A última questão, que versava sobre o nome dado ao tempo de uma volta completa em um movimento circular, apresentou a menor taxa de acerto, com apenas 62% de respostas corretas. A resposta correta seria período, que é o tempo necessário para que um objeto complete uma volta em um movimento circular. A menor taxa de acerto nesta questão sugere que o conceito de período talvez não tenha sido suficientemente claro para todos os alunos, e este é um ponto que precisa de mais atenção e revisão.

7.2.4.2 Mapa Mental - Pré Aplicação: Movimento Circular

Os mapas mentais apresentados pelos alunos ofereceram uma visão inicial interessante sobre o conceito de movimento circular. Alguns dos mapas mentais produzidos continha ideias-chave baseadas, muito provavelmente, em lógica elementar que os alunos já associam ao movimento circular. A Figura 7.21 contém um exemplo de um mapa produzido pelo aluno antes da aplicação do conteúdo.

Figura 7.21 – Mapa Mental produzido por um dos alunos antes da Pré Aplicação Movimento Circular.



Fonte: Dados da Pesquisa.

A maioria dos alunos já tem a intuição de que o movimento circular envolve o giro ou rotação, muitas vezes associando-o à ideia de "círculo" ou "rodando". Esse entendimento inicial é valioso, pois é o ponto de partida para construir um conceito mais formal e preciso.

Outro ponto importante é que, enquanto alguns alunos já começam a mencionar conceitos como "raio", "força", "ângulo" e "aceleração", que estão diretamente relacionados à dinâmica do movimento circular, essas ideias ainda são apresentadas de forma muito simplificada. Por exemplo, em alguns mapas, o termo "raio" é mencionado, mas não há uma explicação de como ele afeta o movimento. Da mesma forma, a "força" e a "aceleração" são mencionadas de maneira vaga, sem se aprofundar no tipo de força envolvida (força centrípeta) ou na relação entre aceleração e o movimento circular. Este é um ponto crucial que foi explorado nas aulas, pois a compreensão da Física por trás do movimento circular é fundamental para entender fenômenos mais complexos, como a rotação de planetas, os movimentos de satélites e até mesmo o movimento de carros em curvas.

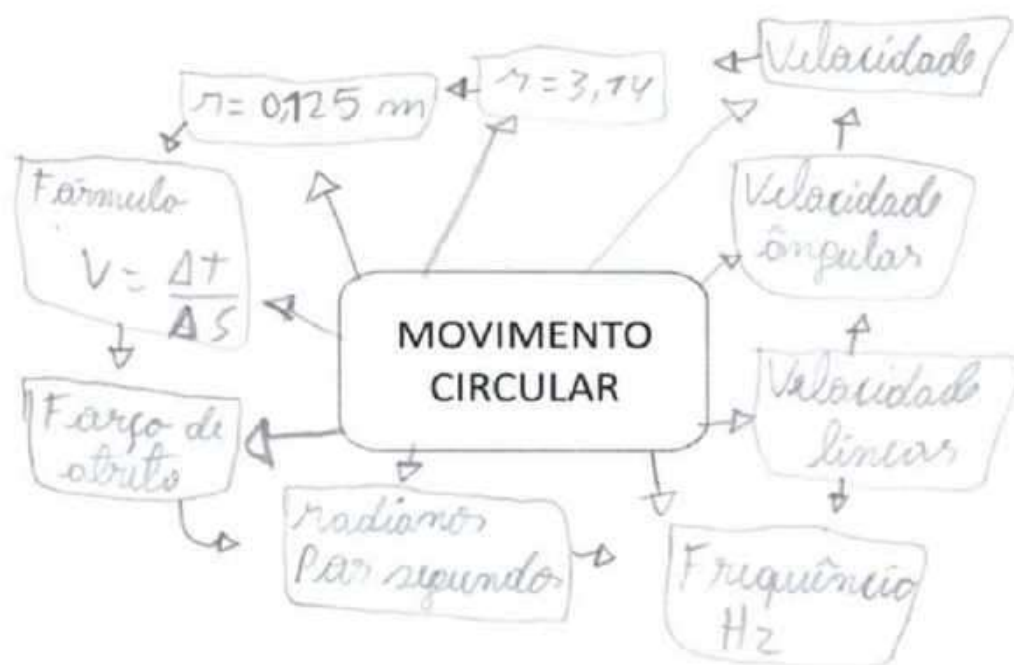
Embora os alunos consigam identificar características gerais desse tipo de movimento, como a ideia de que ele acontece ao redor de um ponto ou trajetória circular, as descrições foram

superficiais.

7.2.4.3 Mapa Mental - Pós Aplicação: Movimento Circular

Ao analisar os mapas mentais pós aplicação sobre o movimento circular, observa-se que, de maneira geral, os alunos demonstraram um esforço considerável para organizar e estruturar o conhecimento sobre o tema, mas o nível de aprofundamento e a interligação dos conceitos variam de forma significativa. A Figura 7.22 é um exemplo de um mapa mental produzido pelos alunos.

Figura 7.22 – Mapa Mental Pós Aplicação Movimento Circular.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Em termos gerais, todos os mapas apresentaram os principais conceitos do movimento circular, com ênfase em aspectos como velocidade linear, força de atrito, frequência, velocidade angular, fórmulas e período, o que facilita a compreensão inicial do que se trata o movimento.

Enquanto alguns mapas apresentam mais informações e tentam integrar diferentes aspectos do movimento circular, como a velocidade angular, a frequência e as fórmulas matemáticas, o que demonstra um esforço para associar a teoria física com a matemática envolvida, a explicação desses conceitos é, muitas vezes, superficial. A, velocidades angular e linear, por exemplo, são

mencionadas, mas sem uma clara conexão entre elas ou uma explicação detalhada de como se relacionam no contexto do movimento circular. O mesmo ocorre com a força centrípeta e a aceleração centrípeta, cujos conceitos são importantes para o entendimento completo do movimento, mas que são pouco explorados ou não aparecem de forma clara nos mapas.

Em alguns casos, a organização poderia ser mais densa e a interconexão dos conceitos poderia ser melhor estabelecida, criando um mapa mais robusto que facilitasse o entendimento dos alunos. O uso de mais exemplos práticos e uma maior exploração das fórmulas matemáticas poderia também enriquecer a explicação do conteúdo.

7.2.4.4 Questionário Pré Aplicação: Movimento Circular

A aplicação de questionários antes (pré) e depois (pós) da exposição ao conteúdo sobre movimento circular, força centrípeta e aceleração centrípeta permitiu uma análise clara da evolução da compreensão dos alunos em relação aos conceitos físicos abordados como mostram as Figura 7.23 e Figura 7.24. As respostas coletadas revelam uma mudança significativa na qualidade e na profundidade do entendimento dos alunos, demonstrando o impacto positivo da abordagem pedagógica utilizada.

No questionário aplicado antes da exposição ao conteúdo, as respostas dos alunos (ver Figura 7.23) evidenciaram uma compreensão inicial bastante limitada e, em alguns casos, incorreta dos conceitos físicos envolvidos.

Figura 7.23 – Questionário Pré Aplicação Movimento Circular.

8. Explicar como a força centrípeta é essencial para que um carro possa fazer uma curva sem sair da trajetória. Qual o papel da força de atrito neste caso?

O freio sendo usado para diminuir a força do carro.

9. Em uma patinação artística, os patinadores executam giros rápidos. Como a posição do corpo afeta a velocidade angular do giro?

Porque eles não tem o tempo de desacelerar para perder o equilíbrio para cair.

10. Um brinquedo de parque de diversões gira em torno de um eixo central, como um carrossel. Descreva o papel da aceleração centrípeta nesse movimento e como ela afeta a experiência dos passageiros.

a velocidade de rotação é afetada por causa da velocidade.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 8, que aborda a força centrípeta e o papel da força de atrito ao fazer uma curva com um carro, as respostas foram incompletas e não explicaram adequadamente a relação entre a força centrípeta e a força de atrito. A resposta fornecida (ver Figura 7.23) foi confusa e não relacionou corretamente a força de atrito com a capacidade do carro de fazer a curva sem sair da trajetória. Isso indica que os alunos ainda não tinham uma compreensão clara de como a força centrípeta atua para manter o carro em uma trajetória circular e como a força de atrito é essencial para fornecer essa força centrípeta.

Na Questão 9, que trata da patinação artística e como a posição do corpo afeta a velocidade angular do giro, as respostas foram vagas e não explicaram claramente o conceito de conservação do momento angular. A resposta fornecida foi desconexa e não relacionou a posição do corpo (braços abertos ou fechados) com a mudança na velocidade angular. Isso sugere que os alunos não tinham compreendido que isso deve-se que a velocidade angular aumenta quando o corpo se contrai (braços próximos ao corpo) à conservação do momento angular.

Na Questão 10, que aborda o papel da aceleração centrípeta em um brinquedo de parque de diversões, como um carrossel, as respostas foram incompletas e não descreveram adequadamente

o efeito da aceleração centrípeta na experiência dos passageiros. A resposta fornecida foi confusa e não explicou como a aceleração centrípeta atua em direção ao centro do movimento circular, mantendo os passageiros em uma trajetória curva. Isso indica que os alunos não tinham compreendido o conceito de aceleração centrípeta e sua relação com a força sentida pelos passageiros.

7.2.4.5 Questionário Pós Aplicação: Movimento Circular

Após a aplicação do conteúdo, conforme comentamos, as respostas dos alunos mostraram uma melhora significativa na compreensão dos conceitos de movimento circular, força centrípeta e aceleração centrípeta. As respostas tornaram-se mais precisas, detalhadas e corretas, indicando que os alunos adquiriram um entendimento mais sólido dos conceitos.

Figura 7.24 – Questionário Pós Aplicação Movimento Circular.

8. Explicar como a força centrípeta é essencial para que um carro possa fazer uma curva sem sair da trajetória. Qual o papel da força de atrito neste caso?

O papel da força de atrito é ficar responsável do carro na estrada impedindo que ele saia pro lado

9. Em uma patinação artística, os patinadores executam giros rápidos. Como a posição do corpo afeta a velocidade angular do giro?

Quando o corpo tá aberto, por exemplo, pernas abertas e mãos abertas, o giro é devagar, mas quando o patinador fecha o corpo o giro é mais rápido

10. Um brinquedo de parque de diversões gira em torno de um eixo central, como um carrossel. Descreva o papel da aceleração centrípeta nesse movimento e como ela afeta a experiência dos passageiros.

Serve para que ela não voe do carrossel e fique sentado no brinquedo sem

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 8, os alunos explicaram que a força centrípeta é essencial para manter o carro em uma trajetória circular durante uma curva, e que a força de atrito entre os pneus e a estrada fornece essa força centrípeta. Isso demonstra que os alunos entenderam a relação entre a força

centrípeta e a força de atrito, e como essa combinação permite que o carro faça a curva sem sair da trajetória.

Na Questão 9, os alunos descreveram que o momento de inércia do corpo afeta a velocidade angular do giro devido à conservação do momento angular. Eles explicaram que, quando os patinadores fecham os braços próximos ao corpo, a velocidade angular aumenta, e quando os braços são estendidos, a velocidade angular diminui. Isso indica que os alunos compreenderam o conceito de conservação do momento angular e como ele se aplica ao movimento de rotação.

Na Questão 10, os alunos explicaram que a aceleração centrípeta atua em direção ao centro do movimento circular, mantendo os passageiros em uma trajetória curva. Eles descreveram como essa aceleração centrípeta afeta a experiência dos passageiros, criando a sensação de ser "empurrado" para fora, enquanto a força centrípeta os mantém no brinquedo. Isso mostra que os alunos entenderam o conceito de aceleração centrípeta e sua relação com a força sentida pelos passageiros em referenciais acelerados.

7.2.5 Queda Livre

7.2.5.1 Análise do Aplicativo Plickers: Queda Livre

A Figura 7.25 mostra os resultados de desempenho de diferentes turmas em uma avaliação sobre o tema "queda livre". O percentual indica como as turmas se saíram ao responder 5 questões dissertativas sobre o tema.

Figura 7.25 – Relatório extraído do aplicativo Plickers sobre Queda Livre.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Uma turma teve desempenho positivo, com 71% de acertos. Isso mostrou que, em geral, os alunos entenderam bem os conceitos relacionados à queda livre, mas ainda podem melhorar em alguns pontos. Outra turma apresentou um desempenho de 64%, indicando que alguns alunos tiveram mais dificuldade com as questões. Além disso teve uma turma que exibiu porcentual de acerto bem mais baixo, de apenas 54%.

Mas, umas das turmas alcançou desempenho de 83% de acertos, evidenciando um bom domínio do tema abordados nas questões propostas.

O relatório apresentado na Figura 7.26 contém exemplos de algumas das questões sobre o tema de queda livre que foram aplicados nas turmas e os percentuais ao lado de cada questão indicam a taxa de acertos dos alunos. Esses percentuais refletem o nível de compreensão dos alunos em relação aos conceitos abordados e permitem uma análise detalhada do processo de ensino e aprendizagem.

Figura 7.26 – Exemplos de questões Aplicadas no aplicativo Plickers sobre Queda Livre.



Fonte: Dados da Pesquisa.

A primeira questão, que aborda a identificação da força que atua sobre um objeto em queda livre, teve um percentual de acertos de 85%, evidenciando que a maioria dos alunos conseguiu identificar corretamente a força da gravidade como a única força atuante nessa situação. Esse alto percentual sugere que a instrução prévia foi eficaz ao enfatizar que, em queda livre, a

resistência do ar é desconsiderada e apenas a gravidade influencia o movimento.

A segunda questão, que trata da aceleração de objetos em queda livre na ausência de resistência do ar, também apresentou um percentual de acertos de 85%. Esse resultado mostrou que a maioria dos alunos compreendeu o princípio de que todos os objetos caem com a mesma aceleração, independentemente de suas massas. Esse conceito, estabelecido por Galileu e confirmado por Newton, foi bem assimilado, sugerindo que a instrução prévia foi eficaz ao superar a intuição comum de que objetos mais pesados caem mais rápido.

A terceira questão, que pede o valor aproximado da aceleração da gravidade próximo à superfície da Terra, teve um percentual de acertos de 100%. Esse resultado é excelente. Esse alto percentual sugere que a instrução prévia foi muito eficaz ao enfatizar a importância desse valor e ao fornecer contextos práticos para sua aplicação.

A quarta questão, que pergunta sobre o que acontece quando uma bola e uma pena são soltas simultaneamente em um vácuo, teve um percentual de acertos de 87%. Esse resultado indica que a maioria dos alunos compreendeu que, na ausência de resistência do ar, ambos os objetos cairão ao mesmo tempo. Esse alto percentual sugere que a instrução prévia foi eficaz ao explicar o conceito de vácuo e sua implicação na queda de objetos.

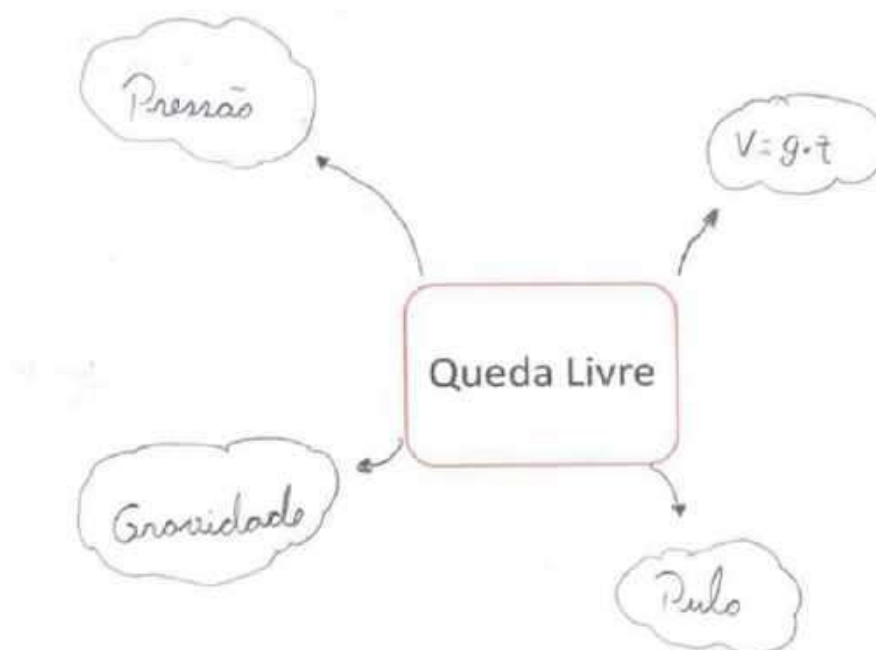
A quinta questão, que aborda como a velocidade de um objeto em queda livre aumenta com o tempo, teve um percentual de acertos de 52%. Esse resultado indica que apenas cerca de metade dos alunos compreendeu que a velocidade aumenta linearmente com o tempo, refletindo a aceleração constante devido à gravidade. Esse é o ponto mais fraco no desempenho dos alunos, sugerindo que o conceito de aceleração constante e a relação linear entre velocidade e tempo não foram plenamente assimilados. Nesse momento a turma foi dividida em pequenos grupos para debater as questões e, posteriormente, respondê-las novamente.

Os novos percentuais de acertos indicaram um bom desempenho dos alunos em questões relacionadas à queda livre, com destaque para o excelente desempenho na terceira questão, com 100% de acertos e um bom desempenho nas questões 1, 2 e 4, com percentuais de acertos de 85%, 85% e 87%, respectivamente. No entanto, a quinta questão, com apenas 52% de acertos, para quais houve uma lacuna significativa no entendimento da relação entre velocidade e tempo em queda livre. Após a repetição da dinâmica, com intervenção em grupos descrito pela metodologia IPC, no qual teve melhora no percentual para 70%.

7.2.5.2 Mapa Mental - Pré Aplicação: Queda Livre

Um exemplo de mapa mental produzido pré aplicação sobre queda livre pode ser visualizado na Figura 7.27, nele observa-se a desorganização, frases ou palavras soltas e conceitos que parecem desconectados, como por exemplo, as palavras "pulo", ou "pressão". Essas expressões, embora confusas, refletem uma tentativa dos alunos de capturar e expressar ideias que ainda não foram totalmente compreendidas. Essa fase inicial de organização do pensamento é crucial, pois representa o primeiro contato dos alunos com conceitos complexos, muitas vezes ainda não consolidados.

Figura 7.27 – Mapa Mental Pré Aplicação Queda Livre constituído por um aluno

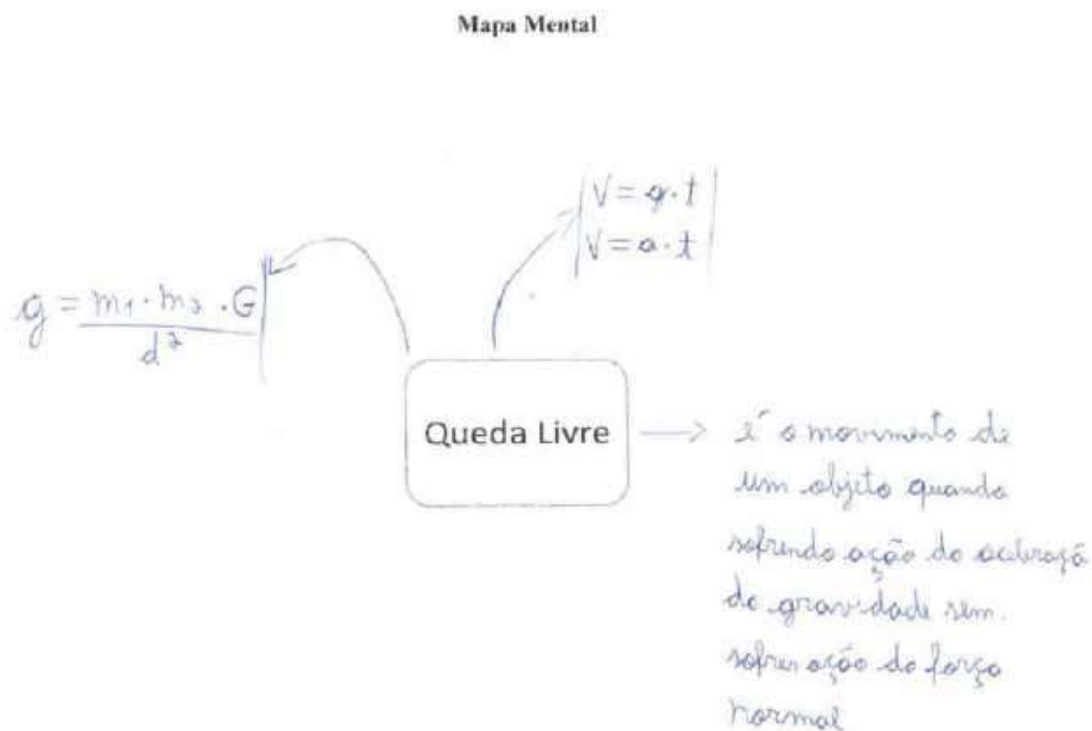


Fonte: Dados da Pesquisa.

Um dos aspectos mais interessantes desses mapas mentais (ver Figura 7.28), foi a inclusão de fórmulas matemáticas, como $G = \frac{M_1 \cdot m}{d^2}$ e $V = g \cdot t$. Essas equações demonstraram que os alunos estavam tentando relacionar conceitos físicos com expressões matemáticas, o que é um passo importante no aprendizado da Física. No entanto, a equação $G = \frac{M_1 \cdot m}{d^2}$, que está relacionada à Lei da Gravitação Universal, sugere uma confusão entre conceitos, já que não está diretamente ligada à queda livre. Essa confusão é pode ser relacionada ao processo de aprendizado, no qual a

assimilação de novos conceitos muitas vezes ocorre de forma gradual e sujeita a erros. Por outro lado, a equação $V = g \cdot t$, que relaciona a velocidade de um objeto em queda livre com o tempo e a aceleração da gravidade, está correta e reflete uma compreensão mais clara desse fenômeno.

Figura 7.28 – Mapa Mental Pré Aplicação Queda Livre elaborada por um aluno



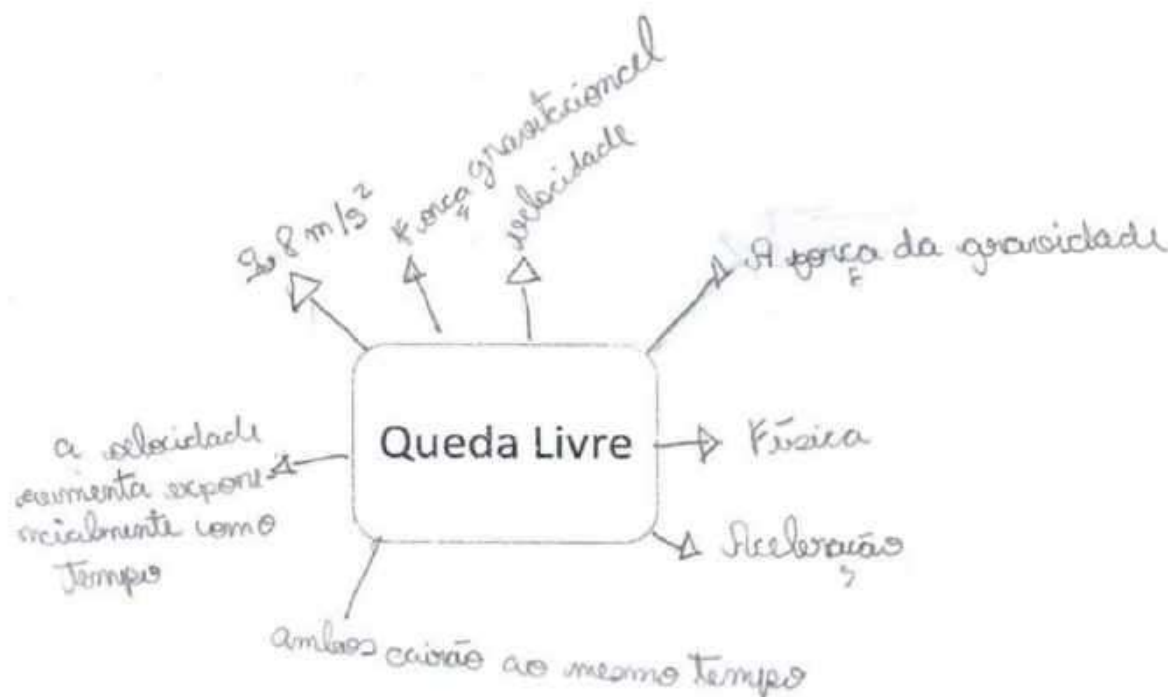
Fonte: Dados da Pesquisa.

Os alunos também tentaram estabelecer conexões entre diferentes conceitos, como a queda livre e as Leis de Newton. Essa tentativa de interligar ideias é um aspecto positivo, pois mostra que os alunos estão pensando em problemas que integram a vivência cotidiana.

7.2.5.3 Mapa Mental - Pós Aplicação: Queda Livre

Um exemplo de mapa mental pós-aula sobre queda livre pode ser visualizado na Figura 7.29. Elas revelaram uma evolução no entendimento dos alunos em relação ao conteúdo abordado. Esses mapas, criados após a exposição do conteúdo, mostraram como os alunos organizaram as informações recebidas, oferecendo resultados valiosos sobre o processo de aprendizado. A análise desses materiais permitiu compreender tanto os avanços alcançados quanto os desafios que ainda precisam ser superados.

Figura 7.29 – Mapa mental pós aplicação queda livre construído por um dos alunos.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Observou-se que os mapas mentais pós-aula apresentaram uma estrutura mais organizada em comparação com os mapas pré-aula, indicando conforme comentamos anteriormente que os alunos evidenciaram a assimilar os conceitos de queda livre e suas aplicações. Um dos aspectos positivos observados nos mapas pós-aula é a tentativa de incluir conceitos científicos e fórmulas, como referências de objetos em queda livre e valores numéricos que podem representar velocidades ou acelerações. As menções à "Resistência do ar" e à "Ausência de Ar" também indicam que os alunos começaram a diferenciar entre queda livre em ambientes com e sem resistência do ar, um conceito fundamental para o entendimento do tema. No entanto, a falta de clareza na aplicação desses conceitos, como em tentativas de relacionar distância ou tempo com a queda livre, sugere que os alunos ainda não dominam completamente as expressões matemáticas e suas aplicações práticas.

Além disso, os mapas mentais pós-aula mostram uma tentativa de conectar diferentes conceitos, como queda livre, resistência do ar e ausência de ar. Essa interligação é um sinal positivo, pois indica que os alunos estão começando a ver a física como um conjunto de ideias inter-relacionadas, em vez de conceitos isolados.

7.2.5.4 Questionário Pré Aplicação: Queda Livre

A aplicação de questionários antes (pré) e depois (pós) da exposição ao conteúdo sobre queda livre permitiu uma análise clara da evolução da compreensão dos alunos em relação aos conceitos físicos abordados. Na Figura 7.30 apresenta-se respostas obtidas antes da aplicação do produto educacional.

No questionário aplicado antes da exposição ao conteúdo, as respostas dos alunos evidenciaram uma compreensão inicial bastante limitada e, em alguns casos, incorreta dos conceitos físicos envolvidos.

Figura 7.30 – Questionário Pré Aplicação Queda Livre.

6. Considere uma folha de papel caindo livremente em uma sala sem vento. Sabendo que a resistência do ar afeta a queda, discuta como a forma e o peso do papel influenciam seu movimento. Explique por que a folha não atinge o solo ao mesmo tempo que um objeto mais denso, como uma moeda, se ambos são soltos da mesma altura.

A folha não tem peso e sua área de contato com o ar é maior, ela demora mais tempo para cair do que um objeto menor e com mais massa.

7. Imagine que você está segurando uma xícara de café enquanto anda por um corredor. Se você tropeçar e a xícara cair da sua mão, explique o que acontece com o líquido e a xícara durante a queda. Considere as forças atuantes e o conceito de queda livre para descrever por que o líquido parece flutuar ou se espalhar ao cair junto com a xícara.

O líquido se espalha e a xícara cai na mão quebrando. As forças atuantes são a gravidade e a força da gravidade.

8. Uma criança pula de um muro baixo em um parque. Descreva o movimento da criança desde o momento em que ela deixa o muro até atingir o solo. Considere a aceleração devido à gravidade, o tempo de queda, e como essas variáveis mudariam se o muro fosse mais alto.

Se a criança pula de um muro baixo o movimento vai demorar menos, isso é por causa da altura.

8. Uma criança pula de um muro baixo em um parque. Descreva o movimento da criança desde o momento em que ela deixa o muro até atingir o solo. Considere a aceleração devido à gravidade, o tempo de queda, e como essas variáveis mudariam se o muro fosse mais alto.

Ela tem mais dificuldade de subir e a forma de pular muda de acordo com a altura pois dependendo por onde ela chuta.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 6, que aborda a queda de uma folha de papel sob a influência da resistência do ar, as respostas foram incompletas e não explicaram adequadamente como a forma e o peso do papel influenciam seu movimento. Na resposta apresenta-se na Figura 7.30, relacionou corretamente a resistência do ar com a forma e a densidade do papel, nem se explicou por que a folha não atinge o solo ao mesmo tempo que um objeto mais denso, como uma moeda. Isso indica que os alunos ainda não tinham uma compreensão clara de como a resistência do ar afeta

objetos de diferentes formas e densidades.

Na Questão 7, que trata da queda de uma xícara de café e o comportamento do líquido durante a queda, as respostas foram vagas e não explicaram claramente o conceito de queda livre e as forças atuantes. A resposta fornecida não descreveu adequadamente por que o líquido parece flutuar ou se espalhar ao cair junto com a xícara. Isso sugere que os alunos não tinham compreendido o conceito de que, durante a queda livre, tanto a xícara quanto o líquido estão sujeitos à mesma aceleração gravitacional, resultando na aparente flutuação do líquido.

Na Questão 8, que aborda o movimento de uma criança que pula de um muro baixo, as respostas foram incompletas e não descreveram adequadamente o movimento da criança desde o momento em que ela deixa o muro até atingir o solo. A resposta fornecida não considerou a aceleração devido à gravidade, o tempo de queda, e como essas variáveis mudariam se o muro fosse mais alto. Isso indica que os alunos não tinham compreendido o conceito de queda livre e como a altura do muro afeta o tempo de queda e a velocidade final.

Na Questão 9, que trata da sensação de queda livre em um brinquedo de parque de diversões, as respostas também foram incompletas e não explicaram adequadamente como a sensação de queda livre é percebida pelos passageiros. A resposta fornecida não discutiu os fatores que determinam a velocidade final e o impacto no corpo humano, incluindo o papel da gravidade e da resistência do ar. Isso sugere que os alunos não tinham compreendido o conceito de queda livre e como ele é simulado em brinquedos de parque de diversões.

7.2.5.5 *Questionário Pós Aplicação: Queda Livre*

Após a aplicação do conteúdo, as respostas dos alunos, conforme mencionado anteriormente, mostraram uma melhora significativa na compreensão dos conceitos de queda livre, como mostra na Figura 7.31. As respostas tornaram-se mais precisas, detalhadas e corretas, indicando que os alunos adquiriram um entendimento mais sólido dos conceitos.

Figura 7.31 – Questionário Pós Aplicação: Queda Livre.

6. Considere uma folha de papel caindo livremente em uma sala sem vento. Sabendo que a resistência do ar afeta a queda, discuta como a forma e o peso do papel influenciam seu movimento. Explique por que a folha não atinge o solo ao mesmo tempo que um objeto mais denso, como uma moeda, se ambos são soltos da mesma altura.

Por conta da massa e da resistência ao ar. Como por exemplo a folha tem massa diferente da moeda que é mais pesada.

7. Imagine que você está segurando uma xícara de café enquanto anda por um corredor. Se você tropeçar e a xícara cair da sua mão, explique o que acontece com o líquido e a xícara durante a queda. Considere as forças atuantes e o conceito de queda livre para descrever por que o líquido parece flutuar ou se espalhar ao cair junto com a xícara.

porque o líquido não está caindo lentamente por conta da viscosidade

8. Uma criança pula de um muro baixo em um parque. Descreva o movimento da criança desde o momento em que ela deixa o muro até atingir o solo. Considere a aceleração devido à gravidade, o tempo de queda, e como essas variáveis mudariam se o muro fosse mais alto.

Se o muro fosse mais alto a velocidade iria aumentar exponencialmente com o tempo.

9. Em um parque de diversões, existe um brinquedo que simula uma queda livre. Explique como a sensação de queda livre é percebida pelos passageiros durante a descida. Discuta os fatores que determinam a velocidade final e o impacto no corpo humano, incluindo o papel da gravidade e da resistência do ar.

Devido aos seus sentidos, sensação do ar e viscoso, tendo então a sensação de amortecimento devido a desaceleração

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Questão 6, os alunos explicaram que a forma e o peso do papel influenciam seu movimento devido à resistência do ar. Eles descreveram que a folha de papel, por ser leve e ter uma grande área superficial, é mais afetada pela resistência do ar, o que retarda sua queda. Em contraste, um objeto mais denso, como uma moeda, é menos afetado pela resistência do ar e atinge o solo mais rapidamente. Isso demonstra que os alunos entenderam a relação entre a resistência do ar, a forma e a densidade dos objetos.

Na Questão 7, os alunos descreveram que, durante a queda livre, tanto a xícara quanto o líquido estão sujeitos à mesma aceleração gravitacional. Eles explicaram que o líquido parece flutuar ou se espalhar porque está em queda livre junto com a xícara, resultando na aparente ausência de força normal sobre o líquido. Isso indica que os alunos compreenderam o conceito de queda livre e como ele afeta objetos em movimento.

Na Questão 8, os alunos descreveram o movimento da criança desde o momento em que ela deixa o muro até atingir o solo, considerando a aceleração devido à gravidade e o tempo de queda. Eles explicaram que, se o muro fosse mais alto, o tempo de queda e a velocidade final da criança seriam maiores devido à maior distância percorrida sob a aceleração gravitacional. Isso

mostra que os alunos entenderam o conceito de queda livre e como a altura afeta o movimento.

Na Questão 9, os alunos explicaram que a sensação de queda livre em um brinquedo de parque de diversões é percebida porque os passageiros estão sujeitos apenas à aceleração gravitacional. Eles discutiram que a velocidade final e o impacto no corpo humano são determinados pela altura da queda e pela resistência do ar. Isso indica que os alunos compreenderam o conceito de queda livre e como ele é simulado em brinquedos de parque de diversões.

7.3 Dificuldades e Imprevistos na Aplicação

Durante a implementação do projeto, alguns desafios e imprevistos foram identificados, influenciando a dinâmica das atividades e o desempenho dos alunos. Sendo uma escola de ensino integral, algumas das aulas foram aplicadas no período da tarde, o que resultou em um nível elevado de fadiga entre os alunos, dificultando a concentração e o engajamento em algumas atividades.

Além disso, feriados e interrupções no calendário escolar afetaram a continuidade das aulas, tornando o processo de ensino menos fluido e exigindo adaptações constantes no planejamento pedagógico. Outra dificuldade observada foi a resistência de alguns alunos em participar ativamente das atividades propostas, especialmente na elaboração dos mapas mentais e nas respostas às questões discursivas dos questionários. Alguns estudantes demonstraram dificuldades em expressar suas ideias de forma estruturada, enquanto outros apresentaram desinteresse em registrar suas reflexões.

Apesar dessas dificuldades, estratégias foram adotadas para reduzir os impactos, como a realização de atividades mais dinâmicas e interativas, o incentivo à participação ativa por meio de discussões e desafios, e a flexibilização do tempo para a realização das tarefas. A introdução de momentos de reflexão coletiva também auxiliou na superação dessas barreiras, permitindo que os alunos se sentissem mais confortáveis para expressar suas compreensões e dificuldades.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou analisar a eficácia de um produto educacional inovador, meticulosamente desenvolvido e fundamentado em metodologias pedagógicas contemporâneas: a instrução por pares, a abordagem STEAM e os princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os resultados obtidos, por meio da comparação entre questionários pré e pós-intervenção pedagógica e da análise de mapas mentais elaborados pelos alunos, revelaram uma evolução significativa e consistente na compreensão dos conceitos físicos abordados. As respostas pós-intervenção demonstraram não apenas uma maior profundidade e clareza, mas também um notável potencial de aplicação prática dos conceitos no cotidiano dos discentes, evidenciando o sucesso da abordagem proposta.

A instrução por pares emergiu como uma estratégia pedagógica de valor inestimável. Ao fomentar a discussão, o questionamento e a explicação mútua entre os alunos em duplas ou grupos, essa metodologia promoveu ativamente a construção colaborativa do conhecimento. Essa interação dinâmica permitiu que os estudantes superassem dificuldades iniciais e desenvolvessem uma compreensão mais robusta, especialmente em contextos que exigiam a aplicação prática de conceitos, como a compreensão da força centrípeta em uma curva ou a conservação do momento angular na patinação artística. A melhora qualitativa nas respostas pós-conteúdo é um testemunho claro do sucesso dessa abordagem, sublinhando a colaboração entre os pares como um pilar fundamental para a consolidação da aprendizagem.

A integração da abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) foi crucial para dotar o ensino de física de um contexto interdisciplinar e relevante. Ao conectar os conceitos físicos a situações do mundo real e aplicações práticas, esta abordagem introduziu uma poderosa motivação para o engajamento dos alunos, permitindo-lhes perceber a pertinência direta dos conceitos estudados. A incorporação de experimentos práticos utilizando Arduino e materiais de baixo custo exemplificou essa conexão, oferecendo aos alunos uma experiência realista e interativa. Eles puderam montar circuitos, programar sensores e visualizar em tempo real fenômenos como forças e movimentos, não apenas solidificando o entendimento conceitual, mas também desenvolvendo valiosas habilidades técnicas e de programação. Essa conexão entre teoria e prática não só intensificou o engajamento, mas também estimulou o

pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas, elementos que se refletiram na maior clareza e contextualização das respostas pós-conteúdo.

Em paralelo, a fundamentação dos conceitos físicos na teoria da Aprendizagem Significativa foi essencial para assegurar que o novo conhecimento se integrasse de forma duradoura à estrutura cognitiva dos alunos. A conexão intencional dos fenômenos físicos com os conhecimentos prévios e com as experiências cotidianas dos alunos – como a discussão da queda livre de uma xícara de café – criou uma base sólida para a compreensão. Essa abordagem permitiu que os materiais didáticos fossem potencialmente significativos, ou seja, estruturados logicamente para se ancorarem de forma não arbitrária e substantiva no conhecimento existente dos alunos. As respostas pós-conteúdo, que revelaram uma maior precisão e clareza na explicação dos fenômenos, indicam que a aprendizagem significativa foi de fato alcançada, capacitando os alunos a aplicar seus conhecimentos em múltiplos contextos.

A evolução das respostas dos alunos – de um estado inicial vago e incompleto para um nível preciso e detalhado pós-intervenção – demonstra de forma contundente que a combinação sinérgica dessas metodologias foi altamente eficaz em superar as dificuldades iniciais. Os alunos não apenas assimilaram os conceitos, mas desenvolveram a capacidade de transferi-los e aplicá-los em cenários diversos, como ao explicar a influência da resistência do ar na queda de objetos ou a relação entre força de atrito e força centrípeta. Essa habilidade de transferência do conhecimento para novas situações é um forte indicativo de que uma aprendizagem verdadeiramente significativa foi estabelecida.

Este estudo foi minuciosamente delineado para responder a objetivos e perguntas de pesquisa específicos, que foram integralmente abordados pelos resultados. O objetivo geral de desenvolver, aplicar e avaliar uma abordagem educacional inovadora que integre Arduino, STEAM e Instrução por Pares para promover um aprendizado ativo e significativo foi plenamente alcançado, conforme demonstrado pela análise dos dados. Os objetivos específicos, que incluíam a identificação de desafios (o ensino tradicional descontextualizado e a falta de engajamento), o projeto da sequência didática (o produto educacional em si), a implementação em turmas do primeiro e terceiro ano do Ensino Médio, a análise do impacto (confirmando a melhoria na compreensão conceitual, interesse, motivação e desenvolvimento de habilidades colaborativas e de resolução de problemas), e a avaliação da viabilidade e replicabilidade (sugerida pelo uso de materiais de baixo custo e pela clareza metodológica), foram todos endereçados.

As perguntas de pesquisa também foram respondidas pelos achados do estudo. Os principais desafios à motivação e engajamento foram identificados como a descontextualização e a falta de atratividade do ensino tradicional. A integração de Arduino, STEAM e Instrução por Pares contribuiu para o ensino de conceitos de Mecânica Clássica ao tornar o aprendizado mais ativo, contextualizado e significativo, promovendo a interação e a aplicação prática. O impacto na compreensão dos conceitos de Física foi notável, com maior profundidade, clareza e aplicabilidade das respostas dos alunos. A abordagem foi altamente eficaz para aumentar o interesse e a motivação, especialmente pela conexão com o cotidiano e as atividades práticas. Por fim, as metodologias ativas empregadas estimularam significativamente o desenvolvimento de habilidades colaborativas e de resolução de problemas nos alunos.

Apesar do sucesso, é imperativo reconhecer que desafios inerentes à complexidade de certos conceitos persistem. Tópicos mais intrincados, como a relação entre força de atrito e força centrípeta, ou a influência da resistência do ar na queda de objetos, ainda podem representar obstáculos para alguns alunos. Para mitigar essas dificuldades, recomenda-se intensificar e diversificar as práticas de atividades, incorporando uma gama mais ampla de experimentos e simulações. Essas abordagens permitirão aos alunos visualizar e experimentar os fenômenos físicos de forma ainda mais concreta e multissensorial. Adicionalmente, a continuidade do trabalho colaborativo entre pares e a crescente integração de tecnologias educacionais, como simuladores virtuais avançados, são estratégias promissoras para consolidar ainda mais o aprendizado e garantir que todos os estudantes atinjam uma compreensão profunda.

Em síntese, a aplicação deste produto educacional demonstrou que a fusão da instrução por pares, da abordagem STEAM e dos preceitos da Aprendizagem Significativa constitui um arcabouço pedagógico robusto e eficaz para o ensino de conceitos físicos complexos. Esta metodologia não só aprimorou substancialmente a compreensão dos alunos, mas também catalisou um aumento notável em seu engajamento e interesse pela Física. A trajetória de evolução observada nas respostas coletadas pelos instrumentos de avaliação solidifica a importância crucial de uma abordagem pedagógica que celebre a colaboração, abrace a intradisciplinaridade e estabeleça uma conexão intrínseca com o mundo real. Ao persistir e investir nessas práticas transformadoras, abre-se caminho para a promoção de uma aprendizagem mais profunda, verdadeiramente significativa e duradoura, capacitando os alunos a aplicar seus conhecimentos de maneira confiante e inovadora em situações reais e desafiadoras do futuro.

REFERÊNCIAS

- Admiral, T. Ensino de Física por Investigação: Usando o Arduíno como Ferramenta Educacional. **Sala de Aula: Revista Digital**, v. 9, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36524/saladeau1a.v9i1.495>. Citado 1 vez na página 38.
- Albuquerque, J. C. M. d.; Dores, J. L. R. d. Uso da Inteligência Artificial no ensino de Física: potencialidades e desafios. **Revista CAED**, v. 5, n. 3, 2023. DOI: 10.26694/caedu.v5i3.4657. Citado 1 vez na página 43.
- Araujo, I. S.; Mazur, E. INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: UMA PROPOSTA PARA O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, UFRGS, v. 30, n. 2, p. 362–384, 2013. DOI: 10.5007/2175-7941.2013v30n2p362. Citado 2 vezes nas páginas 81, 82, 84, 85.
- Arduino. **Software**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://www.arduino.cc/en/software/>. Acesso em: 14 jul. 2024. Citado 1 vez na página 26.
- Ausubel, D. P. **Educational psychology: A cognitive view**. [S.l.]: Holt, Rinehart, & Winston, 1968. Citado 3 vezes nas páginas 69–71.
- _____. **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view**. [S.l.]: Springer, 2003. Citado 1 vez na página 20.
- Ausubel, D. P. A aprendizagem significativa. **São Paulo**, 1982. Citado 3 vezes nas páginas 67, 68, 85.
- Bacich, L.; Holanda, L. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**, p. 1–12, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 73, 79.
- Bandura, A. **Social Learning Theory**. [S.l.]: Prentice-Hall, 1977. Citado 2 vezes nas páginas 85, 86.
- BNCC, M. D. E. -. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Conselho Nacional de Secretários de Educação – CONSED União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação – UNDIME**, v. 1, n. 1, p. 1–567, 2016. Citado 3 vezes na página 74.
- Carvalho, A. M. P.; Gil-Pérez, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. [S.l.]: Cortez, 2006. Citado 1 vez na página 19.
- Carvalho, A. M. P. d.; Gil-Pérez, D. Tendências e inovações na formação de professores de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, v. 11, n. 3, p. 34–58, 2006. Citado 1 vez na página 72.
- CARVALHO, M. S.; PEREIRA, L. F.; SILVA, R. P. Desafios e perspectivas do ensino de Física no Brasil: uma análise crítica. **Revista Brasileira de Educação Científica**, v. 19, n. 2, p. 143–150, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 72, 73.
- Carvalho, R. A.; Pereira, L. F.; Silva, T. R. O ensino de Física no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**, v. 39, p. 125–141, 2019. Citado 1 vez na página 21.

Cavalcante, E. A Sinergia Emergente: Explorando a Relação entre o Ensino de Física no Brasil e o Uso da Inteligência Artificial. **Revista Física no Campus**, v. 3, n. 2, p. 1–5, 2023. Seção: Artigos Gerais. ISSN 2764-5924. Disponível em: <<http://novo.revista.uepb.edu.br/fisicanocampus>>. Citado 2 vezes na página 39.

Cavalcante, M. A.; Tavoraro, C. R. C.; Molisani, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 33, p. 4503–4503, 2011. Citado 1 vez na página 26.

ChatGPT. **Página inicial**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://chatgpt.com/c/50c4acbe-4b10-4f74-914f-d0c2613b89a3>. Acesso em: 14 jul. 2024. Citado 1 vez na página 39.

Classroom, S. **Mit der App Plickers das Lernen transformieren**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://smart-classroom.de/mit-der-app-plickers-das-lernen-transformieren/>. Accessed: 2024-07-08. Citado 0 vez na página 25.

Educação, N. **Leis de Newton - Resumão**. Acessado em: 19 de janeiro de 2025. 2025. Disponível em: <<https://neteducacao.com.br/leis-de-newton-resumao/>>. Citado 0 vez na página 47.

Enem, P. **Leis de Newton - Física**. Acessado em: 19 de janeiro de 2025. 2025. Disponível em: <<https://www.preparaenem.com/fisica/leis-newton.htm>>. Citado 0 vez nas páginas 44, 48.

Erickson, F. Qualitative Methods of Research on Teaching. In: WITTROCK, M. C. (Ed.). **Handbook of Research on Teaching**. 3. ed. New York: Macmillan Publishing Co., 1986. Citado 1 vez na página 86.

Escola, B. **Aceleração Centrípeta - Física**. Acessado em: 19 de janeiro de 2025. 2025a. Disponível em: <<https://brasile scola.uol.com.br/fisica/aceleracao-centripeta.htm>>. Citado 0 vez na página 63.

_____. **Força Normal**. Acessado em: 12 de janeiro de 2025. 2025b. Disponível em: <<https://brasile scola.uol.com.br/fisica/forca-normal.htm>>. Citado 0 vez na página 49.

_____. **Segunda Lei de Newton - Física**. Acessado em: 19 de janeiro de 2025. 2025c. Disponível em: <<https://brasile scola.uol.com.br/fisica/segunda-lei-newton.htm>>. Citado 0 vez na página 45.

Fernandes, D. H. et al. Explorando a Física com Chat GPT e Simulador PhET: Uma Abordagem Inovadora para o Ensino. **Revista de Ensino de Física**, 2023. Citado 1 vez na página 43.

Ferraz, A.; Lino, A. Investigando o uso da inteligência artificial ChatGPT-3.5 no Ensino de Física. **Seminário de Iniciação Científica do Litoral Norte**, 2023. Citado 1 vez na página 43.

Ferraz, R. Ensino médio e preparação da juventude para o mercado de trabalho: contradições (aspirações e expectativas profissionais de alunos concluintes do ensino médio da Rede Pública Estadual). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2006. Citado 1 vez na página 75.

Galileo, G. **Discourses and Mathematical Demonstrations Relating to Two New Sciences**. [S.l.]: Elsevier, 1638. Citado 1 vez na página 57.

Garcia, M. B. d. O.; Oliveira, M. M. d.; Plantier, A. P. Interatividade e mediação na prática de metodologia ativa: o uso da instrução por colegas e da tecnologia na educação médica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, SciELO Brasil, v. 43, p. 87–96, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 70, 71.

Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. [S.l.]: Atlas, 2002. Citado 1 vez na página 87.

Goldstein, H.; Poole, C.; Saffo, J. **Classical Mechanics**. 3. ed. [S.l.]: Addison Wesley, 2002. ISBN 0201657023. Citado 1 vez na página 62.

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. **Fundamentals of Physics**. [S.l.]: Wiley, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 53, 57.

_____. **Fundamentos de Física**. [S.l.]: LTC, 2016. Citado 3 vezes nas páginas 45, 47, 49.

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. **Fundamentals of Physics**. 4th. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1993. Citado 1 vez na página 34.

Husserl, E. **Ideas Pertaining to a Pure Phenomenology and to a Phenomenological Philosophy**. [S.l.]: Niemeyer, 1913. Livro I: General Introduction to Pure Phenomenology. Citado 1 vez na página 86.

Kamada, W. **Ciclos de Modelagem: uma proposta com Arduino no ensino de Física**. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/8714>>. Citado 1 vez na página 38.

Liang, Y. et al. Exploring the potential of using ChatGPT in physics education. **Smart Learning Environments**, v. 10, p. 52, 2023. DOI: 10.1186/s40561-023-00272-8. Citado 2 vezes na página 43.

Lombardi, E. et al. Tecnologias móveis na educação básica: o smartphone no processo de ensino e aprendizagem no contexto do ensino médio. Universidade do Oeste Paulista, 2018. Citado 1 vez na página 24.

Maia, D. L.; Carvalho, R. A. de; Appelt, V. K. Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 49, p. 68–88, 2021. Citado 3 vezes nas páginas 75–77.

Marion, J.; Thornton, S. **Classical Dynamics of Particles and Systems**. 5. ed. [S.l.]: Brooks/Cole, 2004. ISBN 0534408966. Citado 1 vez na página 62.

Martinazzo, C. A. et al. Arduino: uma tecnologia no ensino de Física. **Revista Contexto & Educação**, 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/3589>>. Citado 1 vez na página 38.

Maxicours. **La Gravitation Universelle - Collège - Physique-Chimie**. Acessado em: 12 de janeiro de 2025. 2025. Disponível em: <<https://www.maxicours.com/se/cours/la-gravitation-universelle--college--physique-chimie/>>. Citado 0 vez na página 50.

Mazur, E. **Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa**. [S.l.]: Penso Editora, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 80, 88.

Moreira, M. A. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. **Cadernos de Educação**, v. 37, p. 7–17, 2010. Citado 5 vezes nas páginas 19, 67, 69, 85.

Moreira, M. A. **Aprendizagem Significativa: Teoria e Prática**. [S.l.]: Editora Centauro, 2011. Citado 4 vezes nas páginas 86, 87.

Newton, I. **Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica**. [S.l.]: Royal Society, 1687. Citado 6 vezes nas páginas 44, 46, 47, 50.

Nussenzveig, M. **Curso de Física Básica - Volume 2: Oscilações e Ondas, Fluidos, Termodinâmica**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1994. Citado 3 vezes nas páginas 60, 62, 64.

Oliveira, S. M.; Pereira, R. L.; Santos, T. R. Projetos STEAM no ensino médio: integração entre disciplinas no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 10, n. 2, p. 321–340, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 23, 26.

Piaget, J. **O nascimento da inteligência na criança**. [S.l.]: Editora Martins Fontes, 1976. Citado 1 vez na página 85.

Plickers. **Formative assessment has never been faster**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://get.plickers.com/>. Accessed: 2024-07-08. Citado 0 vez na página 24.

Portal Sinapsys.News. **Metodologia para tornar outras áreas mais atrativas**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://sinapsys.news/metodologia-para-tornar-outras-areas-mais-atrativas/>. Acesso em: 10 jul. 2024. Citado 0 vez na página 80.

Quina, N.; Casal-de-la-Fuente, L.; Cardoso, M. A integração das artes na abordagem STEAM: uma revisão sistemática da literatura. **VII Encontro Internacional de Formação na Docência: Livro de Resumos**, Instituto Politécnico de Bragança, 2023. Citado 1 vez na página 70.

Ribeiro, J. A. d. A. **Metodologias ativas no ensino de física: instrução por pares e aplicativo plickers na abordagem da unidade energia mecânica**. Ago. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Título alternativo: Active methodologies in physics teaching: peer instruction and plickers app in the approach from the energy mechanical, Orientador: Mara Fernanda Parisoto, Palavras-chave: Física; Ensino entre pares; Aprendizagem ativa; Physics; Peer teaching; Active learning. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/35965>>. Citado 1 vez na página 25.

Serway, R. A.; Jewett, J. W. **Physics for Scientists and Engineers**. [S.l.]: Cengage Learning, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 52, 53.

Silva, A. P. d.; Sousa, L. L. d. L. Experimentos com o Arduino® nas aulas de Física. **Trabalho de Conclusão de Curso**, 2024. Citado 1 vez na página 38.

Silva, F. L.; Almeida, R. O. Tecnologia e ensino experimental: o uso de materiais de baixo custo no ensino de Ciências. **Revista de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 234–250, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 19, 20, 23.

Silva, J. P.; Gomes, L. P. Metodologias ativas no ensino de Física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, n. 1, p. 12–28, 2021. Citado 2 vezes na página 73.

Silva, J. Tecnologias Acessíveis no Ensino Experimental. **Revista Brasileira de Educação**, v. 25, n. 3, p. 45–59, 2020. Citado 1 vez na página 20.

Silva, M. C. d. et al. A Revolução da Inteligência Generativa Artificial e o Aprendizado na Educação Básica: O Caso do ChatGPT no Contexto Brasileiro. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, 2024. Recebido em: 22/09/2023; Aceito em: 25/03/2024. Disponível em: <<https://www.exemplourl.com>>. Citado 1 vez na página 39.

SILVA, S. d. C. R.; Schirlo, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social. **Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, p. 36–42, 2014. Citado 1 vez na página 70.

Silveira, B. S. d. C. **Competências digitais na formação de professores para o componente de tecnologia e inovação do programa inova do ensino médio paulista**. 2023. Tese (Doutorado). Citado 1 vez na página 70.

Souza, L. B. et al. Chat GPT no ensino de física experimental. **Anais do COBENGE**, 2023. DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4656. Citado 1 vez na página 42.

Souza, S. S. F. d. Utilização da plataforma Arduino no processo de ensino/aprendizado de fundamentos de eletricidade na física. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 3, e5213345227, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i3.45227>. Citado 1 vez na página 38.

Studart, N. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1–24, 2019. Citado 3 vezes nas páginas 25, 70.

Taylor, J. **Classical Mechanics**. [S.l.]: University Science Books, 2005. ISBN 189138922X. Citado 1 vez na página 62.

Thiollent, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 18. ed. [S.l.]: Cortez, 2009. Citado 1 vez na página 87.

TikZ.net. **Dynamics Spring Diagram using TikZ**. Acessado em: 12 de janeiro de 2025. 2025. Disponível em: <https://tikz.net/dynamics_spring/>. Citado 0 vez na página 58.

Tipler, P. A.; Mosca, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. [S.l.]: LTC, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 46, 48.

_____. **Physics for Scientists and Engineers**. [S.l.]: W. H. Freeman, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 53, 59.

Tipler, P. A.; Mosca, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. [S.l.]: LTC, 2009. P. 45–47. ISBN 978-8521617105. Citado 1 vez na página 47.

Usinainfo. **Balança Arduino com Célula de Peso e HX711: Tutorial Calibrando e Verificando Peso**. [S.l.: s.n.], Acesso em: 10-07-2024. <https://www.usinainfo.com.br/blog/balanca-arduino-com-celula-de-peso-e-hx711-tutorial-calibrando-e-verificando-peso/>. Citado 0 vez nas páginas 30–37.

Vasconcelos, A. F.; Lima, J. P.; Pereira, J. T. Análise do impacto de estratégias ativas no ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 24, p. 149–167, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 19, 20, 23.

Venturine, C.; Oliveira Malaquias, I. M. C. de. INCLUSÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM ABORDAGENS STEAM NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM PROJETO DE EXTENSÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO CIENTÍFICO DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 203–217, 2023. Citado 1 vez na página 70.

Vieira, L. D.; Nicolodi, J. C.; Darroz, L. M. A área de Ciências da Natureza nos PCNs e na BNCC. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 5, p. 105–122, 2021. Citado 2 vezes na página 71.

Vygotsky, L. **A formação social da mente**. [S.l.]: Editora Martins Fontes, 1978. Citado 1 vez na página 85.

Yakman, G. STEAM education professional development practicum & research. **Proceedings of the PATT**, v. 34, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 19, 79, 80, 88.

Zanatta, S. C. A implantação de uma Base Nacional Comum Curricular–BNCC no contexto do progresso ensino e aprendizagem de Física. **Conhecimento público, educação tutorial e outras reflexões sobre o ensino de Ciências**. Maringá: LCV-UEM, p. 311–330, 2017. Citado 1 vez na página 70.

Zerbetto, F. d. O. **Análise de uma proposta para a utilização do aplicativo Plickers em aulas de física no ensino médio**. 2019. Diss. (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. Disponível em: <<https://pos.uel.br/mnpfisica/wp-content/uploads/2022/09/Fabricio-de-Oliveira-Zerbetto.pdf>>. Citado 1 vez na página 25.

Zuim, E. **Apostila - Configurações, operações e comandos básicos do Arduino**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://www.ezuim.com/arduino/arduino.html>. Acesso em: 10 jul. 2024. Citado 1 vez nas páginas 28, 29.

Produto Educacional



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Roney Lima Souza
Dra. Regina Lélis de Sousa



TRANSFORMANDO O ENSINO DE FÍSICA:

Integrando Arduíno, STEAM e
Instrução por Pares para uma
Aprendizagem Inovadora

**Araguaína-To
2024**

Universidade Federal do Norte do Tocantins – Polo 61
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

TRANSFORMANDO O ENSINO DE FÍSICA:

**Integrando Arduíno, STEAM e Instrução por Pares para uma
Aprendizagem Inovadora**



Roney Lima Souza

Licenciado em Física pela Universidade Estadual do Maranhão
Mestrando em Ensino de Física pela Universidade Federal do Norte do Tocantins

Dra. Regina Lélis de Sousa

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

Doutora em Física pela Universidade de São Paulo
Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo

**Araguaína-To
2024**

Transformando o Ensino de Física:

Integrando Arduíno, STEAM e Instrução por Pares para uma Aprendizagem Inovadora

Roney Lima Souza

Professor
Profa. Dra. Regina Lélis de Sousa

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO NORTE DO TOCANTINS

Sumário

1	Aprendizagem Significativa	10
2	Metodologias ativas no ensino de Física	13
3	Abordagem STEAM	15
3.1	Interdisciplinaridade e Conexões Holísticas	15
3.2	Preparação para o Mundo Real e Mercado de Trabalho	16
3.3	Estímulo à Criatividade e Inovação	16
3.4	Engajamento dos Alunos	17
3.5	Desenvolvimento de Habilidades do Século XXI	18
4	Instrução pelos colegas (peer instruction) - IPC	21
4.1	PLICKERS - Ferramenta Digital para Uso junto à Metodologia de IPC	25
5	Arduino	27
5.1	Sensores e Módulos	29
5.1.1	Célula de carga	29
5.1.2	Módulo Conversor Amplificador HX711	30
5.1.3	Módulo adaptador I2C	31
5.1.4	Display LCD 16x2	31
5.1.5	Sensor ultrassônico HC-SR04	32
5.1.6	Módulo Bluetooth HC-06	33
5.1.7	Módulo sensor magnético	33

5.1.8	Potenciômetro linear	34
5.1.9	Protoboard	34
5.1.10	Fonte Ajustável para Protoboard	35
5.1.11	Jumper	36
6	Inteligência Artificial: O Papel do ChatGPT	37
6.1	ChatGPT como Ferramenta Auxiliar no Ensino de Física	37
6.2	Elaboração de Códigos para Projetos com Arduino	38
6.2.1	Desenvolvimento de Códigos	38
7	Introduzindo a Inovação no Ensino de Física: Conceitos Fundamentais e Equipamentos Didáticos confeccionados com Arduino	41
7.1	Cinemática - Queda Livre	42
7.1.1	Queda Livre	42
7.1.2	Roteiro para o Experimento 1	44
7.1.3	Experimento 1 - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro	47
7.1.4	Montagem do Experimento 1	48
7.1.5	Código Computacional para o Experimento 1	50
7.1.6	Experimento 1 - Guia Pedagógico	53
7.1.7	Roteiro para o Experimento 2	54
7.1.8	Experimento 2 - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro	56
7.1.9	Montagem do Experimento 2	57
7.1.10	Código Computacional para o Experimento 2	59
7.1.11	Experimento 2 - Guia Pedagógico	60
7.1.12	Questionário - Queda Livre	62
7.2	Leis de Newton	65
7.2.1	Lei da Inércia: Mantendo o Equilíbrio	65
7.2.2	Segunda Lei de Newton	66
7.2.3	Terceira Lei de Newton: Ação e Reação	66
7.2.4	Tensão em Roldanas: Transmitindo Força através de Cordas	67

7.2.5	Roteiro para o Experimento	68
7.2.6	Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro	71
7.2.7	Montagem do Experimento	72
7.2.8	Código Computacional para o Experimento - Leis de Newton	74
7.2.9	Experimento - Guia Pedagógico	76
7.2.10	Questionário	77
7.3	Movimento Circular	80
7.3.1	Deslocamento Angular ($\delta\theta$)	80
7.3.2	Velocidade Angular (ω)	80
7.3.3	Aceleração Angular (α)	80
7.3.4	MCU e MCUV	81
7.3.5	Roteiro para o Experimento de Movimento Circular	82
7.3.6	Experimento MC - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro	86
7.3.7	Montagem do Experimento MC	87
7.3.8	Código Computacional para o Experimento MC	89
7.3.9	Experimento - Guia Pedagógico	91
7.3.10	Questionário	92
7.4	Força Peso	95
7.4.1	Roteiro para o Experimento Força Peso	97
7.4.2	Experimento - Peso - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro	101
7.4.3	Montagem do Experimento	102
7.4.4	Código Computacional para o Experimento	103
7.4.5	Roteiro para o Experimento - Guia Pedagógico	105
7.4.6	Questionário	107
7.5	Força Elástica	110
7.5.1	A Lei de Hooke	110
7.5.2	Roteiro para o Experimento - Medição da Força Elástica	112
7.5.3	Experimento Sistema Massa-Mola - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro	115

7.5.4	Montagem do Experimento Sistema Massa-Mola	116
7.5.5	Código Computacional para o Experimento relacionado ao sistema massa-mola . .	117
7.5.6	Experimento - Guia Pedagógico	119
7.5.7	Questionário	121
7.6	Quantidade de Movimento, Trabalho Mecânico e Energia	123
7.6.1	Quantidade de Movimento	124
7.6.2	Conservação da quantidade de movimento	124
7.7	Trabalho Mecânico	125
7.7.1	Força de Atrito	127
7.7.2	Trabalho Realizado pelo Atrito	128
7.7.3	Energia: Capacidade de Realizar Trabalho	129
7.7.4	Forças Dissipativas	131
7.7.5	Roteiro para o Experimento - Energia/Trabalho/Quantidade de Movimento	131
7.7.6	Experimento Energia / Trabalho / Quantidade de Movimento - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro	134
7.7.7	Montagem do Experimento Energia / Trabalho / Quantidade de Movimento	135
7.7.8	Código Computacional para o Experimento Energia/Trabalho/Quantidade de Move- mento	136
7.7.9	Experimento - Guia Pedagógico	138
7.7.10	Questionário	139
7.8	Materiais de Baixo Custo Usados na Confecção dos Experimentos	143
8	Sequência Didática e sua Aplicação	145
8.1	Estrutura da Sequência Didática	145
8.1.1	Aula 01	146
8.1.2	Aula 02	147
8.1.3	Aula 03	147
8.1.4	Aula 04	147
9	Conclusão	148

A	Apêndice	152
A.1	QR CODE DE SUGESTÕES DE VÍDEOS DOS CONTEÚDOS	152
A.2	QUEDA LIVRE	155
A.3	LEIS DE NEWTON	173
A.4	MOVIMENTO CIRCULAR	199
A.5	FORÇA PESO	221
A.6	FORÇA ELÁSTICA	241
A.7	QUANTIDADE DE MOVIMENTO-ENERGIA-TRABALHO	262

Carta aos Leitores

Prezados(as) Professores(as),

Quero falar sobre algo que aconteceu quando eu estava no ensino médio. As aulas de Física eram bem complicadas para mim naquela época. Lembro-me claramente de como eram difíceis de entender. Os professores só falavam de fórmulas e problemas que pareciam mais de matemática do que propriamente de Física. Isso me deixava bastante frustrado e me fez querer encontrar maneiras melhores de aprender.

Percebi que muitos colegas também tinham dificuldades e que as aulas não estavam despertando interesse em ninguém. Foi então que o passar dos anos me permitiu refletir e comecei a pensar em como poderia mudar isso. Afinal, a Física é uma matéria muito importante e interessante, e merece ser ensinada de uma forma que todos possam entender e se interessar.

Isso realmente me incomodava e me motivou a criar soluções didáticas. Eu sentia que algo precisava ser feito para tornar a aprendizagem de Física mais interessante e acessível para todos. Essa lacuna na educação não podia ser ignorada. Foi o que me inspirou a criar este produto educacional - não apenas para preencher buracos, mas para ir além dos limites da disciplina e das formas de ensinar.

Por isso, decidi usar a abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática). Essa abordagem amplia o aprendizado, integrando diferentes áreas do conhecimento e promovendo uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos físicos. Não se trata apenas de ensinar, mas também de inspirar os estudantes a explorarem o mundo ao seu redor de uma maneira nova e criativa.

Além disso, quis que os próprios alunos se envolvessem mais na aprendizagem. Por isso, incluí instruções dos colegas como uma parte importante do produto educacional. Acredito que quando os alunos têm a oportunidade de ensinar e compartilhar conhecimento uns com os outros, a aprendizagem se torna mais dinâmica e enriquecedora.

Nosso produto propõe ensinar tópicos de Mecânica Clássica de forma inovadora ao combinar o uso de metodologias ativas e tecnologia moderna. Com essa abordagem, pretendemos transformar a maneira como os estudantes aprendem Física, tornando o processo mais interativo, engajador e relevante para o mundo atual.

Claro, a aprendizagem significativa também foi uma peça fundamental e estruturante na criação deste produto educacional. Acredito que o aprendizado é mais eficaz quando os alunos conseguem relacionar os novos conhecimentos com suas experiências prévias e aplicá-los em situações do mundo real.

Assim, ao desenvolver este material, busquei criar oportunidades para que os estudantes construíssem seu próprio entendimento e atribuíssem significado aos conceitos físicos. Ao invés de simplesmente apresentar informações de forma passiva, o produto educacional foi estruturado de maneira a incentivar a exploração ativa, a resolução de problemas contextualizados e a reflexão crítica.

Dessa forma, espero que os usuários não apenas absorvam os conceitos, mas também os internalizem e os incorporem em seu repertório de conhecimento de forma duradoura e significativa.

Atenciosamente,
Roney Lima Souza

CAPÍTULO 1

Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa, conceito desenvolvido pelo psicólogo David Ausubel (AUSUBEL, 1982), é uma abordagem que valoriza a construção ativa do conhecimento pelos alunos, buscando estabelecer conexões entre os novos conceitos e os conhecimentos prévios já existentes em suas estruturas cognitivas, (MOREIRA, 2012). A figura 1.1 mostra a diferença da aprendizagem Mecânica e aprendizagem significativa.



Figura 1.1: Diagrama Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica, (Autoria Própria, 2024)

No processo de aprendizagem significativa é importante salientar que (ARAGÃO, 1976)

Além de não ser arbitrária, a aprendizagem para ser significativa precisa ser também substantiva, ou seja, uma vez aprendido determinado conteúdo o indivíduo conseguirá explicá-lo com as suas próprias palavras. Assim, um mesmo conceito pode ser expresso em linguagem sinônima e transmitir o mesmo significado. (ARAGÃO, 1976)

Um dos aspectos centrais da teoria da Aprendizagem significativa é o conceito de subsunções. Os

subsunçores (AUSUBEL, 1982) são unidades básicas de conhecimento armazenadas na mente dos estudantes. Eles representam os conceitos, ideias e informações que os alunos já possuem e que servem como base para a compreensão de novos conteúdos. Quando um novo conceito é apresentado de forma significativa, ele se conecta aos subsunçores relevantes na estrutura cognitiva do aluno, ampliando e enriquecendo seu entendimento.

Para criar condições que permitam aos alunos uma aprendizagem significativa, "a condição em que já existem, na estrutura cognitiva do sujeito, ideias que possam servir como âncora para ideias novas"(AUSUBEL, 1982) é fundamental. Por exemplo, ao aprender sobre o ciclo da água, um aluno pode já possuir subsunçores relacionados aos estados físicos da água, à evaporação e à condensação. Quando ele é exposto ao conceito do ciclo da água, esses subsunçores prévios são ativados e utilizados para compreender e assimilar as novas informações, como a precipitação e a transpiração.

Dessa forma, a aprendizagem significativa não se limita à simples memorização de fatos isolados, mas busca estabelecer conexões sólidas e significativas entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios dos alunos.

Uma das ferramentas para alcançar os subsunçores são os organizadores prévios. Denominam-se organizadores prévios materiais introdutórios apresentados aos alunos antes da aprendizagem de novos conteúdos. Eles atuam como pontes cognitivas que ligam o conhecimento prévio dos alunos aos novos conceitos a serem ensinados, facilitando a assimilação e a retenção da informação.

Existem diferentes tipos de organizadores prévios, como diagramas, mapas conceituais, resumos e questionários, cada um desempenhando um papel crucial na preparação mental dos alunos para o novo material que se deseja tornar potencialmente significativo. Ao fornecer uma estrutura inicial, os organizadores prévios ajudam os alunos a organizarem e integrarem novas informações de maneira mais eficaz, o que é essencial para a construção de um aprendizado duradouro e significativo. A figura 1.2 um resumo a metodologia de uso de organizadores prévios.

Organizadores Prévios

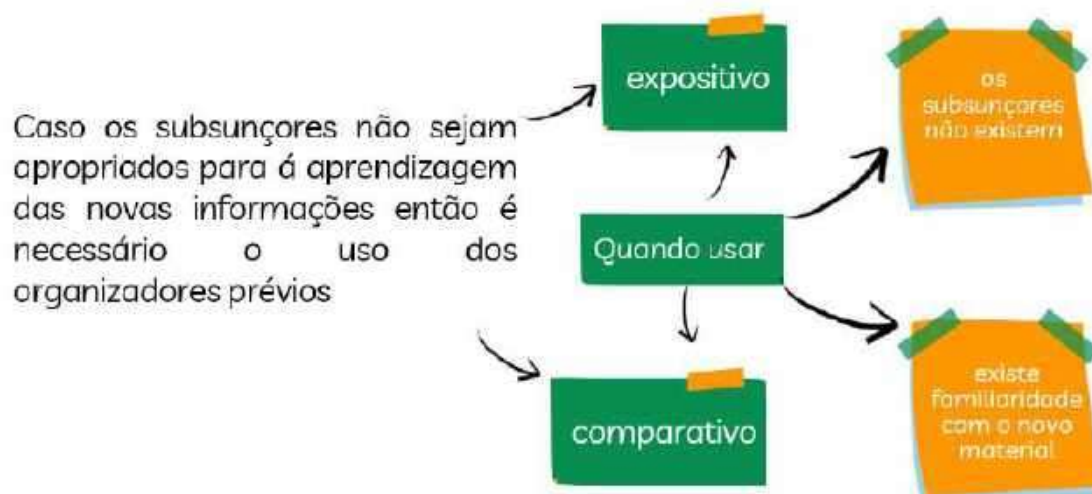


Figura 1.2: Diagrama contendo um resumo sobre uma das possíveis metodologias de uso de organizadores prévios na teoria da Aprendizagem Significativa (Autoria Própria, 2024)

Ao reconhecer e valorizar os subsunçores existentes na mente dos estudantes, os educadores podem criar experiências de aprendizagem mais relevantes, engajadoras e duradouras, promovendo uma compreensão mais profunda e significativa dos conteúdos.

E essa é exatamente uma das preocupações de Ausubel na sua proposta pedagógica: que se estabeleçam (de forma lógica e não-arbitrária) as mais variadas conexões possíveis entre as novas ideias que estão sendo apresentadas, e entre elas e as ideias que o indivíduo já domina. Isso é para que não aconteça o que ele definiu como “compartimentos incomunicáveis” de ideias relacionáveis. (AUSUBEL). (1982)

Um resumo das ideias apresentadas sobre aprendizagem significativa podem ser visualizadas no diagrama ilustrado na figura 1.3 (AUSUBEL, 1982).



Figura 1.3: Diagrama representativo das interações do docente e do discente com sobre as atividades estimuladoras com o objetivo de se alcançar a Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel (AUSUBEL, 1982).

Este diagrama (AUSUBEL, 1982) representa como deve ocorrer a interação entre o docente e discentes com as atividades estimuladoras com o objetivo de se alcançar aprendizagem significativa. Este modelo visual destaca a importância das conexões entre novas informações e conhecimentos existentes, facilitando a compreensão e a aplicação prática do que foi aprendido. O diagrama ilustra a estrutura hierárquica do conhecimento, sendo que os conceitos mais gerais se ramificam em ideias mais específicas, promovendo uma integração coerente e profunda dos conteúdos educacionais.

CAPÍTULO 2

Metodologias ativas no ensino de Física

As metodologias ativas representam uma revolução no mundo da educação, transformando a sala de aula em um espaço dinâmico e interativo, no qual os alunos são os protagonistas de seu próprio aprendizado. Imagine-se agora como um facilitador de descobertas, guiando os alunos em uma jornada de exploração e aprendizado significativo. Certamente, trata-se de uma missão empolgante.

Segundo (STUDART, 2019), a

aprendizagem ativa envolve os alunos no processo de aprendizagem por meio de atividades e/ou discussão em sala de aula, em vez de ouvir passivamente um especialista. Ela enfatiza o pensamento de ordem superior e frequentemente envolve trabalho em equipe. (STUDART, 2019)

Ao usarem metodologias ativas, os educadores não apenas transformam a experiência educacional dos alunos, mas também os preparam para enfrentarem os desafios do mundo real, no qual a capacidade de pensar de forma crítica, trabalhar em equipe e se adaptar a mudanças é mais importante do que nunca.

A combinação da abordagem STEAM (acrônimo para Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics - Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) (QUINA; CASAL-DE-LA-FUENTE; CARDOSO, 2023) com a metodologia de instrução pelos colegas (peer instruction ou IPC), (GARCIA; OLIVEIRA; PLANTIER, 2019) e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (SILVA; SCHIRLO, 2014) no ensino de Física oferece um poderoso instrumento que tem potencial para impactar a experiência educacional dos alunos. Segundo (VENTURINE; OLIVEIRA MALAQUIAS, 2023), o modelo educacional tradicional tem sido alvo de diversas críticas por parte de educadores, pensadores e pesquisadores, os quais propõem metodologias para promover uma melhoria no sistema de ensino e aprendizagem.

Ao adotar a abordagem STEAM, o professor estará se adequando às exigências da nova estrutura do Ensino Médio aprovado pelo congresso nacional em 2016 (SILVEIRA, 2023). Segundo a BNCC¹ (ZANATTA, 2017), os educadores devem integrar conceitos de Física com outras disciplinas, como Artes, Matemática e tecnologia, permitindo que os alunos explorem conexões interdisciplinares, estejam capacitados e compreendam a Física em um contexto mais amplo e relevante. Isso estimula a curiosidade, a criatividade e a aplicação prática do conhecimento, elementos essenciais para uma aprendizagem significativa, em acordo com as afirmações de (VIEIRA; NICOLODI; DARROZ, 2021).

¹Base Nacional Comum Curricular

A Educação Básica cumpre seu papel ao fornecer uma educação que permita ao cidadão não apenas compreender o mundo ao seu redor, mas também usar esses conhecimentos para transformá-lo. Para citar um exemplo relacionado ao tema eletricidade, parte desse papel envolve a capacidade de

avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais. (VIEIRA; NICOLODI; DARROZ, 2021).

A metodologia de instrução por pares (GARCIA; OLIVEIRA; PLANTIER, 2019) complementa essa abordagem, promovendo a colaboração entre os alunos e incentivando-os a assumirem papéis ativos na construção do conhecimento. Ao trabalharem juntos para explicar conceitos, resolver problemas e realizar experimentos, os estudantes não apenas consolidam sua compreensão da Física, mas também desenvolvem habilidades de comunicação, trabalho em equipe e pensamento crítico.

Por fim, a Teoria da Aprendizagem Significativa (SILVA; SCHIRLO, 2014) constitui o cenário teórico que imprescindível pois enfatiza a importância de conectar os novos conhecimentos com a estrutura cognitiva prévia dos alunos, tornando a aprendizagem mais profunda e duradoura. Ao contextualizar os princípios físicos em situações do mundo real ou relacioná-los com experiências pessoais dos alunos, os educadores podem facilitar a internalização dos conceitos físicos e promover uma compreensão mais sólida e significativa.

Assim, ao combinar a abordagem STEAM com a metodologia de instrução por pares e a teoria da Aprendizagem Significativa, os educadores têm ferramentas que são adequadas para criar um ambiente de aprendizagem dinâmico, envolvente e eficaz e que tem potencial para preparar os alunos não apenas para compreender os conceitos de Física, mas também para aplicá-los de forma criativa e reflexiva em diferentes contextos. Ao adentrar nesse universo de ensinagem ativa, os alunos não são mais apenas aprendizes passivos, absorvendo informações fragmentadas. Em vez disso, tornam-se exploradores curiosos, navegando pelos vastos oceanos do conhecimento, conectando pontos e desvendando segredos ocultos.

CAPÍTULO 3

Abordagem STEAM

3.1 INTERDISCIPLINARIDADE E CONEXÕES HOLÍSTICAS

A abordagem STEAM¹ reconhece a interdependência entre as disciplinas, permitindo que os alunos vejam conexões holísticas entre conceitos e habilidades relacionadas a cada uma delas. Ao integrar conhecimentos de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, os estudantes são capacitados a entender como essas áreas se relacionam e interagem no mundo real, promovendo uma compreensão mais profunda e contextualizada (BACICH; HOLANDA, 2020).

Segundo a (BNCC, 2016), o ensino deve, entre muitos outros objetivos, propiciar aos alunos as habilidades e competências para

interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (BNCC, 2016).

Sendo assim, a Matemática não deve ser apenas uma série de fórmulas abstratas, mas sim a linguagem universal que permeia todas as disciplinas, desde a análise de dados científicos até a criação de obras de arte. A Arte não é apenas estética, mas sim uma forma de expressão que ajuda a dar vida aos conceitos científicos e a tornar tangível o mundo abstrato da Matemática.

Ainda neste cenário, a Engenharia não deve ser vista apenas sobre técnicas e teorias que são úteis para construir pontes e máquinas, mas sim como conjunto de saberes que permitem solucionar problemas complexos de maneira criativa e inovadora, utilizando conhecimentos de diversas áreas, incluindo os conceitos discutidos nas aulas de Física. Também não se poderá reduzir a Tecnologia apenas a um aglomerado de dispositivos e algoritmos, mas sim uma ferramenta poderosa que amplia nossa capacidade de explorar, criar e colaborar. Todas estas características da metodologia STEAM estão em harmonia com a necessidade do ensino que permita ao discente

analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em

¹Acrônimo para Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics - Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática.

diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano. (BNCC, 2016).

E, é claro, a Ciência não é apenas um conjunto de fatos a serem memorizados, mas sim uma jornada de investigação e descoberta, na qual perguntas são tão importantes quanto respostas e a curiosidade é o combustível que impulsiona o progresso.

Ao integrar essas disciplinas, os alunos são convidados a cruzar fronteiras, a desafiar limites e a explorar novos territórios do conhecimento. E, à medida que mergulham nessa jornada interdisciplinar, descobrem que as conexões que fazem são muito mais do que simplesmente acadêmicas; são profundamente humanas, enriquecendo suas vidas de maneiras que vão além das paredes da sala de aula.

Portanto, ao promover a interdisciplinaridade e as conexões holísticas, a metodologia STEAM não apenas prepara os alunos para os desafios do mundo moderno, mas também os capacita a se tornarem cidadãos globais conscientes, capazes de compreender e enfrentar os complexos problemas que se apresentam na sociedade. É uma jornada emocionante, repleta de descobertas, aprendizados e, acima de tudo, de uma profunda apreciação pela vastidão e beleza do conhecimento humano.

3.2 PREPARAÇÃO PARA O MUNDO REAL E MERCADO DE TRABALHO

A preparação para o mundo real e o mercado de trabalho é uma jornada empolgante e desafiadora, e a abordagem STEAM se destaca como uma bússola confiável nesse trajeto. Imagine-se agora como um viajante em uma jornada épica, pronto para enfrentar os desafios do mundo além dos portões da academia. (FERRAZ, 2006) afirma que

(...) a educação que a escola tem oferecido resume-se no desenvolvimento da capacidade de “aprender a aprender”, não como aquisição de informações e tecnologias para uma satisfatória inserção num mercado “flexível” (como supõe a legislação), mas sim no sentido de aprender a identificar a estratégia mais adequada para alcançar determinado fim (destaques da autora). (FERRAZ, 2006).

A integração das disciplinas STEAM não é apenas uma questão de adquirir conhecimento, mas sim de cultivar habilidades e mentalidades que são essenciais para prosperar em um mundo cada vez mais complexo e interconectado.

Ao atravessar essa jornada, os alunos não apenas acumulam informações, mas também desenvolvem uma compreensão profunda de como aplicar esse conhecimento de maneira prática e inovadora. Eles não apenas resolvem problemas em laboratórios e salas de aula, mas também aprendem a enfrentar os desafios do mundo real com confiança e resiliência.

3.3 ESTÍMULO À CRIATIVIDADE E INOVAÇÃO

A abordagem STEAM se revela como um terreno fértil para o florescimento da criatividade e inovação. Imagine-se agora como um artista diante de uma tela em branco, pronto para dar vida a suas ideias mais audaciosas. Neste ambiente, a Arte não é apenas uma forma de expressão, mas sim um catalisador para a imaginação, um convite para explorar novas perspectivas e desafiar convenções. Os

alunos não apenas criam obras de arte, mas também experimentam, colaboram e reimaginam o mundo ao seu redor de maneiras que nunca pensaram possíveis.

(MAIA; CARVALHO; APPELT, 2021) afirma que

foi recentemente que a abordagem STEAM, antes denominado STEM, começou a ganhar força na educação e na literatura, e incorporou a componente Artes para inserir as Ciências Humanas e Sociais em seu contexto. Isso permitiu que esta abordagem educacional evoluísse para além da instrumentação e habilidades técnicas, reforçando a importância da interdisciplinaridade, compreensão do mundo ao seu redor e dando maior relevância a habilidades humanísticas, como a criatividade e criticidade. (MAIA; CARVALHO; APPELT, 2021).

E, é claro, a Ciência não é apenas um conjunto de fatos a serem memorizados, mas sim uma jornada de exploração e descoberta, na qual perguntas são tão importantes quanto as respostas, sendo a curiosidade o combustível que impulsiona o progresso. Os alunos não apenas estudam o mundo natural, mas também o questionam, o desafiam e o transformam, moldando o futuro com suas descobertas e *insights*.

Ao integrar essas disciplinas, os alunos são convidados a pensar de forma criativa e a abordar problemas de maneiras inovadoras. E à medida que exploram novos territórios do conhecimento, descobrem que a verdadeira magia da metodologia STEAM não está apenas na criação de soluções inteligentes e originais, mas sim na transformação de suas próprias mentes, cultivando uma paixão pela descoberta e uma sede insaciável por conhecimento.

3.4 ENGAJAMENTO DOS ALUNOS

Neste cenário, a metodologia STEAM emerge como um convite irresistível à participação ativa e entusiástica dos alunos. Imagine-se agora como um condutor de uma orquestra, regendo não apenas um conjunto de notas, mas sim uma sinfonia harmoniosa de aprendizado e descoberta.

Com o uso desta metodologia, a interdisciplinaridade não é apenas uma ideia abstrata, mas sim uma realidade palpável e, fazendo parte dela, os alunos são convidados a explorar conexões entre diferentes áreas de conhecimento de maneira prática e envolvente. Eles não apenas aprendem sobre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática de forma isolada, mas sim como peças de um quebra-cabeça interconectado, cada uma contribuindo com conhecimentos para uma compreensão mais completa e significativa do mundo ao seu redor.

Ao mergulhar nessa abordagem integrada, os alunos são incentivados a se tornarem protagonistas de seu próprio aprendizado, explorando tópicos de interesse pessoal e colaborando com seus colegas em projetos desafiadores e estimulantes. Eles não apenas absorvem informações passivamente, mas sim as constroem ativamente, através de experiências práticas, experimentação e descoberta.

Nesse sentido, a abordagem STEAM pode ser implementada na Educação Básica a partir de situações do cotidiano da comunidade em que os estudantes analisam um problema, planejam e propõem soluções para mitigá-lo ou amenizá-lo. (MAIA; CARVALHO; APPELT, 2021).

A sala de aula se transforma em um espaço de exploração e criatividade e os alunos são incentivados a questionar, experimentar e assumir riscos intelectuais. Eles não apenas buscam respostas, mas sim formulam perguntas provocativas, desafiando suposições e explorando novos territórios do conhecimento.

E, é claro, o papel do educador se transforma de transmissor de informações para facilitador de aprendizado, guiando e apoiando os alunos em sua jornada de descoberta. O professor não apenas fornece respostas, mas sim estimula a curiosidade, fomenta o pensamento crítico e celebra a diversidade de perspectivas e ideias que surgem no processo de aprendizagem.

Ao promover esse engajamento ativo dos alunos, a metodologia STEAM não apenas torna o aprendizado mais significativo e relevante, mas também prepara os alunos para enfrentar os desafios do século XXI com confiança e determinação. É uma abordagem que celebra a alegria da descoberta, a emoção da colaboração e a beleza da aprendizagem ao longo da vida.

3.5 DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES DO SÉCULO XXI

Uma representação de como a metodologia STEAM, ao reconhecer a interdependência entre as disciplinas emerge como um catalisador essencial para o desenvolvimento das habilidades do século XXI pode ser visualizada na figura 3.1.



Figura 3.1: Diagrama Steam proposto pelo autor. (Autora Própria, 2024)

O docente pode, com esta metodologia, imaginar-se como um arquiteto de pontes entre o passado e o futuro, construindo não apenas estruturas físicas, mas sim alicerces sólidos para o sucesso e a realização pessoal dos alunos. Perceba que as disciplinas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática se entrelaçam para criar uma tapeçaria rica e multifacetada de aprendizado, na qual os alunos não apenas adquirem conhecimento, mas também cultivam habilidades essenciais para prosperar em um mundo em constante evolução.

Ao mergulhar nesse ecossistema educacional integrado, os alunos são convidados a desenvolver habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração, comunicação e criatividade. Eles não apenas absorvem informações de forma passiva, mas sim as aplicam de maneira prática e significativa, enfrentando desafios complexos e encontrando soluções inovadoras. A Matemática se transforma em uma

ferramenta poderosa para a análise de dados e a tomada de decisões informadas. A Tecnologia constitui um meio de ampliar a capacidade dos alunos de criar, colaborar e se comunicar em um mundo cada vez mais conectado. A Engenharia oferece uma estrutura para a resolução de problemas complexos e a implementação de soluções práticas. A Arte estimula a imaginação e a expressão criativa, enquanto a Ciência fomenta a curiosidade e a investigação.

E, à medida que os alunos exploram essas disciplinas de maneira integrada, descobrem que estão desenvolvendo habilidades que são essenciais para o sucesso em qualquer campo ou profissão. Eles aprendem a pensar de forma crítica, a trabalhar em equipe, a comunicar suas ideias de forma clara e persuasiva, além de se tornarem capazes de encontrar soluções inovadoras para os desafios que enfrentam.

Em um projeto STEAM, temos como objetivo a construção de propostas de intervenção pelos estudantes para pensar sobre um desafio que faz parte do contexto escolhido, e, nesse caso, devemos tomar cuidado para não tratar as áreas de forma isolada, tornando o projeto multidisciplinar. É um equívoco comum escolher um tema para trabalhar nas diferentes áreas e acreditar que isso é o suficiente para promover uma conexão entre os conceitos de cada uma delas. (BACICH; HOLANDA, 2020).

Ao promover o desenvolvimento dessas habilidades do século XXI, a metodologia STEAM (BACICH; HOLANDA, 2020) não apenas prepara os alunos para os desafios do mundo moderno, mas também os capacita a se tornarem cidadãos globais responsáveis, capazes de fazer diferença positiva em suas comunidades e no mundo. É uma abordagem que celebra não apenas o que os alunos sabem, mas também quem eles são e quem eles podem se tornar. A proposta do acrônimo STEAM é creditada a (YAKMAN, 2017), que desenvolveu uma pirâmide visual apresentada na Figura 3.2 para representar a integração das áreas. A base da Pirâmide é composta pelos itens numerados a seguir estão indicados na figura.

1. História da origem dos conceitos, processos de investigação, física, biologia, química, ciências espaciais, geociências, bioquímica.
2. História das tecnologias, tecnologia e sociedade, design, habilidades, projetos para o mundo, agricultura, medicina, biomedicina, biotecnologia, informática, comunicação, construção, indústrias, transporte, energia .
3. Aeroespacial, fluidos, arquitetura, agronomia, civil, computacional, de minas, acústica, química, elétrica, ambiental, industrial, de materiais, mecânica, dos oceanos, naval .
4. Operações, álgebra, geometria, medições, análise de dados, probabilidade, resolução de problemas, comunicação, cálculos, trigonometria, causas e efeitos.
5. Humanidades (nas, visuais performáticos): música, teatro, fisiologia (artes manuais, corporais e psicologia), antropologia, relações internacionais, filosofia.

Esse modelo de representação, ilustra a interconexão entre as diferentes áreas temáticas e foi reproduzido na figura 3.2.

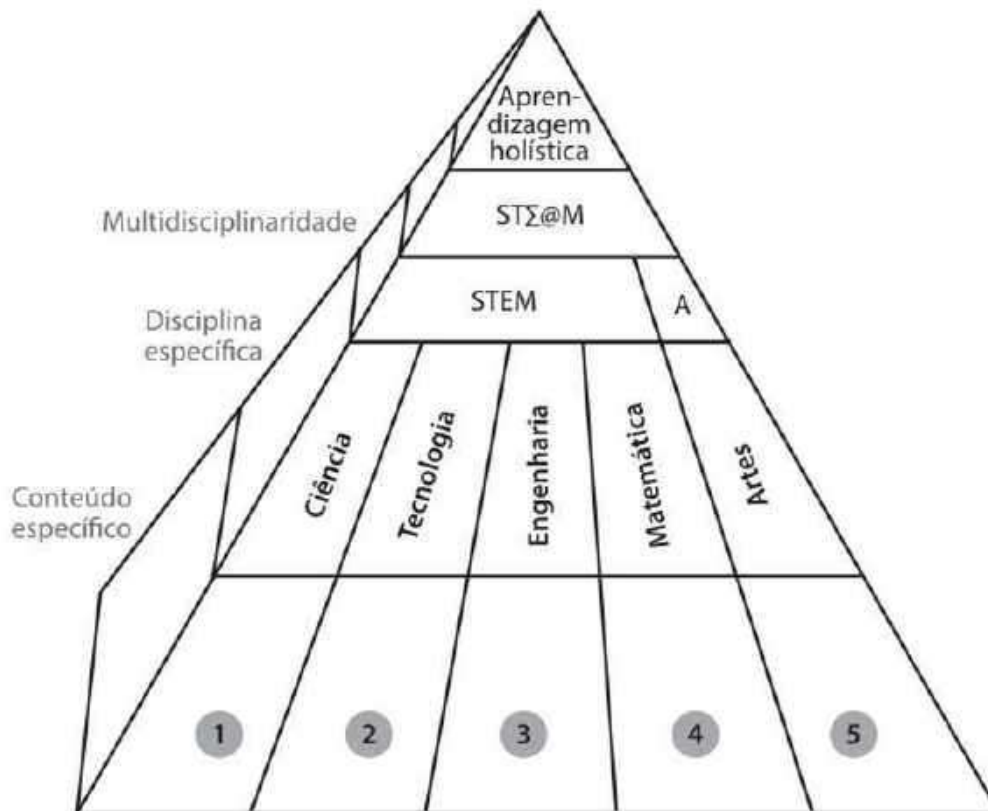


Figura 3.2: Pirâmide integração das áreas na metodologia STEAM Portal Sinapsys.News (2024). (Fonte: reproduzida da referência (YAKMAN, 2017).)

CAPÍTULO 4

Instrução pelos colegas (peer instruction) - IPC

Desenvolvida por Eric Mazur, (MAZUR, 2015) a metodologia de Instrução pelos Colegas, ou Peer Instruction, é uma abordagem inovadora para o ensino e aprendizagem colaborativa. Descrita detalhadamente em seu livro Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa (MAZUR, 2015), essa metodologia transforma o papel dos alunos em participantes ativos no processo educativo.

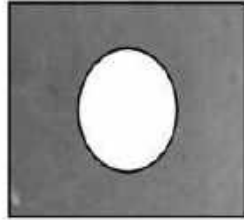
Em vez de depender exclusivamente do professor para transmitir informações, os alunos se envolvem em discussões, debates e atividades práticas que incentivam o pensamento crítico e a compreensão aprofundada dos conceitos.

A Instrução pelos Colegas, como explorado por (ARAUJO; MAZUR, 2013), se mostra particularmente eficaz na disciplina de Física no Ensino Médio. Ela promove a participação ativa dos alunos, estimula o pensamento crítico e ajuda na consolidação do conhecimento.

O método é estruturado em etapas-chave, começando com uma breve exposição dialogada pelo professor, seguida pela apresentação de uma questão conceitual que os alunos devem responder individualmente. Com base nas respostas coletadas, o professor ajusta a abordagem para garantir que todos os alunos compreendam os conceitos, seja por meio de discussões em grupo ou pela reformulação da exposição do tema.

A figura 4.1 apresenta um exemplo de questão conceitual.

Considere uma placa de metal de formato retangular com um furo circular no centro. Se a placa for uniformemente aquecida, o diâmetro do buraco:



- a) aumenta
- b) permanece o mesmo
- c) diminui

Figura 4.1: Exemplo de uma questão conceitual para uso com a metodologia IPC. Araujo e Mazur (2013)

A imagem apresentada na figura 4.2 apresenta um exemplo de aplicação da metodologia em sala de aula.



Figura 4.2: Aplicação da metodologia IPC - momento de coleta da resposta dos discentes a um dos questionamentos realizados pelo professor. (Autoria Própria, 2024)

Capturou-se o momento em que os alunos apresentaram a resposta para uma questão conceitual proposta no âmbito da IPC. Durante a atividade os discentes receberão cartões resposta (ver figura 4.3), confeccionados em material de baixo custo, com o intuito de facilitar a contabilização das respostas pelo docente.



Figura 4.3: Cartões resposta confeccionados com papelão usados durante a aplicação da metodologia IPC. (Autoria Própria,2024)

Após a coleta das respostas dos discentes, quando mais de 70% dos alunos acertam a questão proposta, tem-se um indicativo de uma compreensão sólida do tema pela maioria da turma. Nesse caso, o professor pode fazer considerações breves sobre o assunto antes de prosseguir para outro tópico, aproveitando o momento do aprendizado. Essas considerações breves podem incluir um resumo dos principais pontos discutidos e reforçar a importância do tema dentro do contexto mais amplo do currículo. Ao mesmo tempo, é essencial que o professor esteja atento àqueles alunos que podem precisar de apoio adicional para alcançar o mesmo nível de compreensão que a maioria da turma.

Por outro lado, quando o índice de acertos está abaixo de 30%, há uma lacuna na compreensão do tema. Nesse caso, o professor reformula a exposição do assunto, ajustando-a para abordar as dificuldades identificadas, mas mantendo a motivação e o interesse dos alunos.

Quando o índice de acertos está entre 30% e 70%, os alunos devem se reunir em pequenos grupos para discutir o tema em estudo. Durante essa etapa, o professor participa ativamente das discussões, circulando entre os grupos e fornecendo orientações e esclarecimentos conforme necessário. Após o debate em grupo, o processo de votação é retomado e o professor esclarece a resposta correta, garantindo que todos os alunos compreendam os conceitos abordados.

O diagrama apresentado na figura 4.4 esquematiza o processo de aplicação do método IPC. A essência da metodologia Instrução pelos Colegas (IPC) foi destacada nesta figura em azul.

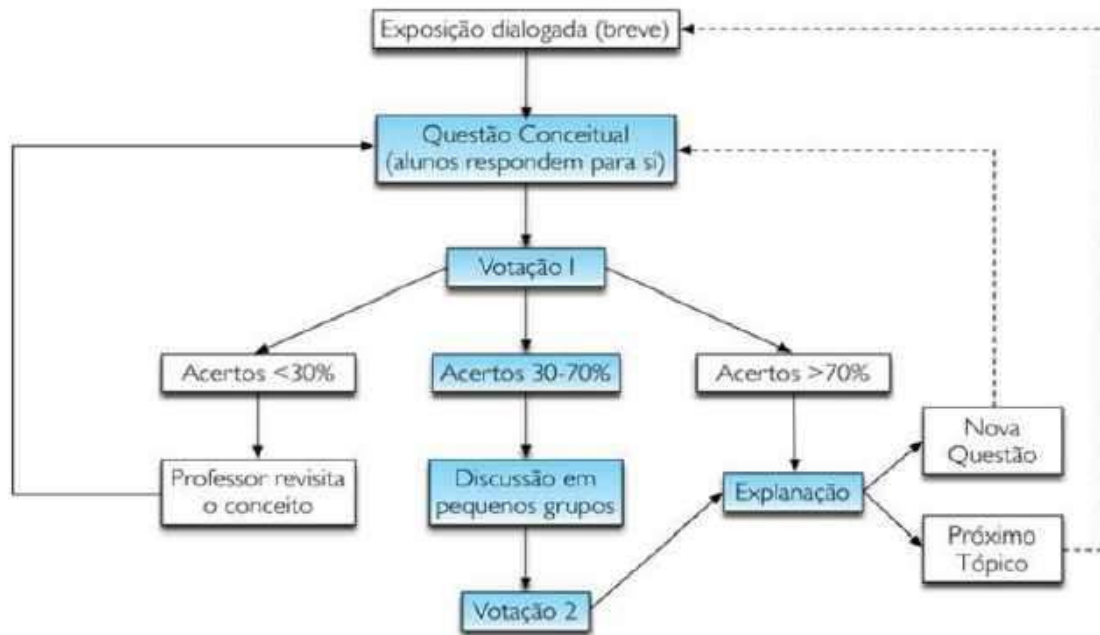


Figura 4.4: Diagrama do processo de implementação do método IPC (Peer Instruction). Em destaque a etapa como ComcepTest. Adaptado de Lasry, Mazur e Watkins (ARAUJO; MAZUR, 2013)

Este método está em constante evolução e conta com uma comunidade ativa de professores em todo o mundo. A abordagem IPC não apenas promove o aprendizado ativo e colaborativo, mas também desenvolve habilidades sociais, como comunicação eficaz, trabalho em equipe e pensamento crítico. Ao integrar a metodologia de instrução pelos colegas nas atividades desenvolvidas em sala de aula, os professores podem criar um ambiente de aprendizado inclusivo e estimulante, no qual cada aluno é desafiado e apoiado em seu processo individual de aprendizagem.

Ao adotar essa abordagem, os educadores capacitam os alunos a assumirem um papel ativo em sua própria aprendizagem, promovendo a autonomia, a responsabilidade e o pensamento independente. Os alunos não apenas aprendem com seus professores, mas também uns com os colegas, compartilhando conhecimentos, experiências e perspectivas únicas que enriquecem o processo de aprendizagem.

Com o uso da IPC, a sala de aula se transforma em um ambiente colaborativo e inclusivo, oportunizando aos alunos a possibilidade de contribuir com o processo de aprendizagem enquanto podem aprender uns com os outros. As hierarquias tradicionais de ensino são substituídas por uma cultura de respeito mútuo e cooperação e os alunos são valorizados como participantes ativos no processo de aprendizagem.

E, é claro, a instrução pelos colegas não se limita apenas à sala de aula, mas se estende para além de seus limites, incorporando atividades como tutoria entre pares, discussões em grupo e projetos colaborativos. Os discentes envolvidos não apenas recebem feedback dos professores, mas também dos colegas, o que os ajuda a identificar áreas de melhoria e a desenvolver habilidades essenciais para o sucesso acadêmico e profissional (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Possibilitar os discentes a oportunidade de se tornarem aprendizes autônomos e críticos bem como cultivar uma cultura de colaboração e respeito mútuo que permeia toda a comunidade escolar são algumas das vantagens da promoção do uso da metodologia IPC. É uma abordagem que não apenas prepara os alunos para o sucesso na sala de aula, mas também para enfrentar os desafios do mundo real, no qual a capacidade de trabalhar em equipe e colaborar efetivamente com os outros é fundamental para o sucesso.

4.1 PLICKERS - FERRAMENTA DIGITAL PARA USO JUNTO À METODOLOGIA DE IPC

Na seção 4 apresentou-se o uso de cartões confeccionados em materiais de baixo custo para aplicação da metodologia IPC. O docente, naquela situação, se dedicava à tarefa de contabilizar manualmente as respostas dos discentes. Nesta seção, o objetivo é introduzir uma ferramenta digital que tem potencial para facilitar o procedimento de aplicação da IPC em sala de aula especialmente no que concerne à contabilização das respostas dos alunos às questões conceituais. A ferramenta em questão é o aplicativo Plickers, uma ferramenta disponível tanto na versão web quanto em aplicativo para dispositivos móveis que pode ser acessado pelo site <https://get.plickers.com>.

O Plickers (ver figura 4.5) oferece uma forma rápida e eficaz de administrar testes em sala de aula (LOMBARDI et al., 2018).



Figura 4.5: Logomarca do aplicativo Plickers (PLICKERS, 2024).

Com ele, o professor pode escanear as respostas dos alunos e acompanhar em tempo real o entendimento dos conceitos e pontos-chave da aula. Além disso, o aplicativo gera automaticamente o desempenho individual dos alunos, fornecendo gráficos e dados úteis para identificar dificuldades, tendências e estratégias de personalização do ensino.

Esses dados são valiosos para o professor, pois ajudam na adaptação do ensino às necessidades específicas da turma e podem ser utilizados como critérios de avaliação. Mas não é apenas o professor que se beneficia do Plickers; os alunos também têm participação ativa no processo de aprendizagem. Eles têm a oportunidade de informar suas respostas e, instantaneamente, visualizar seu desempenho. Apresenta-se, na figura 4.6, um exemplo de uso do aplicativo para contabilização de respostas de discentes em uma sala de aula.



Figura 4.6: Aplicação com o software Plickers Classroom (2024)

Com uma técnica eficiente para contabilização das respostas, os docentes e discentes podem focalizar a atenção em interagir e discutir as respostas coletadas de forma eficiente, aumentando as interações argumentativas entre os atores do processo de ensino aprendizagem. Os benefícios do Plickers são vastos e amplamente comprovados e

tendo em vista a disseminação e apropriação social de tecnologias digitais, bem como a disponibilidade de objetos educacionais digitais (ODE) e das plataformas para criação de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), é impossível pensar em metodologias ativas sem a inclusão das tecnologias integradas ao currículo e inseridas na sala de aula. (STUDART, 2019).

CAPÍTULO 5

Arduino

O Arduino é uma plataforma de desenvolvimento de código aberto cuja famosa logomarca pode ser visualizada na figura 5.1 (ARDUINO, 2024).



Figura 5.1: Logomarca do Arduino, (ARDUINO, 2024)

Esta tecnologia revolucionou o campo da eletrônica e da programação, especialmente no contexto educacional, contexto no qual será usado nas atividades descritas neste trabalho. Com sua combinação de acessibilidade, versatilidade e facilidade de uso, o Arduino se tornou uma ferramenta indispensável para estudantes e professores explorarem os princípios físicos de maneira prática e envolvente (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011).

A acessibilidade do Arduino democratizou o acesso à tecnologia. Na figura 5.2 apresenta-se a tela inicial do ambiente de desenvolvimento integrado (IDE - Integrated Development Environment) que pode ser usado para programação desta plataforma. Com custos relativamente baixos e uma vasta comunidade de suporte online, alunos de todos os níveis podem adquirir e começar a utilizar essa plataforma sem grandes investimentos financeiros. Isso não apenas reduz barreiras de entrada, mas também fomenta a criatividade e a experimentação.

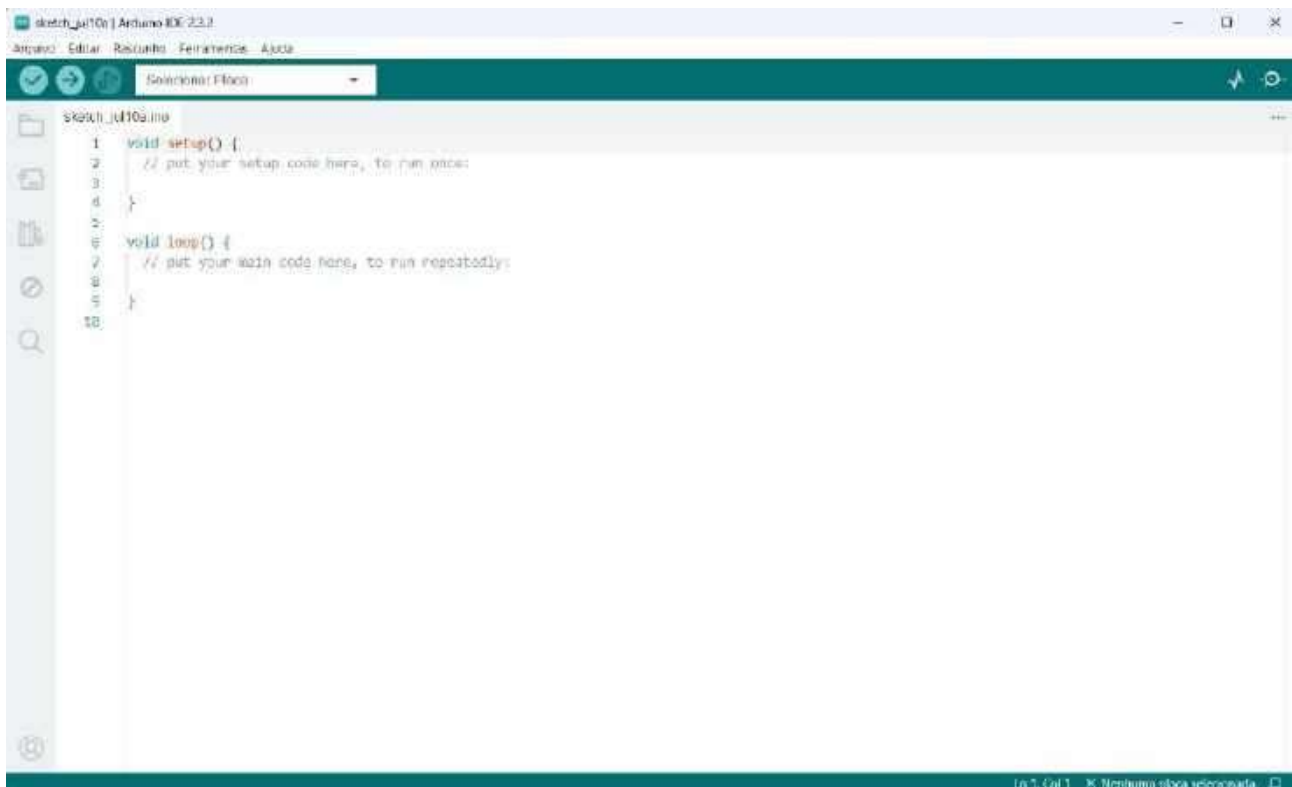


Figura 5.2: Interface de desenvolvimento integrado para a plataforma Arduino. (Autoria Própria, 2024)

A natureza de código aberto do Arduino é outro fator preponderante para a democratização de acesso à esta tecnologia. Ela permite que estudantes e educadores não apenas utilizem os componentes padrão da plataforma, mas também desenvolvam e compartilhem seus próprios projetos e melhorias. Isso promove um ambiente colaborativo no qual o conhecimento é construído coletivamente, enriquecendo a experiência de aprendizagem.

Além disso, outra grande vantagem do Arduino é a facilidade de programação. Utilizando uma linguagem baseada em C/C++ simplificada e com uma interface intuitiva (ver figura 5.2), mesmo os iniciantes podem aprender a programar dispositivos que respondem a sensores e atuadores de forma rápida e eficiente. Essa habilidade de transformar conceitos teóricos em aplicações práticas é fundamental para o aprendizado da Física, possibilitando aos alunos a possibilidade de, por exemplo, construir e testar experimentos que demonstram diretamente leis físicas como a conservação de energia, movimento e transferência de calor. Ou ainda, o uso destes conceitos físicos para implementar produtos inovadores e de baixo custo.

No ensino de Física, o Arduino pode ser utilizado de diversas maneiras inovadoras. Desde a criação de simulações que permitem aos alunos visualizarem fenômenos complexos até a prototipagem de dispositivos que medem grandezas físicas como temperatura, pressão e aceleração. O Arduino oferece uma plataforma versátil para explorar conceitos teóricos de maneira prática e tangível. Além disso, sua capacidade de integração com sensores e atuadores permite aos estudantes investigar relações causa-efeito em experimentos controlados, o que é essencial para uma compreensão profunda dos princípios físicos.

Em suma, o Arduino não apenas facilita o aprendizado da física, mas também estimula o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade dos estudantes. Ao tornar concretos e observáveis conceitos teóricos abstratos, o Arduino prepara os alunos não apenas para os desafios acadêmicos, mas também para enfrentar futuros desafios no campo da engenharia e tecnologia. Assim, sua integração no ensino de Física

representa não apenas uma evolução na metodologia educacional, mas também uma preparação essencial para o mundo digital e tecnológico do século XXI.

Há diversos modelos de sistemas Arduino disponíveis para aquisição no mercado. Na figura 5.3, apresenta-se uma das placas Arduino mais básicas e populares, a Arduino Uno, que utiliza o microcontrolador ATmega328P da Atmel e se comunica com o computador por meio de uma porta USB. Nesta imagem, os pinos que compõem esta placa são identificados.

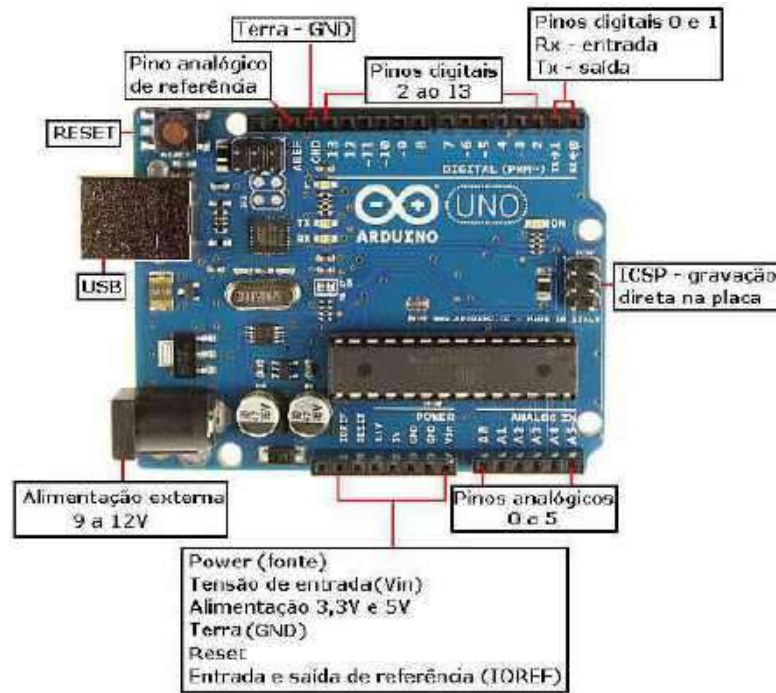


Figura 5.3: Placa Arduino Uno com a identificação de pinos. (Fonte: retirada da referência (ZUIM, 2024))

Detalhes sobre esta placa estão disponíveis na página oficial do Arduino (ARDUINO, 2024).

5.1 SENSORES E MÓDULOS

Os sensores são dispositivos que convertem informações físicas ou químicas do ambiente em sinais elétricos. Eles são fundamentais para captar e medir variáveis como temperatura, umidade, luz, pressão, movimento, entre outras. Já os módulos são conjuntos funcionais de componentes eletrônicos que geralmente incluem um sensor específico e circuitos adicionais para facilitar sua integração em sistemas eletrônicos. Eles são projetados para simplificar o processo de utilização de sensores, oferecendo interfaces padronizadas e funcionalidades adicionais. Atualmente, há uma grande variedade de sensores e módulos disponíveis no mercado a preços acessíveis. Descreve-se nas próximas subseções alguns destes equipamentos que serão usados no desenvolvimento das atividades propostas neste produto educacional.

5.1.1 Célula de carga

Uma célula de carga ou sensor de carga (ver figura 5.4) também conhecida como sensor de peso ou sensor de força, é um dispositivo utilizado para medir a força exercida por uma massa sobre ela.

Essencialmente, converte a força mecânica em um sinal elétrico proporcional, que pode ser facilmente interpretado e utilizado para diversas aplicações.

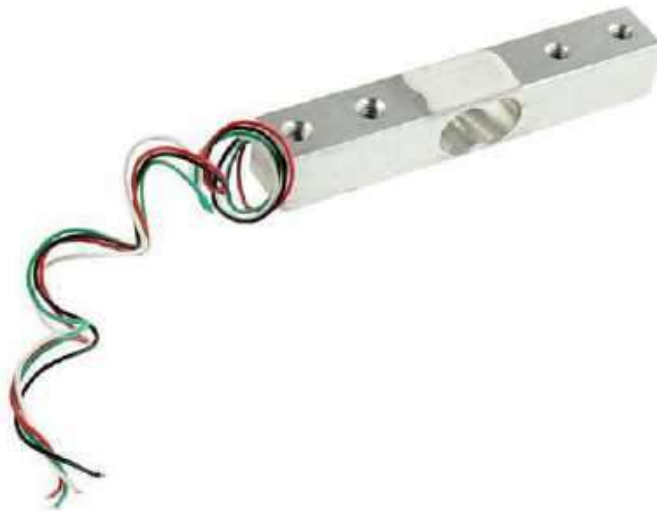


Figura 5.4: célula de carga. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024))

5.1.2 Módulo Conversor Amplificador HX711

O módulo conversor amplificador HX711, exibido na figura 5.5, é um dispositivo eletrônico utilizado para realizar a integração entre sensores de carga (células de carga) e microcontroladores como o Arduino.

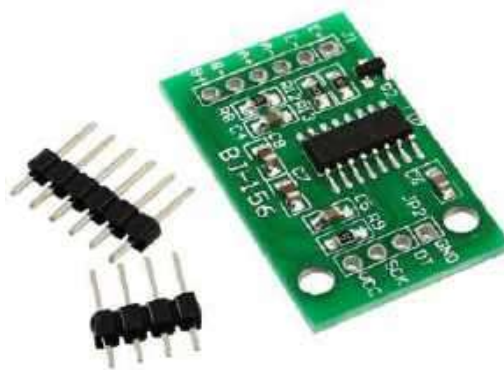


Figura 5.5: Conversor Amplificador HX711 (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024))

Este módulo atua como um amplificador de sinal, permitindo que pequenas variações de tensão produzidas pela célula de carga sejam amplificadas e digitalizadas de forma precisa pelo microcontrolador. Isso facilita a medição de peso e outras grandezas físicas baseadas na deformação mecânica de materiais, sendo comumente empregado em aplicações envolvendo balanças e sistemas de monitoramento de peso.

5.1.3 Módulo adaptador I2C

O módulo adaptador I2C, exibido na figura 5.6, é um componente utilizado para facilitar a comunicação entre dispositivos eletrônicos que utilizam o protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit) e microcontroladores como o Arduino. Ele atua como um intermediário que permite conectar dispositivos que não possuem nativamente suporte ao protocolo I2C diretamente a um barramento I2C, simplificando a implementação e reduzindo o número de pinos necessários para a comunicação. Isso é particularmente útil em projetos nos quais há a necessidade de conectar vários dispositivos I2C a um único microcontrolador, otimizando o uso dos recursos disponíveis e facilitando a interação entre os componentes do sistema.

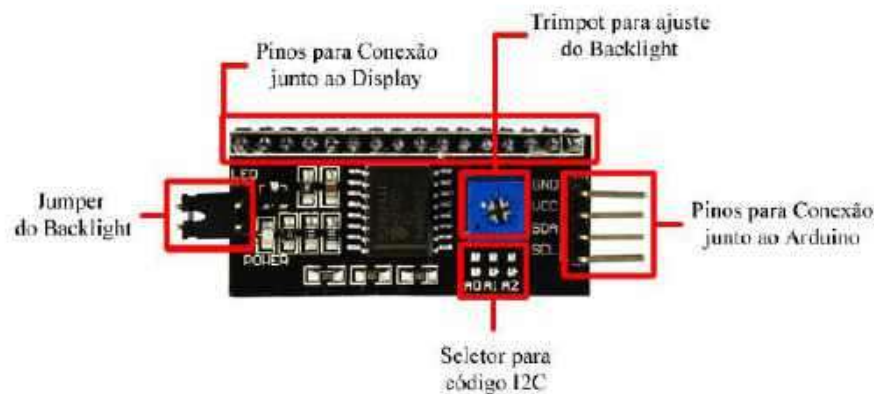


Figura 5.6: Módulo adaptador I2C. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024))

5.1.4 Display LCD 16x2

O *display*¹ LCD² 16x2 (16 colunas e 2 linhas) é um componente muito utilizado em projetos eletrônicos, especialmente com microcontroladores como o Arduino. Ele consiste em um visor de cristal líquido capaz de exibir 16 caracteres em cada uma das 2 linhas disponíveis. Este tipo de *display* é popular devido à sua facilidade de uso e à capacidade de apresentar informações de forma clara e legível.

O *display* LCD 16x2, cuja estrutura pode ser visualizada na figura 5.7, é ideal para mostrar dados como valores obtidos por sensores, mensagens de texto ou qualquer informação que o usuário deseje visualizar em um formato alfanumérico.

¹Usado como sinônimo de visor ou tela em português.

²Liquid Crystal Display - Tela de Cristal Líquido.



Figura 5.7: *Display LCD 16x2*. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

Ele possui um controlador embutido que simplifica a interface com microcontroladores, permitindo que apenas alguns pinos sejam necessários para controlar o visor e enviar informações para exibição.

5.1.5 Sensor ultrassônico HC-SR04

O sensor ultrassônico HC-SR04 (ver figura 5.8) é um dispositivo amplamente utilizado para medir distâncias por meio de ondas sonoras. Ele opera emitindo pulsos ultrassônicos que são refletidos de volta por um objeto. Ao medir o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do eco, o sensor pode calcular a distância até o objeto com base na velocidade de propagação do som no ar.

Este sensor é composto por um emissor ultrassônico (transmissor) e um receptor, ambos posicionados na mesma placa. O HC-SR04 possui uma precisão razoável para a finalidade que será empregado neste trabalho. Ele pode medir distâncias de 2 cm a 400 cm com uma resolução de cerca de 3 mm.



Figura 5.8: Sensor ultrassônico HC-SR04. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

É fácil de integrar com microcontroladores como o Arduino devido à sua interface simples de dois pinos: um para *trigger* (disparo) e outro para *echo* (eco).

5.1.6 Módulo Bluetooth HC-06

O módulo Bluetooth HC-06, apresentado na figura 5.9, é um componente popular para comunicação sem fio com dispositivos Arduino e outros microcontroladores.



Figura 5.9: Módulo Bluetooth HC-06. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

Ele permite que projetos baseados em Arduino se comuniquem com outros dispositivos tais como *smartphones*, *tablets* ou quaisquer outros equipamentos que utilizem a tecnologia Bluetooth para comunicação.

5.1.7 Módulo sensor magnético

O módulo sensor magnético também conhecido como sensor de efeito Hall, é um dispositivo eletrônico usado para detectar campos magnéticos ao seu redor. O dispositivo é apresentado na figura 5.10.

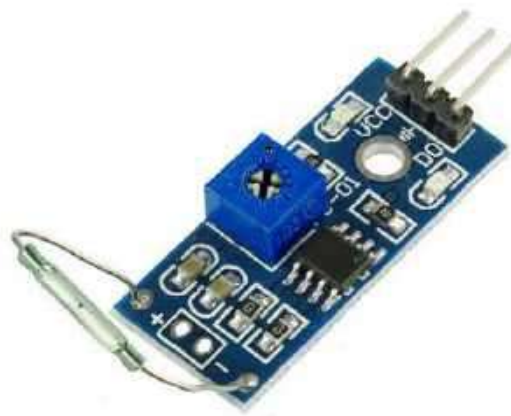


Figura 5.10: Módulo sensor magnético. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

O funcionamento deste dispositivo é baseado no efeito Hall , (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1993), onde ele capaz de detectar a tensão elétrica proporcional à intensidade do campo magnético aplicado.

5.1.8 Potenciômetro linear

Um potenciômetro linear (ver Figura 5.11) é um componente eletrônico variável que permite ajustar a resistência elétrica em um circuito de maneira linear, conforme o deslocamento físico de um cursor ao longo de um trilho condutor.



Figura 5.11: Potenciômetro linear. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

Esse tipo de potenciômetro é utilizado para realizar ajustes precisos em diversos parâmetros elétricos, como volume, brilho e sensibilidade.

5.1.9 Protoboard

A placa Protoboard³, cuja imagem pode ser visualiza na figura 5.12, é composta por:

³Também conhecidas como placas breadboard ou matriz de contato



Figura 5.12: Placa de Protoboard. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

- Furos de contato: são os pontos de conexão da Protoboard, nos quais é possível inserir componentes eletrônicos apenas utilizando pressão;
- Barras de contatos: são as colunas condutoras que conectam os furos de contato entre si;
- Canal central: divide a Protoboard em duas seções, separando as colunas de furos de contato e
- Barras de contatos de alimentação: localizadas nas laterais da Protoboard, uma com terminal positivo (de cor vermelha) e outra com terminal negativo (de cor preta ou azul) interligados por toda a sua lateral.

5.1.10 Fonte Ajustável para Protoboard

A Fonte Ajustável para Protoboard (ver figura 5.13) é uma placa desenvolvida para rápida instalação, bastando conecta-lá à protoboard.



Figura 5.13: Fonte Ajustável para Protoboard. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024)

É um dispositivo utilizado para fornecer tensão e corrente controladas e variáveis a circuitos montados em uma protoboard. Possui entrada alimentação por plug P4 e USB, bastando conectar o cabo com tensão de 6,5 a 12 VDC ou cabo USB para a protoboard fornecer aos seus pontos de contatos tensão de saída ajustável de 3,3 V e/ou 5 V. Além disso, também é possível utilizar a entrada USB como saída para alimentar circuitos, uma vez que oferece em seus terminais DDP de 5 V, permitindo ao projetista alimentar diferentes acessórios, inclusive a placa Arduino.

5.1.11 Jumper

Os *jumpers*⁴ (ver figura 5.14) possibilitam a realização de ligações móveis entre dois pontos dentro de um circuito eletrônico.

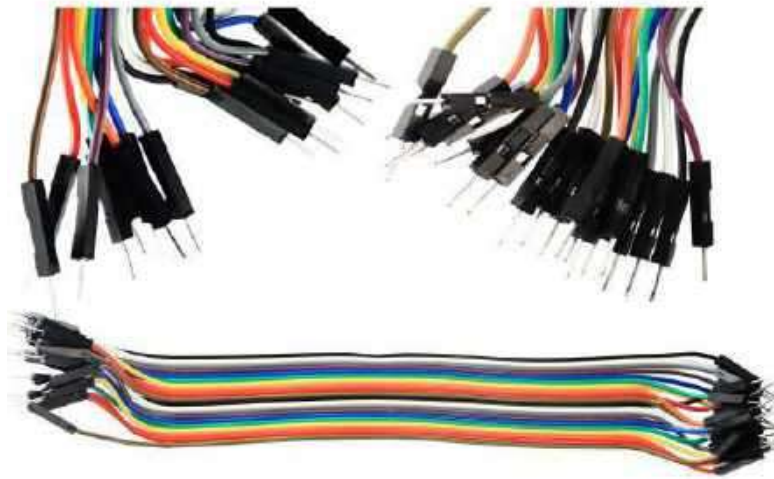


Figura 5.14: Jumper. (Fonte: (USINAINFO, Acesso em: 10-07-2024))

São, geralmente pequenas peças ou fios metálicos, isolados por um material não condutivo, responsáveis pela condução de eletricidade tanto em placas de circuitos impressos (PCI) quanto em Protoboards.

O Jumper do tipo fio é indicado para realizar testes, simulações e montagem de projetos em placas protoboard. Eles são responsáveis por desviar, ligar ou desligar o fluxo elétrico permitindo configurações específicas por meio físico do hardware em uso.

⁴Pode-se traduzir para o português como "ponte"

CAPÍTULO 6

Inteligência Artificial: O Papel do ChatGPT

A inteligência artificial (IA) tem se tornado uma ferramenta cada vez mais presente em diversas áreas do conhecimento, incluindo a educação. No ensino de Física, a IA pode ser utilizada para auxiliar tanto alunos quanto professores em suas atividades diárias. Uma das aplicações mais notáveis da IA na educação é o ChatGPT (CHATGPT, 2024), cuja logomarca pode ser visualizada na figura 6.1, um modelo de linguagem desenvolvido pela OpenAI que pode atuar como um assistente virtual, fornecendo suporte em diversas tarefas acadêmicas e projetos práticos (CAVALCANTE, 2023).



Figura 6.1: Logomarca do ChatGPT. (Fonte: (CHATGPT, 2024))

6.1 CHATGPT COMO FERRAMENTA AUXÍLIAR NO ENSINO DE FÍSICA

Na figura 6.2 apresenta-se a interface para o ChatGPT, ferramenta poderosa que utiliza processamento de linguagem natural para entender e responder a perguntas de maneira semelhante à conversação humana (SILVA et al., 2024).

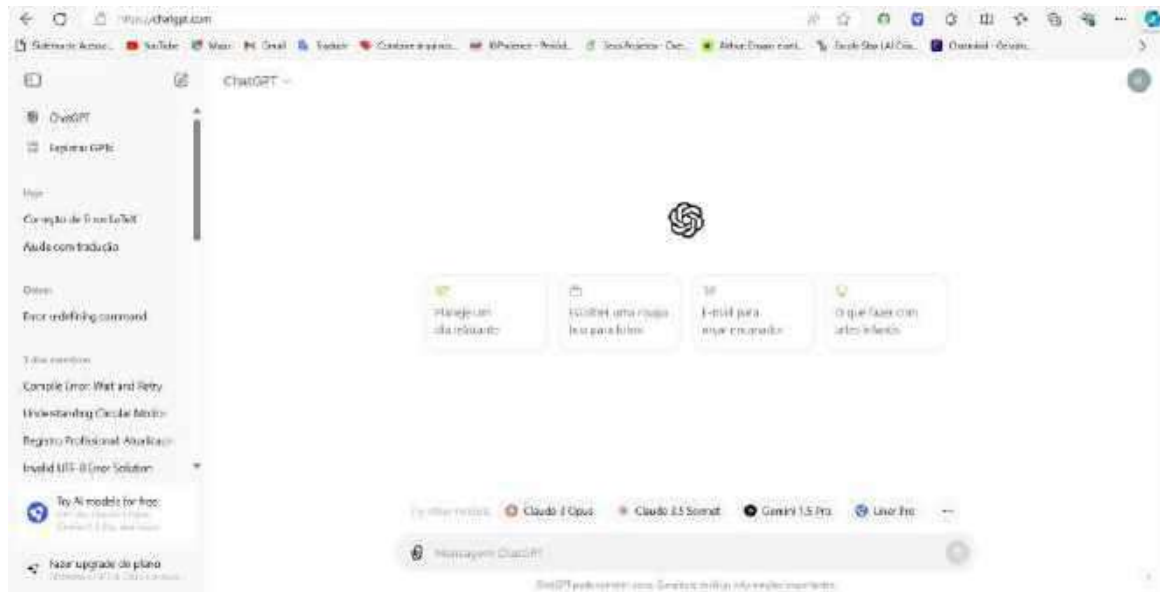


Figura 6.2: Interface do ChatGPT (Autoria Própria, 2024)

No contexto do ensino de Física, o ChatGPT pode ser utilizado para:

- **Explicação de Conceitos:** O ChatGPT pode fornecer explicações detalhadas sobre diversos tópicos de Física, desde conceitos básicos como força e movimento até assuntos mais avançados como termodinâmica e mecânica quântica. Isso permite que os alunos esclareçam dúvidas de maneira imediata, fora do horário de aula.
- **Soluções de Problemas:** Alunos podem utilizar o ChatGPT para obter ajuda na resolução de problemas de Física, seja por meio de dicas, passos detalhados ou até a resolução completa de questões complexas. Isso é especialmente útil para reforçar o aprendizado e praticar habilidades de resolução de problemas.
- **Preparação para Exames:** O ChatGPT pode ser usado para gerar questões de prática, simulados e fornecer *feedback* sobre as respostas dos alunos, ajudando-os a se prepararem melhor para exames e avaliações.

6.2 ELABORAÇÃO DE CÓDIGOS PARA PROJETOS COM ARDUINO

Além do auxílio teórico, o ChatGPT também é uma ferramenta valiosa para a elaboração de códigos computacionais em projetos práticos, como os que utilizam a plataforma Arduino. No contexto educacional, o Arduino é frequentemente utilizado para ensinar princípios de Física e eletrônica.

6.2.1 Desenvolvimento de Códigos

O ChatGPT pode auxiliar na escrita, e otimização de códigos para projetos com Arduino. Aqui estão algumas maneiras pelas quais ele pode ser útil:

- **Geração de Códigos:** Alunos e professores podem descrever o objetivo do projeto e as funções desejadas, e o ChatGPT pode gerar trechos de código ou *scripts* completos em C++ para Arduino. Por exemplo, para um experimento de queda livre utilizando sensores, o ChatGPT pode ajudar a estruturar o código necessário para registrar os tempos de queda e calcular a velocidade. Nas figuras 6.3 e 6.4 são apresentados exemplos de interação com a plataforma para execução desta tarefa.

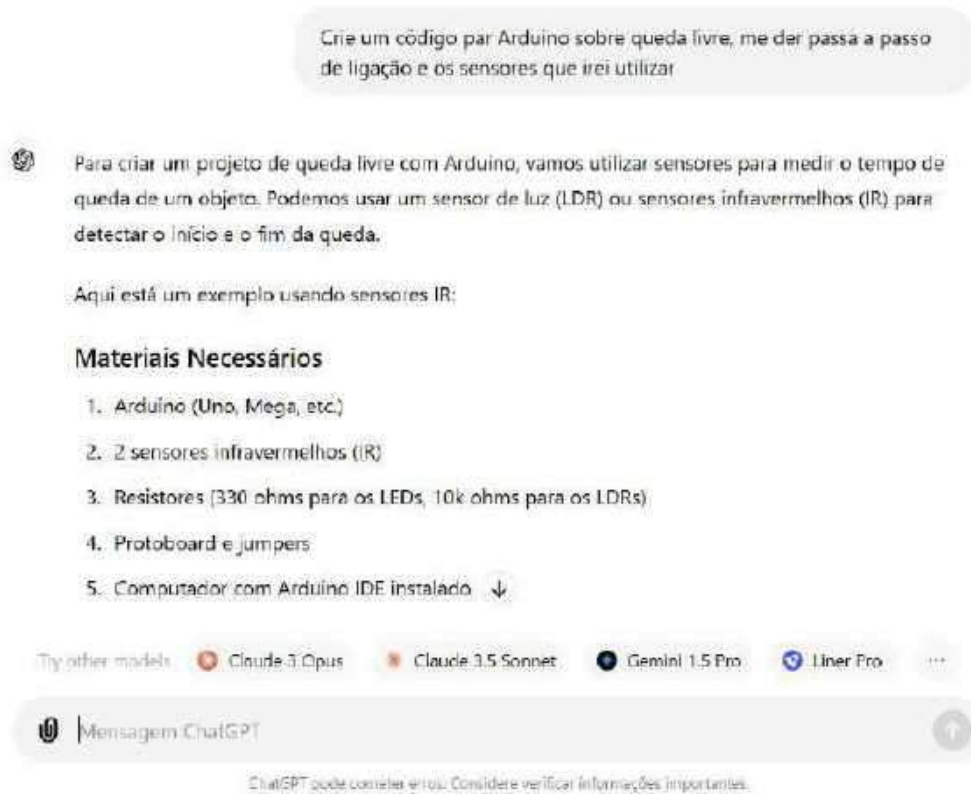


Figura 6.3: Fragmento da interface do ChatGPT usado como ferramenta para estruturar um código Arduino para um experimento de queda de corpos. (Autoria Própria, 2024)

Código para Arduino

```

app
Copiar código

// Definindo os pínos dos sensores
const int sensorInicio = 2;
const int sensorFim = 3;

// Variáveis para armazenar os tempos
unsigned long tempoInicio;
unsigned long tempoFim;
float tempoQueda;

void setup() {
  // Inicializando a comunicação serial
  Serial.begin(9600);

  // Definindo os pínos dos sensores como entrada
  pinMode(sensorInicio, INPUT);
  pinMode(sensorFim, INPUT);
}

```

Try other models: Claude 3 Opus, Claude 3.5 Sonnet, Gemini 1.5 Pro, Linter Pro

Mensagem ChatGPT

ChatGPT pode cometer erros. Considere verificar informações importantes.

Figura 6.4: Fragmento Interface do ChatGPT (Autoria Própria, 2024)

- **Resolução de Erros:** Ao encontrar erros no código, os alunos podem consultar o ChatGPT para obter diagnósticos e sugestões de correção, economizando tempo e reduzindo a frustração que muitas vezes acompanha estes tipos de erros.
- **Otimização e Melhoria:** O ChatGPT pode sugerir melhorias no código, tais como a otimização de *loops* (laços ou repetições), a utilização de bibliotecas mais eficientes e melhores práticas de programação, ajudando a criar projetos mais robustos e eficientes.

CAPÍTULO 7

Introduzindo a Inovação no Ensino de Física: Conceitos Fundamentais e Equipamentos Didáticos confeccionados com Arduino

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos físicos fundamentais e os equipamentos didáticos inovadores - objetos educacionais - desenvolvidos para a sua discussão, utilizando a plataforma Arduino como ferramenta central. O objetivo é fornecer uma compreensão clara e detalhada de cada um dos tópicos de Física abordados, bem como demonstrar a aplicação prática dos conceitos através dos experimentos confeccionados.

Os tópicos de Física abordados são:

1. Cinemática - Queda Livre
2. Leis de Newton
3. Movimento Circular (incluindo a conservação do momento angular)
4. Força Peso - Gravitação Newtoniana
5. Força Elástica
6. Quantidade de Movimento (momento), Trabalho e Energia

Para cada um desses tópicos, serão descritos os experimentos desenvolvidos com o uso do Arduino. Os experimentos foram concebidos com o intuito de proporcionar aos estudantes uma experiência de aprendizagem prática e interativa, alinhada com as metodologias ativas e as teorias de aprendizagem apresentadas anteriormente.

Os equipamentos construídos serão detalhadamente descritos, incluindo a lista de componentes, o processo de montagem e a programação necessária para a execução dos experimentos. Essa abordagem visa não apenas a compreensão teórica dos conceitos, mas também a capacitação dos estudantes na utilização de tecnologias modernas para a investigação científica.

7.1 CINEMÁTICA - QUEDA LIVRE

A cinemática é um tópicos de Física mais popularmente abordados durante as aulas da primeira série do Ensino Médio. Está relacionada à descrição e análise do movimento dos corpos sem se preocupar com as causas desse movimento. Em outras palavras, a cinemática se preocupa em estudar como os objetos se movem, descrevendo aspectos como posição, velocidade e aceleração, sem considerar as forças que podem estar agindo sobre eles.

No estudo da cinemática, são explorados conceitos essenciais para compreender o movimento, desde a simples trajetória unidimensional de um objeto até o movimento complexo de corpos em interação. O objetivo é entender e prever o comportamento dos corpos em movimento, seja em linha reta, em duas ou três dimensões, ou mesmo em movimentos circulares.

Os princípios básicos da cinemática incluem a definição de grandezas como posição, deslocamento, velocidade e aceleração. A posição de um objeto é sua localização em relação a um ponto de referência, enquanto o deslocamento é a mudança na posição ao longo do tempo. A velocidade, por sua vez, é a taxa de mudança do deslocamento em relação ao tempo, enquanto a aceleração é a taxa de mudança da velocidade.

Ao compreender esses conceitos e as relações entre eles, podemos descrever e analisar uma ampla gama de movimentos, desde o simples deslocamento de um objeto em linha reta até o movimento complexo de corpos em trajetórias curvas ou acelerados.

A cinemática desempenha um papel fundamental em diversas áreas da Ciência e das Engenharias, desde a Mecânica Clássica até a Física Moderna e a Robótica. Seu estudo não apenas nos ajuda a entender o mundo ao nosso redor, mas também nos fornece ferramentas poderosas para projetar e controlar sistemas que envolvem movimento.

Assim, a cinemática é uma área fascinante da Física que nos permite explorar e compreender os padrões e comportamentos do movimento, fornecendo uma base sólida para o estudo de fenômenos físicos em diversas escalas e contextos.

7.1.1 Queda Livre

A queda livre é um fenômeno físico que descreve o movimento de um objeto sob a influência exclusiva da gravidade, sem qualquer resistência do ar e desconsiderando quaisquer outras interações. Este fenômeno é essencial para entender uma variedade de situações, desde a queda de uma maçã até o movimento de um pára-quedista.

Essa aproximação é razoável quando a resistência do ar é desprezível em comparação com a força gravitacional, como em objetos compactos e densos caindo de alturas moderadas. No entanto, em situações onde a resistência do ar é significativa, como no caso de duas folhas de papel - uma amassada e outra aberta - sendo deixadas cair de uma mesma altura, a resistência do ar não pode ser ignorada, pois afeta

diretamente a velocidade e o comportamento do movimento.

Portanto, é importante esclarecer que este movimento, embora se aplique a muitas situações, não é universal. Nem sempre se pode desprezar a resistência do ar, especialmente em cenários onde o formato e a área de superfície do objeto influenciam fortemente seu movimento. Considerar esses fatores é crucial para uma compreensão precisa e abrangente do comportamento dos objetos em queda. Na figura 7.1 podemos ver a esfera caindo verticalmente em direção ao solo.

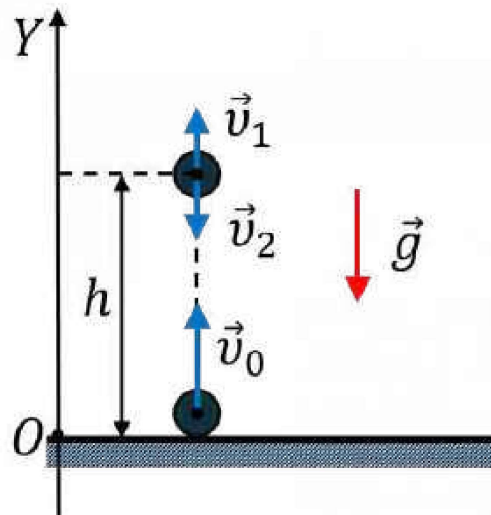


Figura 7.1: Desenho esquemático com grandezas fundamentais para a discussão do movimento de queda livre. (Fonte: (NAUROK, 2024))

A seta indica a representação vetorial da força de atração gravitacional, única interação agindo sobre o objeto, que nesta situação é tratado como uma partícula. No sistema de eixos escolhido como referência, o eixo Y aponta para cima e a origem O está localizada na base do objeto em queda.

Força da Gravidade e Aceleração devido à Gravidade (g)

A queda livre, conforme já mencionado, é um movimento cuja aceleração se deve à força gravitacional que atrai o objeto em direção ao centro da Terra. Lembrando-se que esta força constitui o par terceira Lei associado à atração que o objeto exerce sobre a Terra.

Na superfície da Terra, a aceleração devida à gravidade é aproximadamente $9,81 \frac{m}{s^2}$. Para os movimentos que serão investigados, essa aceleração é constante em todos os pontos da trajetória. Ou seja, trata-se do que se denomina tecnicamente como movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).

Equações Básicas da Queda Livre

As equações básicas para o MRUV, especialmente aqueles denominados queda livre são apresentadas abaixo.

- Equação para a Velocidade: a velocidade de um objeto em queda livre, para um dado instante t , pode ser calculada usando a expressão

$$v = v_0 + g \cdot t \quad (7.1)$$

na qual

v é a velocidade final,

v_0 é a velocidade inicial (geralmente 0 em casos de queda livre),

g é a aceleração devido à gravidade e

t é o tempo decorrido.

- Equação da Posição: A posição de um objeto em queda livre pode ser calculada pela equação:

$$h = h_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (7.2)$$

sendo

h é a altura final,

h_0 é a altura inicial,

v_0 é a velocidade inicial,

g é a aceleração devido à gravidade e

t é o tempo decorrido.

Aplicações Práticas e Exemplos - Lançamento Vertical para Cima

Se um objeto, sujeito apenas à interação gravitacional na superfície da Terra, é lançado para cima com uma certa velocidade inicial, ele eventualmente atinge uma altura máxima e começa a cair de volta. A altura máxima, h , pode ser calculada usando a equação:

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \quad (7.3)$$

na qual v_0 é a velocidade inicial e g é a aceleração da gravidade.

O tempo necessário para um objeto cair de uma certa altura h , designado por tempo de queda, pode ser calculado usando a equação da posição e resolvendo-a para o tempo t e obtendo:

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (7.4)$$

A velocidade final, v , do objeto em queda livre é obtida por meio da equação da velocidade,

$$v = gt \quad (7.5)$$

sendo que o símbolo t representa o tempo de queda.

7.1.2 Roteiro para o Experimento 1

Objetivo

Medir o tempo de queda de uma esfera ou de um pedaço de papel amassado usando sensores ópticos e um display LCD.

Procedimento

1. Configuração Inicial:

- Certifique-se de que todos os sensores ópticos estão conectados corretamente ao Arduino e que o display LCD está funcionando.
- Os sensores devem estar posicionados verticalmente a diferentes alturas fixas em relação ao ponto de liberação da esfera ou do papel amassado.
- Inicialize o Arduino e carregue o código básico que configura os sensores e o display LCD.

2. Liberação do Objeto:

- Coloque a esfera ou o pedaço de papel amassado no ponto de liberação.
- Assegure-se de que o objeto cairá livremente através dos sensores sem qualquer interferência externa.

3. Início da Medição:

- Assim que o objeto for liberado, o primeiro sensor óptico detectará sua passagem e iniciará a contagem do tempo.
- Cada sensor subsequente registrará o tempo em que o objeto passa por ele, fornecendo múltiplos pontos de dados para a queda.

4. Registro dos Dados:

- O display LCD mostrará o tempo de passagem do objeto por cada sensor.
- Os dados registrados serão armazenados no Arduino para análise posterior.

5. Interação e Modificação:

- Os alunos podem interagir com o experimento modificando o código do Arduino. Exemplos de interações incluem:
 - Alterar as distâncias entre os sensores.
 - Modificar as fórmulas no código para calcular a velocidade média entre sensores.
 - Inserir a fórmula da equação do movimento uniformemente acelerado para calcular a aceleração da gravidade local (g).

A montagem da estrutura do aparato experimental sem os sensores e placa Arduino pode ser visualizada nas figuras 7.5.



Figura 7.2



Figura 7.3



Figura 7.4

Figura 7.5: Estrutura básica para montagem do aparato experimental para os experimentos envolvendo o movimento de Queda Livre. (Autoria Própria, 2024).

A montagem do experimento inicia com o posicionamento dos quatro sensores a distâncias conhecidas uns dos outros. Estes sensores serão responsáveis por detectar a posição de um objeto em queda, por exemplo, uma esfera. À medida em que ela cai, ela ativa cada sensor em sequência. Quando a esfera passa por cada sensor, o tempo é registrado utilizando a função `micros()` do Arduino, que mede o tempo em microssegundos. Com esses dados, podemos calcular os intervalos de tempo decorrido, (δt), entre cada par de sensores.

As distâncias entre os sensores são conhecidas, sendo representadas por d_1, d_2, d_3 . Com isso, a velocidade média v entre dois sensores pode ser calculada pela fórmula:

$$v = \frac{d}{\delta t} \quad (7.6)$$

sendo d a distância entre os sensores e δt está associado ao intervalo de tempo medido entre as ativações dos sensores. A velocidade média entre os sensores fornece uma aproximação razoável da velocidade do objeto em pontos intermediários de sua queda.

De posse dos valores de velocidades médias entre os sensores, é possível inferir qual o valor da aceleração do objeto. A aceleração é determinada pela variação da velocidade em relação ao tempo. Se os resultados obtidos são consistentes com a aceleração gravitacional teórica g , podemos validar a precisão do experimento.

O aparato experimental montado pode ser visualizado na figura 7.9.



Figura 7.6



Figura 7.7

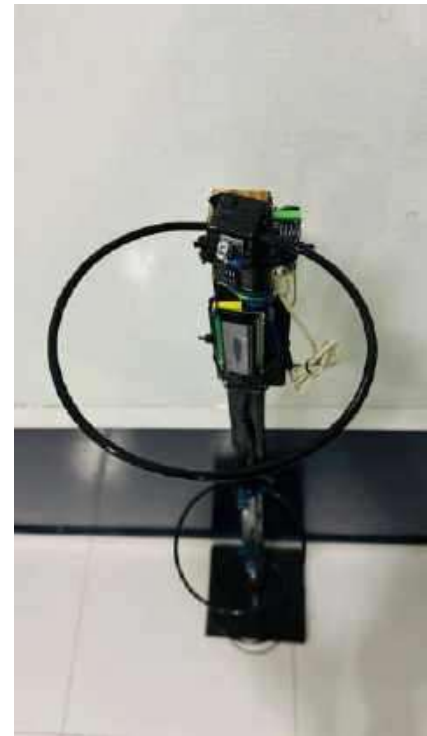


Figura 7.8

Figura 7.9: Estrutura básica do aparato experimental para os experimentos envolvendo o movimento de Queda Livre. (Autoria Própria, 2024).

Em sala de aula, este objeto educacional experimental é útil para realizar medições para valores de velocidades de um objeto em queda livre, mas também verificar a consistência dos resultados obtidos resultados teóricos e dados tabelados para a aceleração da gravidade. Tem-se, portanto, um potencial para proporcionar uma melhor compreensão de conceitos físicos relativos ao movimento bem como permite discutir sobre a importância de medições precisas em experimentos científicos.

7.1.3 Experimento 1 - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro

O aparamento experimental para realização do Experimento 1 é composto por:

1. Placa Arduino Uno
2. Sensor De Obstáculo Infravermelho/Reflexão LM393 (4 unidades)
3. Display LCD 16x2 com Interface I2C
4. Protoboard
5. Jumpers
6. Resistores
7. Esfera ou Pedaco de Papel amassado
8. Suporte para Esfera

9. Fonte de Alimentação
10. Computador
11. Fios Conectores
12. MDF 27 cm X 24 cm
13. Peça de Madeira 1,40 m X 3 cm
14. Argolas de ferro (04 unidades)

O MDF¹ foi sempre escolhido para compor os projetos experimentais por sua durabilidade, facilidade de corte além de ter sido proveniente de restos de materiais rejeitados em empresas que fabricam objetos com este material. Listamos uma estimativa de investimento financeiro necessário para a montagem da estrutura proposta.

Qtd.	Componentes	Valor
1	Arduino Uno	R\$ 85,45
4	Módulo Sensor Obstáculos Infravermelho	R\$ 40,00
1	Display LCD 16x2	R\$ 16,91
1	Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado	R\$ 2,95
1	Protoboard 400 pontos	R\$ 9,45
40	Fios de conexão (Jumper Premium para Protoboard)	R\$ 15,78
1	Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v	R\$ 12,26
1	Organizador para Cabos e Fios 6mm x 1m	R\$ 9,41
1	Cola superbonder	R\$ 5,00
1	Argola de ferro	R\$ 30,00
20	Vários Parafusos	R\$ 5,00
2	MDF - sobras	R\$ 0,00
TOTAL		R\$ 232,21

Tabela 7.1: Lista de Componentes e Custos

Fonte: <https://makerx.com.br/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

7.1.4 Montagem do Experimento 1

Os passos necessários para montagem do equipamento (ver figura 7.9) são listados.

1. Passo 1: Montagem da partes de MDF

- Unir uma base de MDF 24 cm X 27 cm, com a haste de madeira de 1,40 m por 3 cm. Fixe as argolas de 15 cm de diâmetro
- A figura 7.10 Mostra as dimensões dos cortes e formatos.

¹Sigla para Medium Density Fiberboard. Em português se traduz por Painel de Fibra de Densidade Média. O material é feito com fibras de madeira e resina sintética, resultando em um produto uniforme. Suas características permitem cortes em diferentes direções, facilitando o design de móveis e possibilitando acabamentos sofisticados.

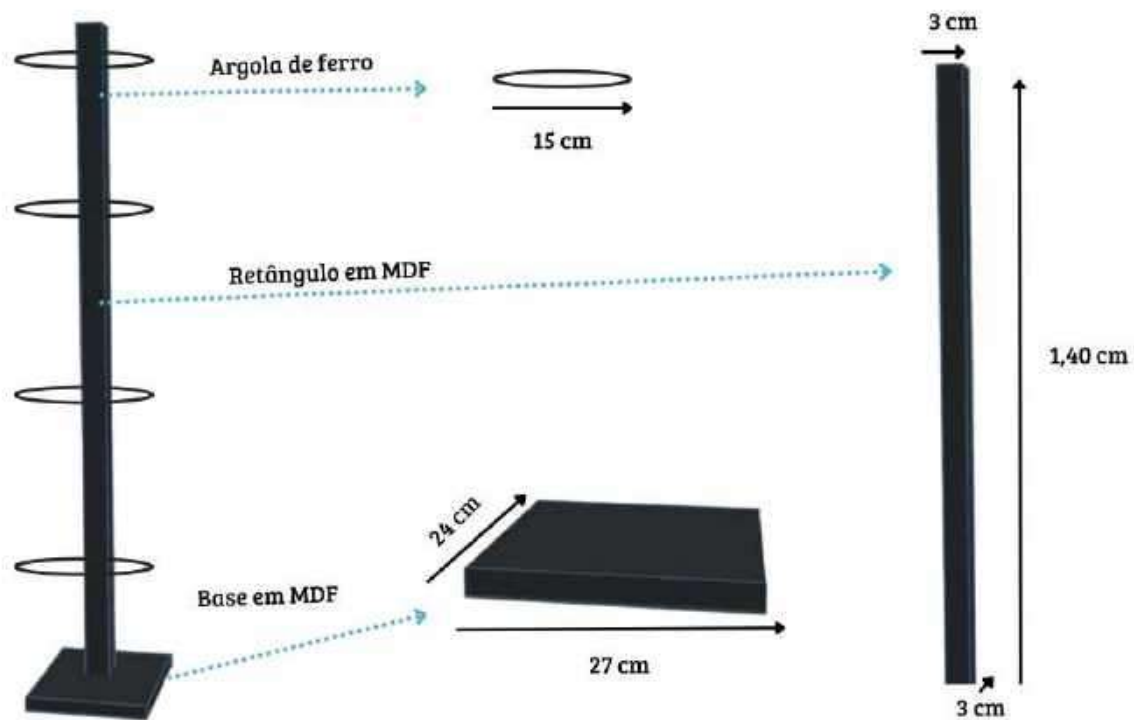


Figura 7.10: Diagrama do Experimento (Autoria Própria,2024)

2. Passo 2: Conexão do *Display* LCD

- Conecte o *Display* LCD ao Arduino via I2C.
- Verifique e ajuste o endereço I2C do *Display* (geralmente 0x27).
- Certifique-se de que o *display* está recebendo alimentação adequada.

3. Passo 3: Conexão dos Sensores

- Conecte os pinos de saída dos sensores aos pinos digitais do Arduino (por exemplo, pinos 2, 3, 4, e 5).
- Se necessário, utilize resistores de *pull-up* nos pinos dos sensores.

4. Passo 4: Alimentação do Circuito

- Conecte a fonte de alimentação ao Arduino para fornecer energia ao sistema.
- Verifique se todas as conexões estão seguras e os componentes estão corretamente alimentados (esquema apresentado na figura 7.11).

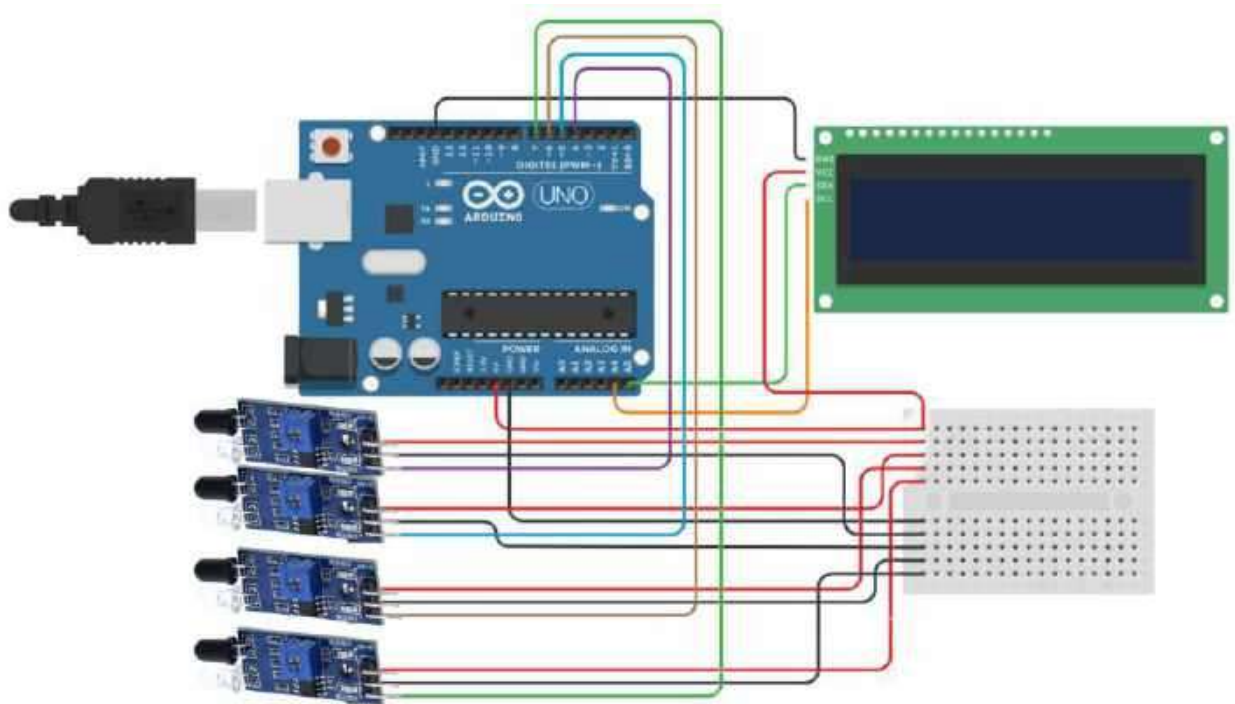


Figura 7.11: Diagrama de ligação do circuito (Autoria própria, 2024).

Após seguir os passos descritos, o circuito de medição de tempo de queda usando Arduino, sensores e *display* LCD deve estar pronto para operar. Certifique-se de ajustar o código conforme necessário e realizar testes adicionais conforme aplicável.

7.1.5 Código Computacional para o Experimento 1

O código para o Experimento 1 sobre Queda Livre foi implementado em linguagem C++ e está transcrito abaixo.

```

1 /*UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS - UFNT
2 MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FISICA - MNPEF
3 PROFA. DRA. REGINA LELIS DE SOUSA
4 DISCENTE RONEY LIMA SOUZA */
5
6 #include <Wire.h>
7 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
8
9 #define I2C_ADDR 0x27
10 LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR, 16, 2);
11
12 const int sensorPins[] = {2, 3, 4, 5};
13 volatile unsigned long times[4];
14 volatile int currentSensor = 0;
15 volatile bool allSensorsTriggered = false;
16
17 // Distancias entre sensores em centimetros;
18 const float distances[] = {10.0, 10.0, 10.0};
19
20 void setup() {
21   Serial.begin(9600);
22   Serial.println("Iniciando...");

```

```

23  lcd.init();
25  lcd.backlight();

27  lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Queda Livre");
29  lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Aguardando...");
31

    Serial.println("Display inicializado com sucesso.");
33

    for (int i = 0; i < 4; i++) {
35        pinMode(sensorPins[i], INPUT_PULLUP);
        attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPins[i]), sensorISR, FALLING);
37        Serial.print("Sensor ");
        Serial.print(i + 1);
39        Serial.println(" inicializado.");
    }
41  Serial.println("Sensores inicializados e prontos.");
}

43

void loop() {
45  if (allSensorsTriggered) {
        allSensorsTriggered = false;
47        calculateAndDisplayResults();
        resetExperiment();
49  } else {
        monitorSensors();
51  }
}

53

void calculateAndDisplayResults() {
55  float t[3];
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
57        t[i] = (times[i + 1] - times[i]) / 1000000.0; // Converte para segundos
    }
59  float totalTime = (times[3] - times[0]) / 1000000.0;

61  float v[3];
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
63        v[i] = distances[i] / t[i];
    }

65

    Serial.print("Tempo total: ");
67    Serial.print(totalTime, 3);
    Serial.println(" s");
69    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        Serial.print("Velocidade V");
71        Serial.print(i + 1);
        Serial.print(": ");
73        Serial.print(v[i], 2);
        Serial.println(" cm/s");
75    }

77    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
79    lcd.print("T: ");
    lcd.print(totalTime, 3);
81    lcd.print("s");
    delay(3000);

83    for (int i = 0; i < 3; i++) {

```

```

85     lcd.clear();
86     lcd.setCursor(0, 0);
87     lcd.print("V");
88     lcd.print(i + 1);
89     lcd.print(": ");
90     lcd.print(v[i], 2);
91     lcd.print("cm/s");
92     delay(3000);
93 }

95     lcd.clear();
96     lcd.setCursor(0, 0);
97     lcd.print("Alturas:");
98     for (int i = 0; i < 3; i++) {
99         lcd.setCursor(0, 1);
100        lcd.print("d"); lcd.print(i + 1); lcd.print(": ");
101        lcd.print(distances[i], 1); lcd.print("cm");
102        delay(3000);
103    }
104 }

105 void monitorSensors() {
106     for (int i = 0; i < 4; i++) {
107         int sensorValue = digitalRead(sensorPins[i]);
108         Serial.print("Sensor ");
109         Serial.print(i + 1);
110         Serial.print(": ");
111         Serial.println(sensorValue);
112     }
113     delay(1000);
114 }

115 void sensorISR() {
116     if (currentSensor < 4) {
117         times[currentSensor] = micros();
118         Serial.print("Sensor ");
119         Serial.print(currentSensor + 1);
120         Serial.println(" ativado.");
121         currentSensor++;
122         if (currentSensor == 4) {
123             allSensorsTriggered = true;
124             Serial.println("Todos os sensores foram ativados.");
125         }
126     }
127 }

128 }

129 void resetExperiment() {
130     currentSensor = 0;
131     lcd.clear();
132     lcd.setCursor(0, 0);
133     lcd.print("Queda Livre");
134     lcd.setCursor(0, 1);
135     lcd.print("Aguardando...");
136     Serial.println("Experimento reiniciado.");
137 }
138 }
139 }

```

Listing 7.1: Queda Livre 1

7.1.6 Experimento 1 - Guia Pedagógico

Aula 01

1. Introdução do conceito físico:

- Iniciar com um evento do cotidiano do discente relacionado à queda livre, como deixar um objeto cair e observar sua trajetória.
- Utilizar vídeos e reportagens sobre avanços tecnológicos que envolvem o estudo da queda livre, como experimentos realizados em torres de queda ou no espaço.

2. Atividade Inicial:

- Solicitar aos discentes a confecção de mapas mentais representando seus conhecimentos prévios sobre queda livre, enquanto sondam seus subsunçores.
- Perguntar aos alunos sobre suas experiências pessoais com o conceito, fomentando uma discussão inicial.

3. Pré-teste:

- Aplicar um pré-teste com perguntas inspiradas no Enem e vestibulares para explorar os conceitos-chave e identificar lacunas de compreensão durante a discussão dos mapas mentais.
- Utilizar o banco com 20 questões sobre queda livre para essa atividade.

Aula 02

1. Atividade Experimental - Metodologia Peer Instruction:

- Realizar o experimento sobre queda livre. Por exemplo, medir o tempo de queda de diferentes objetos a partir de uma determinada altura.
- Dividir a turma em grupos e solicitar que observem, registrem os dados do experimento e discutam sobre questões apresentadas pelo professor, promovendo uma metodologia ativa.

2. Discussão em sala de aula:

- Usar a metodologia de peer instruction, onde os grupos compartilham suas observações sobre o experimento, discutem os conceitos envolvidos e respondem a questionários formulados pelo professor para estimular o pensamento crítico.

Aula 03

1. Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais:

- Com base nas observações realizadas durante o experimento e na discussão em sala de aula, os alunos devem trabalhar em seus mapas mentais para incluir novos conceitos e corrigir tópicos quando necessário.
- Incentivar a integração dos novos conhecimentos aos mapas mentais, fortalecendo a compreensão do conceito de queda livre.

2. Atividade Docente:

- Comparar os mapas mentais obtidos nas aulas 1 e 3 para estabelecer a evolução intelectual dos discentes em relação aos conceitos físicos abordados.

Aula 04

1. Pós-teste Conceitual:

- Aplicar um pós-teste para avaliar a assimilação dos conceitos abordados sobre queda livre.
- Comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste para medir o progresso dos alunos.

2. Recomendação de Leitura Prévia:

- Indicar aos discentes algumas sugestões de leitura ou fornecer informações para orientar pesquisas sobre a queda livre, preparando-os para as atividades da próxima aula.

7.1.7 Roteiro para o Experimento 2

No presente trabalho, o experimento 2, de medição da aceleração da gravidade g utilizando um microcontrolador da família Arduino foi reproduzido com base na metodologia descrita por (CORDOVA; TORT, 2016). O experimento original foi conduzido para verificar a precisão da medição da aceleração da gravidade em um laboratório de física do ensino médio e em física básica no ensino universitário.

Objetivo

O objetivo deste experimento é medir o tempo de queda livre de uma esfera utilizando um sistema automatizado baseado em Arduino. O sistema utiliza dois sensores para detectar o início e o fim da queda, e um display LCD para exibir o tempo de queda medido.

Procedimento

1. Configuração Inicial

- Verifique se o sistema Arduino está montado e conectado corretamente.
- Posicione o sensor superior, que inclui uma alavanca fixa e uma alavanca móvel, de forma que a esfera possa ser presa e liberada adequadamente.
- Certifique-se de que o sensor inferior, composto por uma base móvel ligeiramente inclinada, está posicionado corretamente para registrar o impacto da esfera.
- Conecte o display LCD ao Arduino e configure-o para exibir o tempo de queda.
- Meça e ajuste a altura h da queda utilizando uma trena metálica com divisões de 1 mm.
- Verifique se a esfera metálica e os contatos dos sensores estão limpos e livres de obstruções.

2. Liberação do Objeto

- Coloque a esfera na posição inicial, entre as alavancas do sensor superior.
- Certifique-se de que a alavanca móvel está pressionando a esfera contra a alavanca fixa.
- Libere a esfera manualmente, empurrando a alavanca móvel para o lado.

3. Início da Medição

- Quando a esfera iniciar a queda, o sensor superior deve detectar a mudança de voltagem (de 5V para 0V), indicando o início da queda.
- O Arduino começará a medir o tempo de queda a partir deste instante.

4. Registro dos Dados

- O impacto da esfera no sensor inferior deve acionar um contato elétrico, fazendo com que o Arduino registre o fim da queda e o tempo total decorrido.
- O tempo de queda será exibido no display LCD.
- Anote o tempo exibido no display LCD para análise.
- Repita a medição se necessário para obter uma média dos tempos de queda.

5. Interação e Modificação

- Se os tempos registrados apresentarem variações, verifique o alinhamento e funcionamento dos sensores.
- Ajuste a configuração dos sensores ou do display LCD se necessário para melhorar a precisão.
- Experimente com esferas de diferentes tamanhos ou massas e observe as variações nos tempos de queda.

A figura 7.15 exibe uma imagens do aparato experimental.



Figura 7.12



Figura 7.13

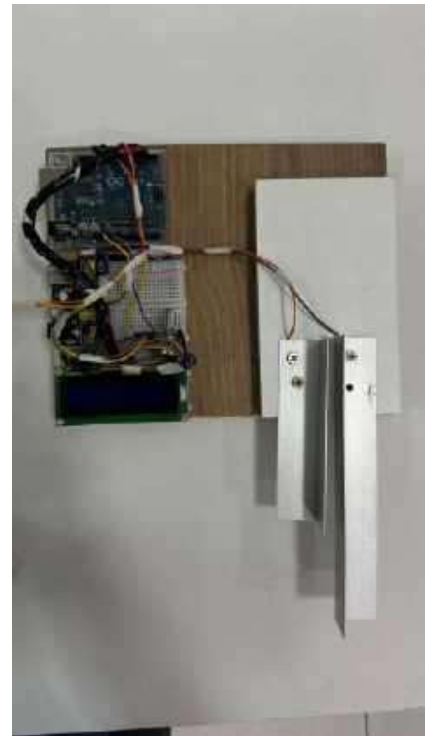


Figura 7.14

Figura 7.15: Estrutura básica do aparato experimental 2 para os experimentos envolvendo o movimento de queda livre. (Autoria Própria, 2024).

7.1.8 Experimento 2 - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro

O aparamento experimental para realização do Experimento 2 é composto por:

1. Arduino
2. Display LCD 16x2
3. Potenciômetro
4. Jumpers
5. Protoboard
6. Esfera de rolamento de veículo
7. Suporte de alumínio
8. Fonte de alimentação para o Arduino
9. Sobras de MDF

Listamos uma estimativa de investimento financeiro necessário para a montagem da estrutura proposta.

Qtd.	Componentes	Valor (R\$)
1	Arduino Uno	85,45
1	Display LCD 16x2	16,91
1	Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado	2,95
40	Fios de conexão (Jumper Premium para Protoboard)	15,78
1	Protoboard 400 pontos	9,45
1	Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v	12,26
1	Organizador para Cabos e Fios 6mm x 1m	9,41
1	Cola superbonder	5,00
1	Argola de ferro	30,00
20	Vários Parafusos	5,00
2	MDF - sobras	0,00
1	Esfera	0,00
TOTAL		192,21

Tabela 7.2: Lista de Componentes e Custos

Fonte: <https://makerx.com.br/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

7.1.9 Montagem do Experimento 2

Os passos necessários para montagem do equipamento são listados.

1. Passo 1: Montagem das partes em MDF

- Corte duas peças de MDF para servir como base e suporte para a esfera.
- Fixe a esfera na peça superior de MDF de forma que ela fique presa e feche o circuito inicial.
- Monte a peça inferior de MDF no solo, onde a esfera cairá, fechando o segundo circuito.

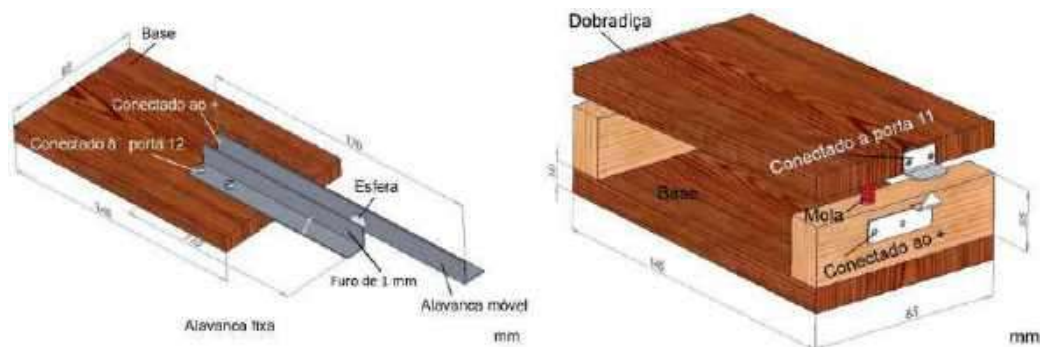


Figura 7.16: Diagrama do Experimento 2. (Fonte: (CORDOVA; TORT, 2016)).

- Certifique-se de que ambas as peças estejam bem alinhadas para que a esfera caia corretamente.

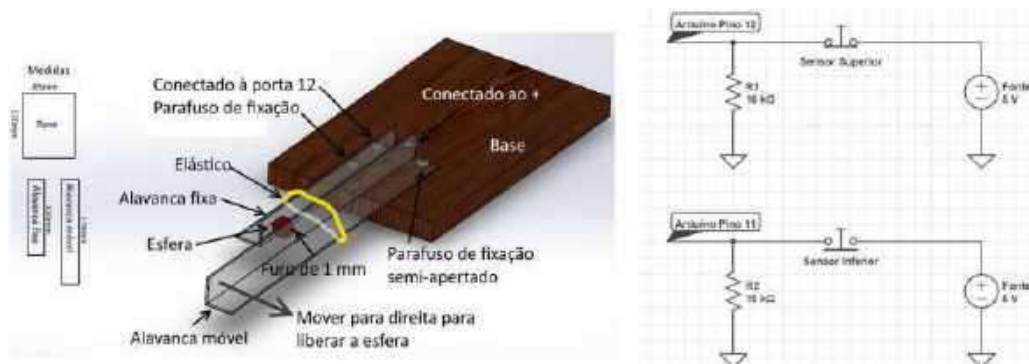


Figura 7.17: Diagrama do Experimento 2 - continuação. (Fonte: (CORDOVA; TORT, 2016)).

2. Passo 2: Conexão do Display LCD

- Conecte o pino RS do LCD ao pino digital 12 do Arduino.
- Conecte o pino EN do LCD ao pino digital 11 do Arduino.
- Conecte os pinos D4, D5, D6 e D7 do LCD aos pinos digitais 5, 4, 3 e 2 do Arduino, respectivamente.
- Conecte o pino VSS do LCD ao GND do Arduino.
- Conecte o pino VDD do LCD ao 5V do Arduino.
- Conecte o pino V0 do LCD ao potenciômetro para ajuste do contraste.
- Conecte os pinos RW e K do LCD ao GND do Arduino.
- Conecte o pino A do LCD ao 5V do Arduino.

3. Passo 3: Conexão dos Sensores

- Conecte o pino de saída do sensor superior ao pino digital 8 do Arduino.
- Conecte o pino de saída do sensor inferior ao pino digital 9 do Arduino.
- Conecte os pinos de VCC dos sensores ao 5V do Arduino.
- Conecte os pinos de GND dos sensores ao GND do Arduino.

4. Passo 4: Alimentação do Circuito

- Conecte a fonte de alimentação ao Arduino, fornecendo 5V e GND para o circuito.
- Verifique todas as conexões e certifique-se de que estão firmes e corretas.

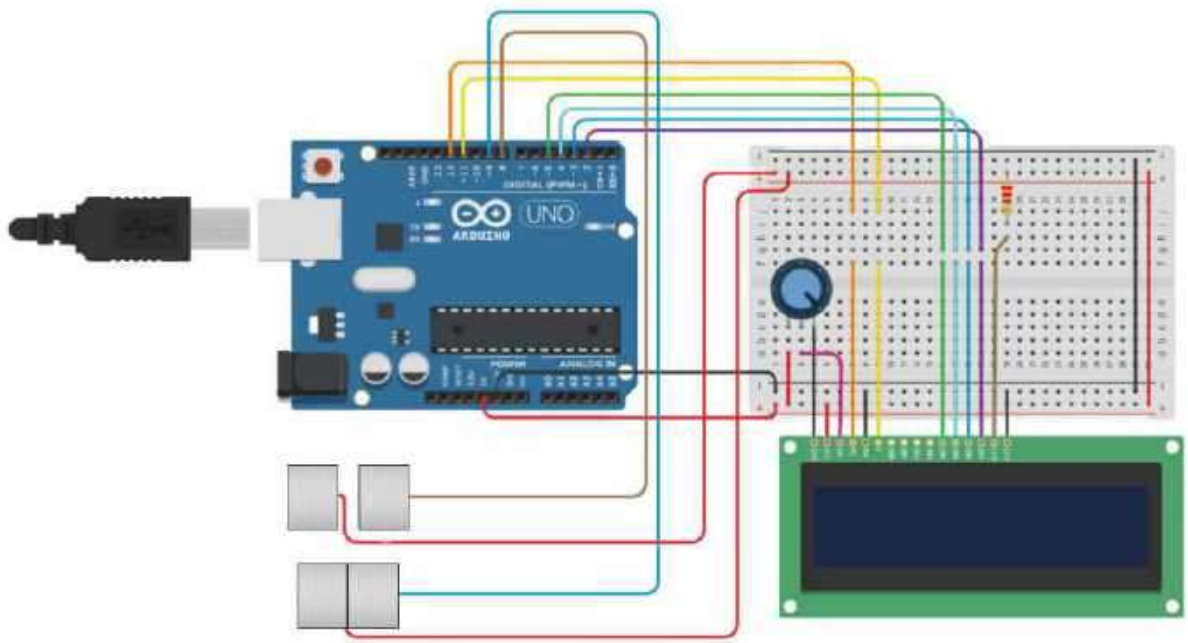


Figura 7.18: Diagrama de ligação do circuito para o experimento 2. (Autoria própria, 2024).

7.1.10 Código Computacional para o Experimento 2

O código para o Experimento 2 sobre queda livre foi implementado em linguagem C++ e está transcrito abaixo.

```

1  /* UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS - UFNT
2  MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FISICA - MNPEF
3  PROFA. DRA. REGINA LELIS DE SOUSA
4  DISCENTE RONEY LIMA SOUZA
5  */
6
7  #include <LiquidCrystal.h>
8
9  // Define os pinos do display LCD
10 const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
11 LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
12
13 int sensorSUP = 8; // Exemplo: Sensor superior conectado ao pino digital 8
14 int sensorINF = 9; // Exemplo: Sensor inferior conectado ao pino digital 9
15 int estadoSUP;
16 unsigned long startTime;
17 unsigned long stopTime;
18
19 void setup() {
20     Serial.begin(9600);
21     pinMode(sensorSUP, INPUT);
22     pinMode(sensorINF, INPUT);
23     estadoSUP = 1;
24
25     // Inicializa o display LCD com as configuracoes dos pinos
26     lcd.begin(16, 2);
27     // Define o tamanho do display (16 colunas, 2 linhas);
28     lcd.clear();

```

```

29 // Limpa o display
    lcd.setCursor(0, 0);
31 // Define o cursor na primeira linha;
    lcd.print("Pronto para medir");
33 lcd.setCursor(0, 1);
    // Define o cursor na segunda linha;
35 lcd.print("o tempo de queda");
    delay(2000);
37 lcd.clear();
    // Limpa o display;
39 }

41 void loop() {
    if (digitalRead(sensorSUP)
43 == LOW && digitalRead(sensorINF) == LOW && estadoSUP == 1) {
        startTime = millis();
45 lcd.setCursor(0, 0); // Define o cursor na primeira linha
        lcd.print("Inicio da medida");
47 lcd.setCursor(0, 1); // Define o cursor na segunda linha
        lcd.print("Esfera caindo...");
49 estadoSUP = 0;
    }
51 if (digitalRead(sensorINF) == HIGH && digitalRead(sensorSUP)
    == LOW) {
53 estadoSUP = 1;
        stopTime = (millis() - startTime);
55 lcd.clear(); // Limpa o display
        lcd.setCursor(0, 0); // Define o cursor na primeira linha
57 lcd.print("Tempo de queda =");
        lcd.setCursor(0, 1); // Define o cursor na segunda linha
59 lcd.print(stopTime);
        lcd.print(" ms");
61 delay(10000);
        lcd.clear(); // Limpa o display
63 lcd.setCursor(0, 0); // Define o cursor na primeira linha
        lcd.print("Pronto para prox.");
65 lcd.setCursor(0, 1); // Define o cursor na segunda linha
        lcd.print("medida");
67 delay(2000);
        lcd.clear(); // Limpa o display
69 }
    }
}

```

Listing 7.2: Queda Livre 2

O código computacional foi inspirado naquele apresentado na referência (CORDOVA; TORT, 2016), mas ajustado pelo autor deste produto educacional para promover alguns ajustes e inclusão de funcionalidades extras.

7.1.11 Experimento 2 - Guia Pedagógico

Aula 01

1. Introdução do Conceito Físico:

- Inicie a aula com um evento cotidiano relacionado à queda livre, como deixar um objeto cair e observar sua trajetória.

- Utilize vídeos e reportagens sobre avanços tecnológicos que envolvem o estudo da queda livre, como experimentos realizados em torres de queda ou no espaço.

2. **Atividade Inicial:**

- Solicite aos alunos que criem mapas mentais representando seus conhecimentos prévios sobre queda livre, explorando seus conceitos anteriores.
- Pergunte sobre suas experiências pessoais com o conceito de queda livre e promova uma discussão inicial sobre essas experiências.

3. **Pré-teste:**

- Aplique um pré-teste com perguntas inspiradas no Enem e vestibulares para explorar conceitos-chave e identificar lacunas de compreensão durante a discussão dos mapas mentais.
- Utilize um banco com 20 questões sobre queda livre para essa atividade.

Aula 02

1. **Atividade Experimental - Metodologia Peer Instruction:**

- Realize o experimento sobre queda livre, medindo o tempo de queda de diferentes objetos a partir de uma determinada altura utilizando um sistema Arduino.
- Divida a turma em grupos e peça que observem e registrem os dados do experimento. Cada grupo deve discutir os resultados e responder a questões formuladas pelo professor, promovendo uma metodologia ativa.

2. **Discussão em Sala de Aula:**

- Utilize a metodologia de peer instruction, onde os grupos compartilham suas observações sobre o experimento. Incentive a discussão dos conceitos envolvidos e a resposta a questionários formulados pelo professor para estimular o pensamento crítico.

Aula 03

1. **Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais:**

- Com base nas observações realizadas durante o experimento e na discussão em sala de aula, peça aos alunos que atualizem seus mapas mentais para incluir novos conceitos e corrigir tópicos conforme necessário.
- Incentive a integração dos novos conhecimentos aos mapas mentais, fortalecendo a compreensão do conceito de queda livre.

2. **Atividade Docente:**

- Compare os mapas mentais obtidos nas aulas 1 e 3 para avaliar a evolução do entendimento dos alunos em relação aos conceitos físicos abordados.

Aula 04

1. Pós-teste Conceitual:

- Aplique um pós-teste para avaliar a assimilação dos conceitos abordados sobre queda livre.
- Compare os resultados do pré-teste e do pós-teste para medir o progresso dos alunos.

2. Recomendação de Leitura Prévia:

- Indique sugestões de leitura ou forneça informações para orientar pesquisas sobre a queda livre, preparando os alunos para as atividades da próxima aula.

7.1.12 Questionário - Queda Livre

Nesta seção, apresentamos um conjunto de perguntas de múltipla escolha elaboradas para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos relacionados à queda livre, explorados através do experimento com Arduino. Essas perguntas são projetadas para serem utilizadas tanto para a avaliação individual quanto para a Instrução por Colegas (Peer Instruction), promovendo uma aprendizagem colaborativa e com potencial para engajar os discentes para uma aprendizagem significativa. Uma sugestão de uso destas questões pode ser encontrada no APÊNDICE A.2

1. Quando um objeto está em queda livre, a única força atuando sobre ele é:
 - (A) A força de arrasto do ar
 - (B) A força da gravidade
 - (C) A força normal
2. Em ausência de resistência do ar, todos os objetos em queda livre:
 - (A) Caem com a mesma aceleração
 - (B) Caem com diferentes acelerações dependendo de sua massa
 - (C) Flutuam no ar
3. A aceleração de um objeto em queda livre próximo à superfície da Terra é aproximadamente:
 - (A) 9.8 m/s^2
 - (B) 10.5 m/s^2
 - (C) 8.5 m/s^2
4. Se você soltar uma bola e uma pena simultaneamente em um vácuo:
 - (A) A bola cairá mais rápido
 - (B) A pena cairá mais rápido
 - (C) Ambos cairão ao mesmo tempo
5. A velocidade de um objeto em queda livre aumenta:
 - (A) Linearmente com o tempo
 - (B) Exponencialmente com o tempo
 - (C) Proporcionalmente ao quadrado do tempo

6. O tempo de queda de um objeto em queda livre a partir de uma certa altura depende de:
 - (A) Sua massa
 - (B) A altura da queda
 - (C) Seu volume
7. A equação que descreve a posição y de um objeto em queda livre após um tempo t é:
 - (A) $y = \frac{1}{2}gt^2$
 - (B) $y = gt$
 - (C) $y = \frac{gt^2}{2} + v_0t$
8. A resistência do ar:
 - (A) Aumenta a aceleração de queda livre
 - (B) Não afeta a queda livre
 - (C) Reduz a aceleração de queda livre
9. Um objeto é lançado verticalmente para cima. No ponto mais alto de sua trajetória:
 - (A) Sua velocidade é máxima
 - (B) Sua velocidade é zero
 - (C) Sua aceleração é zero
10. Se um objeto é solto de uma certa altura e leva 2 segundos para atingir o solo, a altura de onde foi solto é:
 - (A) 19.6 m
 - (B) 9.8 m
 - (C) 4.9 m
11. Um objeto em queda livre atinge sua velocidade terminal quando:
 - (A) A força da gravidade é maior que a resistência do ar
 - (B) A resistência do ar é maior que a força da gravidade
 - (C) A força da gravidade é igual à resistência do ar
12. Qual das afirmações a seguir é verdadeira sobre a aceleração de um objeto em queda livre?
 - (A) Depende da massa do objeto
 - (B) Depende da resistência do ar
 - (C) É constante e igual a 9.8 m/s^2
13. Se dois objetos de diferentes massas são soltos da mesma altura em um vácuo, eles atingem o solo:
 - (A) Ao mesmo tempo
 - (B) Em tempos diferentes
 - (C) Depende da forma dos objetos
14. A equação da velocidade v de um objeto em queda livre após um tempo t é:
 - (A) $v = gt$

- (B) $v = \frac{1}{2}gt^2$
(C) $v = \frac{gt}{2}$
15. Qual é a razão pela qual um paraquedista abre seu paraquedas durante a descida?
- (A) Para aumentar a força da gravidade
(B) Para aumentar a resistência do ar
(C) Para reduzir a resistência do ar
16. Em uma queda livre, se a velocidade inicial de um objeto for zero, sua velocidade após 3 segundos será:
- (A) 29.4 m/s
(B) 19.6 m/s
(C) 9.8 m/s
17. Qual é a força resultante em um objeto em queda livre (ignorando a resistência do ar)?
- (A) Apenas a força de arrasto
(B) Apenas a força normal
(C) Apenas a força gravitacional
18. Se um objeto é solto a partir do repouso e leva 4 segundos para atingir o solo, sua velocidade ao atingir o solo é:
- (A) 39.2 m/s
(B) 19.6 m/s
(C) 9.8 m/s
19. Em um vácuo, a aceleração de um martelo e de uma pena soltos ao mesmo tempo é:
- (A) Diferente, pois a massa do martelo é maior
(B) A mesma para ambos
(C) Maior para a pena, pois é mais leve
20. Qual é a principal razão pela qual todos os objetos caem na Terra com a mesma aceleração (desconsiderando a resistência do ar)?
- (A) Porque a gravidade não depende da massa do objeto
(B) Porque objetos mais pesados caem mais rápido
(C) Porque a resistência do ar é a mesma para todos os objetos

Gabarito

- | | |
|------|------|
| 1. B | 5. A |
| 2. A | 6. B |
| 3. A | 7. C |
| 4. C | 8. C |

- | | |
|-------|-------|
| 9. B | 15. B |
| 10. A | 16. A |
| 11. C | 17. C |
| 12. C | 18. C |
| 13. A | 19. B |
| 14. A | 20. A |

7.2 LEIS DE NEWTON

Na jornada pelo maravilhoso mundo da Física, nos deparamos com as Leis de Newton para a dinâmica, fundamentais para compreender o comportamento dos corpos em movimento. Estas leis estabelecem os princípios fundamentais que regem o movimento e as interações entre objetos. Neste capítulo, mergulharemos nas Leis de Newton, discutindo suas aplicações práticas e como elas descrevem o comportamento clássico do mundo ao nosso redor.

7.2.1 Lei da Inércia: Mantendo o Equilíbrio

A primeira Lei de Newton, conhecida como Lei da Inércia, nos diz que um objeto em repouso permanecerá em repouso, e um objeto em movimento permanecerá em movimento com velocidade constante, a menos que haja força externa atuando sobre ele. A figura 7.19 contém uma singela ilustração.



Figura 7.19: Ilustração para discutir Primeira Lei de Newton (<https://brasilecola.uol.com.br/>).

Essa afirmação para a primeira lei tem, entre outras implicações, o significado de que os objetos tendem a manter seus estados de movimento, a menos que alguma interação os force a mudar de estado. Um exemplo simples e corriqueiro pode ser obtido analisando a situação na qual um carro para abruptamente e seus ocupantes são lançados para frente, mostrando a tendência dos corpos de permanecerem em movimento em linha reta e com velocidade constante quando não há interação capaz de alterar o estado de movimento.

7.2.2 Segunda Lei de Newton

A segunda Lei de Newton estabelece que o movimento de um corpo pode ser determinado a partir da força resultante que atua sobre ele. Esta força resultante deve ser igualada ao produto da massa do corpo pela sua aceleração, o que matematicamente isso é expresso como²:

$$F = m \cdot a \quad (7.7)$$

sendo que

- F representa o módulo da força resultante aplicada ao objeto,
- m é a sua massa,
- e a representa a aceleração.

Dentre as aplicações elementares para a Segunda Lei de Newton, um exemplo singular é o uso da metodologia Newtoniano para calcular a aceleração que resulta da aplicação de uma força em um objeto em movimento, conforme ilustra a figura 7.20. No caso em questão, o atrito seco com a superfície foi desconsiderado.

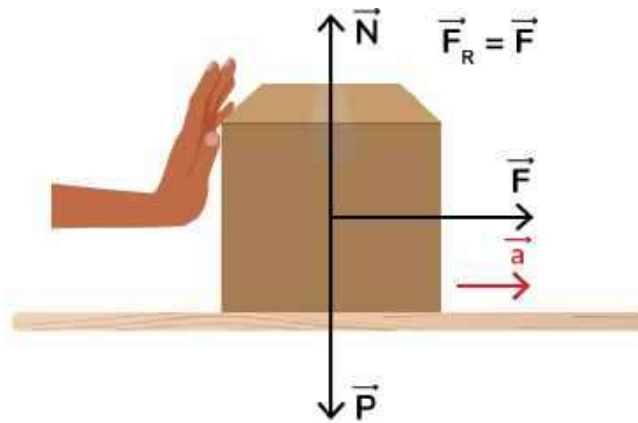


Figura 7.20: Ilustração de uma situação na qual se pode aplicar a Segunda Lei de Newton para discussão em sala de aula. (FERRETTO, 2024)

7.2.3 Terceira Lei de Newton: Ação e Reação

Por fim, a terceira Lei de Newton nos diz que as forças ocorrem aos pares. Isso significa que quando um objeto exerce uma força sobre outro, o segundo objeto exerce uma força de igual magnitude, mesma direção, mas em sentido oposto, sobre o primeiro objeto. A expressão 7.8 reproduz o conteúdo da Terceira Lei de Newton para o módulo do par ação-reação.

$$F_{\text{ação}} = -F_{\text{reação}} \quad (7.8)$$

A figura 7.8 pode ser útil para ilustrar a situação.

²A expressão está associada ao módulo da força resultante e à aceleração. A expressão para a Segunda Lei de Newton é vetorial. Estamos nos referindo apenas ao módulo para simplificar a transposição didática para a Educação Básica.



Figura 7.21: Imagem para ilustração do par ação e reação - Terceira Lei de Newton. (FERRETTO, 2024)

Nesta situação, o homem aplica uma força no solo e, pela Terceira Lei de Newton, há uma força aplicada sobre ele. Um outro exemplo cotidiano é a sensação de empurrar para trás quando você tentar empurrar uma parede.

7.2.4 Tensão em Roldanas: Transmitindo Força através de Cordas

Quando utilizamos roldanas em um sistema, como uma polia fixa ou móvel, a tensão na corda ou cabo conectado à roldana desempenha um papel crucial. Em geral, assume-se que tanto o cabo ou corda quanto a roldana têm massa desprezível e que não há atrito significativo entre a roldana e seus pontos de fixação. Além disso, presume-se que o cabo é perfeitamente flexível. Nessa situação ideal, a força aplicada em uma extremidade da corda que passa pela roldana é integralmente transmitida, permitindo-nos escrever que:

$$T = F \quad (7.9)$$

sendo usada T para representar a tensão no cabo e F é símbolo para identificar a força aplicada ao cabo.

Um exemplo de um sistema que utiliza tais elementos, como polia e corda, é apresentado na figura 7.9.

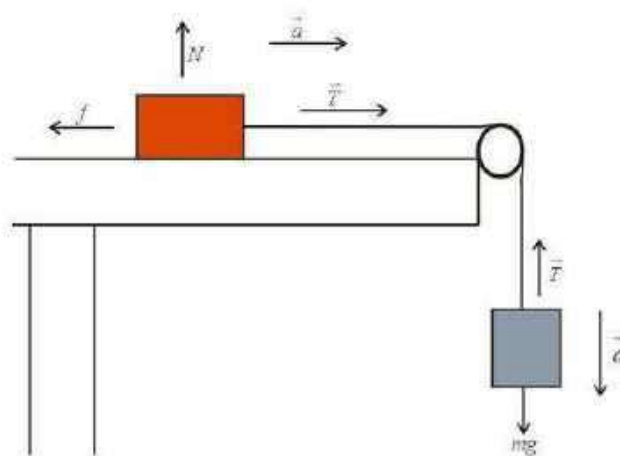


Figura 7.22: Exemplo de sistema composto por corda e roldana. Algumas das forças atuando estão representadas. (Fonte: brainly.com/question, 2024).

7.2.5 Roteiro para o Experimento

Objetivo

O objetivo deste experimento, no que concerne ao estudo das Leis de Newton, é medir a força, designada por tensão, em dois pontos diferentes, utilizando células de carga e um sensor ultrassônico para monitorar a posição de carros construídos em MDF (ver figura 7.23) ao longo de uma pista também confeccionada em MDF, conforme mostrado na figura 7.24.

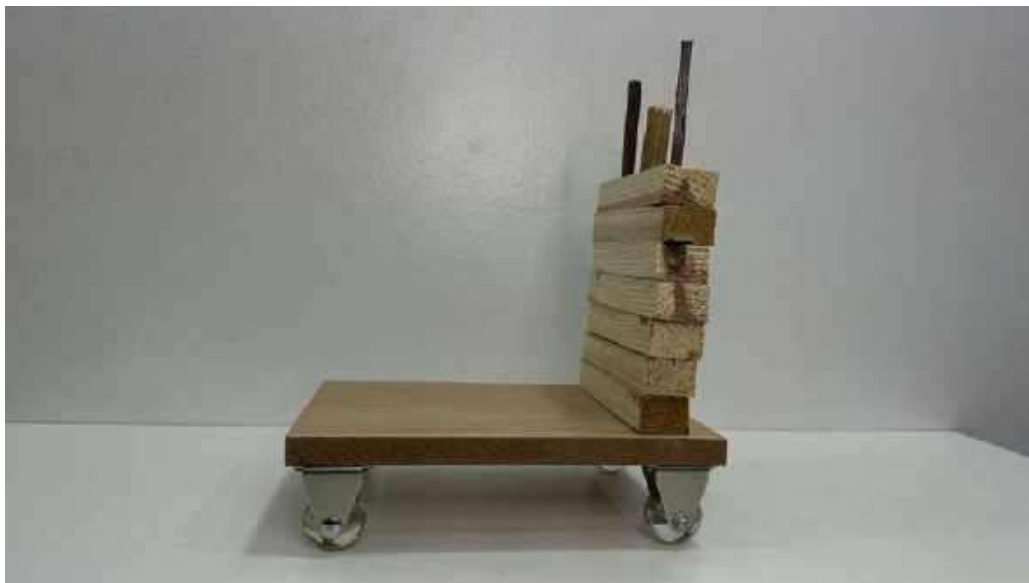


Figura 7.23: Carrinho de MDF que compõe parte do experimento proposto para estudar Leis de Newton. (Autoria Própria, 2024).

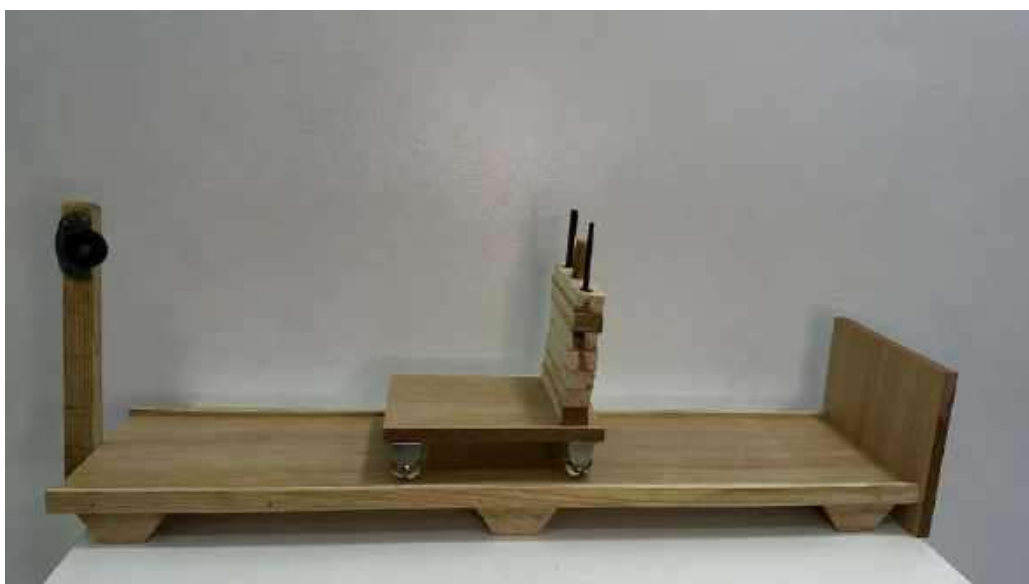


Figura 7.24: Pista e Carrinho de MDF que compõe parte do experimento proposto para estudar Leis de Newton. (Autoria Própria, 2024).

Procedimento

1. Configuração Inicial

1. Monte a pista de MDF em um local plano e estável, de preferência sob uma mesa.
2. Coloque os dois carrinhos sobre a pista, posicionando o carrinho menor em cima do carrinho maior.
3. Ligue a placa Arduino para funcionamento dos sensores.
4. Instale as células de carga nos pontos onde a força de tensão será medida.
5. Prenda um cabo na roldana e conecte-o à garrafinha PET com esferas, que será usada como massa variável.
6. Certifique-se de que o display no carrinho está funcionando e pronto para exibir tempo, distância, velocidade e aceleração.

2. Movimento dos carrinhos

1. Ajuste a massa na garrafinha PET adicionando ou removendo esferas.
2. Eleve a garrafinha até a posição inicial definida e segure-a firme.
3. Solte a garrafinha, permitindo que ela desça e cause o movimento dos carrinhos.

3. Início da Medição

1. Assim que a garrafinha é liberada, o sistema de sensores começará a registrar os dados.
2. O display mostrará em tempo real as medições de tempo, distância, velocidade e aceleração.

4. Registro dos Dados

1. Os dados coletados pelos sensores serão armazenados para análise posterior.
2. Certifique-se de registrar todas as variáveis relevantes, incluindo a massa da garrafinha e as medições exibidas no display.

5. Interação e Modificação

1. Os alunos podem interagir com o sistema alterando a massa na garrafinha e observando as mudanças nas medições.
2. Podem também modificar os códigos do Arduino para ajustar as medições ou adicionar novas funcionalidades.
3. Discuta os resultados obtidos e como eles se relacionam com as Leis de Newton.

4. Analise a força de tensão medida nos dois pontos diferentes e como as variáveis (massa, aceleração, etc.) influenciam essas forças.

Esta configuração permitirá aos alunos explorar de forma prática os conceitos das Leis de Newton, observar como diferentes forças atuam sobre o sistema e entender a importância das variáveis envolvidas nos cálculos de tensão.

O experimento foi concebido com o intuito de oferecer uma oportunidade para explorar conceitos fundamentais de dinâmica e cinemática. Por meio dele, pode-se estudar como diferentes forças influenciam o movimento dos carros de MDF, aplicando as Leis de Newton para entender a relação entre força, massa e aceleração, o que possibilita a compreensão das grandezas medidas pelo equipamento.

A partir das medições dos valores de tensão e deslocamento, é possível calcular o trabalho realizado sobre os carros e a energia transferida durante o movimento. Isso também permite uma análise detalhada do princípio da conservação de energia e da eficiência mecânica do sistema.

Embora o foco principal seja obtenção da tensão, o experimento pode ser estendido para investigar os efeitos do atrito entre os carros e a pista de MDF. Variações na superfície da pista e nas condições dos carros podem alterar significativamente as forças de atrito, oferecendo uma oportunidade para estudar esse fenômeno.

Nas figuras 7.25 e 7.26 são apresentadas as imagens do experimento parcialmente e totalmente montado.

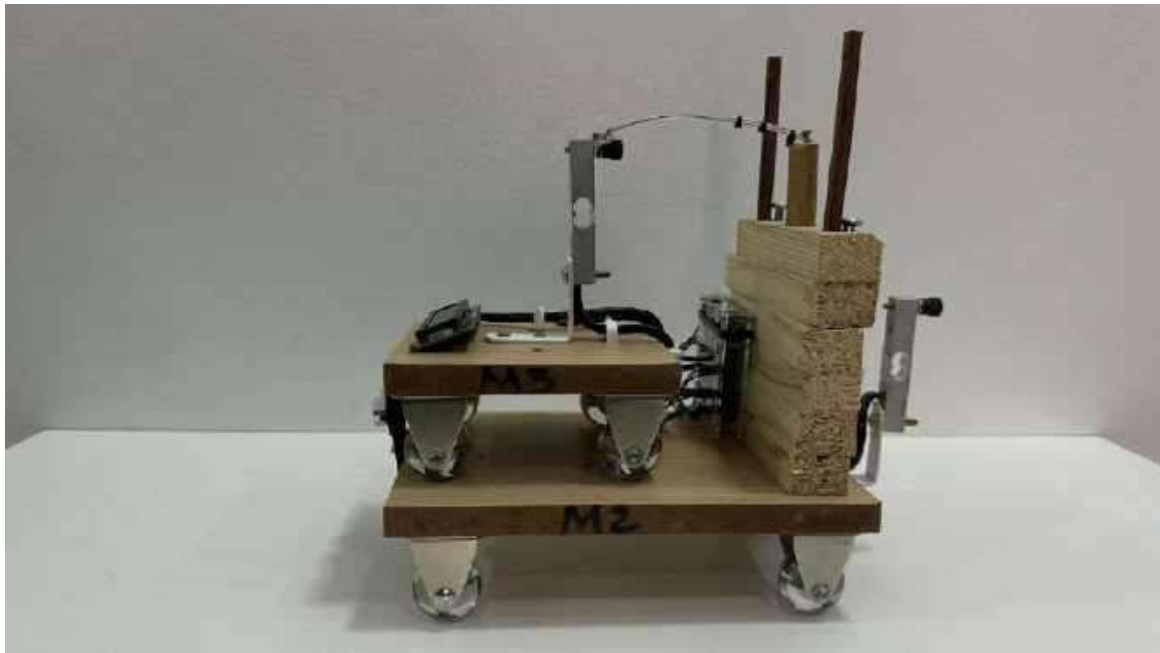


Figura 7.25: Carrinhos Montados M1 e M2. Esta é a montagem parcial do experimento proposto para estudar Leis de Newton. (Autoria Própria, 2024).

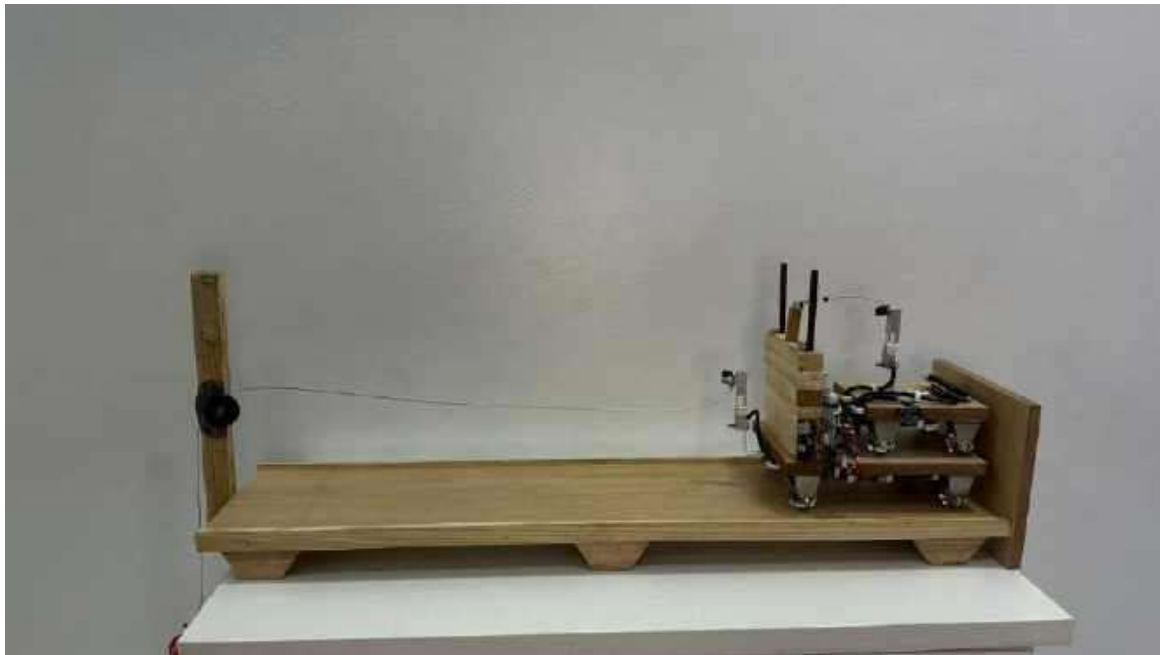


Figura 7.26: Montagem completa do experimento proposto para estudar Leis de Newton. (Autoria Própria, 2024).

O projeto foi concebido de forma que o experimentador possa facilmente realizar medições sob diferentes condições de carga. O uso de sensores eletrônicos e microcontroladores viabiliza medições precisas, com potencial para contribuir significativamente para uma compreensão mais completa das forças e movimentos envolvidos.

7.2.6 Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro

O aparelho experimental para realização do experimento sobre Leis de Newton é composto por:

1. Arduino
2. Células de Carga (HX711)
3. Sensor Ultrassônico (HC-SR04)
4. Display LCD (I2C, 16x2)
5. Fios de Conexão (Jumpers)
6. Fonte de Alimentação
7. Roldanas de silicone
8. MDF
9. Parafusos e Porcas

Listamos uma estimativa de investimento financeiro necessário para a montagem da estrutura proposta.

Qtd.	Componentes	Valor
1	Microcontrolador (Arduino)	R\$ 85,45
2	Células de Carga (HX711)	R\$ 74,00
2	Sensor Ultrassônico (HC-SR04)	R\$ 20,00
1	Display LCD (I2C, 16x2)	R\$ 16,91
40	Fios de Conexão (Jumpers)	R\$ 15,78
1	Fonte de Alimentação	R\$ 12,26
8	Roldonas de silicone	R\$ 68,00
1	Protoboard 400 pontos	R\$ 9,45
6	MDF	R\$ 0,00
7	Parafusos e Porcas	R\$ 5,00
TOTAL		R\$ 306,85

Tabela 7.3: Lista de Componentes e Custos

Fonte: <https://makerx.com.br/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

7.2.7 Montagem do Experimento

Apresenta-se a sequência de passos necessários para montagem do equipamento (ver figura 7.26).

1. Passo 1: Montagem das Partes de MDF

- Monte a pista de MDF sobre a base de suporte de forma que ela esteja estável e nivelada.

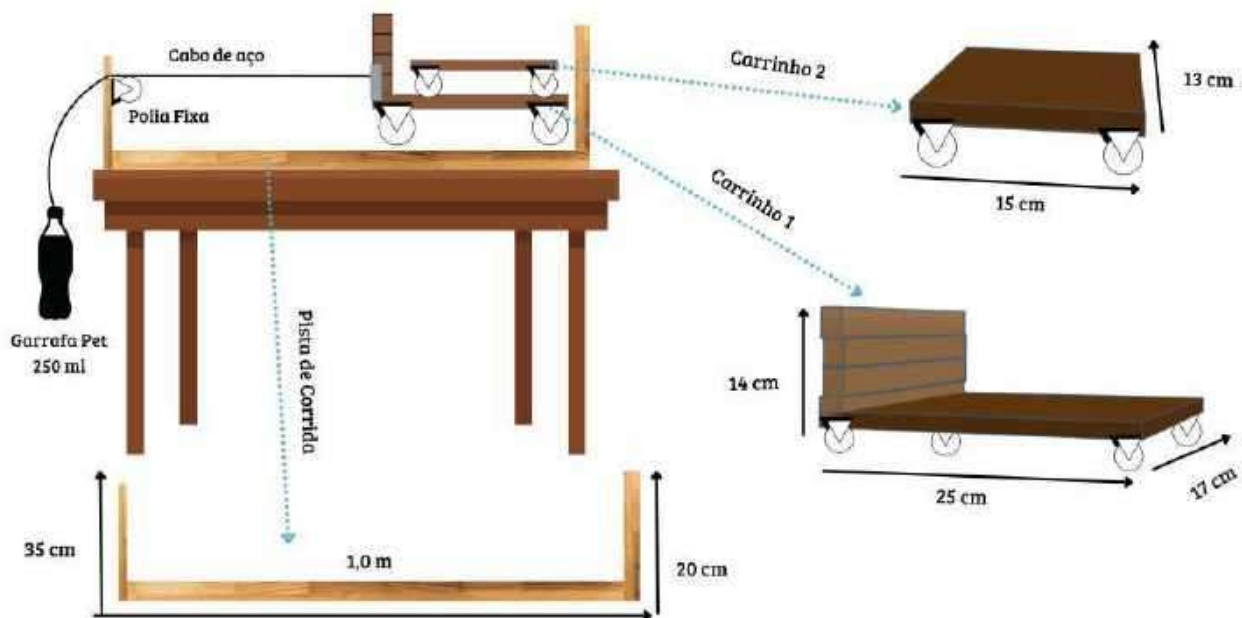


Figura 7.27: Diagrama do experimento concebido para estudo das Leis de Newton. (Autoria Própria, 2024)

- Prepare os dois carros de MDF de diferentes massas.

2. Passo 2: Conexão do Display LCD

- Conecte o display LCD aos pinos SDA e SCL do Arduino para comunicação I2C.

3. Passo 3: Conexão dos Sensores

■ Células de Carga:

- Utilize parafusos e porcas para fixar as duas células de carga em pontos estratégicos da pista de MDF onde deseja medir a força de tensão.
- Conecte os fios das células de carga aos pinos digitais designados no Arduino:
 - * Célula de Carga 1: DT no pino 7, SCK no pino 6.
 - * Célula de Carga 2: DT no pino 3, SCK no pino 2.

■ Sensor Ultrassônico:

- Fixe o sensor ultrassônico em um ponto elevado da pista, de modo que ele possa medir a distância dos carros ao longo da pista.
- Conecte os pinos do sensor ultrassônico ao Arduino:
 - * Trig no pino 13.
 - * Echo no pino 12.

4. Passo 4: Alimentação do Circuito

- Verifique todas as conexões utilizando o multímetro para garantir que estão firmes e corretas. Um diagrama para o circuito é mostrado na figura 7.28.

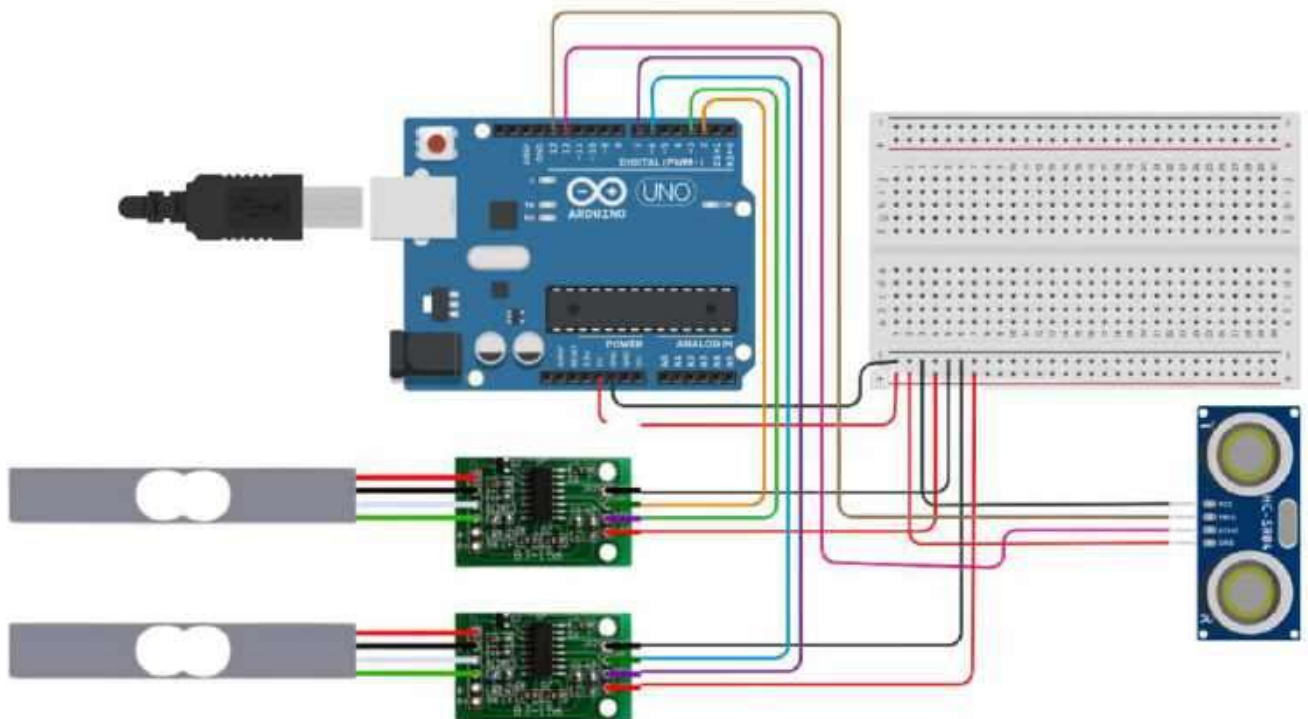


Figura 7.28: Diagrama de ligação do circuito - experimento concebido para estudo das Leis de Newton. (Autoria Própria, 2024).

- Conecte o Arduino ao computador e abra a IDE do Arduino.
- Copie e cole o código fornecido na IDE, compile e carregue no Arduino.
- Conecte o Arduino a uma fonte de alimentação adequada.

7.2.8 Código Computacional para o Experimento - Leis de Newton

O código para o experimento concebido para estudo das Leis de Newton foi implementado em linguagem C++ e está transcrito abaixo.

```

1 /* UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS - UFNT
2 MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FISICA - MNPEF
3 PROFA. DRA. REGINA LELIS DE SOUSA
4 DISCENTE RONEY LIMA SOUZA */

6 #include <Wire.h>
7 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
8 #include "HX711.h"

10 const int loadCell_1_DT = 7;
11 const int loadCell_1_SCK = 6;
12
13 const int loadCell_2_DT = 3;
14 const int loadCell_2_SCK = 2;

16 HX711 load1;
17 HX711 load2;
18
19 #define trigPin 13
20 #define echoPin 12

22 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

24 float initialLoad1 = 0.0;
25 float initialLoad2 = 0.0;
26 float initialPosition = 0.0;
27 bool startMeasuringDistance = false;
28 bool closeToSensor = false;

30 const int m2 = 1238; // Massa do veiculo grande em grammas
31 const int m3 = 768; // Massa do veiculo pequeno em grammas
32
33 void setup() {
34   Serial.begin(9600);
35   lcd.init();
36   lcd.backlight();

37
38   pinMode(trigPin, OUTPUT);
39   pinMode(echoPin, INPUT);
40
41   load1.begin(loadCell_1_DT, loadCell_1_SCK);
42   load2.begin(loadCell_2_DT, loadCell_2_SCK);

43
44   // Calibrar a tara
45   initialLoad1 = load1.read();
46   initialLoad2 = load2.read();
47   initialPosition = calcularDistancia();
48 }

50 void loop() {
51   float distance = 0.0;
52   float x = 0.0;

53
54   if (load1.read() != initialLoad1 && !startMeasuringDistance) {
55     // Inicia a medicao da distancia quando o sensor de carga 1 comecar a registrar
56     initialPosition = calcularDistancia();
57     startMeasuringDistance = true;

```

```

58     closeToSensor = false;
        // Reseta o flag closeToSensor quando começa a medir
60     }

62     // Verifica se o sensor ultrassonico esta proximo
    if (calcularDistancia() < 5) {
64         closeToSensor = true;
    }

66

68     if (startMeasuringDistance && !closeToSensor) {
        distance = calcularDistancia();
        x = distance - initialPosition;
70     } else {
        x = 0.0; // Zera a posicao se estiver proximo ao sensor
72     }

74     float tensileForce1 =
        (load1.read() - initialLoad1) / 39007.00 * 0.102 * 9.81;
76     float tensileForce2 =
        (load2.read() - initialLoad2) / 291744.00 * 0.208 * 9.81;
78     float timeSecond = millis() / 1000.00;

80     // Exibir no monitor serial
    Serial.print("t=");
82     Serial.print(timeSecond, 3);
    Serial.print(" ");
84     Serial.print("T1=");
    Serial.print(tensileForce1, 2);
86     Serial.print(" ");
    Serial.print("x=");
88     Serial.print(x, 3);
    Serial.print(" ");
90     Serial.print("T2=");
    Serial.println(tensileForce2, 2);
92

94     // Exibir no display LCD
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
96     lcd.print("t=");
    lcd.print(timeSecond, 2);
98     lcd.print(" T1=");
    lcd.print(tensileForce1, 2);
100

    lcd.setCursor(0, 1);
102     lcd.print("x=");
    lcd.print(x, 3);
104     lcd.print(" T2=");
    lcd.print(tensileForce2, 2);
106

    delay(1000);
108 }

110 float calcularDistancia() {
    digitalWrite(trigPin, LOW);
112     delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
114     delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
116     float duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    return (duration * 0.0343 / 2) / 100.00;
118 }

```

Listing 7.3: Leis de Newton

7.2.9 Experimento - Guia Pedagógico

Aula 01

1. Introdução do conceito físico:

- Iniciar com um evento do cotidiano do discente relacionado à aplicação das Leis de Newton, como observar o movimento de um carro ao ser puxado por uma força.
- Utilizar vídeos e reportagens sobre avanços tecnológicos que envolvem o estudo das Leis de Newton, como experimentos realizados em laboratórios de física ou no espaço.

2. Atividade Inicial:

- Solicitar aos discentes a confecção de mapas mentais representando seus conhecimentos prévios sobre as Leis de Newton, enquanto sondam seus subsunçores.
- Perguntar aos alunos sobre suas experiências pessoais com o conceito, fomentando uma discussão inicial.

3. Pré-teste:

- Aplicar um pré-teste com perguntas inspiradas no Enem e vestibulares para explorar os conceitos-chave e identificar lacunas de compreensão durante a discussão dos mapas mentais.
- Utilizar o banco com 20 questões sobre as Leis de Newton para essa atividade.

Aula 02

1. Atividade Experimental - Metodologia Peer Instruction:

- Realizar o experimento sobre as Leis de Newton. Por exemplo, medir a força de tensão em dois pontos diferentes usando sensores de distância e células de carga em carros de MDF.
- Dividir a turma em grupos e solicitar que observem, registrem os dados do experimento e discutam sobre questões apresentadas pelo professor, promovendo uma metodologia ativa.

2. Discussão em sala de aula:

- Usar a metodologia de peer instruction, onde os grupos compartilham suas observações sobre o experimento, discutem os conceitos envolvidos e respondem a questionários formulados pelo professor para estimular o pensamento crítico.

Aula 03

1. Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais:

- Com base nas observações realizadas durante o experimento e na discussão em sala de aula, os alunos devem trabalhar em seus mapas mentais para incluir novos conceitos e corrigir tópicos quando necessário.
- Incentivar a integração dos novos conhecimentos aos mapas mentais, fortalecendo a compreensão das Leis de Newton.

2. Atividade Docente:

- Comparar os mapas mentais obtidos nas aulas 1 e 3 para estabelecer a evolução intelectual dos discentes em relação aos conceitos físicos abordados.

Aula 04

1. Pós-teste Conceitual:

- Aplicar um pós-teste para avaliar a assimilação dos conceitos abordados sobre as Leis de Newton.
- Comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste para medir o progresso dos alunos.

2. Recomendação de Leitura Prévia:

- Indicar aos discentes algumas sugestões de leitura ou fornecer informações para orientar pesquisas sobre as Leis de Newton, preparando-os para as atividades da próxima aula.

7.2.10 Questionário

Nesta seção, apresentamos um conjunto de perguntas de múltipla escolha elaboradas para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos relacionados à Leis de Newton, explorados através do experimento com Arduino. Essas perguntas são projetadas para serem utilizadas tanto para a avaliação individual quanto para a Instrução por Colegas (Peer Instruction), promovendo uma aprendizagem colaborativa e com potencial para engajar os discentes para uma aprendizagem significativa. Uma sugestão de uso destas questões pode ser encontrada no APÊNDICE A.3

1. Qual é a grandeza física representada pela variável x no experimento?
 - (A) Velocidade dos carrinhos.
 - (B) Posição dos carrinhos.
 - (C) Aceleração dos carrinhos.
2. O que representa a variável $T1$ no contexto do experimento?
 - (A) Força de tração no carrinho 1.
 - (B) Tempo de movimento dos carrinhos.
 - (C) Temperatura ambiente do ambiente de teste.
3. Como a distância percorrida pelos carrinhos é calculada durante o experimento?
 - (A) A partir da medição de aceleração.
 - (B) Usando um sensor de movimento.
 - (C) Com base no tempo de retorno do ultrassom.
4. Qual é a unidade de medida utilizada para expressar as forças de tensão $T1$ e $T2$?
 - (A) Newtons (N).
 - (B) Volts (V).
 - (C) Graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
5. O que acontece com a variável x quando os carrinhos estão próximos ao sensor ultrassônico?

- (A) É zerada.
 - (B) É multiplicada pelo tempo.
 - (C) Permanece constante.
6. Qual é a função principal das células de carga no experimento?
- (A) Medir a distância percorrida pelos carrinhos.
 - (B) Registrar a velocidade inicial dos carrinhos.
 - (C) Medir a força aplicada aos carrinhos.
7. Como é determinada a força de tensão T_2 no experimento?
- (A) Pela diferença entre as leituras das células de carga.
 - (B) Usando o sensor de temperatura.
 - (C) A partir da leitura do sensor ultrassônico.
8. O que representa o valor 9.81 no cálculo da força de tensão T_1 ?
- (A) Aceleração devido à gravidade.
 - (B) Fator de calibração das células de carga.
 - (C) Constante do sensor ultrassônico.
9. Qual é a unidade de medida utilizada para calcular a distância no código do experimento?
- (A) Metros.
 - (B) Centímetros.
 - (C) Milímetros.
10. O que acontece com a posição x quando os carrinhos estão próximos ao sensor ultrassônico?
- (A) É zerada no código.
 - (B) É multiplicada pelo valor 0.0343.
 - (C) Permanece constante durante todo o experimento.
11. Qual é a função do sensor ultrassônico no experimento?
- (A) Determinar a distância entre os carrinhos e o sensor.
 - (B) Medir a temperatura ambiente.
 - (C) Calibrar as células de carga.
12. O que representa a variável *startMeasuringDistance* no código do experimento?
- (A) Indica o início da medição da posição dos carrinhos.
 - (B) Controla o tempo de execução do código.
 - (C) Calcula a aceleração dos carrinhos.
13. Como são exibidos os dados do experimento no display LCD?
- (A) Apenas as forças de tensão são mostradas.
 - (B) Os valores de tempo, posição e forças de tensão são exibidos.
 - (C) Os dados são transmitidos via Bluetooth.

14. O que acontece com a variável *closeToSensor* quando o sensor ultrassônico detecta os carrinhos próximos?
 - (A) Torna-se verdadeira.
 - (B) É resetada para falso.
 - (C) Aumenta o valor de x .
15. Qual é a principal vantagem de utilizar células de carga no experimento?
 - (A) Alta precisão na medição da força aplicada.
 - (B) Baixo consumo de energia.
 - (C) Resistência a variações de temperatura.
16. O que acontece com a variável *startMeasuringDistance* quando o sensor de carga 1 começa a registrar?
 - (A) É resetada para falso.
 - (B) Inicia a medição da posição inicial.
 - (C) Mantém-se constante durante o experimento.
17. Qual é a função do display LCD no experimento?
 - (A) Mostrar a temperatura ambiente.
 - (B) Exibir os valores das forças de tensão e da posição.
 - (C) Controlar a velocidade dos carrinhos.
18. Como são calibradas as células de carga no início do experimento?
 - (A) Ajustando o zero e o ganho das células.
 - (B) Utilizando um sensor de luz.
 - (C) Aferindo a temperatura ambiente.
19. Qual é a unidade de medida utilizada para as forças de tensão calculadas no experimento?
 - (A) Newton.
 - (B) Watt.
 - (C) Pascal.

Gabarito

- | | |
|------|-------|
| 1. B | 7. A |
| 2. A | 8. A |
| 3. C | 9. A |
| 4. A | 10. A |
| 5. A | 11. A |
| 6. C | 12. A |

- | | |
|-------|-------|
| 13. A | 17. A |
| 14. B | 18. B |
| 15. A | 19. A |
| 16. A | 20. A |

7.3 MOVIMENTO CIRCULAR

No movimento circular (MC), os objetos se movem ao longo de trajetórias circulares, como a rotação de uma roda ou o movimento de um objeto em órbita ao redor de outro. Para compreender esse tipo de movimento, precisamos de conceitos e fórmulas específicas.

7.3.1 Deslocamento Angular ($\delta\theta$)

Em vez de usar posição linear, como no movimento retilíneo, usamos a posição angular para descrever a localização de um objeto ao longo de uma trajetória circular. A posição angular é medida em radianos ou graus, representando a medida do ângulo percorrido pelo objeto.

Assim como o deslocamento linear, o deslocamento angular é a mudança na posição angular de um objeto ao longo do tempo. Pode ser positivo se o objeto gira no sentido anti-horário ou negativo se gira no sentido horário.

7.3.2 Velocidade Angular (ω)

A velocidade angular é a taxa de mudança do deslocamento angular em relação ao tempo. É medida em radianos por segundo ($\frac{rad}{s}$) ou graus por segundo ($\frac{^\circ}{s}$). A velocidade angular média (ω_{media}) é calculada dividindo o deslocamento angular ($\delta\theta$) pelo intervalo de tempo (δt), conforme definido pela equação 7.10:

$$\omega_{media} = \frac{\delta\theta}{\delta t} \quad (7.10)$$

7.3.3 Aceleração Angular (α)

A aceleração angular é a taxa de mudança da velocidade angular em relação ao tempo. Assim como a velocidade angular, é medida em radianos por segundo ao quadrado ($\frac{rad}{s^2}$) ou graus por segundo ao quadrado ($\frac{^\circ}{s^2}$). A aceleração angular média (α) é calculada dividindo a mudança na velocidade angular média pelo intervalo de tempo, conforme definido pela equação 7.12:

$$\alpha = \frac{\delta\omega}{\delta t} \quad (7.11)$$

7.3.4 MCU e MCVU

No movimento circular, existem duas formas mais comuns de movimento, quais sejam, Movimento Circular Uniforme (MCU) e Movimento Circular Uniformemente Variado (MCUV).

Movimento Circular Uniforme (MCU)

No movimento circular uniforme, o objeto se move em uma trajetória circular com velocidade angular constante. Isso significa que a magnitude da velocidade angular (ω) não muda ao longo do tempo. A fórmula para calcular a posição angular em um MCU é a análoga àquela correspondente à velocidade linear em um movimento retilíneo uniforme e é dada pela 7.12.

$$\theta(t) = \theta_0 + \omega t \quad (7.12)$$

Movimento Circular Uniformemente Variado (MCUV)

No movimento circular uniformemente variado, a velocidade angular do objeto muda uniformemente ao longo do tempo ou, em outras palavras, temos aceleração angular constante. Nesse caso, usamos uma equação de movimento semelhante à do movimento retilíneo uniformemente variado para calcular a posição angular (ver equação 7.13).

$$\theta = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad (7.13)$$

Esses conceitos e fórmulas são essenciais para entender o movimento circular e suas aplicações em vários contextos, como Mecânica, Astronomia e Engenharia. Ao dominar esses princípios, os alunos do Ensino Médio podem analisar e interpretar o movimento circular ao seu redor com mais profundidade e precisão.

Na Figura 7.29 apresenta-se a trajetória circular em um MCU com o vetor velocidade apontado em vários pontos distintos.

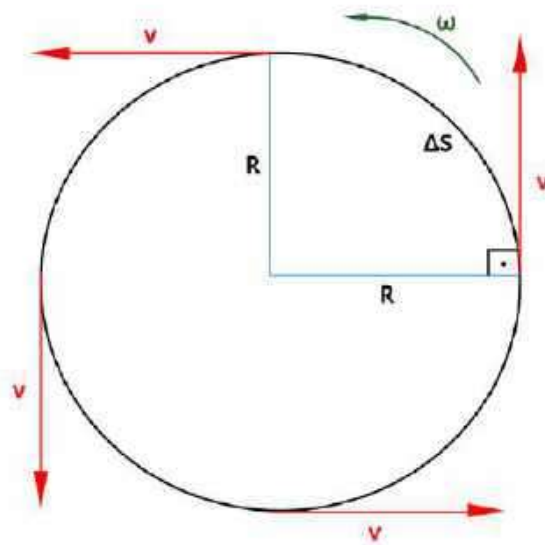


Figura 7.29: Trajetória para o MCU incluindo vetor velocidade em diferentes pontos da trajetória. (Fonte: (ALVES, 2024))

A velocidade angular também é inserida para que o discente tenha ciência de se tratar de grandezas distintas. É possível identificar um ângulo de 90° entre a aceleração centrípeta (não mostrada na figura) e a velocidade linear do objeto.

A variação da distância entre o objeto e o ponto central ao longo do tempo também pode ser presumida na representação visual, refletindo a dinâmica do movimento circular e seu efeito na cinemática do objeto em movimento.

7.3.5 Roteiro para o Experimento de Movimento Circular

Objetivo

O objetivo deste experimento é entender e analisar o movimento circular, medindo a velocidade angular e o número de voltas utilizando um sensor magnético conectado a um Arduino. Nas figuras 7.30 e 7.31 são apresentadas imagens de parte do aparato experimental concebido com o objetivo ser um objeto educacional inovador auxiliar na compreensão e análise do movimento circular.



Figura 7.30: Aparato Experimental proposto para o estudo do movimento circular.(Autoria Própria, 2024).



Figura 7.31: Aparato Experimental proposto para o estudo do movimento circular.(Autoria Própria, 2024)

Procedimento

1. Configuração Inicial

1. Monte o aparato experimental conforme ilustrado nas Figuras 7.30 e 7.31.
2. Fixe o círculo em um rolamento, permitindo que ele gire livremente.
3. Certifique-se de que todos os componentes estão firmemente fixados e o sistema está calibrado.

2. Início do Experimento

1. Movimente o círculo, fazendo-o girar.
2. O sensor magnético na base captará a passagem do ímã a cada volta.

3. O Arduino registrará o número de voltas e calculará a velocidade angular, exibindo esses dados no display.

3. Coleta de Dados

1. Observe e registre o número de voltas exibido no display após um intervalo de tempo definido (por exemplo, 30 segundos).
2. Anote a velocidade angular calculada e exibida pelo Arduino.
3. Repita o experimento várias vezes, variando a força aplicada para iniciar o movimento circular, e registre os resultados obtidos.

4. Análise dos Dados

1. Compare os dados coletados em diferentes tentativas, analisando como a força inicial aplicada afeta o número de voltas e a velocidade angular.
2. Utilize gráficos para representar a relação entre a força aplicada e a velocidade angular.
3. Discuta os resultados obtidos, relacionando-os com os conceitos teóricos de movimento circular e as Leis de Newton.

5. Interação e Modificação

1. Os alunos podem interagir com o sistema, modificando a força inicial aplicada ao círculo e observando as mudanças nos resultados.
2. Podem também alterar os códigos do Arduino para ajustar a sensibilidade do sensor ou adicionar novas funcionalidades, como a medição do período de rotação.
3. Promover discussões em grupo para interpretar os resultados e correlacioná-los com os conceitos físicos estudados.
4. Incentivar os alunos a pensar em aplicações práticas do movimento circular e possíveis melhorias no aparato experimental.

Este roteiro permitirá aos alunos explorar de forma prática os conceitos de movimento circular, observando como diferentes forças influenciam o movimento e compreendendo a importância das variáveis envolvidas nos cálculos de velocidade angular.

O conjunto experimental é composto por uma placa Arduino acoplado a um sensor magnético que possibilita a medição da velocidade angular de um objeto, no caso um ímã fixado na base circulatória do MDF. Abaixo as figuras 7.30 e 7.31, representa uma parte do aparato antes da montagem dos componentes eletrônicos.

Ele utiliza uma interrupção para registrar cada detecção do sensor, garantindo uma medição precisa do tempo decorrido entre as voltas. Os detalhes do aparato experimental montado podem ser visualizados nas figuras 7.32, 7.33 e 7.34.

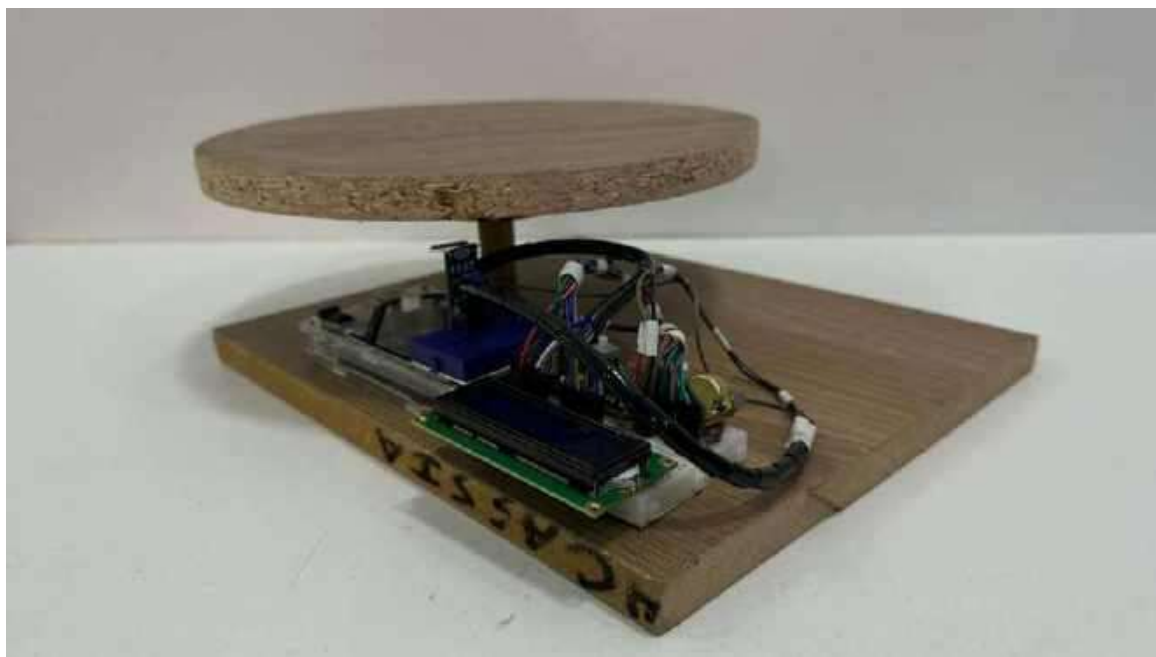


Figura 7.32: Aparato Experimental proposto para o estudo do movimento circular.(Autoria Própria, 2024).



Figura 7.33: Aparato Experimental proposto para o estudo do movimento circular.(Autoria Própria, 2024).

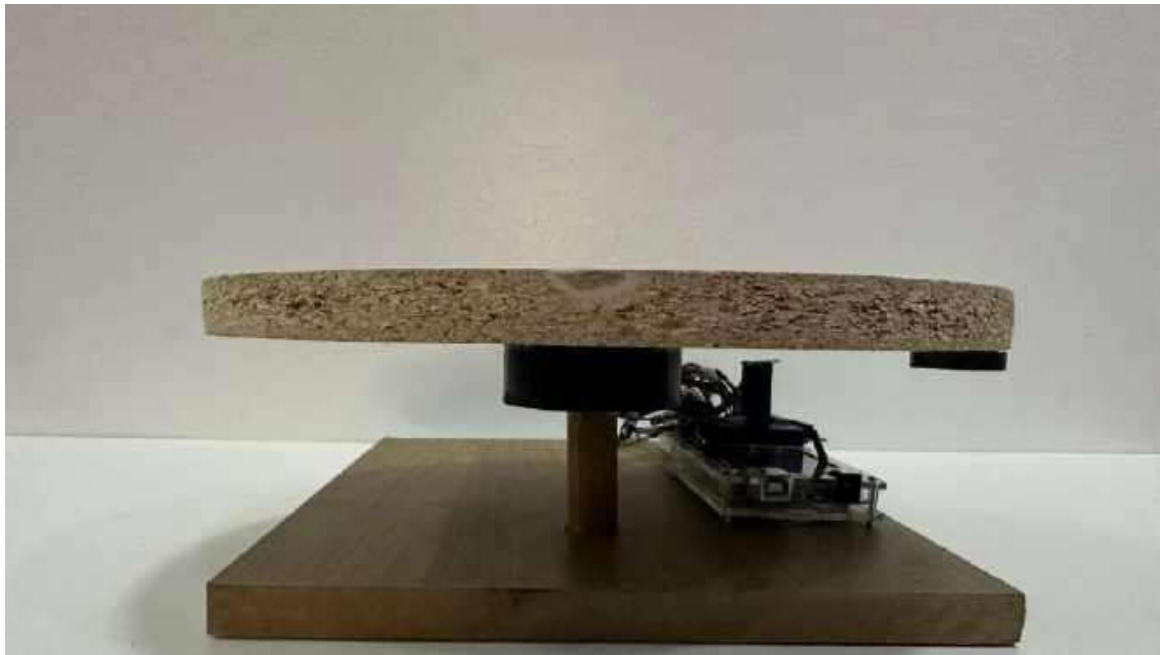


Figura 7.34: Aparato Experimental proposto para o estudo do movimento circular.(Autoria Própria, 2024).

A montagem e uso do equipamento proposto é uma demonstração de como a experimentação não se limita apenas ao mundo físico, mas também abrange a aplicação de conhecimentos de programação e tecnologia para coletar e analisar dados experimentais.

O código escrito para utilização do equipamento possibilita a visualização dos dados da velocidade angular são exibidos em tempo real, por meio de um display LCD, permitindo uma análise imediata dos resultados. Esta característica não só facilita a interpretação dos dados, mas também proporciona uma experiência prática e interativa de aprendizagem.

Além disso, o código também incorpora elementos de controle de tempo para garantir a precisão das medições. Teve-se o cuidado de permitir que o código possa, periodicamente, verificar se passou tempo suficiente desde a última detecção do sensor, zerando a velocidade angular se nenhum novo dado for recebido dentro de um intervalo pré-definido. Isso contribui para mitigar erros de medição e garante a confiabilidade dos resultados experimentais. Com essa abordagem prática e interativa almeja-se a um só tempo facilitar a compreensão dos conceitos teóricos e também promover o desenvolvimento de habilidades práticas e tecnológicas essenciais para os estudantes.

7.3.6 Experimento MC - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro

O aparato experimental para realização do experimento relacionado ao MC é composto por:

1. Arduino
2. Módulo Sensor Magnético
3. Display LCD 16x2
4. Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado
5. Imã de 5cm

6. Fios de conexão (Jumper Premium para Protoboard)
7. Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v
8. Protoboard 400 pontos
9. Sobras de MDF
10. Rolamento veicular usado
11. Cola superbonder
12. Organizador para Cabos e Fios 6mm x 1m

Listamos uma estimativa de investimento financeiro necessário para a montagem da estrutura proposta.

Qtd.	Componentes	Valor
1	Arduino Uno	R\$ 85,45
1	Módulo Sensor Magnético	R\$ 7,13
1	Display LCD 16x2	R\$ 16,91
1	Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado	R\$ 2,95
1	Protoboard 400 pontos	R\$ 9,45
40	Fios de conexão (Jumper Premium para Protoboard)	R\$ 15,78
1	Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v	R\$ 12,26
1	Organizador para Cabos e Fios 6mm x 1m	R\$ 9,41
1	Cola superbonder	R\$ 5,00
2	MDF - sobras	R\$ 0,00
1	Rolamento das correias usado veicular	R\$ 0,00
1	Imã de 5cm (removido de apagador)	R\$ 0,00
TOTAL		R\$ 164,34

Tabela 7.4: Lista de Componentes e Custos

Fonte: <https://makerx.com.br/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

7.3.7 Montagem do Experimento MC

Os passos necessários para montagem do equipamento (ver figura 7.34) são listados.

1. **Passo 1:** Montagem das partes de MDF
 - Corte as peças de MDF conforme a figura 7.35.

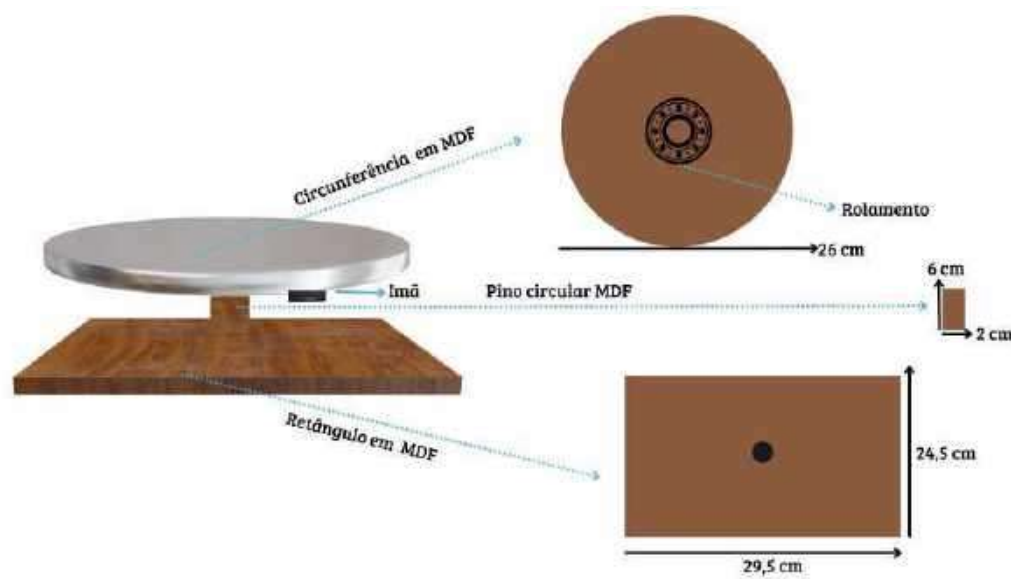


Figura 7.35: Aparato Experimental MC - detalhes da estrutura em MDF. (Autoria Própria, 2024).

- Faça corte de 30x25 cm (base) e um círculo com diâmetro de 27cm com as sobras de MDF ou madeira similar
- Faça um furo na base a 5cm no centro para fixa um pino que deve ter 8cm de altura que vai receber o rolamento. (o furo varia de acordo com o diâmetro interno do rolamento utilizado)
- Cole o rolamento no centro do círculo.
- Cole o ímã no círculo na extremidade abaixo para o sensor magnético captar o campo gerado ao movimentar o mesmo.
- Fixe o circuito montado na base abaixo do círculo.

2. Passo 2: Conexão do Display LCD

- Conecte os pinos do display LCD aos pinos correspondentes no Arduino conforme o esquema de pinagem:
 - Pino RS do LCD ao pino digital 8 do Arduino.
 - Pino E do LCD ao pino digital 9 do Arduino.
 - Pino D4 do LCD ao pino digital 4 do Arduino.
 - Pino D5 do LCD ao pino digital 5 do Arduino.
 - Pino D6 do LCD ao pino digital 6 do Arduino.
 - Pino D7 do LCD ao pino digital 7 do Arduino.
- Utilize fios de conexão (jumpers) para fazer as ligações entre os pinos do LCD e os pinos digitais do Arduino.
- Certifique-se de que as conexões estão firmes e corretas para garantir a comunicação entre o Arduino e o display LCD.

3. Passo 3: Conexão dos Sensores

- Conecte o sensor magnético ao pino digital 2 do Arduino para detecção das voltas dos carrinhos.
- Utilize resistores de *pull-up* ou *pull-down*, se necessário, para garantir leituras estáveis dos sensores.
- Verifique as conexões para garantir que não há curtos-circuitos ou conexões soltas.

- Um diagrama para as ligações no circuito podem ser visualizadas na figura 7.36

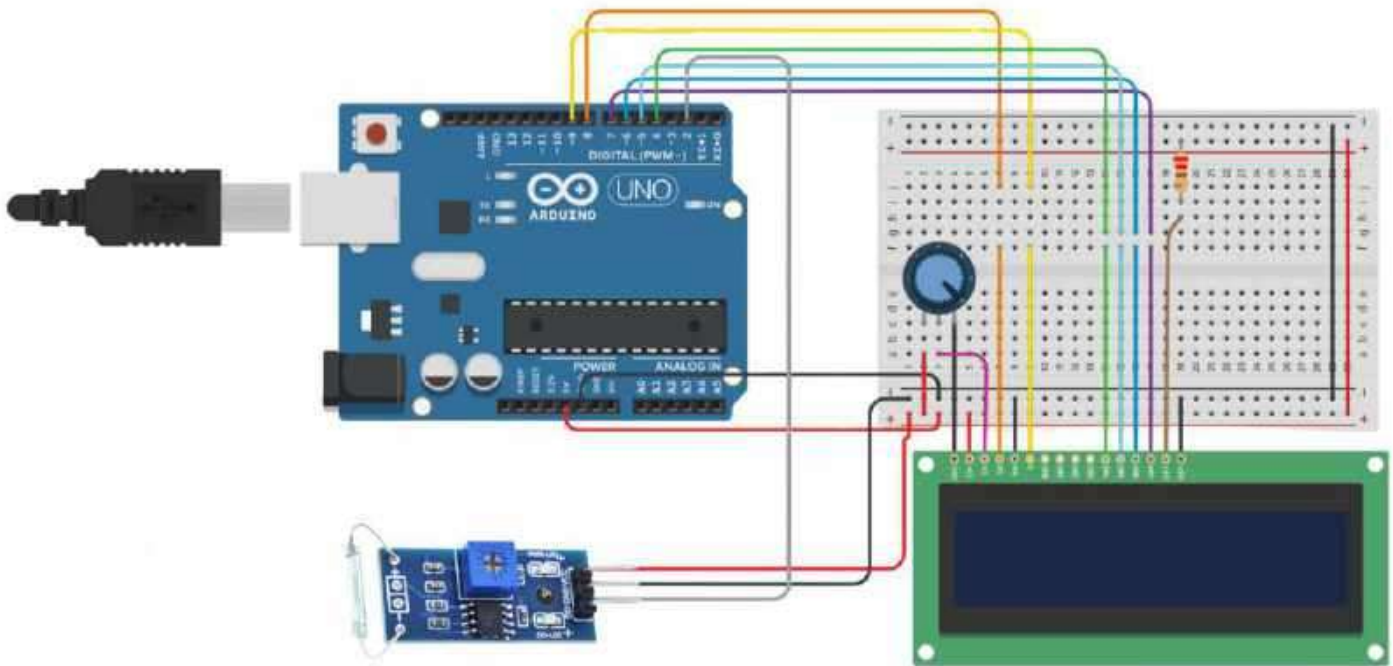


Figura 7.36: Diagrama de ligação do circuito para o experimento de MC. (Autoria Própria, 2024).

4. Passo 4: Alimentação do Circuito

- Conecte a fonte de alimentação ajustável ao Arduino e aos outros componentes do circuito, garantindo a tensão correta para cada um deles.
- Utilize o protoboard para organizar as conexões de alimentação dos diferentes componentes.
- Verifique todas as conexões antes de ligar a fonte de alimentação para evitar danos aos componentes.

7.3.8 Código Computacional para o Experimento MC

O código para o Experimento 1 sobre queda livre foi implementado em linguagem C++ e está transcrito abaixo.

```

2 /* UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS - UFNT
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FISICA - MNPEF
4 PROFA. DRA. REGINA LELIS DE SOUSA
DISCENTE RONEY LIMA SOUZA */
6
7 #include <LiquidCrystal.h>
8 // Inclua a biblioteca para controle do display LCD
const int sensorPin = 2;
10 // Pino do sensor magnetico
volatile unsigned long tempoAnterior = 0;
12 // Variavel para armazenar o tempo da ultima deteccao do sensor
volatile int voltas = 0;
14 // Variavel para armazenar o numero de voltas
const unsigned long intervaloZerar = 5000;

```

```

16 // Intervalo em milissegundos para zerar a velocidade se nao houver deteccao
18 LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
19 // Pinos RS, E, D4, D5, D6, D7 do display LCD
20
21 void setup() {
22   Serial.begin(9600);
23   // Inicia a comunicacao serial
24   lcd.begin(16, 2);
25   // Inicia o display LCD de 16x2
26   lcd.clear();
27   // Limpa o display LCD
28   lcd.print("Velocidade:");
29   // Imprime o texto inicial no display LCD
30
31   attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), contagemVoltas, FALLING);
32   // Configura a interrupcao
33 }
34
35 void loop() {
36   unsigned long tempoAtual = millis();
37   // Obtemo tempo atual em milissegundos
38
39   if (tempoAtual - tempoAnterior > intervaloZerar) {
40     // Se passou mais de 5 segundos desde a ultima deteccao // Zera a velocidade
41     lcd.setCursor(5, 1);
42     // Define a posicao do cursor para a segunda linha do display LCD
43     lcd.print(" 0.0 rad/s ");
44     // Imprime a velocidade angular como zero
45   }
46 }
47
48 void contagemVoltas() {
49 // Funcao de interrupcao para contagem de voltas
50   unsigned long tempoAtual = millis();
51   // Obtem o tempo atual em milissegundos
52
53   if (tempoAtual - tempoAnterior > 1000) {
54     // Se passou mais de 1 segundo desde a ultima deteccao
55     // Calcula a velocidade instantanea
56     float velocidade = (float)voltas / ((tempoAtual - tempoAnterior) / 1000.0);
57     // Velocidade em voltas por segundo
58     // Exibe a velocidade no display LCD
59     lcd.setCursor(0, 1);
60     // Define a posicao do cursor para a segunda linha do display LCD
61     lcd.print("Vel: ");
62     // Imprime o texto "Vel: " na segunda linha do display LCD
63     lcd.print(velocidade, 1);
64     // Imprime a velocidade angular com uma casa decimal
65     lcd.print(" rad/s");
66     // Imprime a unidade de medida
67
68     tempoAnterior = tempoAtual;
69     // Atualiza o tempo anterior
70     voltas = 0;
71     // Reinicia a contagem de voltas
72   } else {
73     voltas++;
74     // Incrementa o numero de voltas
75   }
76 }

```

Listing 7.4: Movimento Circular

7.3.9 Experimento - Guia Pedagógico

Aula 01

1. Introdução do conceito físico:

- Iniciar com um evento do cotidiano do discente relacionado ao movimento circular, como observar a roda de uma bicicleta em movimento por exemplo.
- Utilizar vídeos e reportagens sobre aplicações tecnológicas do movimento circular, como a rotação de satélites ou discos rígidos de computadores.

2. Atividade Inicial:

- Solicitar aos discentes a confecção de mapas mentais representando seus conhecimentos prévios sobre movimento circular, enquanto sondam seus subsunçores.
- Perguntar aos alunos sobre suas experiências pessoais com o conceito, fomentando uma discussão inicial.

3. Pré-teste:

- Aplicar um pré-teste com perguntas inspiradas no Enem e vestibulares para explorar os conceitos-chave e identificar lacunas de compreensão durante a discussão dos mapas mentais.
- Utilizar um banco com 20 questões sobre movimento circular para essa atividade.

Aula 02

1. Atividade Experimental - Metodologia Peer Instruction:

- Realizar o experimento sobre movimento circular. Por exemplo, utilizar um círculo fixado a um rolamento, onde há um ímã fixado na parte inferior do círculo. Quando o círculo é movimentado, o ímã passa por um sensor magnético na base, conectado ao Arduino, que registra as voltas e calcula a velocidade angular.
- Dividir a turma em grupos e solicitar que observem, registrem os dados do experimento e discutam sobre questões apresentadas pelo professor, promovendo uma metodologia ativa.

2. Discussão em sala de aula:

- Usar a metodologia de peer instruction, onde os grupos compartilham suas observações sobre o experimento, discutem os conceitos envolvidos e respondem a questionários formulados pelo professor para estimular o pensamento crítico.

Aula 03

1. Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais:

- Com base nas observações realizadas durante o experimento e na discussão em sala de aula, os alunos devem trabalhar em seus mapas mentais para incluir novos conceitos e corrigir tópicos quando necessário.
- Incentivar a integração dos novos conhecimentos aos mapas mentais, fortalecendo a compreensão do movimento circular.

2. Atividade Docente:

- Comparar os mapas mentais obtidos nas aulas 1 e 3 para estabelecer a evolução intelectual dos discentes em relação aos conceitos físicos abordados.

Aula 04

1. Pós-teste Conceitual:

- Aplicar um pós-teste para avaliar a assimilação dos conceitos abordados sobre movimento circular.
- Comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste para medir o progresso dos alunos.

2. Recomendação de Leitura Prévia:

- Indicar aos discentes algumas sugestões de leitura ou fornecer informações para orientar pesquisas sobre movimento circular, preparando-os para as atividades da próxima aula.

7.3.10 Questionário

Nesta seção, apresentamos um conjunto de perguntas de múltipla escolha elaboradas para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos relacionados ao movimento de circular, explorados através do experimento com Arduino. Essas perguntas são projetadas para serem utilizadas tanto para a avaliação individual quanto para a Instrução por Colegas (Peer Instruction), promovendo uma aprendizagem colaborativa e com potencial para engajar os discentes para uma aprendizagem significativa. Uma sugestão de uso destas questões pode ser encontrada no APÊNDICE A.4

1. No movimento circular uniforme, a velocidade angular do objeto _____ ao longo do tempo.
 - A) Permanece constante
 - B) Aumenta
 - C) Diminui
2. A aceleração centrípeta é a componente da aceleração tangencial que direciona o objeto em direção ao centro da trajetória circular.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da velocidade angular
3. A aceleração centrípeta é sempre perpendicular à velocidade tangencial do objeto no movimento circular.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Somente se a trajetória for elíptica

4. No movimento circular uniforme, a aceleração tangencial do objeto é nula.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da velocidade
5. A frequência de um objeto em movimento circular é inversamente proporcional ao seu período.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende do raio da trajetória
6. A força centrípeta é uma força real que age sobre um objeto em movimento circular e é responsável por mantê-lo em sua trajetória curvilínea.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Somente se houver atrito
7. A aceleração centrípeta aumenta à medida que o raio da trajetória circular diminui.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da massa do objeto
8. A velocidade angular é medida em unidades de radianos por segundo (rad/s).
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende do período
9. No movimento circular uniformemente acelerado, a velocidade angular do objeto aumenta uniformemente ao longo do tempo.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da aceleração tangencial
10. A velocidade tangencial de um objeto em movimento circular é diretamente proporcional ao raio da trajetória circular.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da frequência

11. No experimento de medição de velocidade, a velocidade angular é calculada a partir do número de voltas e do tempo decorrido.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da força centrípeta
12. A tensão medida pelo sensor é diretamente proporcional à aceleração centrípeta do objeto.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende do raio da trajetória
13. No experimento, a velocidade tangencial pode ser calculada a partir da velocidade angular e do raio da trajetória.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende do tempo
14. A massa do objeto influencia diretamente a força centrípeta necessária para mantê-lo em movimento circular.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da velocidade angular
15. A aceleração centrípeta é inversamente proporcional ao raio da trajetória circular.
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da velocidade tangencial
16. A frequência de um objeto em movimento circular é medida em hertz (Hz).
 - A) Sim
 - B) Não
 - C) Depende da aceleração centrípeta
17. No experimento, a velocidade angular pode ser determinada contando-se o número de voltas por unidade de tempo.
 - A) Sim
 - B) Não

- C) Depende do raio da trajetória
18. A tensão medida pelas células de carga é influenciada pela força centrípeta agindo sobre o objeto.
- A) Sim
B) Não
C) Depende da massa do objeto
19. A força centrípeta é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade tangencial.
- A) Sim
B) Não
C) Depende do raio da trajetória
20. A aceleração centrípeta é responsável por alterar a direção da velocidade tangencial, mas não seu módulo.
- A) Sim
B) Não
C) Depende da força de tensão

Gabarito

- | | |
|------------------------|--------|
| A) Permanece constante | B) Não |
| B) Não | A) Sim |
| A) Sim | A) Sim |
| A) Sim | A) Sim |
| A) Sim | A) Sim |
| B) Não | A) Sim |
| A) Sim | A) Sim |
| A) Sim | A) Sim |
| A) Sim | A) Sim |
| A) Sim | B) Não |
| A) Sim | A) Sim |

7.4 FORÇA PESO

O estudo da força de atração gravitacional que atua sobre um objeto, conhecida como força peso, pode ser discutido com o auxílio de tecnologias inovadoras que permitem a implementação de experimentos

significativos. Esses experimentos desempenham um papel relevante no processo de entendimento dos fenômenos físicos, além de contribuir para o desenvolvimento das habilidades práticas e analíticas dos estudantes. A elaboração de uma estratégia de ensino baseada nesses pilares proporciona aos alunos a oportunidade de explorar e compreender os princípios físicos fundamentais de maneira mais tangível e significativa.

A força peso aplicada a um objeto constitui o par Terceira Lei da força de atração gravitacional que este objeto exerce sobre a Terra. Matematicamente, o módulo da força peso pode ser expresso por:

$$F_p = P = m \cdot g \quad (7.14)$$

sendo os símbolos utilizados definidos como:

- F_p é a força peso (em Newton)
- m é a massa do objeto (em quilogramas)
- g é a aceleração da gravidade (em metros por segundo ao quadrado).

A aceleração da gravidade g é uma abreviação utilizada para o valor constante obtido a partir da equação 7.15 quando estamos tratando do movimento de corpos na superfície da Terra.

$$g = \frac{G \cdot M}{R^2} \quad (7.15)$$

na qual

- G é a constante gravitacional de Newton $6,674 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$
- M é a massa da Terra (em quilogramas)
- R é o raio médio da Terra (em metros)

Substituindo os valores conhecidos para as constantes G , M e R na fórmula, podemos calcular g . O valor médio da aceleração gravitacional na superfície da Terra é de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$.

Na figura 7.37 mostra a interação gravitacional entre um satélite em órbita circular em torno da Terra.

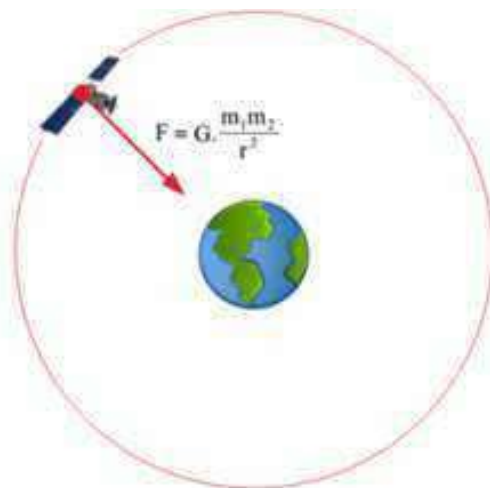


Figura 7.37: Representação da Força Gravitacional para um satélite em órbita circular em torno da Terra. (Fonte: (REVIMAGE, 2024))

Neste caso, o valor de g é diferente de $9,8 \text{ m/s}^2$ porque a expressão para obtê-lo tem como denominador $r = R + h$, em que h representa a altura do satélite em relação à superfície da Terra.

Com este exemplo, fica evidente que o valor da aceleração gravitacional varia devido a fatores como altitude e latitude, mas essas variações são geralmente pequenas e podem ser consideradas insignificantes em muitas aplicações nas quais o valor de h é desprezível se comparado ao raio da Terra. Portanto, a força peso atuando em um objeto na superfície da Terra é aproximadamente $9,8 \text{ N/kg}$ multiplicada pela sua massa.

Para medir a força peso de um objeto, podemos utilizar dispositivos como células de carga ou balanças, que convertem a carga aplicada em uma saída elétrica proporcional à força aplicada. Essa saída elétrica pode então ser medida e interpretada para determinar a força peso atuando sobre o objeto.

7.4.1 Roteiro para o Experimento Força Peso

Objetivo

O objetivo deste experimento é compreender e medir a força peso atuando sobre um objeto, utilizando um sensor de carga HX711 e permitindo que os alunos alterem as massas e interajam com os códigos de cálculo. Na Figura ?? apresenta-se a parte do aparato experimental que será utilizada como suporte para montagem do circuito e da placa Arduino.

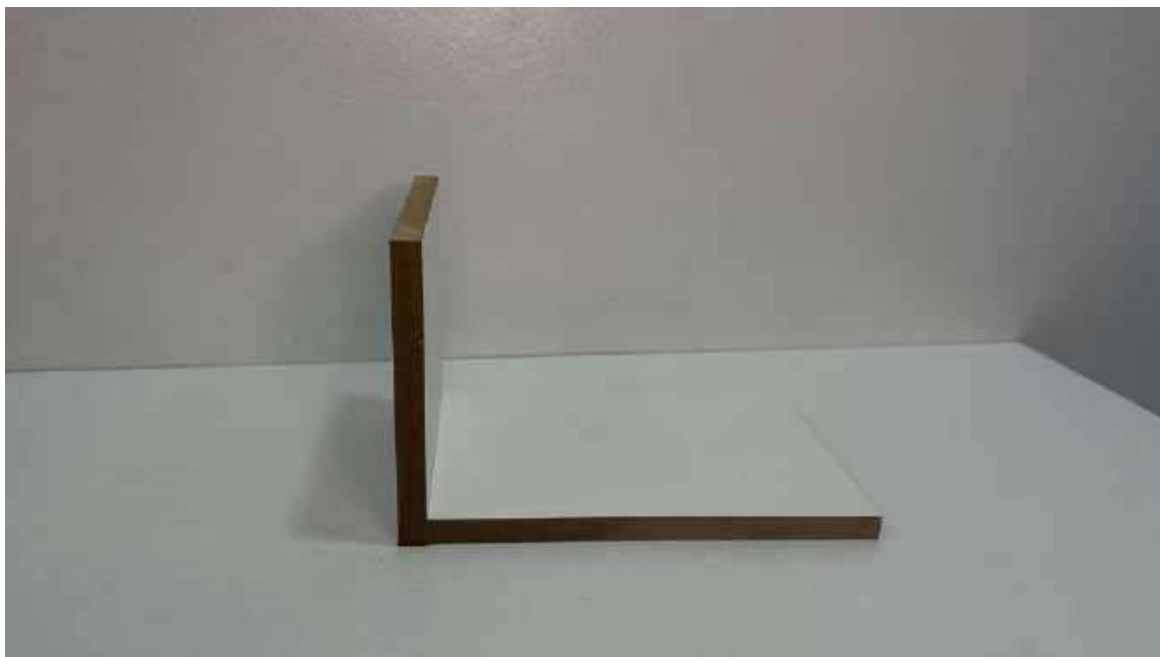


Figura 7.38: Aparato experimental em L que servirá de suporte para montagem do circuito eletrônico. (Autoria Própria, 2024).

Procedimento

1. Configuração Inicial

1. Fixe uma pequena garrafa PET a um cabo de aço, de modo que fique suspensa pelo sensor de carga HX711.
2. Coloque esferas de diferentes massas dentro da garrafa PET, permitindo que os alunos alterem a massa total.
3. Certifique-se de que todos os componentes estão firmemente fixados e o sistema está calibrado.

2. Início do Experimento

1. Adicione uma quantidade inicial de esferas na garrafa PET.
2. O sensor de carga HX711 medirá a força peso atuando sobre a garrafa e as esferas.
3. O Arduino processará os dados e exibirá a força peso ou a massa no display.

3. Coleta de Dados

1. Altere a quantidade de esferas na garrafa PET e registre as diferentes medidas de força peso ou massa exibidas no display.
2. Repita o experimento várias vezes com diferentes massas e registre os resultados obtidos.

4. Análise dos Dados

1. Compare os dados coletados em diferentes tentativas, analisando como a variação da massa afeta a força peso medida.
2. Utilize gráficos para representar a relação entre a massa adicionada e a força peso medida.
3. Discuta os resultados obtidos, relacionando-os com os conceitos teóricos de força peso e massa.

5. Interação e Modificação

1. Os alunos podem interagir com o sistema, alterando a quantidade de esferas na garrafa PET e observando as mudanças nos resultados.
2. Podem também modificar os códigos do Arduino para ajustar a precisão das medições ou para calcular outras variáveis, como a aceleração da gravidade.
3. Promover discussões em grupo para interpretar os resultados e correlacioná-los com os conceitos físicos estudados.
4. Incentivar os alunos a pensar em aplicações práticas do experimento e possíveis melhorias no aparato experimental.

Este roteiro permitirá aos alunos explorar de forma prática os conceitos de força peso e massa, observando como diferentes massas influenciam as medições e compreendendo a importância das variáveis envolvidas nos cálculos.

Ao longo do experimento, os alunos podem observar como a força peso atuando no objeto muda em resposta a diferentes condições ou estímulos. Eles podem, por exemplo, adicionar ou remover esferas, alterando a massa do objeto e obterem com esta estratégia informações importantes sobre a dinâmica do movimento do corpo e a interação entre o objeto e a Terra por meio da atração gravitacional. Na figura 7.42 mostra o aparato experimental com uma garrafinha com esferas.

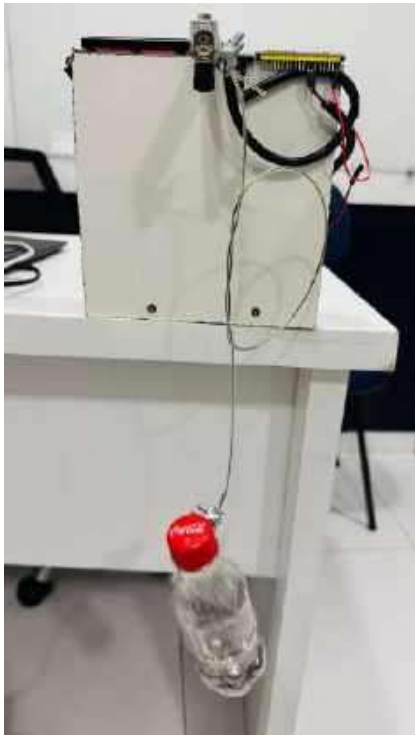


Figura 7.39

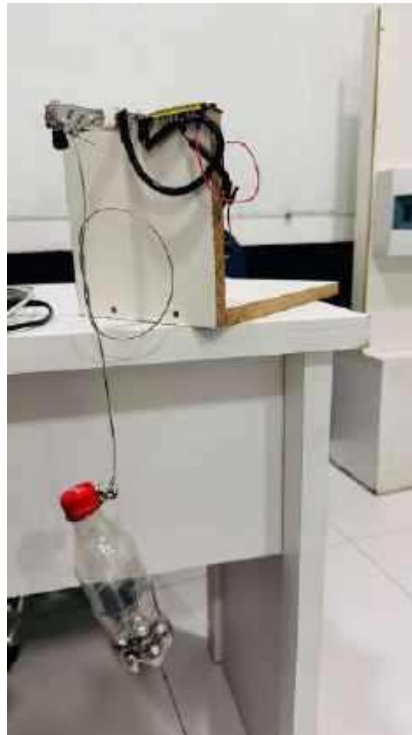


Figura 7.40

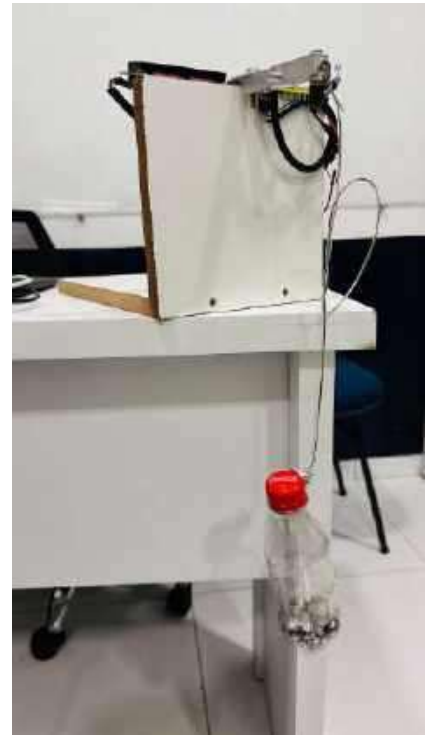


Figura 7.41

Figura 7.42: Aparato experimental para medições da força peso. (Autoria Própria, 2024).

A análise dos resultados obtidos durante a experimentação possibilita uma compreensão mais profunda das leis que regem a força peso e a interação entre corpos. Este experimento oferece uma valiosa oportunidade de aplicar conceitos de dinâmica e gravidade na prática. Ao medir a força peso atuando sobre diferentes massas, os alunos podem observar diretamente como a gravidade influencia os objetos, promovendo uma compreensão mais tangível e concreta desses princípios físicos. Nas figuras 7.43 e 7.44 mostra o Aparato experimental Pronto para uso.

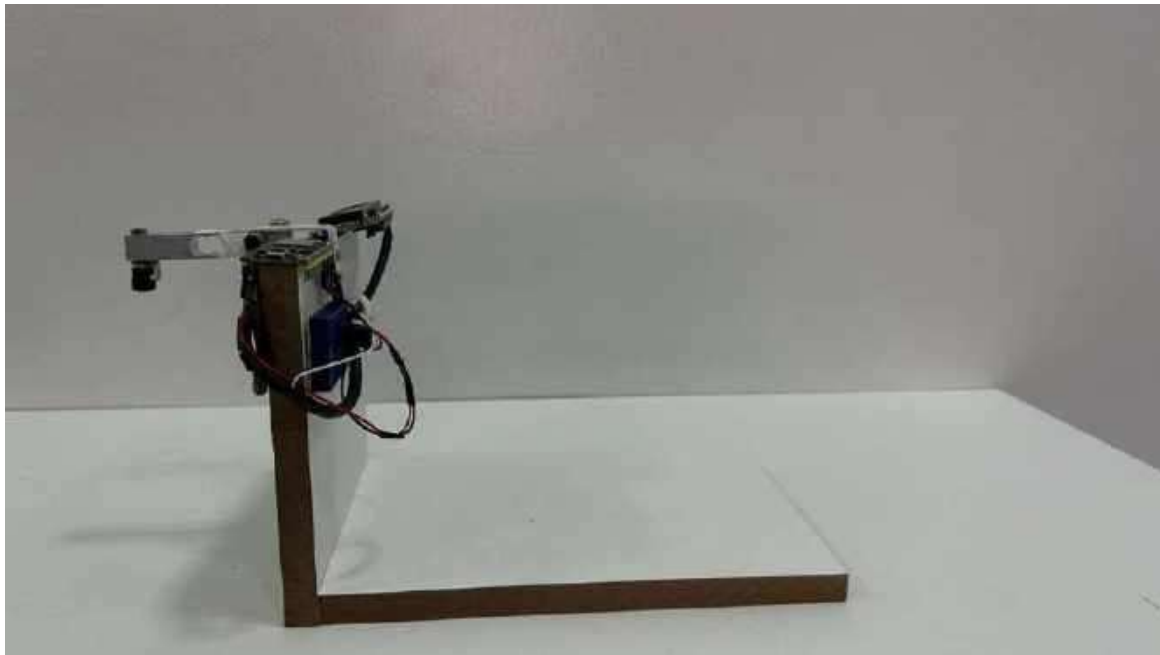


Figura 7.43: Aparato experimental para medir força peso montado - vista lateral. (Autoria Própria, 2024).

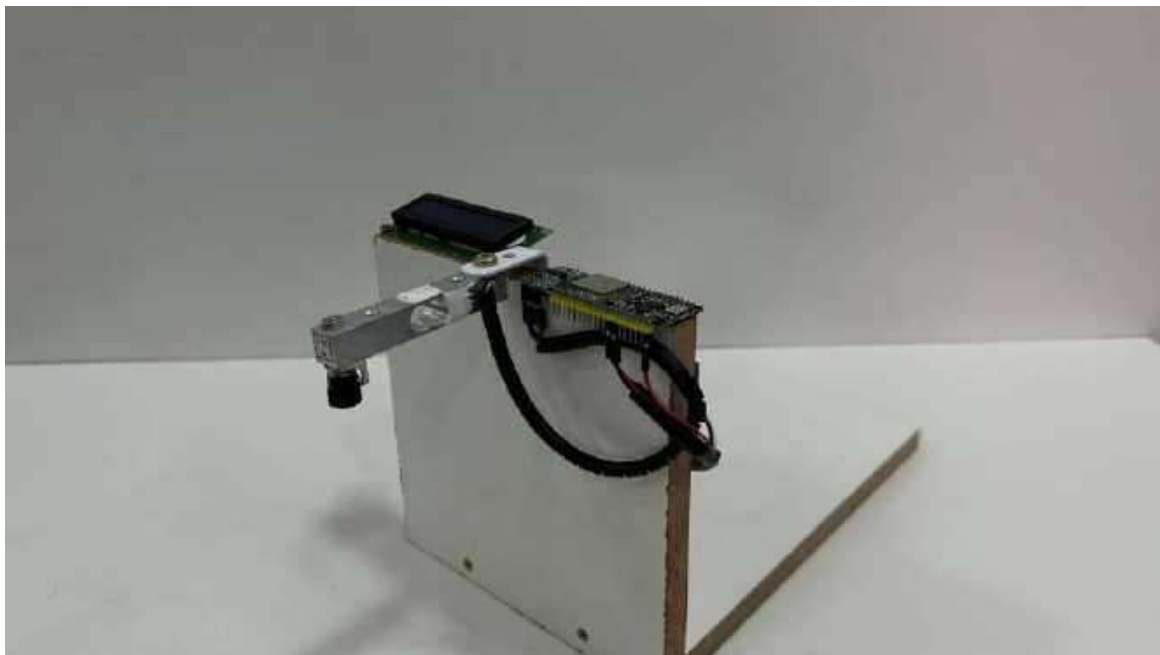


Figura 7.44: Aparato experimental para medir força peso montado - visão do formato em L da base de MDF. (Autoria Própria, 2024)

O uso deste aparato experimental com base no código proposto não apenas complementa o aprendizado teórico, mas também promove o desenvolvimento de habilidades práticas de medição, análise de dados e raciocínio científico. Essa abordagem experimental tem potencial para possibilitar a formação de uma base sólida de conhecimento científico e para o desenvolvimento de habilidades analíticas e de resolução de problemas em estudantes e pesquisadores.

7.4.2 Experimento - Peso - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro

O aparato experimental para realização do experimento que permite realizar medidas para o módulo da força peso é composto por:

1. Arduino Uno
2. Módulo HX711 (para a célula de carga)
3. Célula de Carga 5k Sensor de Peso
4. Display LCD 16x2
5. Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado
6. Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v
7. Protoboard 400 pontos
8. Jumpers (fios) para conexão
9. Cabo de aço de varal de estender roupa
10. Braçadeira de argola com rosca 7mm
11. Garrafa de refrigerante de 600ml
12. MDF sobras
13. Esferas de rolamento ou junta homocinética veicular

Listamos uma estimativa de investimento financeiro necessário para a montagem da estrutura proposta.

Qtd.	Componentes	Valor (R\$)
1	Arduino Uno	85,45
1	Módulo HX711 (para a célula de carga)	37,95
1	Célula de Carga 5k Sensor de Peso	7,51
1	Display LCD 16x2	16,91
1	Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado	2,95
1	Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v	12,26
1	Protoboard 400 pontos	9,45
40	Jumpers (fios) para conexão	15,78
1	Cabo de aço de varal de estender roupa	8,00
2	Braçadeira de argola com rosca 7mm	2,00
1	Garrafa de refrigerante de 600ml	0,00
1	MDF sobras	0,00
30	Esferas de rolamento ou junta homocinética veicular	0,00
TOTAL		208,26

Tabela 7.5: Lista de Componentes e Custos

Fonte: <https://makerx.com.br/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

7.4.3 Montagem do Experimento

Os passos necessários para montagem do equipamento (ver figura ??) são listados.

1. Passo 1: Montagem da partes de MDF

- Corte do MDF: Corte as peças de MDF no formato desejado para a base do experimento (ver 7.45. Garanta que as peças sejam lisas e sem irregularidades para facilitar a montagem.

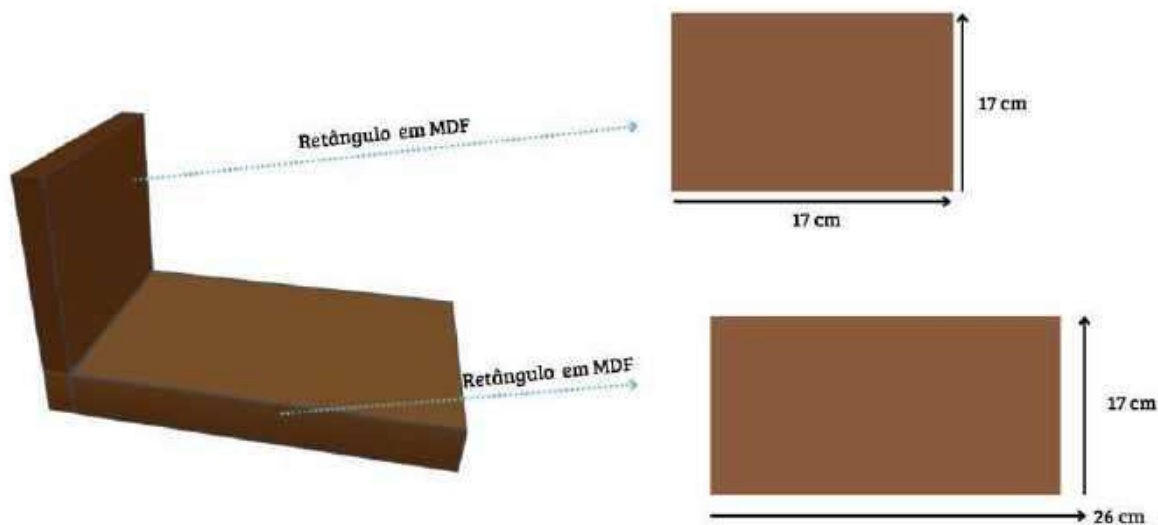


Figura 7.45: Diagrama para montagem do aparato experimental - estrutura MDF. (Autoria Própria,2024)

- Montagem da Estrutura: Faça dois cortes: um de 27,5x17cm (comprimento) e outro de 16x17cm (altura) com as sobras de MDF ou madeira similar. Utilizando parafusos ou pregos, una as duas peças formando um L.
- Fixação da Pista: Fixe a pista de MDF na base, garantindo que esteja alinhada e nivelada para permitir o movimento dos carros.

2. Passo 2: Conexão do Display LCD

- **Conexão ao Arduino:** Conecte o display LCD I2C ao Arduino da seguinte forma:
 - Conecte o pino SDA do display ao pino A4 (SDA) do Arduino.
 - Conecte o pino SCL do display ao pino A5 (SCL) do Arduino.
 - Conecte o pino VCC do display a um pino 5V da Protoboard.
 - Conecte o pino GND do display a um pino GND da Protoboard.
 - Conecte um potenciômetro de 10k entre os pinos VCC e GND do display LCD I2C, com o pino central conectado ao pino VO (contraste).
- O diagrama para montagem do circuito pode ser visualizado na figura 7.46.

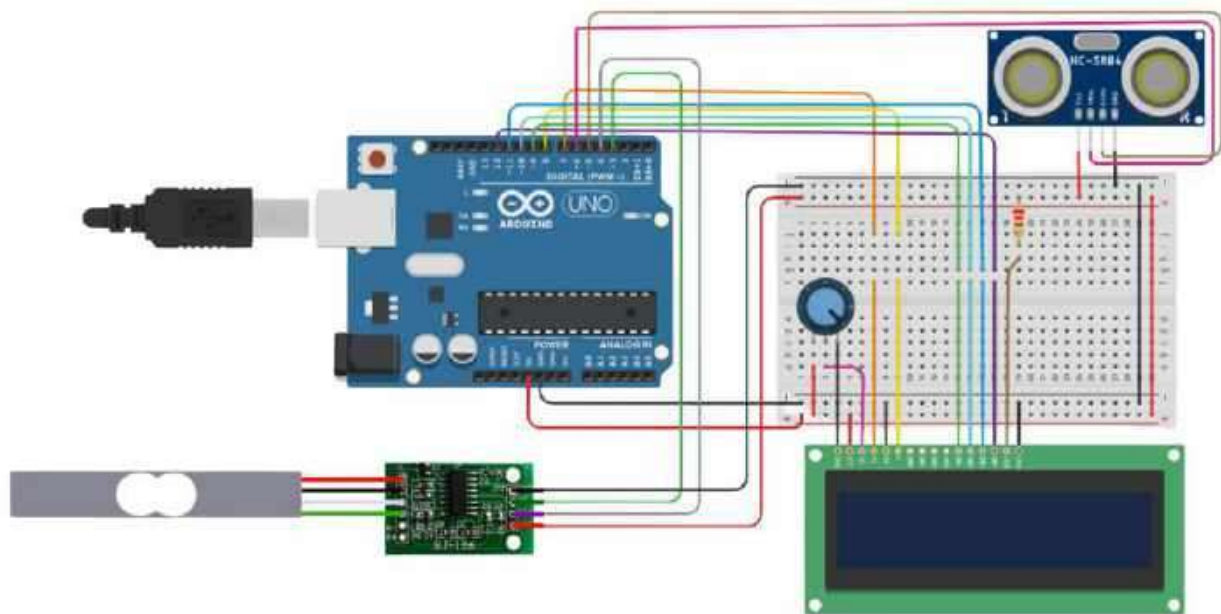


Figura 7.46: Diagrama de ligação do circuito (Autoria própria, 2024).

3. Passo 3: Conexão dos Sensores

▪ Conexão da Célula de Carga ao Módulo HX711:

- Conecte o fio preto (GND) da célula de carga ao pino GND do módulo HX711.
- Conecte o fio vermelho (+) da célula de carga ao terminal E+ (excitation positive) do módulo HX711.
- Conecte o fio branco (-) da célula de carga ao terminal E- (excitation negative) do módulo HX711.
- Conecte o fio verde (S) da célula de carga ao terminal A- (analog negative) do módulo HX711.

▪ Conexão do Módulo HX711 ao Arduino:

- Conecte o pino DT (Data) do módulo HX711 ao pino digital 12 (DTpin) do Arduino.
- Conecte o pino SCK (Clock) do módulo HX711 ao pino digital 14 (SCKpin) do Arduino.
- Conecte o pino VCC do módulo HX711 a um pino 5V da Protoboard.
- Conecte o pino GND do módulo HX711 a um pino GND da Protoboard.

4. Passo 4: Alimentação do Circuito

▪ Conexão e Alimentação:

- Conecte o Arduino ao computador via cabo USB para programação e alimentação.
- Conecte a Protoboard a uma fonte de alimentação ajustável de 3.3V e 5V.
- Fixe o circuito montado na estrutura previamente montada, assegurando que as conexões estejam estáveis.
- Certifique-se de que todas as conexões estejam corretas antes de ligar o circuito.

7.4.4 Código Computacional para o Experimento

O código para o experimento usado para medir valores da força peso foi implementado em linguagem C++ e está transcrito abaixo.

```

1  /* UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS - UFNT
2  MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FISICA - MNPEF
3  PROFA. DRA. REGINA LELIS DE SOUSA
4  DISCENTE RONEY LIMA SOUZA */

5
6  #include <Wire.h>
7  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
8  #include "HX711.h"

9
10 const int DTpin = 12; // Pino DT do HX711
11 const int SCKpin = 14; // Pino SCK do HX711
12 const float threshold = 0.1; // Limiar de mudanca de peso para iniciar a medicao
13 float tareWeight = 0.0; // Valor inicial da tara
14 bool tareSet = false; // Indicador de tara definida
15 bool measurementStarted = false;
16 unsigned long startTime = 0; // Declarar startTime fora do bloco if

17
18 HX711 force;
19 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Endereco I2C do display, 16 colunas e 2 linhas
20
21 void setup() {
22     Serial.begin(9600);
23
24     // Inicializacao do HX711
25     force.begin(DTpin, SCKpin);
26
27     // Inicializacao do display LCD
28     lcd.init();
29     lcd.backlight();
30 }

31
32 void loop() {
33     // Leitura do sensor de carga HX711
34     float currentWeight = force.read_average(10);
35
36     // Se a tara nao foi definida, definir a tara
37     if (!tareSet) {
38         tareWeight = -currentWeight; // Definir a tara como o valor negativo lido
39         tareSet = true;
40         Serial.print("Tara definida: ");
41         Serial.println(tareWeight);
42     }

43
44     // Adicionar a tara ao peso atual
45     float netWeight = currentWeight + tareWeight;
46     // Se a medicao ainda nao foi iniciada e o peso for diferente de zero
47     if (!measurementStarted && abs(netWeight) > threshold) {
48         // Se a medicao ainda nao foi iniciada, definir o tempo inicial
49         startTime = millis();
50         // Atribuir valor a startTime
51         measurementStarted = true;
52     }

53
54     // Se a medicao foi iniciada e o peso mudou mais que o limiar
55     if (measurementStarted && abs(netWeight) > threshold) {
56         // Calcular o tempo decorrido desde o inicio da medicao
57         unsigned long currentTime = millis();
58         unsigned long elapsedTime = currentTime - startTime;

59
60         // Conversao para forca em Newtons
61         float Ft = (((netWeight - 158219.00) / 19324.00) * 50 / 1000.00) * 9.81;
62     }

```

```

64 // Limpa o display LCD
    lcd.clear();

66 // Escreve as informacoes no display
    lcd.setCursor(0, 0);
68    lcd.print("Tempo: ");
    lcd.print(elapsedTime / 1000.00, 3);
70
    lcd.setCursor(0, 1);
72    lcd.print("Forca: ");
    lcd.print(Ft);
74    lcd.print(" N");

76 // Escreve as informacoes no monitor serial
    Serial.print("Tempo: ");
78    Serial.print(elapsedTime / 1000.00, 3);
    Serial.print(", Forca: ");
80    Serial.println(Ft);
    }
82
84 delay(1000); // Aguarda 1 segundo antes da proxima leitura
    }

```

Listing 7.5: Sistema Massa- Mola

7.4.5 Roteiro para o Experimento - Guia Pedagógico

Aula 01

1. Introdução do conceito físico:

- Explique aos alunos o conceito de força peso e como ela é a força com que a Terra atrai os corpos.
- Mostre exemplos do cotidiano que envolvem a força peso, como o peso de objetos diferentes.
- Utilizar vídeos e reportagens sobre aplicações tecnológicas da força peso, como balanças eletrônicas e sistemas de medição de massa em indústrias.

2. Atividade Inicial:

- Solicitar aos discentes a confecção de mapas mentais representando seus conhecimentos prévios sobre força peso e massa, enquanto sondam seus subsunçores.
- Perguntar aos alunos sobre suas experiências pessoais com o conceito, fomentando uma discussão inicial.

3. Pré-teste:

- Aplicar um pré-teste com perguntas inspiradas no Enem e vestibulares para explorar os conceitos-chave e identificar lacunas de compreensão durante a discussão dos mapas mentais.
- Utilizar um banco com 20 questões sobre força peso para essa atividade.

Aula 02

1. Montagem do Equipamento:

- Utilize o **Apêndice A** () para obter as instruções detalhadas de montagem do aparato experimental.
- Fixe uma pequena garrafa PET a um cabo de aço, de modo que fique suspensa pelo sensor de carga HX711.
- Conecte o sensor de carga HX711 ao Arduino e configure o display para mostrar a força peso, a massa ou outras variáveis conforme desejado.

2. Execução do Experimento:

- Coloque uma quantidade inicial de esferas na garrafa PET.
- O sensor de carga HX711 medirá a força peso atuando sobre a garrafa e as esferas.
- O Arduino processará os dados e exibirá a força peso ou a massa no display.
- Altere a quantidade de esferas na garrafa PET e registre as diferentes medidas de força peso ou massa exibidas no display.
- Repita o experimento várias vezes com diferentes massas e registre os resultados obtidos.

Aula 03

1. Análise dos Dados:

- Compare os dados coletados em diferentes tentativas, analisando como a variação da massa afeta a força peso medida.
- Utilize gráficos para representar a relação entre a massa adicionada e a força peso medida.
- Discuta os resultados obtidos, relacionando-os com os conceitos teóricos de força peso e massa.

2. Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais:

- Com base nas observações realizadas durante o experimento e na discussão em sala de aula, os alunos devem trabalhar em seus mapas mentais para incluir novos conceitos e corrigir tópicos quando necessário.
- Incentivar a integração dos novos conhecimentos aos mapas mentais, fortalecendo a compreensão do conceito de força peso.

3. Atividade Docente:

- Comparar os mapas mentais obtidos nas aulas 1 e 3 para estabelecer a evolução intelectual dos discentes em relação aos conceitos físicos abordados.

Aula 04

1. Pós-teste Conceitual:

- Aplicar um pós-teste para avaliar a assimilação dos conceitos abordados sobre força peso.
- Comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste para medir o progresso dos alunos.

2. Interação e Modificação:

- Incentive os alunos a interagir com o sistema, alterando a quantidade de esferas na garrafa PET e observando as mudanças nos resultados.

- Permita que os alunos modifiquem os códigos do Arduino para ajustar a precisão das medições ou para calcular outras variáveis, como a aceleração da gravidade.
- Promova discussões em grupo para interpretar os resultados e correlacioná-los com os conceitos físicos estudados.
- Incentive os alunos a pensar em aplicações práticas do experimento e possíveis melhorias no aparato experimental.

3. Recomendação de Leitura Prévia:

- Indicar aos discentes algumas sugestões de leitura ou fornecer informações para orientar pesquisas sobre força peso e massa, preparando-os para as atividades da próxima aula.

7.4.6 Questionário

Nesta seção, apresentamos um conjunto de perguntas de múltipla escolha elaboradas para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos relacionados à Leis de Newton e à Força de atração Gravitacional, explorados através do experimento com Arduino. Essas perguntas são projetadas para serem utilizadas tanto para a avaliação individual quanto para a Instrução por Colegas (Peer Instruction), promovendo uma aprendizagem colaborativa e com potencial para engajar os discentes para uma aprendizagem significativa. Uma sugestão de uso destas questões pode ser encontrada no APÊNDICE A.6

1. A força peso é uma medida da massa de um objeto.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Depende do objeto

2. A força peso atua perpendicularmente à superfície da Terra.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Em parte

3. A força peso é diretamente proporcional à massa do objeto.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Às vezes

4. Um objeto com massa maior terá uma força peso menor em comparação com um objeto de massa menor.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Não necessariamente

5. A força peso de um objeto na Lua é maior do que na Terra.
 - (A) Sim
 - (B) Não
 - (C) Igual
6. A força peso de um objeto em queda livre é zero.
 - (A) Sim
 - (B) Não
 - (C) Em certos casos
7. A força peso é medida em Newtons.
 - (A) Sim
 - (B) Não
 - (C) Unidades variáveis
8. A força peso de um objeto no espaço sideral é zero.
 - (A) Sim
 - (B) Não
 - (C) Dependente da posição
9. A força peso de um objeto varia conforme a altitude sobre a Terra.
 - (A) Sim
 - (B) Não
 - (C) Pode variar
10. A força peso é uma força de interação gravitacional entre o objeto e a Terra.
 - (A) Sim
 - (B) Não
 - (C) Interpretação relativa
11. A força peso pode ser anulada por uma força de reação do apoio em contato com o objeto.
 - (A) Sim
 - (B) Não
 - (C) Em casos específicos
12. A força peso é sempre vertical.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Pode ser inclinada

13. A força peso é uma força de contato.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Não é uma força de contato

14. A força peso é uma força de campo eletromagnético.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) De outro tipo

15. A força peso pode ser medida diretamente por um dinamômetro.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Exige cálculo adicional

16. A força peso é uma força conservativa.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Não se aplica

17. A força peso é uma força fundamental na física clássica.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Moderna

18. A força peso é uma força de interação gravitacional entre o objeto e a Terra.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Outros fatores

19. A força peso de um objeto pode variar dependendo da aceleração local.

- (A) Sim
- (B) Não
- (C) Estável

Gabarito

- | | |
|-------|-------|
| 1. A | 11. A |
| 2. A | 12. B |
| 3. A | 13. B |
| 4. B | 14. B |
| 5. A | 15. A |
| 6. B | 16. B |
| 7. A | 17. A |
| 8. A | 18. A |
| 9. C | 19. A |
| 10. A | 20. A |

7.5 FORÇA ELÁSTICA

Esta seção será dedicada à apresentação de um aparato experimental inovador para a discussão da Lei de Hooke e da força elástica. A experimentação desempenha um papel crucial na compreensão de conceitos físicos que tendem a ser abstratos para os estudantes da Educação Básica. Nesse contexto, a base teórica fornecida pela Lei de Hooke serve como alicerce para a realização de experimentos práticos que exploram as propriedades das molas e a relação entre força e deformação. Os sistemas massa-mola são importantes e possuem diversas aplicações cotidianas, as quais podem ser exploradas em sala de aula.

Ao conduzir os experimentos propostos nesta seção, os estudantes têm a oportunidade de medir a deformação das molas quando submetidas a diferentes forças. Isso pode ser feito utilizando instrumentos simples, como calibradores ou régua, para medir o deslocamento da mola. Além disso, sensores de deslocamento podem ser empregados para medições mais precisas.

A determinação da constante elástica da mola é outro objetivo importante dos experimentos. Aplicando diferentes forças à mola e medindo as deformações correspondentes, os estudantes podem plotar um gráfico de força versus deformação. A constante elástica pode então ser calculada a partir do coeficiente angular dessa reta, conforme definido pela equação de Hooke.

Em resumo, a experimentação em força elástica, baseada na Lei de Hooke, oferece uma oportunidade valiosa para que os estudantes explorem conceitos físicos fundamentais de maneira prática e significativa. Ao realizar esses experimentos, os alunos desenvolvem habilidades de medição, análise de dados e raciocínio crítico, preparando-se para aplicar esses conhecimentos em uma variedade de contextos científicos e tecnológicos.

7.5.1 A Lei de Hooke

A Lei de Hooke é um dos princípios fundamentais da Física que descreve o comportamento elástico de materiais, como molas e outros objetos deformáveis, quando submetidos a uma força externa (ver figura

7.47). Essa lei foi formulada por Robert Hooke, um cientista e matemático inglês, no século XVII, e continua sendo uma ferramenta poderosa para entender e modelar o

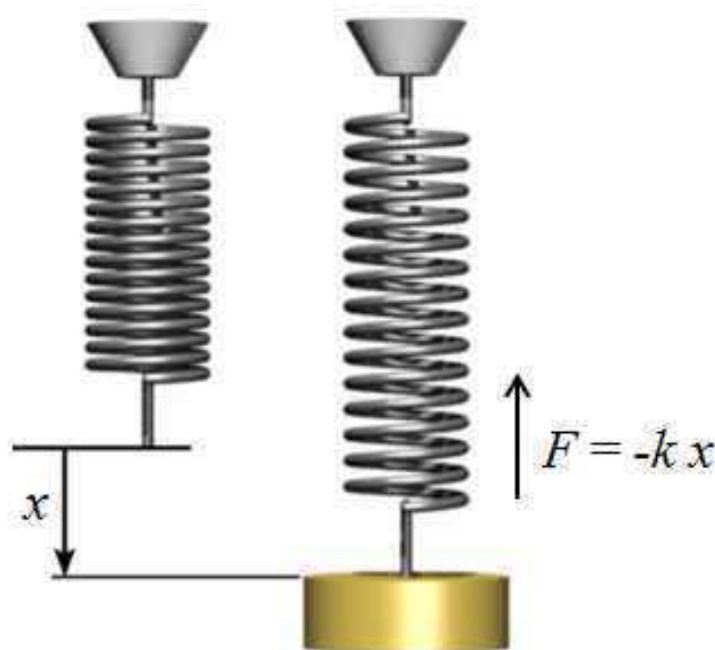


Figura 7.47: Mola com comprimento natural e em situação de deformação. (Fonte: (ESPECIFICADO, 2024))

comportamento elástico de uma variedade de materiais e estruturas.

Essencialmente, a Lei de Hooke estabelece que a força necessária para deformar um objeto elástico é diretamente proporcional à magnitude da deformação, desde que a deformação seja pequena. Matematicamente, para um sistema unidimensional, a Lei de Hooke pode ser expressa pela equação 7.16.

$$F = -k \cdot x \quad (7.16)$$

na qual

- F é a força aplicada ao objeto elástico,
- k é a constante elástica da mola (ou constante de elasticidade), que é uma medida da rigidez da mola,
- x é a deformação do objeto elástico a partir de sua posição de equilíbrio.

O sinal negativo indica que a força é restauradora uma vez que tende a fazer retornar a mola à sua posição de equilíbrio. Ou seja, a força é oposta à direção da deformação. Isso significa que, se esticarmos ou comprimirmos a mola, ela exercerá uma força na direção oposta para tentar restaurar sua forma original.

A Lei de Hooke é válida apenas para deformações elásticas, ou seja, aquelas que retornam ao seu estado original após a remoção da força externa. Para deformações além do limite elástico, o comportamento do material pode se tornar plástico, situação na qual a deformação permanece mesmo após a remoção da força aplicada.

É importante destacar que a Lei de Hooke é uma simplificação válida para muitos sistemas elásticos, mas pode não ser aplicável em todos os casos, especialmente para materiais não-lineares ou situações de

deformação significativa. No entanto, ela continua sendo uma ferramenta poderosa para entender e modelar o comportamento elástico de uma variedade de materiais e estruturas.

7.5.2 Roteiro para o Experimento - Medição da Força Elástica

Objetivo

O objetivo deste experimento é medir a força aplicada em um objeto por meio de um sensor de carga HX711 e a distância entre um sensor ultrassônico e o objeto. Os resultados das medições serão exibidos em um display LCD e em um monitor serial. A mola está presa ao sensor de carga, permitindo a conversão para força elástica e constante elástica da mola. Os alunos podem substituir a mola por outros tipos e interagir com o sistema. A baixo pode ser visualizada a figura 7.51.



Figura 7.48



Figura 7.49

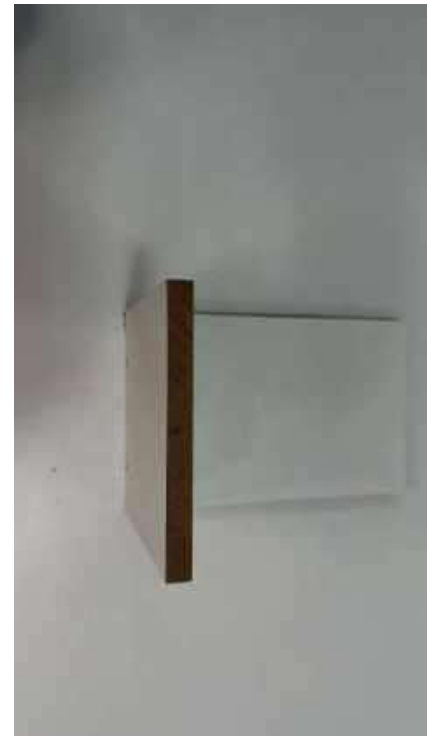


Figura 7.50

Figura 7.51: Parte do aparato experimental para medições no sistema massa-mola. (Autoria Própria, 2024).

Procedimento

1. Configuração Inicial:

- Monte o aparato experimental conforme mostrado na **Figura 7.52**.
- Fixe uma mola ao sensor de carga HX711, garantindo que a deformação da mola seja medida com precisão.
- Conecte o sensor ultrassônico para medir a distância entre o sensor e o objeto preso à mola.
- Configure o display LCD para mostrar a força elástica, a constante elástica da mola e a deformação medida pelo sensor ultrassônico.

2. Liberação do Objeto:

- Prenda um objeto à mola e anote a leitura inicial do sensor de carga e do sensor ultrassônico.
- Aumente gradualmente a carga na mola e registre as leituras da força elástica e da deformação.
- Utilize o monitor serial para visualizar e registrar os dados em tempo real.

3. Início da Medição:

- Comece a coleta de dados registrando as leituras do display LCD e do monitor serial.
- Faça medições com diferentes cargas e molas de diferentes constantes elásticas.

4. Registro dos Dados:

- Registre todas as leituras em uma tabela para posterior análise.
- Compare as leituras de diferentes tentativas para verificar a precisão das medições.

5. Interação e Modificação:

- Permita que os alunos modifiquem os códigos do Arduino para ajustar a precisão das medições ou para calcular outras variáveis, como a energia potencial elástica.
- Incentive os alunos a pensar em aplicações práticas do experimento e possíveis melhorias no aparato experimental.

Para garantir precisão e consistência das medições realizadas, inicialmente, são configurados os pinos de comunicação da placa Arduino e definidos os parâmetros necessários, tais como o limiar de mudança de peso para iniciar a medição, o valor inicial da tara e os pinos de conexão do sensor ultrassônico.

Após a configuração inicial, o código confeccionado para operar os sensores entra em um *loop* principal, no qual são realizadas as medições de peso e distância e o processamento dos dados. Primeiramente, dados do sensor de carga HX711 são lidos para obter o peso atual do objeto em questão. Conforme já mencionado anteriormente, o sensor ultrassônico é usado para medir a distância do objeto.

Em seguida, verifica-se se a *tara* já foi definida; caso contrário, o valor lido é atribuído como a tara inicial, garantindo que as futuras medições considerem a compensação de peso.

Uma vez que a tara é definida e as leituras do sensor ultrassônico são obtidas, o peso líquido do objeto é calculado subtraindo-se o valor da tara do peso atual. Esse valor é então utilizado para determinar se a medição foi iniciada e se a diferença de peso excede o limiar estabelecido para iniciar a medição.

Durante a medição, o código calcula o tempo decorrido desde o início da medição e converte o peso líquido do objeto em uma força correspondente, utilizando uma equação específica. Além disso, a distância medida pelo sensor ultrassônico é utilizada para complementar a análise dos dados.

Por fim, os dados são exibidos no *display* LCD e também enviados para o monitor serial para fins de monitoramento e registro, enquanto o código aguarda um intervalo de tempo específico antes de realizar a próxima leitura dos sensores. O aparato completo que realiza este procedimento experimental é exibido nas figuras 7.52 e 7.53.

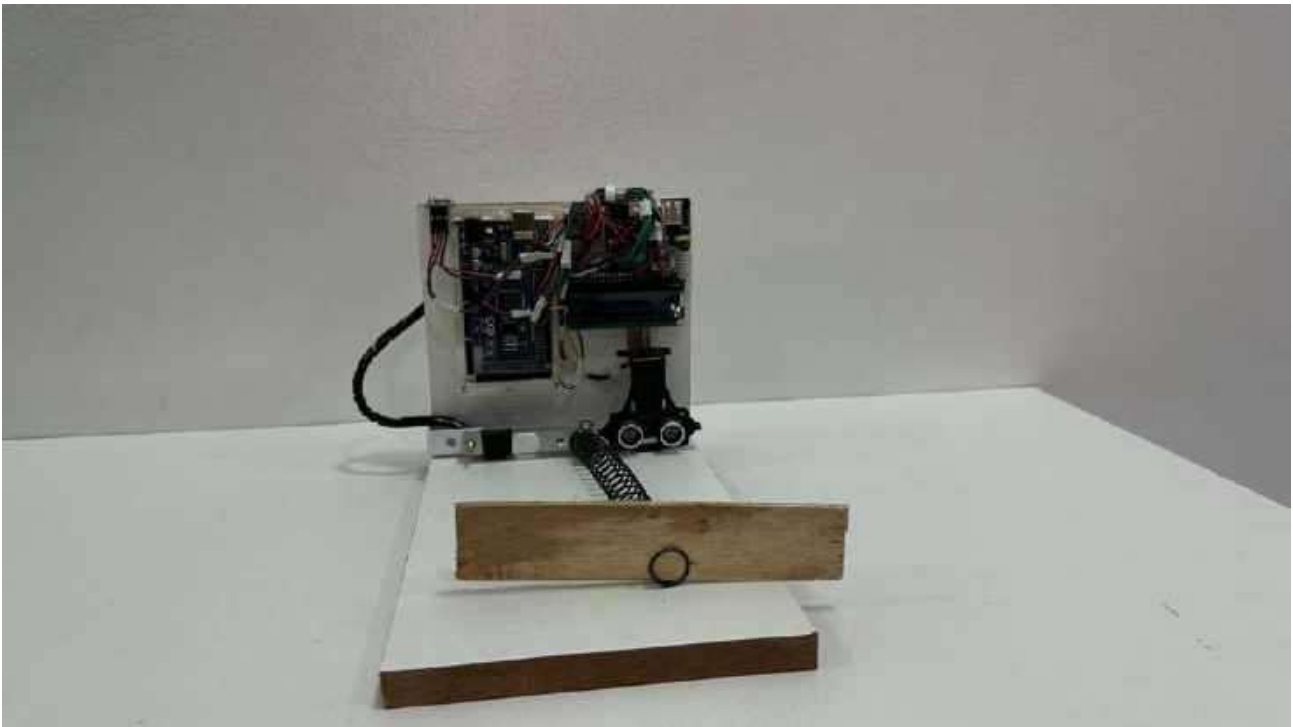


Figura 7.52: Aparato experimental para o sistema massa-mola montado - visão de frente. (Autoria Própria, 2024).

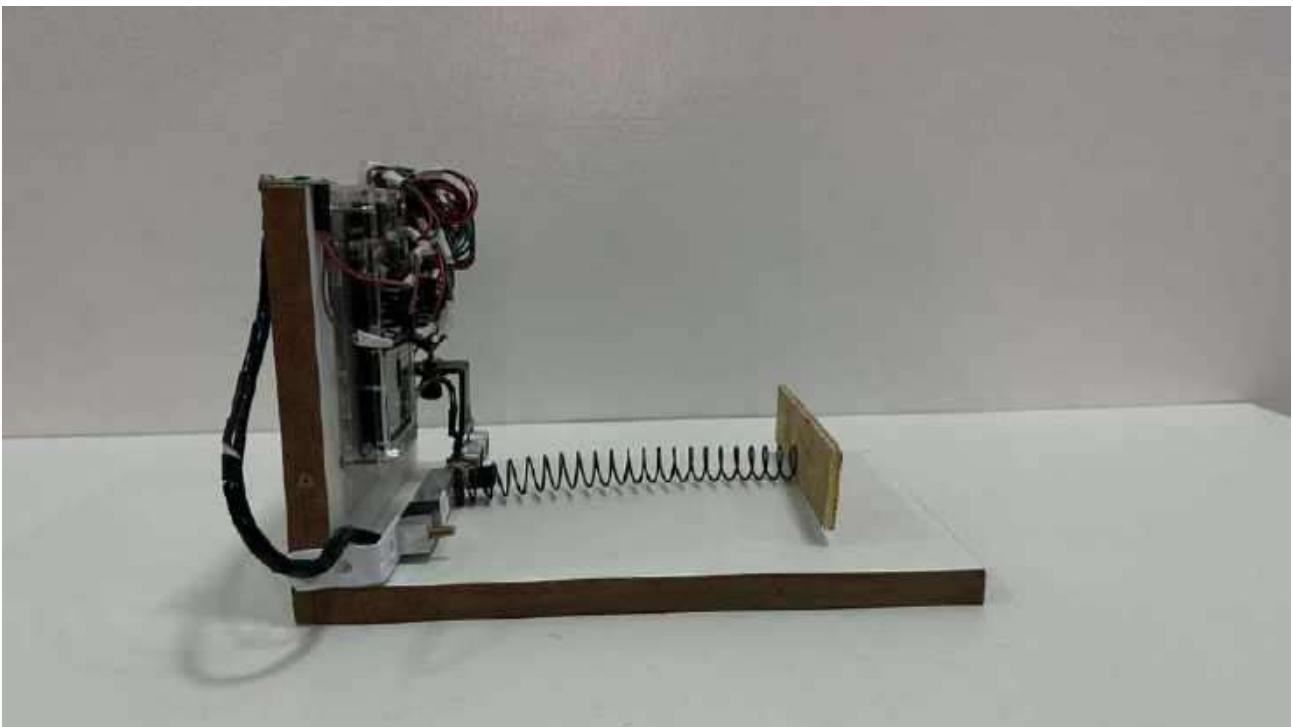


Figura 7.53: Aparato experimental para o sistema massa-mola montado - visão lateral. (Autoria Própria, 2024).

Essa abordagem experimental permite aos estudantes explorarem e compreenderem os princípios de medição de peso e distância, além de fornecer uma experiência prática na utilização de sensores e

dispositivos de exibição para aplicações de Engenharia e Física.

7.5.3 Experimento Sistema Massa-Mola - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro

O aparamento experimental para realização do sistema massa-mola é composto por:

1. Arduino Uno
2. Módulo HX711 (para a célula de carga)
3. Célula de Carga 5k Sensor de Peso
4. Sensor Ultrassônico HC-SR04
5. Display LCD 16x2
6. Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado
7. Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v
8. Protoboard 400 pontos
9. Jumpers (fios) para conexão
10. Suporte sensor ultrassônico
11. Kit de Molas/Mola de Compressão e Extensão
12. MDF sobras

Listamos uma estimativa de investimento financeiro necessário para a montagem da estrutura proposta.

Qtd.	Componentes	Valor (R\$)
1	Arduino Uno	85,45
1	Célula de Carga 5k Sensor de Peso	37,95
1	Módulo HX711 (para a célula de carga)	7,51
1	Sensor Ultrassônico HC-SR04	9,79
1	Display LCD 16x2	16,91
1	Potenciômetro Linear 10K com Eixo Estriado	2,95
1	Fonte ajustável para protoboard 3.3v e 5v	12,26
1	Protoboard 400 pontos	9,45
40	Jumpers (fios) para conexão	15,78
1	Suporte sensor ultrassônico	9,41
1	Kit de Molas/Mola de Compressão e Extensão	39,85
1	MDF sobras	0,00

Tabela 7.6: Lista de Componentes e Custos

Fonte: <https://makerx.com.br/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

7.5.4 Montagem do Experimento Sistema Massa-Mola

Os passos necessários para montagem do equipamento (ver figura 7.53) são listados.

1. Passo 1: Montagem das partes de MDF

1. Corte do MDF: Corte as peças de MDF no formato desejado para a base do experimento. Certifique-se de que as peças sejam lisas e sem irregularidades para facilitar a montagem (ver figura 7.54).

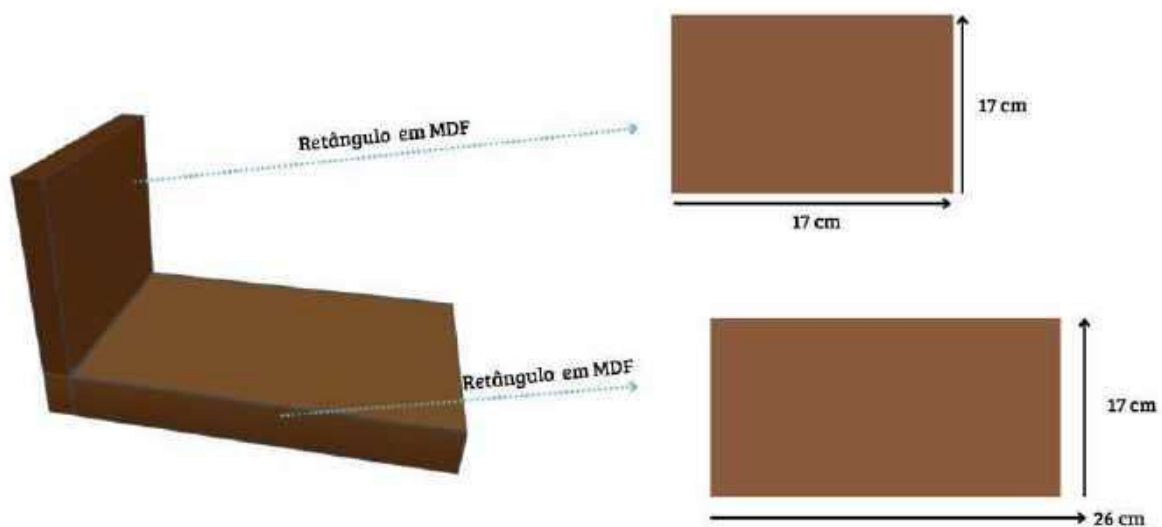


Figura 7.54: Diagrama do Experimento - sistema massa-mola - montagem inicial. (Autoria Própria, 2024).

2. Passo 2: Conexão do Display LCD

1. Conexão ao Arduino:

- Conecte o pino SDA do display ao pino A4 (SDA) do Arduino.
- Conecte o pino SCL do display ao pino A5 (SCL) do Arduino.
- Conecte o pino VCC do display a um pino 5V da protoboard.
- Conecte o pino GND do display a um pino GND da protoboard.
- Conecte um potenciômetro de 10k Ω entre os pinos VCC e GND do display LCD I2C, com o pino central conectado ao pino VO (contraste).
- Um diagrama para o circuito completo pode ser visualizado na figura 7.55.

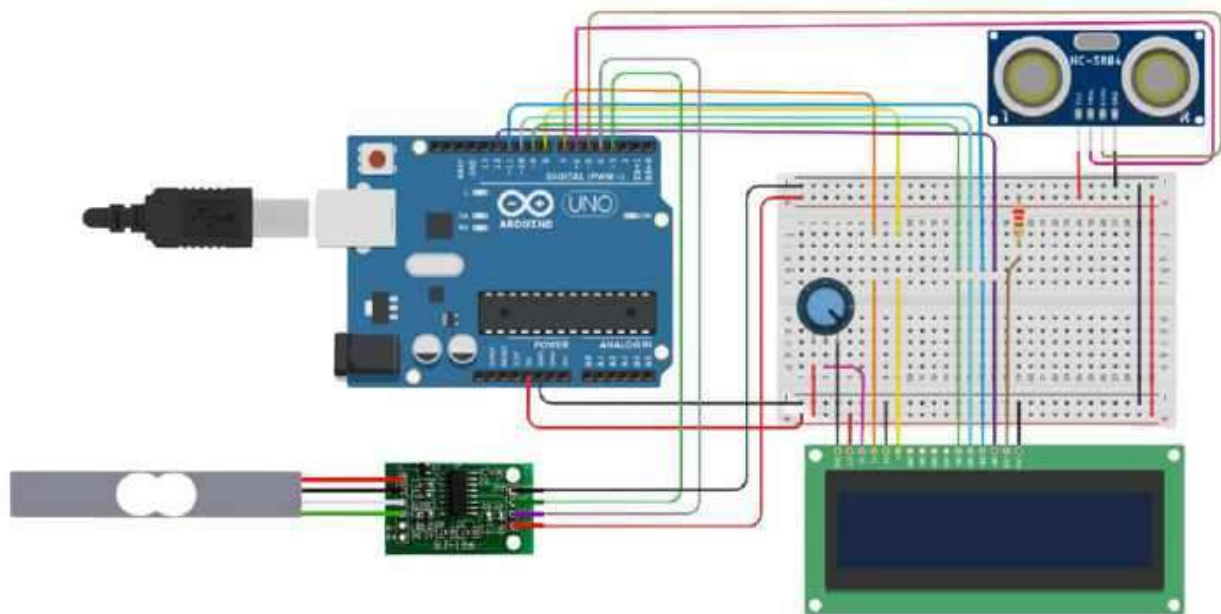


Figura 7.55: Diagrama de ligação do circuito para o aparato experimental do sistema massa-mola. (Autoria Própria, 2024).

3. Passo 3: Conexão dos Sensores (HX711)

1. Conexão ao Arduino:

- Conecte o pino DT (Data) do módulo HX711 ao pino digital 12 (DTpin) do Arduino.
- Conecte o pino SCK (Clock) do módulo HX711 ao pino digital 14 (SCKpin) do Arduino.
- Conecte o pino VCC do módulo HX711 a um pino 5V da protoboard.
- Conecte o pino GND do módulo HX711 a um pino GND da protoboard.

2. Conexão da Célula de Carga ao HX711:

- Conecte o fio preto (GND) da célula de carga ao GND do HX711.
- Conecte o fio vermelho (+) da célula de carga ao terminal E+ (excitação positiva) do HX711.
- Conecte o fio branco (-) da célula de carga ao terminal E- (excitação negativa) do HX711.
- Conecte o fio verde (S) da célula de carga ao terminal A- (analógico negativo) do HX711.

4. Passo 4: Alimentação do Circuito

1. Alimentação:

- Alimente o Arduino via USB ou outra fonte de alimentação adequada.
- Certifique-se de que todas as conexões estão firmes e corretas.
- Verifique se o circuito está bem fixado na estrutura de MDF montada.

7.5.5 Código Computacional para o Experimento relacionado ao sistema massa-mola

O código para o Experimento do sistema massa-mola foi implementado em linguagem C++ e está transcrito abaixo.

```

1  /*
   UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS - UFNT
3  MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FISICA - MNPEF
   PROFA. DRA. REGINA LELIS DE SOUSA
5  DISCENTE RONEY LIMA SOUZA
   */
7
   #include "HX711.h"
9  #include <LiquidCrystal.h>
   #include <Ultrasonic.h>
11
   // Definicoes dos pinos
13  const int PINO_DOUT_CELULA_DE_CARGA = 3;
   const int PINO_SCK_CELULA_DE_CARGA = 2;
15  const int PINO_TRIG_ULTRASSONICO = 6;
   const int PINO_ECHO_ULTRASSONICO = 5;
17  const int RS_PINO = 7;
   const int E_PINO = 8;
19  const int D4_PINO = 9;
   const int D5_PINO = 10;
21  const int D6_PINO = 11;
   const int D7_PINO = 12;
23
   // Fator de calibracao para a celula de carga
25  const float FATOR_DE_CALIBRACAO = 1.23;
   // Ajuste conforme a calibracao da sua celula de carga
27
   // Inicializacao dos objetos
29  HX711 escala;
   LiquidCrystal lcd(RS_PINO, E_PINO, D4_PINO, D5_PINO, D6_PINO, D7_PINO);
31  Ultrasonic ultrassonico(PINO_TRIG_ULTRASSONICO, PINO_ECHO_ULTRASSONICO);

33  void setup() {
   Serial.begin(9600);
35   escala.begin(PINO_DOUT_CELULA_DE_CARGA, PINO_SCK_CELULA_DE_CARGA);
   lcd.begin(16, 2);
37   // Inicializa o display LCD 16x2
   }
39
   void loop() {
41   if (escala.is_ready()) {
       // Ler distancia do sensor ultrassonico em metros;
43   float distancia_cm = ultrassonico.distanceRead(CM)
       / 100.00 - 0.10;
45
       // Ler forca da celula de carga em Newtons;
47   float forca_N = (((escala.read() + 25469.00)
       / 28821.00 * 38.00)
49   / 1000.00) * 9.81 * FATOR_DE_CALIBRACAO;

51   // Limpar o display
   lcd.clear();
53   // Escrever no display
   lcd.print("Distancia: ");
55   lcd.print(distancia_cm, 2);
       // Imprimir com 2 casas decimais
57   lcd.setCursor(0, 1);
       // Ir para a segunda linha
59   lcd.print("Forca: ");
   lcd.print(forca_N, 2);
61   // Imprimir com 2 casas decimais

```

```

63 // Enviar dados pela porta serial
    Serial.print("Distancia: ");
65 Serial.print(distancia_cm, 2);
    // Imprimir com 2 casas decimais
67 Serial.print(" cm\t");
    // Tabulacao para separacao
69 Serial.print("Forca: ");
    Serial.print(forca_N, 2);
71 // Imprimir com 2 casas decimais
    Serial.println(" N");
73 // Nova linha
    }
75
77 // Introduzir atraso para controlar a taxa de aquisicao de dados
    delay(1000);
79 // Ajuste o tempo de atraso conforme sua aplicacao
    }

```

Listing 7.6: Força Elástica

7.5.6 Experimento - Guia Pedagógico

Aula 01

1. Introdução ao Conceito de Força Elástica:

- Explique aos alunos o conceito de força elástica e a Lei de Hooke, que relaciona a força elástica com a deformação da mola ($F = -k \cdot x$). *Mostre exemplos do cotidiano que envolvem molas e forças elásticas, como...*
- Utilize vídeos e reportagens sobre aplicações tecnológicas da força elástica, como em suspensões automotivas e aparelhos de ginástica.

2. Atividade Inicial:

- Solicitar aos discentes a confecção de mapas mentais representando seus conhecimentos prévios sobre força elástica e constantes de mola, enquanto sondam seus subsunçores.
- Perguntar aos alunos sobre suas experiências pessoais com o conceito, fomentando uma discussão inicial.

3. Pré-teste:

- Aplicar um pré-teste com perguntas inspiradas no Enem e vestibulares para explorar os conceitos-chave e identificar lacunas de compreensão durante a discussão dos mapas mentais.
- Utilizar um banco com 20 questões sobre força elástica e a Lei de Hooke para essa atividade.

Aula 02

1. Montagem do Equipamento:

- Fixe uma mola ao sensor de carga HX711, garantindo que a deformação da mola seja medida com precisão.
- Conecte o sensor ultrassônico para medir a distância entre o sensor e o objeto preso à mola.

- Configure o display LCD para mostrar a força elástica, a constante elástica da mola e a deformação medida pelo sensor ultrassônico.

2. Execução do Experimento:

- Prenda um objeto à mola e anote a leitura inicial do sensor de carga e do sensor ultrassônico.
- Aumente gradualmente a carga na mola e registre as leituras da força elástica e da deformação.
- Utilize o monitor serial para visualizar e registrar os dados em tempo real.
- Repita o experimento com molas de diferentes constantes elásticas e registre os resultados.

Aula 03

1. Análise dos Dados:

- Compare os dados coletados em diferentes tentativas, analisando como a variação da carga e da mola afeta a força elástica e a deformação medida.
- Utilize gráficos para representar a relação entre a deformação da mola e a força aplicada, verificando a linearidade conforme a Lei de Hooke.
- Discuta os resultados obtidos, relacionando-os com os conceitos teóricos de força elástica e constante de mola.

2. Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais:

- Com base nas observações realizadas durante o experimento e na discussão em sala de aula, os alunos devem trabalhar em seus mapas mentais para incluir novos conceitos e corrigir tópicos quando necessário.
- Incentivar a integração dos novos conhecimentos aos mapas mentais, fortalecendo a compreensão do conceito de força elástica.

3. Atividade Docente:

- Comparar os mapas mentais obtidos nas aulas 1 e 3 para estabelecer a evolução intelectual dos discentes em relação aos conceitos físicos abordados.

Aula 04

1. Pós-teste Conceitual:

- Aplicar um pós-teste para avaliar a assimilação dos conceitos abordados sobre força elástica e constante de mola.
- Comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste para medir o progresso dos alunos.

2. Interação e Modificação:

- Incentive os alunos a interagir com o sistema, alterando as molas e observando as mudanças nos resultados.
- Permita que os alunos modifiquem os códigos do Arduino para ajustar a precisão das medições ou para calcular outras variáveis, como a energia potencial elástica.
- Promova discussões em grupo para interpretar os resultados e correlacioná-los com os conceitos físicos estudados.

- Incentive os alunos a pensar em aplicações práticas do experimento e possíveis melhorias no aparato experimental.

3. Recomendação de Leitura Prévia:

- Indicar aos discentes algumas sugestões de leitura ou fornecer informações para orientar pesquisas sobre força elástica e constante de mola, preparando-os para as atividades da próxima aula.

7.5.7 Questionário

Nesta seção, apresentamos um conjunto de perguntas de múltipla escolha elaboradas para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos relacionados à Lei de Hooke ao movimento restaurador de molas, explorados através do experimento com Arduino. Essas perguntas são projetadas para serem utilizadas tanto para a avaliação individual quanto para a Instrução por Colegas (Peer Instruction), promovendo uma aprendizagem colaborativa e com potencial para engajar os discentes para uma aprendizagem significativa. Uma sugestão de uso destas questões pode ser encontrada no APÊNDICE A.6

1. A lei de Hooke é aplicável a:
 - a) Todos os materiais.
 - b) Apenas materiais que sofrem mudanças mínimas em sua estrutura ao longo do tempo.
 - c) Nenhum material.
2. A mudança de mola pode afetar o valor da constante elástica da mola, tornando-a:
 - a) Mais rígida.
 - b) Mais flexível.
 - c) Ambas as opções anteriores.
3. A mudança de mola ocorre apenas em molas de:
 - a) Metal.
 - b) Plástico.
 - c) Todos os materiais.
4. O módulo da força elástica pode ser representada pela equação:
 - a) $f = kx$.
 - b) $f = k/x$.
 - c) $f = kx^2$.
5. A força elástica é negativa quando o objeto está sendo:
 - a) Esticado.
 - b) Comprimido.
 - c) Não importa.
6. A força elástica é uma força:
 - a) De atrito.

- b) Restauradora.
 - c) De movimento.
7. A variável x na equação $f = kx$ representa a:
- a) Força.
 - b) Constante elástica.
 - c) Deformação.
8. Quanto maior o valor de x :
- a) Maior será a força aplicada.
 - b) Maior será a deformação sofrida pelo objeto elástico.
 - c) Menor será a deformação sofrida pelo objeto elástico.
9. A unidade de medida de x no Sistema Internacional de Unidades (SI) é:
- a) Newtons (N).
 - b) Quilogramas (kg).
 - c) Metros (m).
10. A força elástica sempre atua na:
- a) Mesma direção da deformação da mola.
 - b) Direção oposta à deformação da mola.
 - c) Perpendicular à deformação da mola.
11. A constante elástica k pode ser determinada experimentalmente através da:
- a) Inclinação da curva de força versus deformação.
 - b) Área sob a curva de força versus deformação.
 - c) Interseção da curva de força versus deformação.
12. A constante elástica de uma mola é uma característica:
- a) Intrínseca do material da mola.
 - b) Extrínseca do material da mola.
 - c) Não depende do material da mola.
13. A deformação de uma mola é sempre linearmente proporcional à força aplicada:
- a) Dentro do limite elástico.
 - b) Fora do limite elástico.
 - c) Sempre.
14. A constante elástica de uma mola pode ser afetada pela:
- a) Temperatura.
 - b) Pressão.
 - c) Gravidade.
15. Uma mola com uma constante elástica maior requer:

- a) Menos força para a mesma deformação.
 - b) Mais força para a mesma deformação.
 - c) A mesma força para a mesma deformação.
16. A força elástica é conservativa, o que significa que:
- a) A energia armazenada em uma mola pode ser totalmente recuperada.
 - b) A energia armazenada em uma mola não pode ser recuperada.
 - c) A energia armazenada em uma mola é perdida.
17. A energia potencial elástica armazenada em uma mola é dada pela equação:
- a) $E = kx$.
 - b) $E = \frac{1}{2}kx^2$.
 - c) $E = kx^2$.
18. A lei de Hooke é válida para:
- a) Todos os tipos de materiais elásticos.
 - b) Materiais elásticos até o limite elástico.
 - c) Materiais elásticos após o limite elástico.

7.5 GABARITO

- | | |
|-------|-------|
| 1. A | 11. A |
| 2. A | 12. A |
| 3. C | 13. A |
| 4. C | 14. A |
| 5. A | 15. C |
| 6. B | 16. A |
| 7. B | 17. A |
| 8. B | 18. A |
| 9. C | 19. A |
| 10. C | 20. A |

7.6 QUANTIDADE DE MOVIMENTO, TRABALHO MECÂNICO E ENERGIA

À medida que avançamos na compreensão da Física, nos deparamos com dois conceitos fundamentais: quantidade de movimento e trabalho mecânico. Esta seção tem por objetivo apresentar um aparato experimental inovador que permite destacar o papel das tecnologias modernas, como o Arduino, no processo

de aprendizagem destes conceitos. Iniciamos a seção com um breve resumo sobre essas grandezas físicas e, posteriormente, apresentamos o aparato experimental.

Novamente, destaca-se que o Arduino oferece uma oportunidade única para os alunos explorarem os conceitos de quantidade de movimento e trabalho de forma prática e interativa. Ao integrar sensores e dispositivos eletrônicos, os discentes podem executar experimentos que ilustram esses conceitos de forma tangível. A captura de dados em tempo real e a análise dos resultados permitem uma compreensão mais profunda e significativa dos princípios físicos envolvidos.

7.6.1 Quantidade de Movimento

A quantidade de movimento, também conhecida como momento linear, foi definida por Newton como o produto da massa de um corpo (m) pela sua velocidade (v). É uma grandeza vetorial, o que significa estar associada tanto a uma magnitude quanto direção e sentido. O módulo do momento linear é definido por:

$$Q = m \cdot v \quad (7.17)$$

na qual

- Q representa a quantidade de movimento (ou momento linear).
- m é o símbolo usado para representar a massa do corpo e
- v é o módulo da velocidade do corpo.

Em um sistema isolado, a quantidade de movimento total permanece constante ao longo do tempo, conforme expresso pela lei da conservação da quantidade de movimento.

7.6.2 Conservação da quantidade de movimento

A conservação da quantidade de movimento é um dos princípios fundamentais da Física. Esse princípio afirma que, na ausência de forças dissipativas, a quantidade de movimento total de um sistema permanece constante. Isso significa que, em casos de colisões, por exemplo, o produto da massa pela velocidade dos corpos deve ser igual antes e depois do contato entre eles. Nessas situações, dizemos que a colisão é perfeitamente elástica. A figura 7.56 mostra a quantidade de movimento dos corpos A e B conserva-se após a colisão.

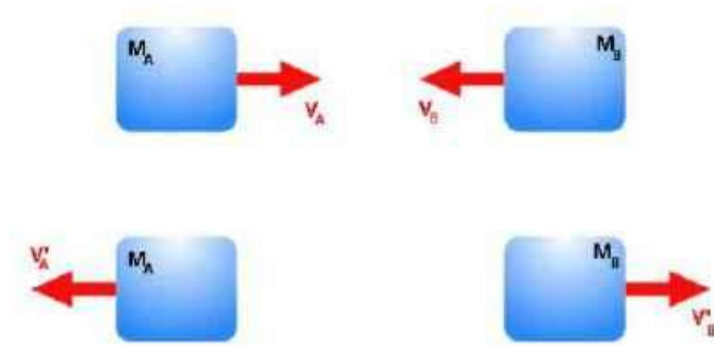


Figura 7.56: Quantidade de movimento dos corpos A e B conserva-se após a colisão. Disponível no sítio <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/quantidade-movimento-sua-definicao.htm>(SH, 2017).

A conservação da quantidade de movimento em uma colisão pode ser expressa pelas seguintes fórmulas:

$$Q_A + Q_B = Q'_A + Q'_B \quad (7.18)$$

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B \quad (7.19)$$

onde:

- m_A e m_B – massas dos corpos A e B
- v_A e v_B – velocidades dos corpos A e B antes da colisão
- v'_A e v'_B – velocidades dos corpos A e B após a colisão

7.7 TRABALHO MECÂNICO

O trabalho mecânico, que doravante denominaremos apenas por trabalho, pode ser entendido como uma medida da quantidade de energia transferida a um objeto quando uma força é aplicada a esse objeto e ele se move. Matematicamente, o trabalho (W) é calculado como o produto da força aplicada (F) pela distância percorrida (d) na direção da força, qual seja:

$$W = F \cdot d \cdot \cos(\theta) \quad (7.20)$$

sendo que

- W é o trabalho realizado.
- F é a magnitude da força aplicada.
- d é o deslocamento do objeto.

- θ é o ângulo entre a força e o deslocamento (sendo ambos grandezas vetoriais).

O trabalho é uma grandeza escalar e pode ser positivo, negativo ou zero. Na figura figura ?? é apresentada a situação na qual temos trabalho positivo.

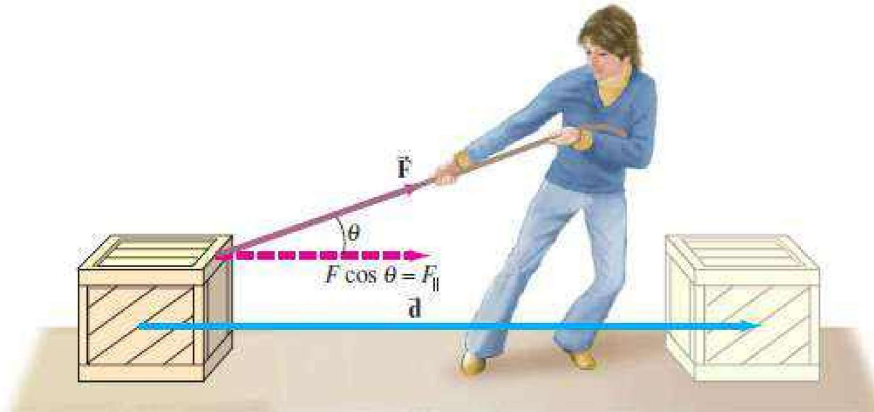


Figura 7.57: Contato de um carrinho de supermercado com o chão(Fonte: (EDUCACIONAL, 2024))

Trabalho Nulo ($W = 0$)

Imagine uma pessoa segurando um objeto imóvel. Nesse caso, o trabalho realizado pela força aplicada pela pessoa é nulo, pois o objeto não se move. Outro exemplo é um objeto que se move em uma trajetória fechada, como uma bola amarrada a uma corda girando em círculos. O trabalho total realizado pela força gravitacional é dado por:

$$W_{\text{gravidade}} = 0$$

Isso ocorre porque a bola retorna ao mesmo ponto inicial após completar uma volta.

Trabalho Negativo ($W < 0$)

A força de atrito é um exemplo clássico de trabalho negativo. Quando um objeto desliza sobre uma superfície com atrito, a força de atrito atua na direção oposta ao movimento. O trabalho realizado pelo atrito é dado por:

$$W_{\text{atrito}} = -f \cdot d$$

onde f é a força de atrito e d é a distância percorrida pelo objeto.

Outro exemplo é levantar um objeto contra a gravidade. Se você levanta um objeto verticalmente, a força que você aplica é oposta à direção do deslocamento. Portanto, o trabalho realizado é negativo:

$$W_{\text{levantamento}} = -mgh$$

onde m é a massa do objeto, g é a aceleração da gravidade e h é a altura levantada.

7.7.1 Força de Atrito

A força de atrito é uma força que se opõe ao movimento relativo entre duas superfícies em contato. Existem dois tipos principais de atrito: o atrito estático e o atrito cinético.

Atrito Estático

O atrito estático é a força que impede o início do movimento entre duas superfícies. Ele atua até que a força aplicada exceda um certo limite máximo, conhecido como força de atrito estático máximo ($f_{\text{estático}}$). A força de atrito estático pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$f_{\text{estático}} \leq \mu_s N$$

onde:

- μ_s é o coeficiente de atrito estático,
- N é a força normal entre as superfícies.

Atrito Cinético

O atrito cinético é a força que se opõe ao movimento relativo contínuo entre duas superfícies. A força de atrito cinético ($f_{\text{cinético}}$) é geralmente menor do que a força de atrito estático máximo e é dada pela fórmula:

$$f_{\text{cinético}} = \mu_k N$$

onde:

- μ_k é o coeficiente de atrito cinético,
- N é a força normal entre as superfícies.

A figura 7.58 ilustra uma pessoa empurrando uma caixa sobre uma superfície horizontal, destacando duas forças principais: a força aplicada pela pessoa, que empurra a caixa para frente, e a força de atrito, que se opõe ao movimento. A força de atrito é uma força resistiva que atua na direção oposta à força aplicada pela pessoa. Inicialmente, a força de atrito estático impede o movimento da caixa até que a força aplicada seja suficiente para superá-la. Uma vez em movimento, a força de atrito cinético age, e a pessoa precisa continuar aplicando força para manter o movimento da caixa.



Figura 7.58: Situação especial na qual pode-se identificar a transformação de energia potencial em cinética e vice-versa. (Fonte: (INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE, 2024))

7.7.2 Trabalho Realizado pelo Atrito

O trabalho realizado pela força de atrito é um exemplo clássico de trabalho negativo. A força de atrito atua sempre na direção oposta ao movimento de um objeto, o que resulta em um trabalho que diminui a energia cinética do objeto.

$$W_{\text{atrito}} = -f_{\text{cinético}} \cdot d$$

onde:

- W_{atrito} é o trabalho realizado pela força de atrito,
- $f_{\text{cinético}}$ é a força de atrito cinético,
- d é a distância percorrida pelo objeto.

A força de atrito cinético é dada por:

$$f_{\text{cinético}} = \mu_k N$$

onde:

- μ_k é o coeficiente de atrito cinético,
- N é a força normal entre as superfícies.

A figura 7.59 ilustra a diferença entre as forças em ação quando uma caixa está em repouso e quando está em movimento. Na figura à esquerda, a caixa está em repouso, e as forças de atrito (F_a) e a força aplicada (F_m) se equilibram, resultando em uma força resultante (F_R) de 0 N, o que indica que a caixa não se move. Na figura à direita, a caixa está em movimento; a força aplicada (F_m) é maior que a força de atrito (F_a), gerando uma força resultante (F_R) que faz com que a caixa se mova. O equilíbrio de forças é crucial para entender quando um objeto permanece estático ou entra em movimento.

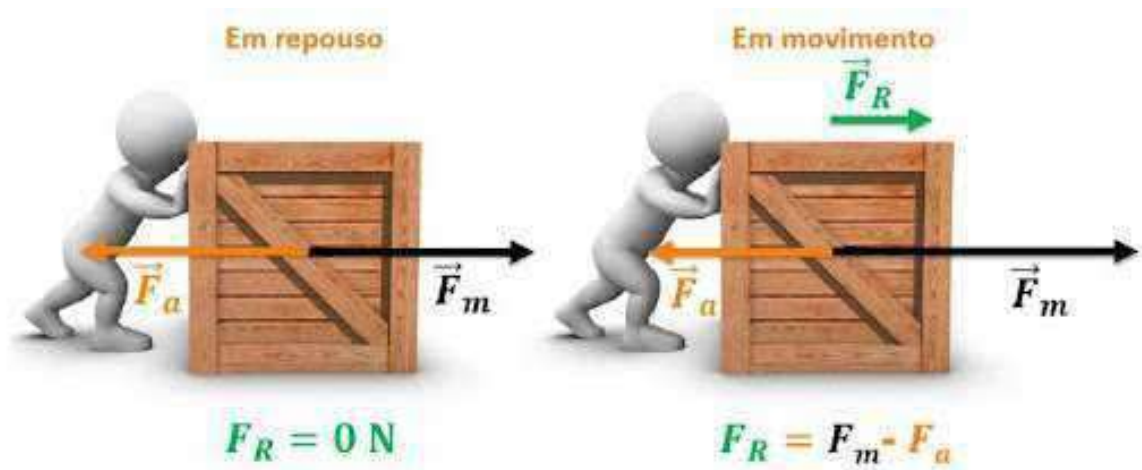


Figura 7.59: Força de atrito do caixa. (Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2024))

7.7.3 Energia: Capacidade de Realizar Trabalho

A energia pode ser entendida como a capacidade de um sistema para realizar trabalho. Em sistemas físicos, a energia pode existir em várias formas, como energia cinética (associada ao movimento), energia potencial (associada à posição em um campo gravitacional), energia térmica, entre outras formas. A energia mecânica de um sistema é definida como a soma da energia cinética e da energia potencial.

Há na natureza um princípio fundamental, qual seja, o princípio de conservação da energia. A energia total de um sistema isolado permanece constante ao longo do tempo, conforme expresso por este princípio de conservação. Há situações especiais nas quais a energia mecânica também se conserva. Estas situações são aquelas nas quais não atuam forças dissipativas como, por exemplo, a força de atrito. Nestas situações especiais, podemos observar a transformação de energia mecânica em potencial e vice-versa, conforme ilustra a figura 7.60.

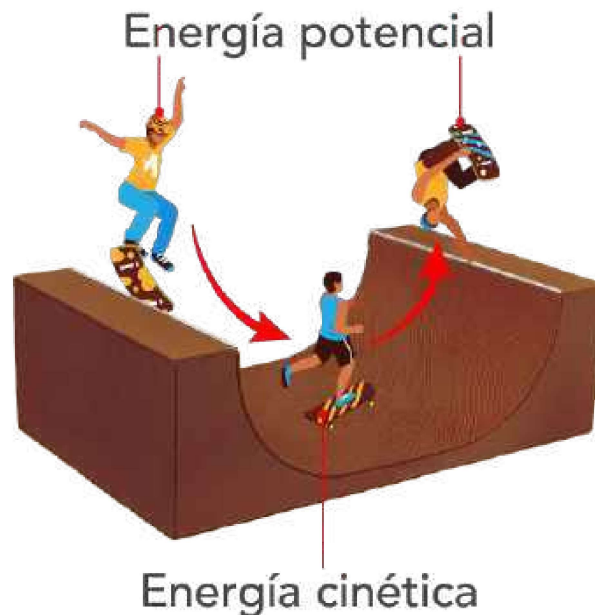


Figura 7.60: Situação especial na qual pode-se identificar a transformação de energia potencial em cinética e vice-versa. (Fonte: (INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE, 2024))

Definiu-se anteriormente que a energia mecânica de um sistema como sendo a soma da energia cinética com a energia potencial. Matematicamente, teremos:

$$E = K + U \quad (7.21)$$

na qual:

- E é a energia total do sistema.
- K é a energia cinética.
- U é a energia potencial.

A energia cinética é a energia que um corpo possui devido ao seu movimento. É uma grandeza escalar definida como:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (7.22)$$

e tem-se que:

- K é a energia cinética.
- m é a massa do corpo.
- v é a velocidade do corpo.

Além de ser uma grandeza escalar, a energia cinética é sempre positiva, pois a massa e o quadrado da velocidade são sempre positivos.

Omitiremos a discussão sobre energia potencial. O docente pode apresentar a expressão mgh para a energia potencial gravitacional durante as aulas bem como outras expressões para esta grandeza conforme os tópicos que estão em discussão.

7.7.4 Forças Dissipativas

Forças dissipativas são aquelas que ocasionam perdas de energia mecânica em sistemas não conservativos, isto é, em sistemas nos quais a energia mecânica total diminui com o tempo. Exemplos comuns de forças dissipativas incluem a força de atrito e a força de arraste, que agem sempre em oposição ao movimento e resultam na conversão da energia mecânica em outras formas de energia, como o calor.

A figura 7.61 apresenta duas atividades ao ar livre que envolvem o conceito de forças dissipativas. À esquerda, uma pessoa está esquiando, onde a força de atrito entre os esquis e a neve atua para dissipar a energia mecânica, reduzindo a velocidade do esquiador. À direita, uma pessoa está praticando paraquedismo, onde a força de arraste do ar (resistência do ar) age para diminuir a velocidade da queda, estabilizando o paraquedista durante a descida. Ambas as situações exemplificam como as forças dissipativas, como o atrito e o arraste, são responsáveis pela conversão de energia mecânica em outras formas de energia, como o calor, resultando em uma diminuição da energia mecânica total do sistema.



Figura 7.61: Forças dissipativas convertem a energia mecânica em energia térmica. (Fonte: (MUNDO EDUCAÇÃO, 2024))

7.7.5 Roteiro para o Experimento - Energia/Trabalho/Quantidade de Movimento

Objetivo

O experimento proposto pode ser usado para investigar a relação entre força e movimento, mas o objetivo primordial é utilizá-lo para compreender conceitos de trabalho, energia cinética e conservação de energia. O aparato experimental foi concebido como intuito de possibilitar a integração destes conceitos teóricos com práticas de eletrônica e programação, e pode ser usado com o objetivo de desenvolver habilidades técnicas na montagem de estruturas e circuitos eletrônicos. Através do experimento que será apresentado, pretende-se proporcionar uma experiência de aprendizagem interativa e enriquecedora, que combina teoria e prática de maneira eficaz.

Para a realização do experimento, utilizaremos sobras de MDF para construir um carrinho que servirá de base para os componentes eletrônicos. na figura 7.65, pode-se visualizar o carrinho montando em MDF e ainda sem a parte do circuito eletrônico.



Figura 7.62



Figura 7.63



Figura 7.64

Figura 7.65: Parte do aparato experimental concebido para discussão dos conceitos físicos de energia, trabalho e quantidade de movimento. (Autoria Própria, 2024).

Procedimento

1. Configuração Inicial:

- Posicionar o carrinho na pista.
- Fixar o cabo ao sensor de massa e conectar a outra extremidade à roldana e à garrafa PET.
- Ajustar a massa da garrafa PET adicionando ou removendo esferas.

2. Liberação do Objeto:

- Soltar o carrinho para iniciar o movimento.

3. Início da Medição:

- Registrar as leituras do display e do sensor de distância durante o movimento do carrinho.

4. Registro dos Dados:

- Anotar as leituras de tempo, distância, velocidade e aceleração fornecidas pelo display.

5. Interação e Modificação:

- Alterar a massa da garrafa PET para observar mudanças nas medições.
- Modificar os parâmetros no código do Arduino para calcular diferentes aspectos, como força, massa, etc.

Os componentes eletrônicos a serem conectados incluem um display LCD, uma célula de carga com módulo HX711 e um sensor ultrassônico (HC-SR04). Cada um desses componentes desempenha um papel essencial na medição e exibição dos dados coletados durante o experimento. Na figura 7.67 apresenta-se novamente o carrinho, mas com os dispositivos eletrônicos já inseridos em sua estrutura.

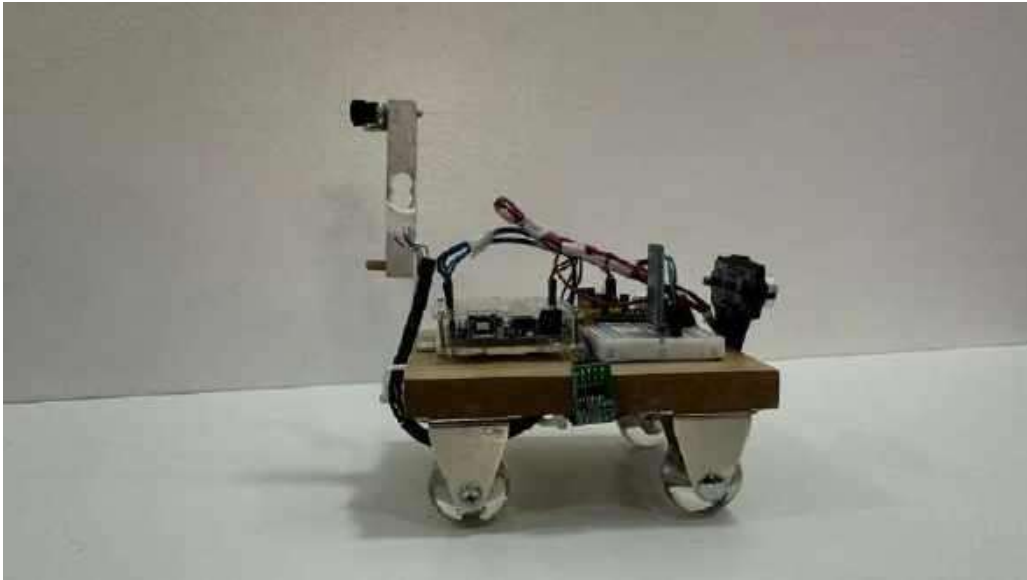


Figura 7.66: Parte do aparato experimental concebido para discussão dos conceitos físicos de energia, trabalho e quantidade de movimento: carrinho com os circuitos eletrônicos. (Autoria Própria, 2024).

Com o intuito de facilitar o manuseio e a estabilidade das medidas experimentais, decidiu-se pela construção da pista para uso com o carrinho, conforme mostra a 7.68.

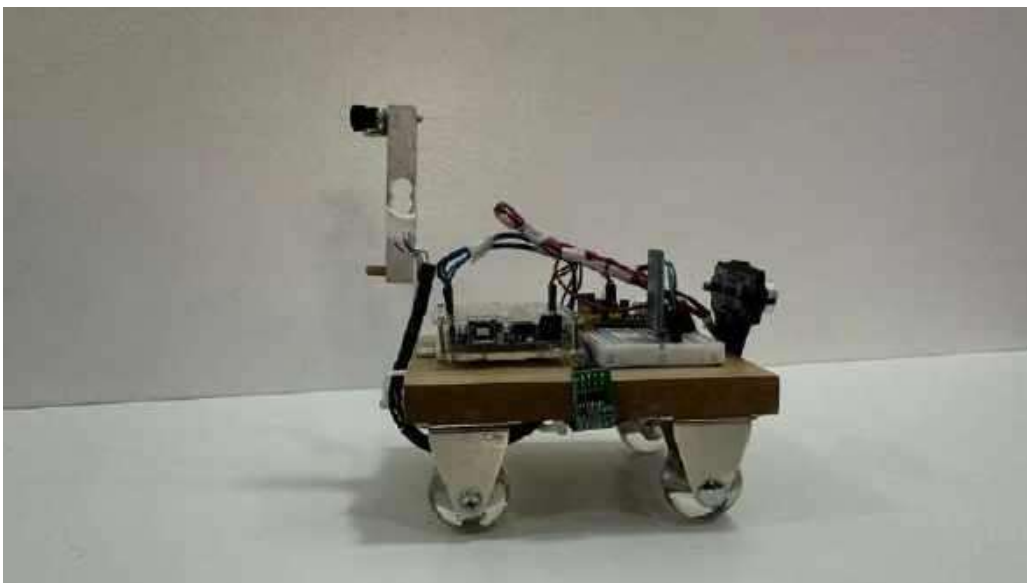


Figura 7.67: Aparato experimental - carrinho , (Autoria Própria, 2024).



Figura 7.68: Parte do aparato experimental concebido para discussão dos conceitos físicos de energia, trabalho e quantidade de movimento: pista para movimento do carrinho durante as medições. (Autoria Própria, 2024).

7.7.6 Experimento Energia / Trabalho / Quantidade de Movimento - Materiais Necessários e Estimativa de Investimento Financeiro

O aparato experimental para realização discussão dos conceitos físicos de energia, trabalho e quantidade de movimento é composto por:

1. 1 Arduino
2. 1 Display LCD I2C (16x2)
3. 1 Sensor de Carga (Célula de Carga) com Módulo HX711
4. 1 Sensor Ultrassônico (HC-SR04)
5. Jumpers e fios para conexões
6. 1 Protoboard (opcional, para facilitar as conexões)

Listamos uma estimativa de investimento financeiro necessário para a montagem da estrutura proposta.

Qtd.	Componentes	Valor (R\$)
1	Arduino Uno	85,45
1	Display LCD I2C (16x2)	16,91
1	Sensor de Carga (Célula de Carga) com Módulo HX711	45,46
1	Sensor Ultrassônico (HC-SR04)	9,79
Vários	Jumpers e fios para conexões	15,78
1	Protoboard (opcional)	9,45
TOTAL		183,84

Tabela 7.7: Lista de Componentes e Custos

Fonte: <https://makerx.com.br/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

7.7.7 Montagem do Experimento Energia / Trabalho / Quantidade de Movimento

Os passos necessários para montagem do equipamento (ver figura 7.67) são listados.

1. Passo 1: Montagem das Partes de MDF

1. Corte as peças de MDF no formato desejado para a base do experimento. Certifique-se de que as peças são lisas e sem irregularidades para facilitar a montagem.
2. Una as peças de MDF utilizando parafusos ou pregos, formando a estrutura desejada para o experimento. A figura 7.69 mostra as dimensões para a confecção do aparato experimental.

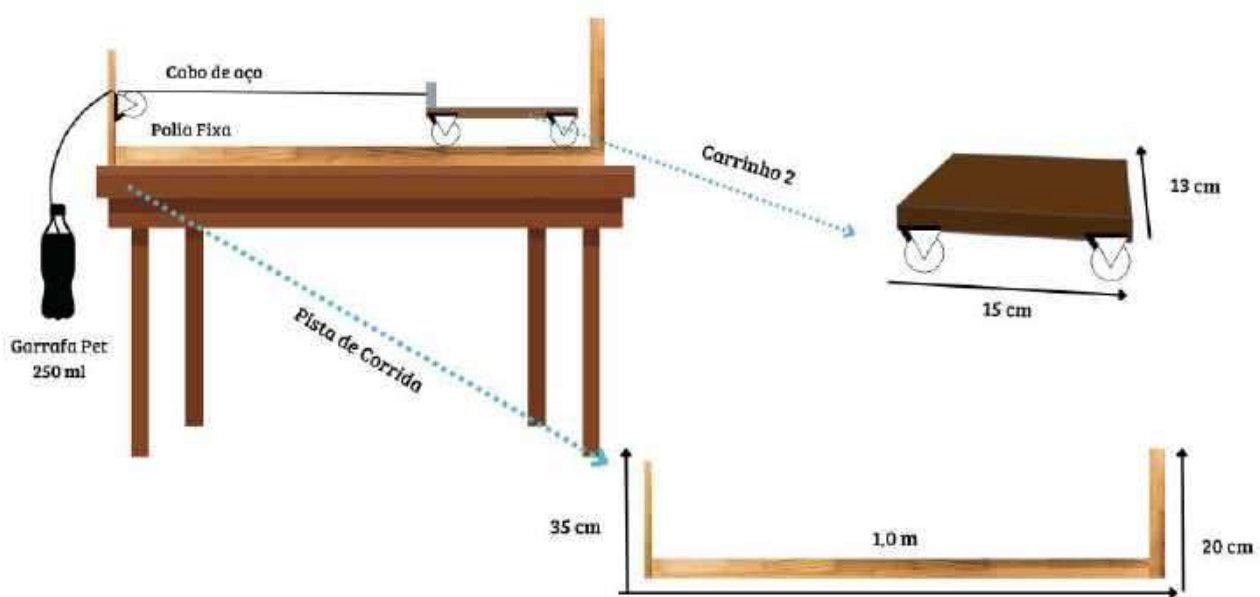


Figura 7.69: Aparato experimental para montagem da estrutura do carrinho. (Autoria Própria, 2024).

2. Passo 2: Conexão do Display LCD

1. Conecte o display LCD I2C ao Arduino:
 - Conecte o pino SDA do display ao pino A4 (SDA) do Arduino.
 - Conecte o pino SCL do display ao pino A5 (SCL) do Arduino.
 - Conecte o pino VCC do display a um pino 5V do Arduino.
 - Conecte o pino GND do display a um pino GND do Arduino.
2. Conecte um potenciômetro de 10k ω entre os pinos VCC e GND do display LCD I2C, com o pino central conectado ao pino VO (contraste).
3. O diagrama do circuito necessário para funcionamento do dispositivo é apresentado na figura 7.70.

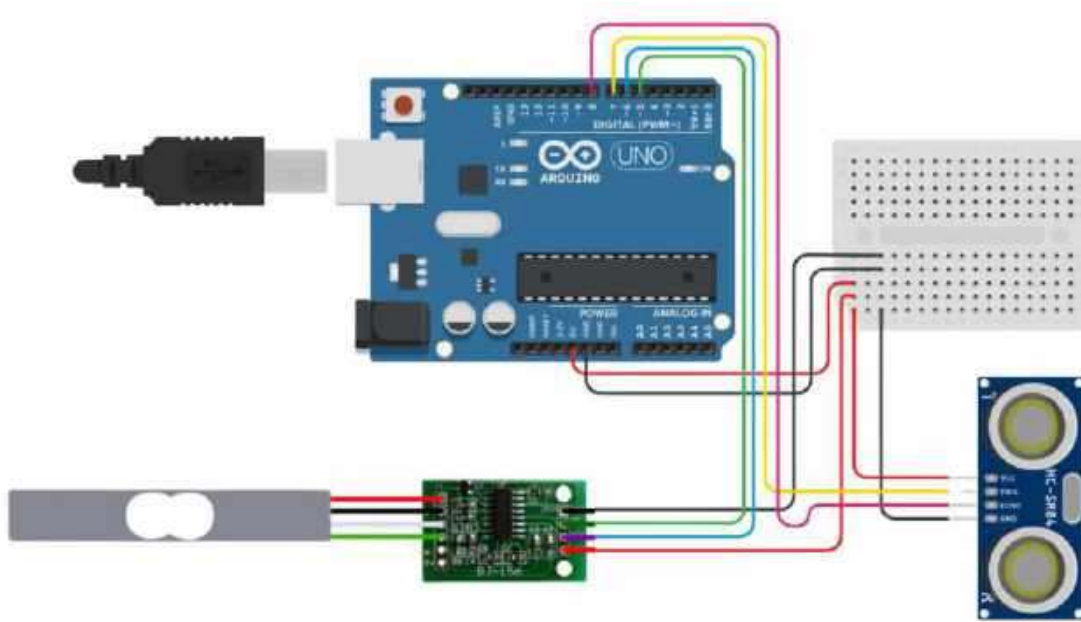


Figura 7.70: Diagrama do circuito necessário para montagem do aparato experimental. (Autoria Própria, 2024).

3. Passo 3: Conexão dos Sensores

1. Conecte a célula de carga ao módulo HX711:

- Conecte o fio preto (GND) da célula de carga ao pino GND do módulo HX711.
- Conecte o fio vermelho (+) da célula de carga ao terminal E+ (excitação positiva) do módulo HX711.
- Conecte o fio branco (-) da célula de carga ao terminal E- (excitação negativa) do módulo HX711.
- Conecte o fio verde (S) da célula de carga ao terminal A- (entrada analógica) do módulo HX711.

2. Conecte o módulo HX711 ao Arduino:

- Conecte o pino DT (Data) do módulo HX711 ao pino digital específico do Arduino.
- Conecte o pino SCK (Clock) do módulo HX711 ao pino digital específico do Arduino.
- Conecte o pino VCC do módulo HX711 a um pino 5V do Arduino.
- Conecte o pino GND do módulo HX711 a um pino GND do Arduino.

4. Passo 4: Alimentação do Circuito

1. Conecte o Arduino ao computador via cabo USB para programação e alimentação.
2. Verifique se todas as conexões estão firmes e corretamente configuradas antes de ligar o circuito.

7.7.8 Código Computacional para o Experimento Energia/Trabalho/Quantidade de Movimento

O código para o experimento sobre energia, trabalho e quantidade de movimento foi implementado em linguagem C++ e está transcrito abaixo.

```

2  /*
3  UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS - UFNT
4  MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FISICA - MNPEF
5  PROFA. DRA. REGINA LELIS DE SOUSA
6  DISCENTE RONEY LIMA SOUZA
7  */
8
9  #include <Wire.h>
10 #include <LiquidCrystal_I2C.h> // Inclui a biblioteca para o display LCD I2C
11 #include "HX711.h"
12
13 const int loadCell_DT = 5;
14 const int loadCell_SCK = 6;
15
16 HX711 loadCell;
17
18 #define trigPin 7
19 #define echoPin 8
20
21 #define I2C_ADDR 0x27
22 #define LCD_COLS 16
23 #define LCD_ROWS 2
24
25 LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR, LCD_COLS, LCD_ROWS);
26
27 void setup() {
28   Serial.begin(9600);
29   pinMode(trigPin, OUTPUT);
30   pinMode(echoPin, INPUT);
31   loadCell.begin(loadCell_DT, loadCell_SCK);
32   lcd.init();
33   lcd.backlight(); // Liga a luz de fundo do display
34 }
35
36 void loop() {
37   digitalWrite(trigPin, LOW);
38   delayMicroseconds(5);
39   digitalWrite(trigPin, HIGH);
40   delayMicroseconds(10);
41   digitalWrite(trigPin, LOW);
42
43   unsigned long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
44   float distance = (duration * 0.0343 / 2) / 100.00;
45   float x = sqrt(pow(distance, 2) - pow(0.0130, 2));
46   float force = (loadCell.read() - 169762.00) / 79007.00 * 9.81;
47   float timeSecond = millis() / 1000.00;
48
49   lcd.clear();
50   lcd.setCursor(0, 0);
51   lcd.print("t=");
52   lcd.print(timeSecond, 3);
53
54   lcd.setCursor(0, 1);
55   lcd.print("x=");
56   lcd.print(x, 3);
57   lcd.print(" F=");
58   lcd.print(force, 3);
59
60   delay(1000); // Aguarda 1 segundo antes de atualizar o display
61 }

```

Listing 7.7: Quantidade de Movimento

7.7.9 Experimento - Guia Pedagógico

Aula 01

1. Introdução do conceito físico:

- Introduzir os conceitos de energia, trabalho e quantidade de movimento com exemplos do cotidiano.
- Utilizar vídeos e reportagens sobre aplicações práticas desses conceitos.

2. Atividade Inicial:

- Solicitar aos alunos que criem mapas mentais representando seus conhecimentos prévios sobre energia, trabalho e quantidade de movimento.
- Fomentar uma discussão inicial baseada nas experiências pessoais dos alunos.

3. Pré-teste:

- Aplicar um pré-teste com perguntas sobre os conceitos-chave para identificar lacunas de compreensão.
- Utilizar um banco de questões sobre energia, trabalho e quantidade de movimento para essa atividade.

Aula 02

1. Atividade Experimental - Metodologia Peer Instruction:

- Realizar o experimento descrito, onde os alunos medem a força aplicada e registram os dados obtidos.
- Dividir a turma em grupos para observar, registrar os dados e discutir sobre as questões apresentadas pelo professor.

2. Discussão em sala de aula:

- Usar a metodologia de peer instruction para compartilhar observações sobre o experimento e discutir os conceitos envolvidos.

Aula 03

1. Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais:

- Com base nas observações e discussões, os alunos devem atualizar seus mapas mentais, incorporando novos conceitos e corrigindo tópicos quando necessário.

2. Atividade Docente:

- Comparar os mapas mentais das aulas 1 e 3 para avaliar a evolução dos alunos em relação aos conceitos físicos abordados.

Aula 04

1. Pós-teste Conceitual:

- Aplicar um pós-teste para avaliar a assimilação dos conceitos abordados durante as aulas.
- Comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste para medir o progresso dos alunos.

2. Recomendação de Leitura Prévia:

- Sugerir leituras ou fornecer informações para orientar pesquisas sobre energia, trabalho e quantidade de movimento, preparando os alunos para as atividades da próxima aula.

7.7.10 Questionário

Nesta seção, apresentamos um conjunto de perguntas de múltipla escolha elaboradas para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos relacionados a energia, trabalho e quantidade de movimento, explorados através do experimento com Arduino. Essas perguntas são projetadas para serem utilizadas tanto para a avaliação individual quanto para a Instrução por Colegas (Peer Instruction), promovendo uma aprendizagem colaborativa e com potencial para engajar os discentes para uma aprendizagem significativa. Uma sugestão de uso destas questões pode ser encontrada no APÊNDICE A.7.

1. Um carro de 1000 kg está se movendo a uma velocidade de 20 m/s. Qual é a quantidade de movimento do carro?

- A) 200 kg · m/s
- B) 2000 kg · m/s
- C) 20000 kg · m/s

2. Dois patinadores, um de 50 kg e outro de 70 kg, empurram-se mutuamente no gelo. Se o patinador de 50 kg atinge uma velocidade de 5 m/s, qual será a velocidade do patinador de 70 kg?

- A) 3 m/s
- B) 2 m/s
- C) 5 m/s

3. A quantidade de movimento é uma grandeza:

- A) Escalar
- B) Vetorial
- C) Fictícia

4. Se a quantidade de movimento de um objeto é dobrada, sua velocidade:

- A) Triplica
- B) Permanece a mesma

C) Dobra

5. Um objeto em repouso tem quantidade de movimento:

A) Positiva

B) Nula

C) Negativa

6. A fórmula da quantidade de movimento é:

A) $p = m \cdot v$

B) $p = \frac{m}{v}$

C) $p = m + v$

7. Qual das opções é um exemplo de conservação da quantidade de movimento?

A) Carro freando

B) Explosão de foguete

C) Colisão elástica

8. Em uma colisão inelástica, a quantidade de movimento total do sistema:

A) Aumenta

B) Diminui

C) Permanece a mesma

9. Um objeto de massa 2 kg tem uma quantidade de movimento de $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. Qual é a sua velocidade?

A) 5 m/s

B) 10 m/s

C) 20 m/s

10. A quantidade de movimento de um sistema isolado:

A) Pode variar

B) Permanece constante

C) Depende da força externa

11. Qual é a fórmula do trabalho realizado por uma força?

A) $W = F \cdot d \cos \theta$

B) $W = \frac{F}{d}$

C) $W = F \cdot v$

12. Se um objeto é levantado a uma altura de 5 metros com uma força de 100 N, qual é o trabalho realizado?

A) 500 J

B) 1000 J

C) 50 J

13. A energia cinética de um objeto de massa 4 kg movendo-se a 3 m/s é:

A) 18 J

B) 36 J

C) 54 J

14. Qual é a unidade de medida do trabalho no SI?

A) Watt

B) Joule

C) Newton

15. A energia potencial gravitacional de um objeto depende de:

A) Massa, altura e gravidade

B) Velocidade e altura

C) Força e deslocamento

16. Um corpo de 5 kg é levantado a uma altura de 10 metros. Qual é sua energia potencial gravitacional? (Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$)

A) 500 J

B) 1000 J

C) 50 J

17. O trabalho realizado por uma força constante é zero quando:

- A) A força é perpendicular ao deslocamento
- B) A força é paralela ao deslocamento
- C) Não há força aplicada

18. Qual das seguintes opções representa a conservação da energia mecânica?

- A) Energia cinética é transformada em calor
- B) A soma da energia cinética e potencial é constante
- C) Trabalho é realizado para mudar a energia potencial

19. Um bloco é puxado com uma força de 20 N sobre uma distância de 4 metros. O trabalho realizado é:

- A) 80 J
- B) 40 J
- C) 20 J

20. A energia mecânica total de um sistema é a soma de:

- A) Energia cinética e calor
- B) Energia potencial e calor
- C) Energia cinética e energia potencial

Gabarito

- | | |
|------|-------|
| 1. C | 10. B |
| 2. B | 11. A |
| 3. B | 12. A |
| 4. C | 13. B |
| 5. B | 14. B |
| 6. A | 15. A |
| 7. C | 16. A |
| 8. C | 17. A |
| 9. A | 18. B |

19. A

20. C

7.8 MATERIAIS DE BAIXO CUSTO USADOS NA CONFECCÃO DOS EXPERIMENTOS

Os materiais auxiliares desempenham um papel crucial na condução de experimentos científicos, especialmente aqueles concebidos para fins educacionais, proporcionando suporte essencial para a precisão e eficiência das investigações. Na Física experimental, por exemplo, garrafas PET³ (ver figura 7.71) são frequentemente empregadas como câmaras de pressão, enquanto esferas retiradas de juntas homocinéticas de veículos (ver figura 7.73) são utilizadas para análises de colisões e rolamentos de roda para estudos de atrito.



Figura 7.71



Figura 7.72



Figura 7.73

Figura 7.74: Materiais de Baixo custo: esferas e garrafa PET de 250 ml. (Autoria Própria, 2024).

Esses materiais não apenas facilitam a execução dos experimentos, mas também são fundamentais para garantir a segurança e estabilidade das montagens experimentais.

Além disso, cabos de aço de varal, presilhas de ferro e braçadeiras de plástico desempenham um papel crucial na montagem e fixação dos componentes experimentais, assegurando que os resultados obtidos sejam precisos e confiáveis. Por outro lado, pedaços de sobra de MDF oferecem uma base robusta e adaptável para dispositivos e estruturas experimentais, permitindo ajustes e modificações conforme necessário.

Durante a confecção dos aparatos experimentais descritos neste produto educacional, fez-se uso de materiais de baixo custo. A lista daqueles que foram usados pode ser visualizada a seguir.

³Sigla para polietileno tereftalato.

- Garrafa PET de 250 ml
- Esferas retiradas de junta homocinética de veículos
- Rolamento da roda
- Cabo de aço para varal
- Presilhas de ferro
- Braçadeiras de plástico
- Pedacos de sobra de MDF

A utilização criteriosa e adequada desses materiais não apenas enriquece o processo experimental, mas também promove condições adequadas para a aplicação a realização dos experimentos propostos. Essa combinação de elementos não só facilita a execução de experimentos complexos, mas também prepara estudantes e pesquisadores para enfrentar desafios científicos com criatividade e eficácia, contribuindo assim para o avanço contínuo do conhecimento científico e tecnológico.

CAPÍTULO 8

Sequência Didática e sua Aplicação

Foi apresentado um brevíssimo resumo sobre a teoria de ensino que será usada para elaboração das atividades que constam do produto educacional. Também foram abordadas, resumidamente, as metodologias ativas e as ferramentas que serão úteis na construção deste produto. Todos os experimentos apresentados são concebidos para cursos iniciais de Física na Educação Básica e os temas discutidos são abstratos. Sendo assim, podemos tirar muito proveito de experimentos inovadores para discutir estes conceitos físicos em sala de aula. Nesta seção, o que se almeja é detalhar, em uma sequência didática, as atividades proposta para o ensino de tópicos de Mecânica Clássica. Nosso objetivo é proporcionar uma abordagem inovadora ao combinar metodologias ativas e tecnologia moderna, visando uma aprendizagem mais eficaz e envolvente. A sequência didática será estruturada para integrar esses elementos de forma coesa, promovendo uma experiência educacional enriquecedora e alinhada com os princípios teóricos discutidos anteriormente.

8.1 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Iniciamos as discussões apresentando, na Figura 8.1, um diagrama que representa a estrutura básica da sequência didática para a investigação de cada um dos tópicos de Física Clássica a serem abordados, a saber:

1. Cinemática - Queda Livre
2. Leis de Newton
3. Movimento Circular
4. Força Peso - Gravitação Newtoniana
5. Força Elástica
6. Quantidade de Movimento (momento), Trabalho e Energia

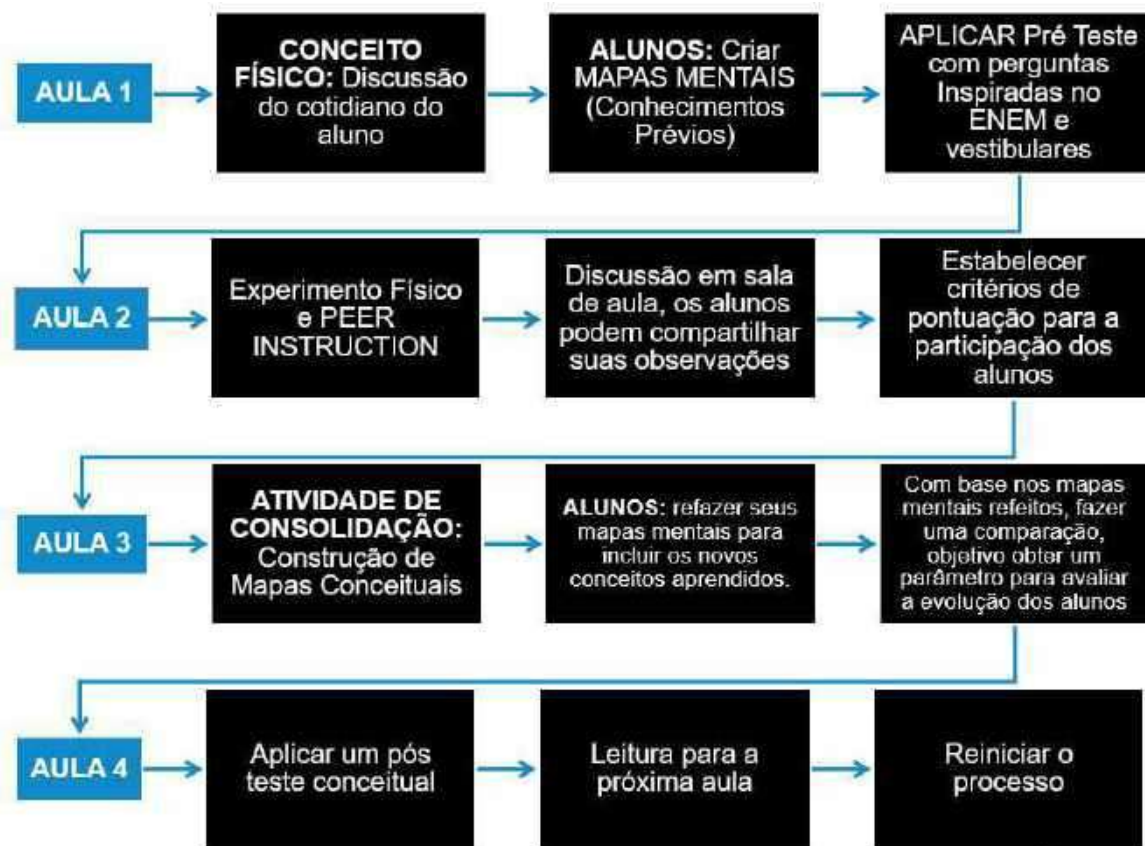


Figura 8.1: Diagrama de aplicação (Autoria Própria, 2024)

Todos os tópicos pertencem à estrutura curricular da primeira série do Ensino Médio. Utilizamos metodologias ativas e tecnologias inovadoras, conforme proposto neste trabalho. No diagrama, é possível identificar os momentos específicos em que cada metodologia ativa será aplicada, bem como a inserção dos experimentos ao longo da sequência. Essa visualização auxilia na compreensão da integração entre teoria e prática, destacando a dinâmica das atividades planejadas.

O rótulo "aula" foi utilizado para se referir a cada sequência de atividades, que julgamos ser adequadamente executadas durante 45 minutos de interação com os discentes da Educação Básica em atividades regulares da disciplina de Física. Todavia, o docente pode alterar a duração de cada uma das atividades para adaptá-las às diferentes turmas em que estiver lecionando. Assim, trata-se de um planejamento flexível que pode facilmente se adaptar às diversas realidades das escolas de Educação Básica do país.

8.1.1 Aula 01

1. Introdução do **conceito físico**: a sugestão é iniciar com evento do cotidiano do discente. O docente pode usar, por exemplo, vídeos e reportagens, relacionando os avanços tecnológicos.
2. Atividade Inicial - solicitar aos discentes a confecção de **mapas mentais** representando seus conhecimentos prévios sobre o tema, enquanto sondam seus subsunçores.
3. Aplicação de um **pré teste** com perguntas inspiradas no Enem e Vestibulares para explorar os conceitos-chave e identificar lacunas de compreensão durante a discussão dos mapas mentais. Em

cada um dos tópicos apresentados neste produto educacional há um banco com 20 questões que podem ser úteis.

8.1.2 Aula 02

1. **Atividade experimental** associada à metodologia **Peer Instruction**: realizar o experimento usando metodologia ativa. A estratégia sugerida é dividir a turma em grupos e solicitar que observem, registrem os dados do experimento e discutam sobre questões apresentadas pelo professor.
2. **Discussão** em sala de aula usando metodologia de peer instruction. Os grupos devem compartilhar as observações relativas ao experimento, discutir os conceitos e também responder aos questionários formulados pelo professor para estimular o pensamento crítico.

8.1.3 Aula 03

1. **Atividade de Consolidação - Construção de Mapas Conceituais**. Tendo por base as observações que foram realizadas durante o experimento bem como a discussão em sala de aula, os alunos devem ser solicitados a trabalharem em seus mapas mentais para incluir os novos conceitos e também corrigir tópicos quando necessário.
2. Atividade docente - **comparação** entre os **mapas mentais** obtidos nas aulas 1 e 3 com o objetivo de se estabelecer a evolução intelectual dos discentes em relação aos conceitos físicos abordados.

8.1.4 Aula 04

1. Aplicar um **pós teste** conceitual.
2. Recomendação de leitura prévia com o objetivo de iniciar as atividades para a próxima aula. O professor deve ser responsável por indicar aos discentes algumas sugestões de leitura ou fornecer informações que oriente acerca de pesquisas para a leitura sugerida.

A estrutura básica com as quatro fases pode ser executada para a discussão de cada um dos tópicos de Física que o docente se propuser a abordar em sala de aula. As propostas experimentais inovadoras foram concebidas de forma a proporcionar liberdade para que a interatividade do aluno com o aparato experimental, incluindo a programação, seja dosada pelo docente. Esta estratégia foi adotada com o intuito de fazer com que o material seja adequado para utilização com diferentes níveis de interatividade e disponibilidade de recursos financeiros e temporais.

CAPÍTULO 9

Conclusão

A integração do Arduino com metodologias ativas como instrução por pares, STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) e aprendizagem significativa representa um avanço significativo no ensino de Física na Educação Básica. O Arduino, por sua natureza prática e versátil, proporciona aos alunos não apenas o aprendizado teórico dos conceitos físicos, mas também a oportunidade de aplicá-los em projetos concretos e relevantes.

Ao envolver os estudantes em atividades práticas e colaborativas, como a instrução por pares, eles não apenas adquirem conhecimentos técnicos, mas também desenvolvem habilidades essenciais, como resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento crítico. Além disso, a abordagem STEAM promove a interdisciplinaridade, conectando os princípios da Física a outras áreas do conhecimento, como Matemática, Tecnologia e Artes, tornando o aprendizado mais contextualizado e envolvente.

A aprendizagem significativa é fomentada quando os alunos conseguem aplicar os conceitos teóricos em projetos práticos usando o Arduino. Isso não só aumenta a motivação e o interesse dos estudantes, mas também tem potencial para fortalecer sua compreensão dos princípios físicos, por meio da realização de testes de hipóteses relativas ao fenômeno estudado usando experimentos.

Portanto, a combinação do Arduino com metodologias ativas no ensino de Física no Ensino Médio não apenas tem um potencial para preparar os alunos para desafios futuros em Ciência e Tecnologia, mas também os capacita a se tornarem aprendizes autônomos e criativos, capazes de aplicar o conhecimento adquirido de maneira prática e inovadora. Essa abordagem não apenas transforma a forma como a Física é ensinada, mas também prepara os alunos para um mundo cada vez mais tecnológico e interconectado.

Referências

- ALVES, Natália. **Cinemática – Velocidade média, Movimento uniforme, Movimentos sob ação da gravidade**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://www.gestaoeducacional.com.br/cinematica-o-que-e/>. Publicado em 20/08/2019, às 12:08. Acesso em: 12 jul. 2024.
- ARAGÃO, R. M. R. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel**. 1976. Tese de Doutorado – Campinas.
- ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: UMA PROPOSTA PARA O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, UFRGS, v. 30, n. 2, p. 362–384, 2013. DOI: 10.5007/2175-7941.2013v30n2p362.
- ARDUINO. **Software**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://www.arduino.cc/en/software/>. Acesso em: 14 jul. 2024.
- AUSUBEL, David Paul. A aprendizagem significativa. **São Paulo**, 1982.
- BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**, p. 1–12, 2020.
- BNCC, MINISTERIO DA EDUCAÇÃO -. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Conselho Nacional de Secretários de Educação – CONSED União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação – UNDIME**, v. 1, n. 1, p. 1–567, 2016.
- CAVALCANTE, Everton. A Sinergia Emergente: Explorando a Relação entre o Ensino de Física no Brasil e o Uso da Inteligência Artificial. **Revista Física no Campus**, v. 3, n. 2, p. 1–5, 2023. Seção: Artigos Gerais. ISSN 2764-5924. Disponível em: <<http://novo.revista.uepb.edu.br/fisicanocampus>>.
- CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 33, p. 4503–4503, 2011.
- CHATGPT. **Página inicial**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://chatgpt.com/c/50c4acbe-4b10-4f74-914f-d0c2613b89a3>. Acesso em: 14 jul. 2024.
- CLASSROOM, Smart. **Mit der App Plickers das Lernen transformieren**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://smart-classroom.de/mit-der-app-plickers-das-lernen-transformieren/>. Accessed: 2024-07-08.
- CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, e2308, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0012>. Acesso em: 12 jul. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0012>.
- EDUCACIONAL, Gestão. **Força de Atrito: Fórmula e Aplicações**. [S.l.: s.n.], 2024. Accessed: 2024-07-31. Disponível em: <<https://www.gestaoeducacional.com.br/forca-de-atrito-formula>>.

ESPECIFICADO, Autor Não. **Título do Artigo**. [S.l.: s.n.], 2024. <http://profmikra.org/?p=1975>. Acesso em: 08 jun. 2024.

FERRAZ, Roberto. Ensino médio e preparação da juventude para o mercado de trabalho: contradições (aspirações e expectativas profissionais de alunos concluintes do ensino médio da Rede Pública Estadual). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2006.

FERRETTO, Professor. **Informações sobre o Professor Daniel Ferretto**. [S.l.: s.n.], 2024. Fonte: Professor Ferretto. Nascimento: 1975 ou 1976, Carazinho, Rio Grande do Sul. Nacionalidade: brasileiro. Alma mater: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Ocupação: professor. Outras ocupações: policial federal (2012-2017). Página oficial: <http://professorferretto.com.br>.

GARCIA, Maria Betânia de Oliveira; OLIVEIRA, Michelly Macedo de; PLANTIER, Amanda Pavani. Interatividade e mediação na prática de metodologia ativa: o uso da instrução por colegas e da tecnologia na educação médica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, SciELO Brasil, v. 43, p. 87–96, 2019.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentals of Physics**. 4th. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1993.

INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE. **Energía mecánica, potencial y cinética**. [S.l.: s.n.], 2024. https://www.ina-pidte.ac.cr/pluginfile.php/82235/mod_resource/content/1/energa_mecnica_potencial_y_cintica.html. Acesso em: 10 jul. 2024.

LOMBARDI, Evandro et al. Tecnologias móveis na educação básica: o smartphone no processo de ensino e aprendizagem no contexto do ensino médio. Universidade do Oeste Paulista, 2018.

MAIA, Dennys Leite; CARVALHO, Rodolfo Araújo de; APPELT, Veridiana Kelin. Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 49, p. 68–88, 2021.

MAZUR, Eric. **Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa**. [S.l.]: Penso Editora, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Instituto de Física – UFRGS**, 2012. Caixa Postal 15051 – Campus, 91501-970 Porto Alegre – RS. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira>.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Forças Dissipativas**. [S.l.: s.n.], 2024. Accessed: 2024-08-01. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/forcas-dissipativas.htm>.

NAUROK. **Mehanika: Test**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://naurok.com.ua/test/mehanika-878251.html>. Acesso em: 12 jul. 2024.

PLICKERS. **Formative assessment has never been faster**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://get.plickers.com/>. Accessed: 2024-07-08.

PORTAL SINAPSYS.NEWS. **Metodologia para tornar outras áreas mais atrativas**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://sinapsys.news/metodologia-para-tornar-outras-areas-mais-atrativas/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

QUINA, Nelson; CASAL-DE-LA-FUENTE, Lucía; CARDOSO, Mário. A integração das artes na abordagem STEAM: uma revisão sistemática da literatura. **VII Encontro Internacional de Formação na Docência: Livro de Resumos**, Instituto Politécnico de Bragança, 2023.

REVIMAGE. **Centrifugal Force Between Earth and Moon**. Accessed: 10 jul. 2024. 2024. Disponível em: <https://www.revimage.org/centrifugal-force-between-earth-and-moon/>.

SH, Hayzel. **Quantidade de movimento**. [S.l.: s.n.], 2017. <https://pir2.forumeiros.com/t137882-quantidade-de-movimento>. Acesso em: 12 jul. 2024.

SILVA, Marcelo Castanheira da et al. A Revolução da Inteligência Generativa Artificial e o Aprendizado na Educação Básica: O Caso do ChatGPT no Contexto Brasileiro. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, 2024. Recebido em: 22/09/2023; Aceito em: 25/03/2024. Disponível em: <https://www.exemplourl.com>.

SILVA, Sani de Carvalho Rutz; SCHIRLO, Ana Cristina. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social. **Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, p. 36–42, 2014.

SILVEIRA, Bernardo Soares da Conceição. **Competências digitais na formação de professores para o componente de tecnologia e inovação do programa inova do ensino médio paulista**. 2023. Tese (Doutorado).

STUDART, Nelson. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1–24, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Força de Atrito: Fórmula e Aplicações**.

[S.l.: s.n.], 2024. Accessed: 2024-07-31. Disponível em:

<<http://penta3.ufrgs.br/fisica/Atrito/tutoriais.html>>.

USINAINFO. **Balança Arduino com Célula de Peso e HX711: Tutorial Calibrando e Verificando Peso**. [S.l.: s.n.], Acesso em: 10-07-2024. <https://www.usinainfo.com.br/blog/balanca-arduino-com-celula-de-peso-e-hx711-tutorial-calibrando-e-verificando-peso/>.

VENTURINE, Cleidson; OLIVEIRA MALAQUIAS, Isabel Maria Coelho de. INCLUSÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM ABORDAGENS STEAM NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM PROJETO DE EXTENSÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO CIENTÍFICO DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 203–217, 2023.

VIEIRA, Luis Duarte; NICOLODI, Jean Carlos; DARROZ, Luiz Marcelo. A área de Ciências da Natureza nos PCNs e na BNCC. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 5, p. 105–122, 2021.

YAKMAN, Georgette. STEAM education professional development practicum & research. **Proceedings of the PATT**, v. 34, 2017.

ZANATTA, Shalimar Calegari. A implantação de uma Base Nacional Comum Curricular–BNCC no contexto do progresso ensino e aprendizagem de Física. **Conhecimento público, educação tutorial e outras reflexões sobre o ensino de Ciências**. Maringá: LCV-UEM, p. 311–330, 2017.

ZUIM, Edgar. **Apostila - Configurações, operações e comandos básicos do Arduino**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://www.ezuim.com/arduino/arduino.html>. Acesso em: 10 jul. 2024.

CAPÍTULO A

Apêndice

A.1 QR CODE DE SUGESTÕES DE VÍDEOS DOS CONTEÚDOS



QR CODE DE SUGESTÕES DE VÍDEOS DOS CONTEÚDOS

Queda Livre



As Leis De Newton



Massa e Peso



Quantidade de Movimento



Movimentos do Corpo Rígido



Movimentos do Corpo Rígido – CONSERVAÇÃO



Movimentos do Corpo - Momento Angular Roda



O Teorema Do Trabalho-Energia



A Segunda Lei de Newton



A Terceira Lei de Newton



A Primeira Lei de Newton



A Gravidade



Força elástica



Força de Atrito



Força tensora



Força normal



Patinação Artística



A.2 QUEDA LIVRE





MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



/ QÓA sê " Q J5 yJ Qê 5
Í Á ã 5 QA-sêJAM" Q

" 5 yQ sêA 5 A
Ó" A " Qã êyA sRsê ÓQ 5 A

x ^A

^ ç

5 Í óQ ê 5 ÓA A sA

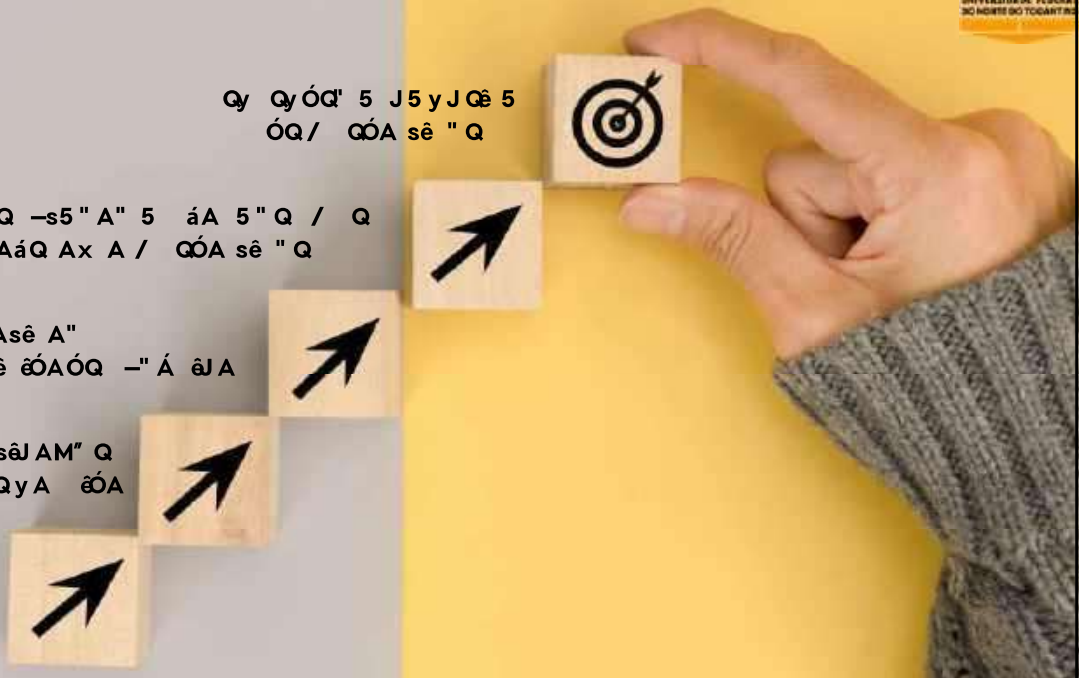


Qy Qy ÓQ' 5 J5 yJ Qê 5
ÓQ/ QÓA sê " Q

Q -s5 "A" 5 áA 5 "Q / Q
AáQ Ax A / QÓA sê " Q

" QAsê A"
A ê éÓAÓQ -" Á ãA

Óê J é' A A-sêJAM" Q
ÓA / QÓA sê " QyA éÓA
J5 éóAyA

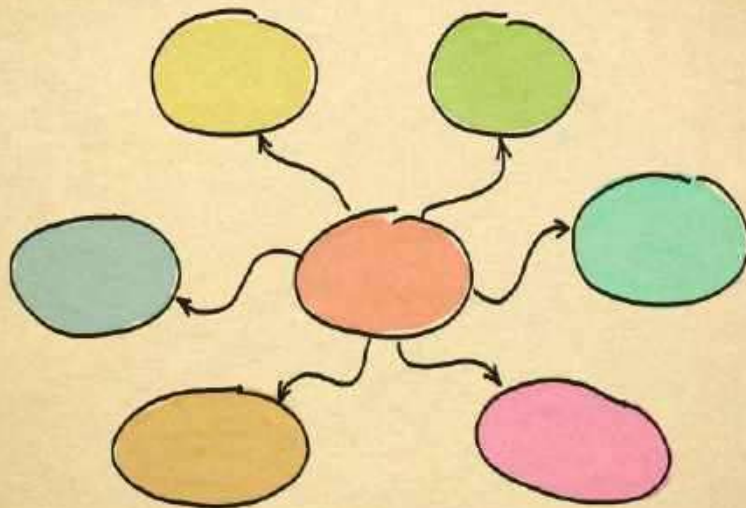


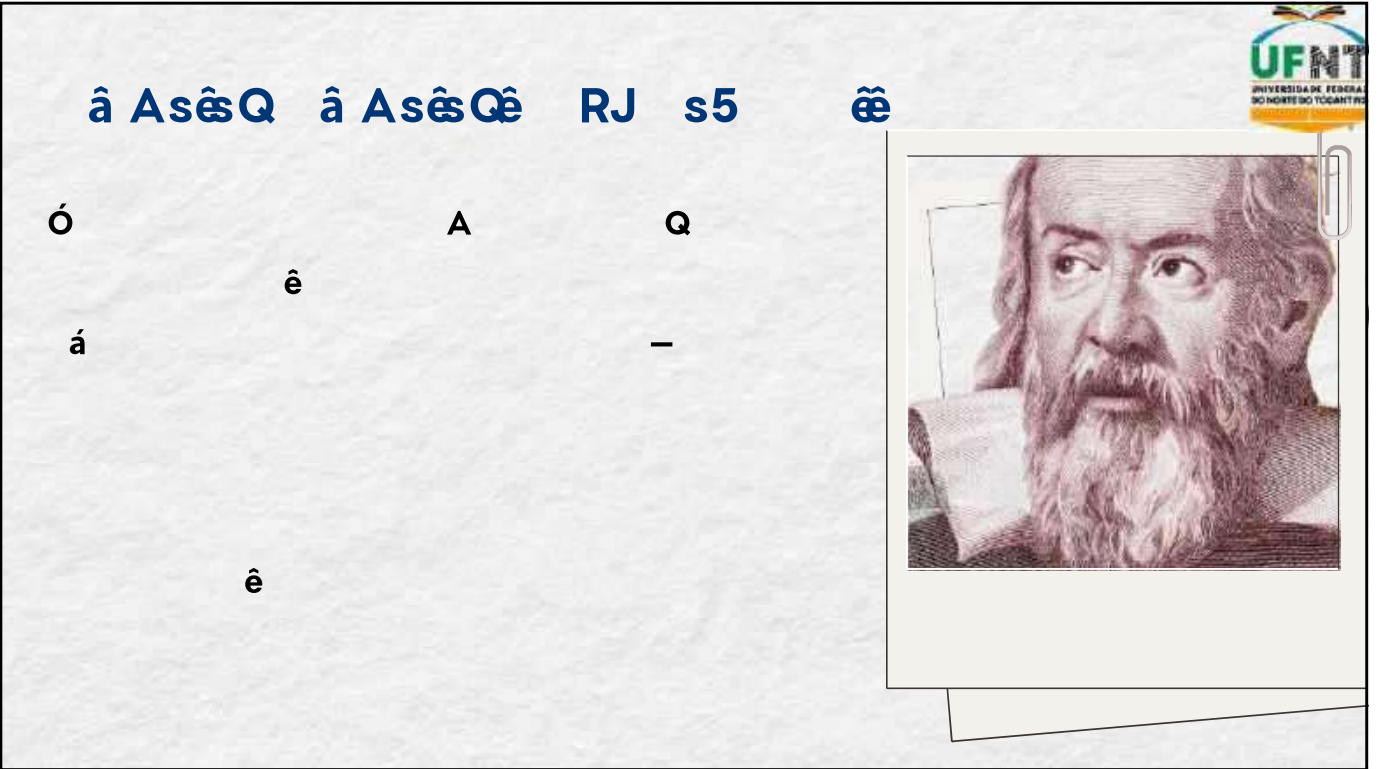
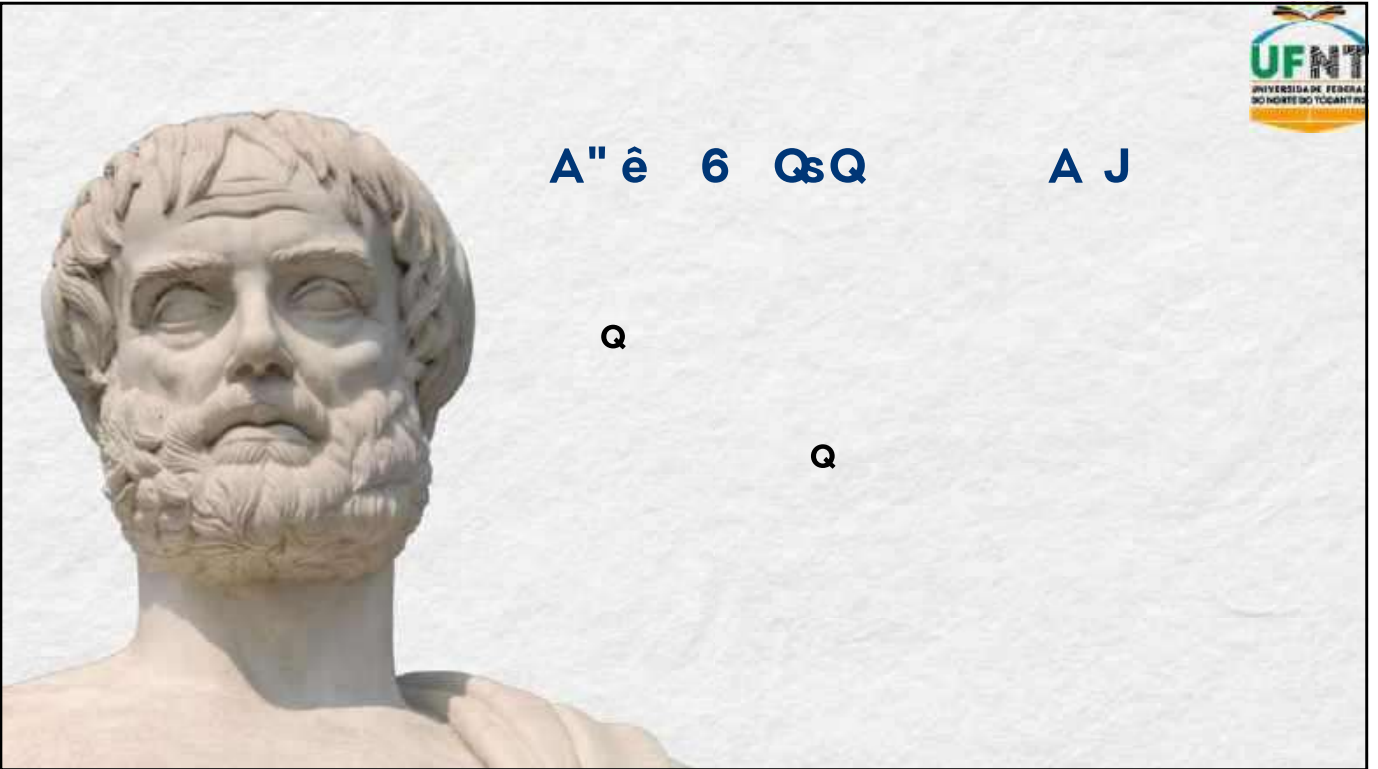



J" êQ x A-A x Qy As
 5 Í" Q5 / Q 5 MU
 Qy Qy ÓQx 5 Í" Q/ QÓA
 sê " Q



x 5 ÓQs5 Ó5 x A-A x Qy As








ê AAJ yQ 5 y

- y

Q á



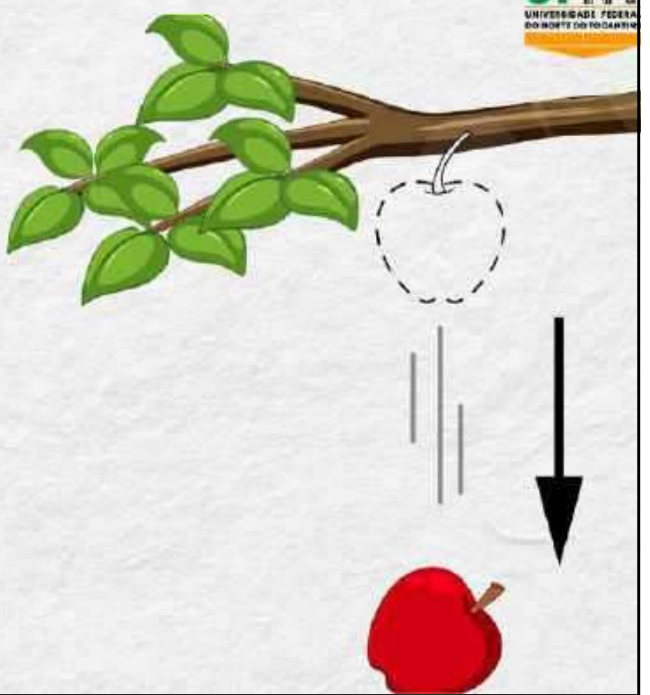

5 / QR / QÓA sê " Q

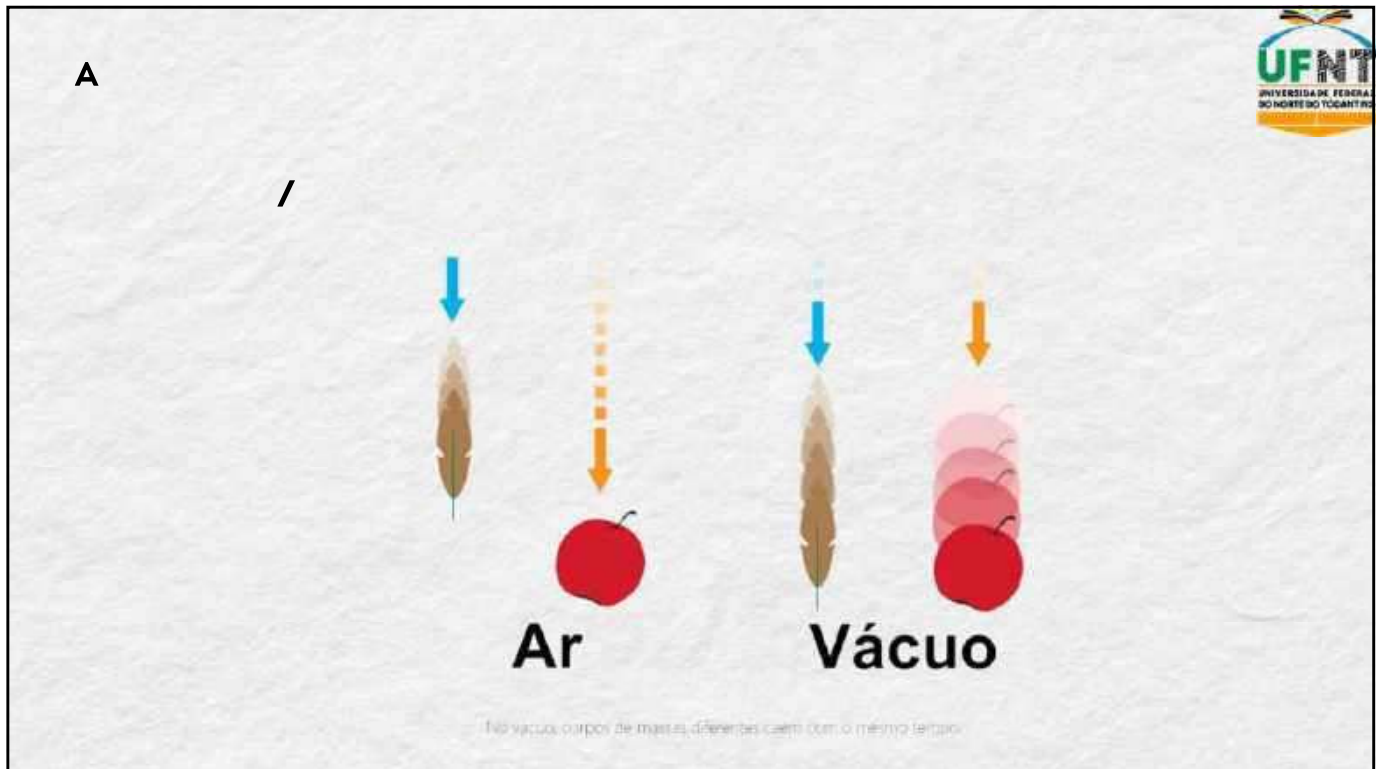
ó

• x

•

Q



Q/ AMG5 ÓA Qs5 JËÁÓQ Ó5
J5 " -5 yA / QÓA sê " Q

$$v = g \cdot t$$

v – velocidade de queda (m/s)
g – aceleração da gravidade (m/s²)
t – intervalo de tempo (s)

Q/ AMG5 ÓA As " A yA / QÓA sê " Q

A

$$H = \frac{gt^2}{2}$$

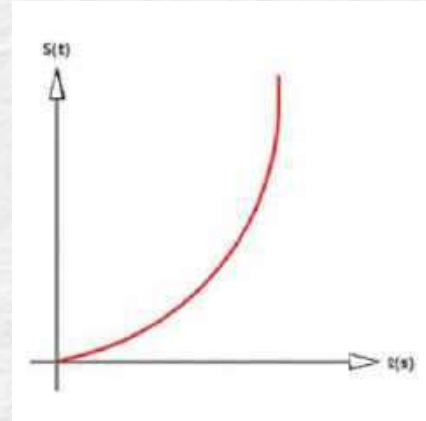
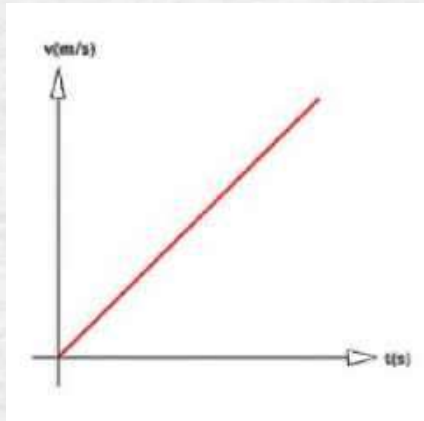
H – altura (m)

Q/ AMG5 ÓQ 5 " " êl Qsê

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot H$$

â " ÁáêJ5 ÓA / QÓA sê " Q

J



áA 5 " Q / QAáQ Ax A / QÓA sê " Q

â

á

A /

/

x 5

Q



Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5

5

x

x

y

A

-

s

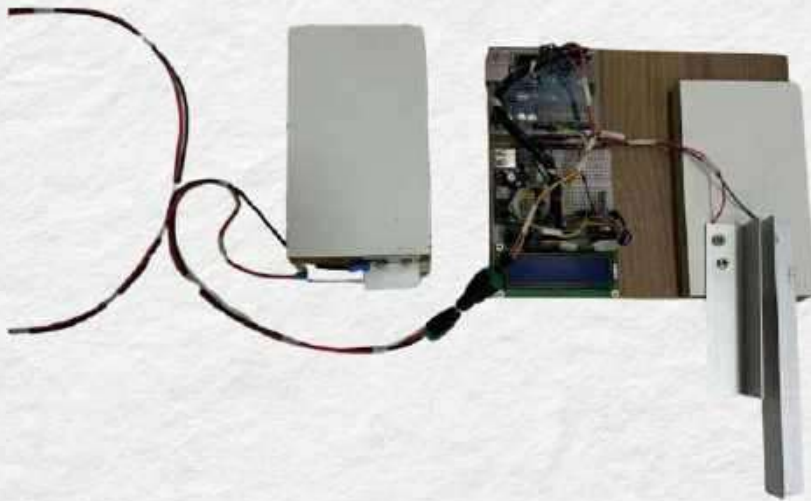
sJÓ

sJÓ

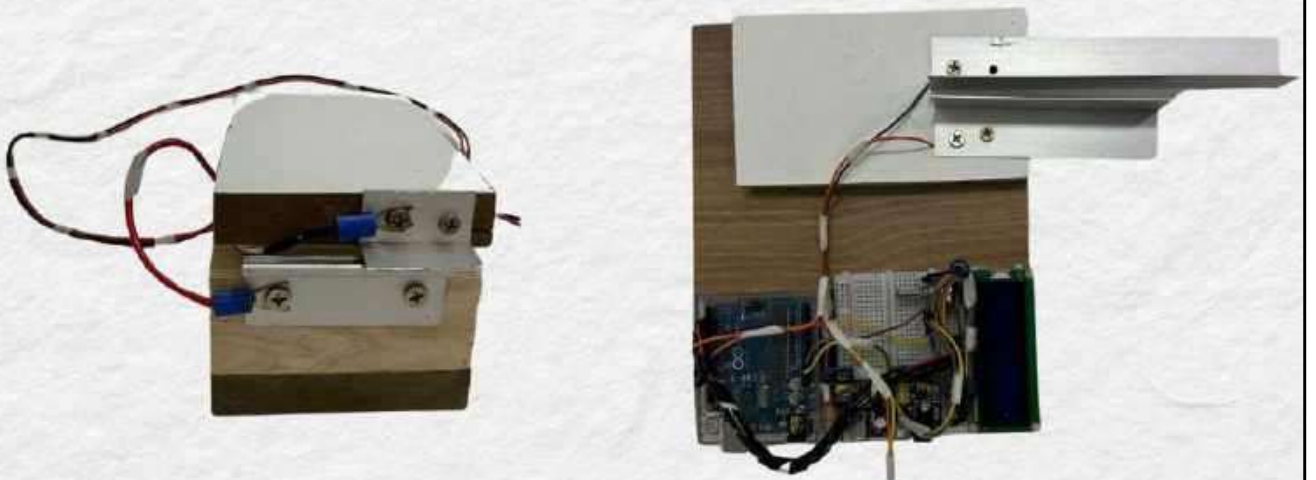
Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5



Q - Q' êx Qy 5 -" Á ê5



Q - Q' êx Qy 5 -" Á ê5



Q - Q' êx Qy 5 -" Á û5



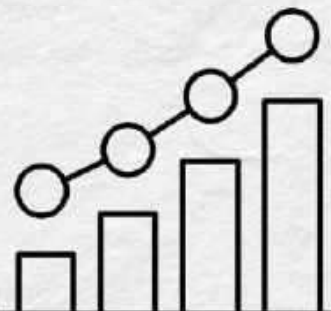
Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5



A Ó

J

Ó





Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

-
J

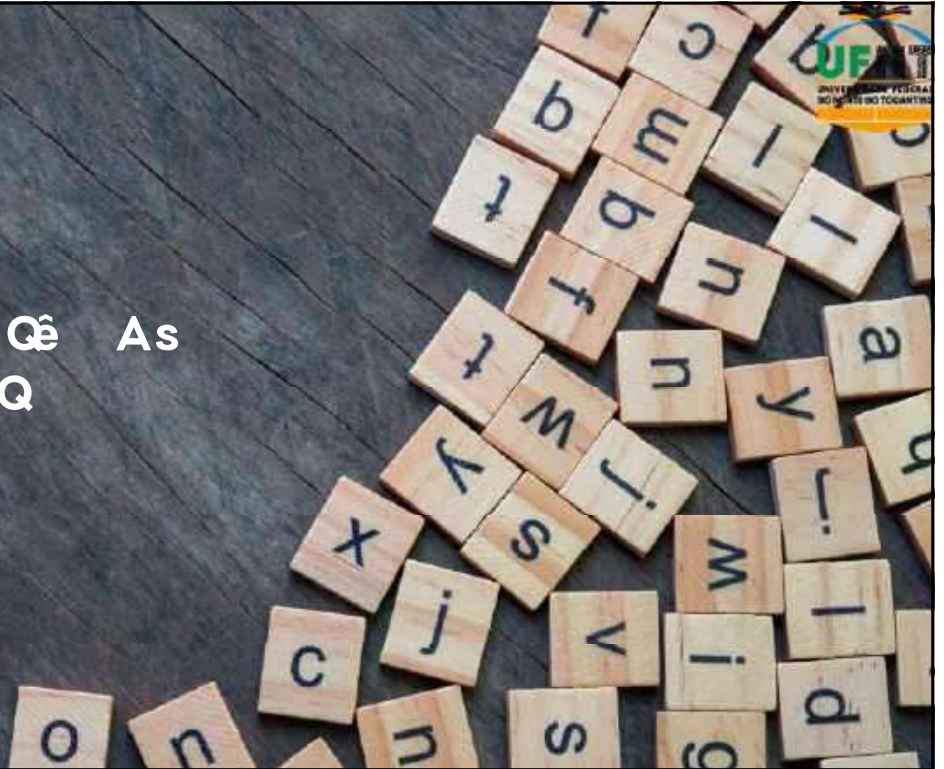
"

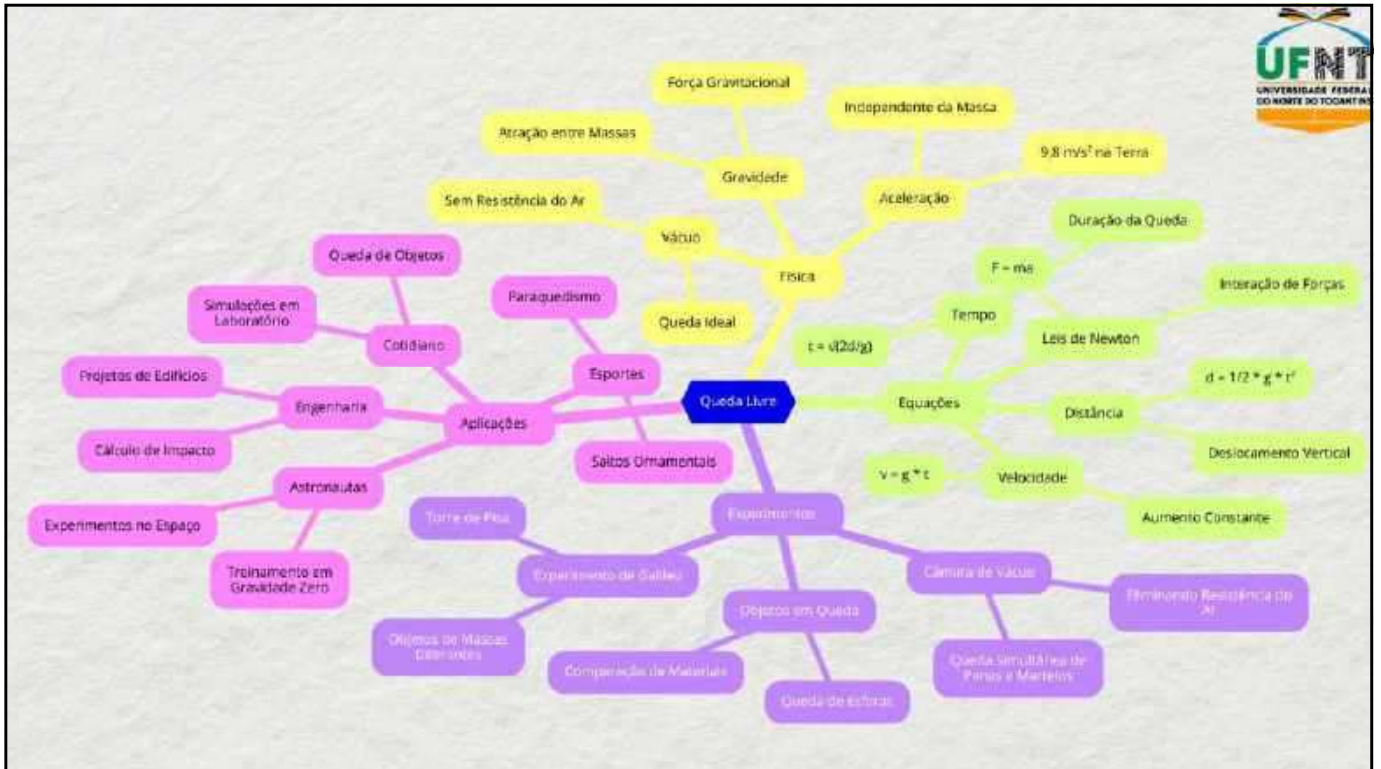
-

-



x A-A J5 y J Qê As
/ QÓA sê " Q





A – sê J AM" Q ÓA / QÓA sê " Q

yA éÓA J5 éÓêAyA
-A" A/ QÔê x 5



yA éÓA J5 éÓêAyA
Qyâ Qyd Qê' 5 JAsJ sAy Ó5 / QÓA ÓQ
5 Í óQ 5 Qx J5 y " MG5





A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
- " 5 óQ 5 ÓQ Qã " AyMA Qx A 5 x 6 Qê



A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
êx sAM" Q Qx ó5 â 5 ÓQ góQ5





–QQ' êy " J ã y



J" êQ x A–A x Qy As 5 Í " Q / QÓA sê " Q





/ Q õ y Á" õ áê As



x

U

U





u



x

ç

$$H = \frac{gt^2}{2} \rightarrow H = \frac{10 \cdot 2^2}{2} = 20 \text{ m}$$

x

$$v^2 = 2gH \rightarrow v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \rightarrow v = \sqrt{100} = 10 \text{ m/s ou } 36 \text{ km/h}$$

A



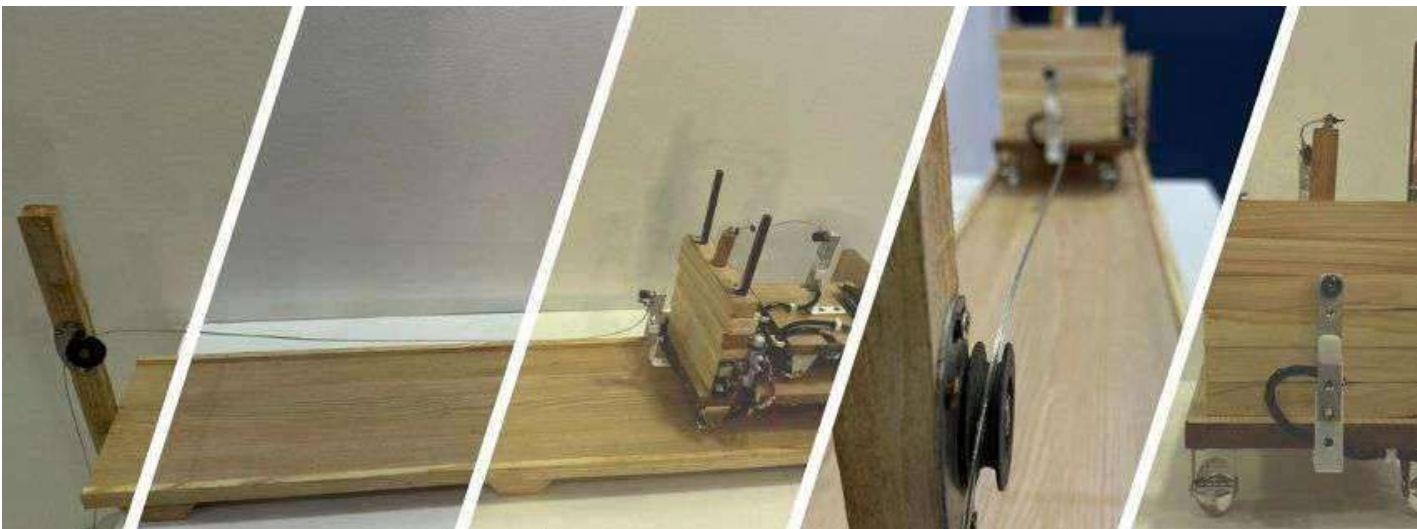
sQê " A -A" A A -" 6 êx A A sA

s "

x J

5 Í " ã AÓ5

A.3 LEIS DE NEWTON





MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

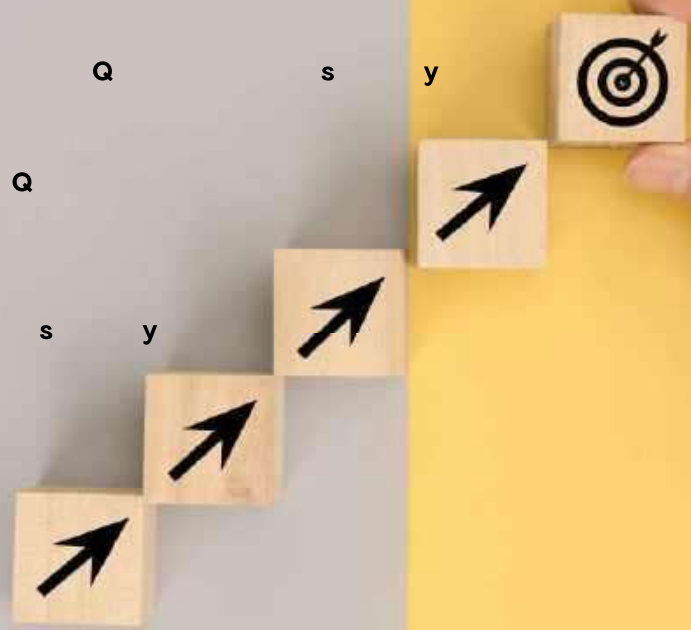


sQê ÓQyQ 5 y Q
á5 " MA ÓQ Qy G5

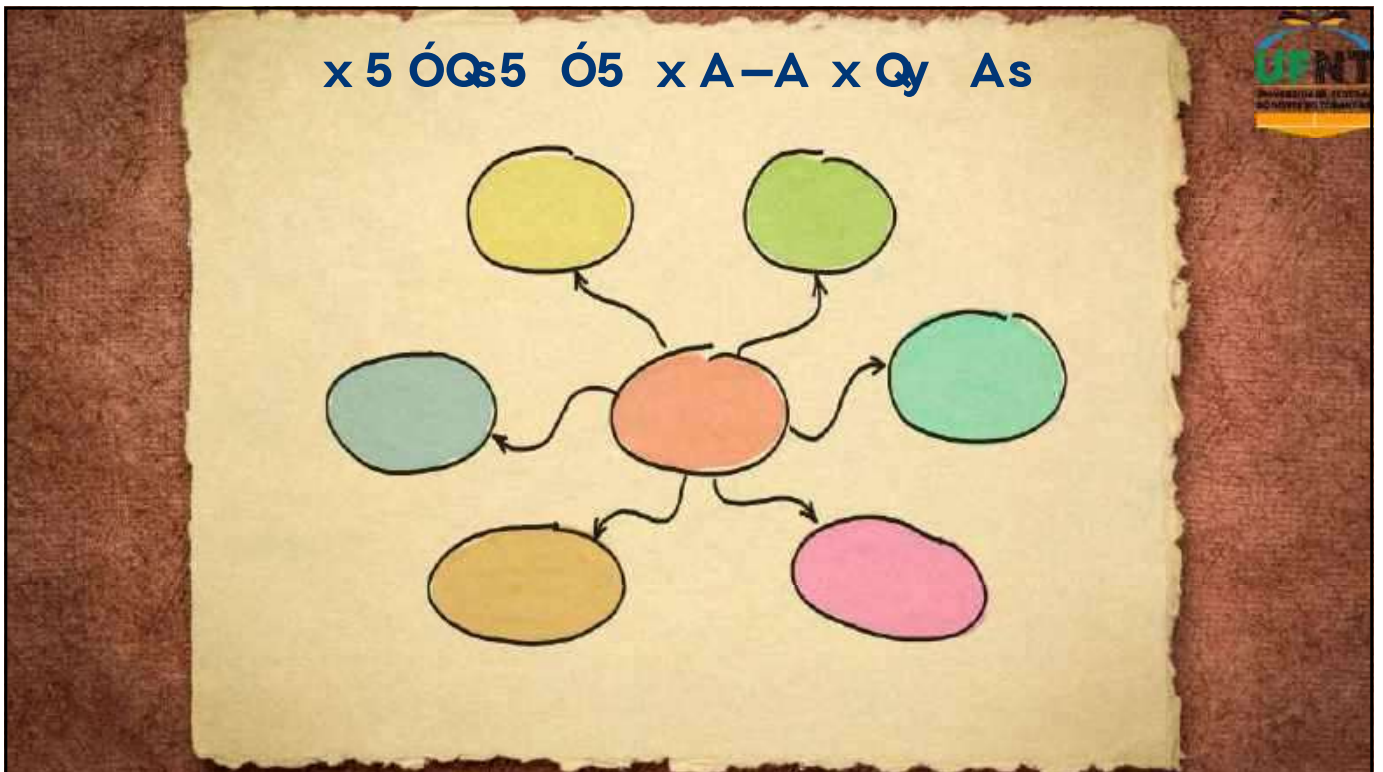
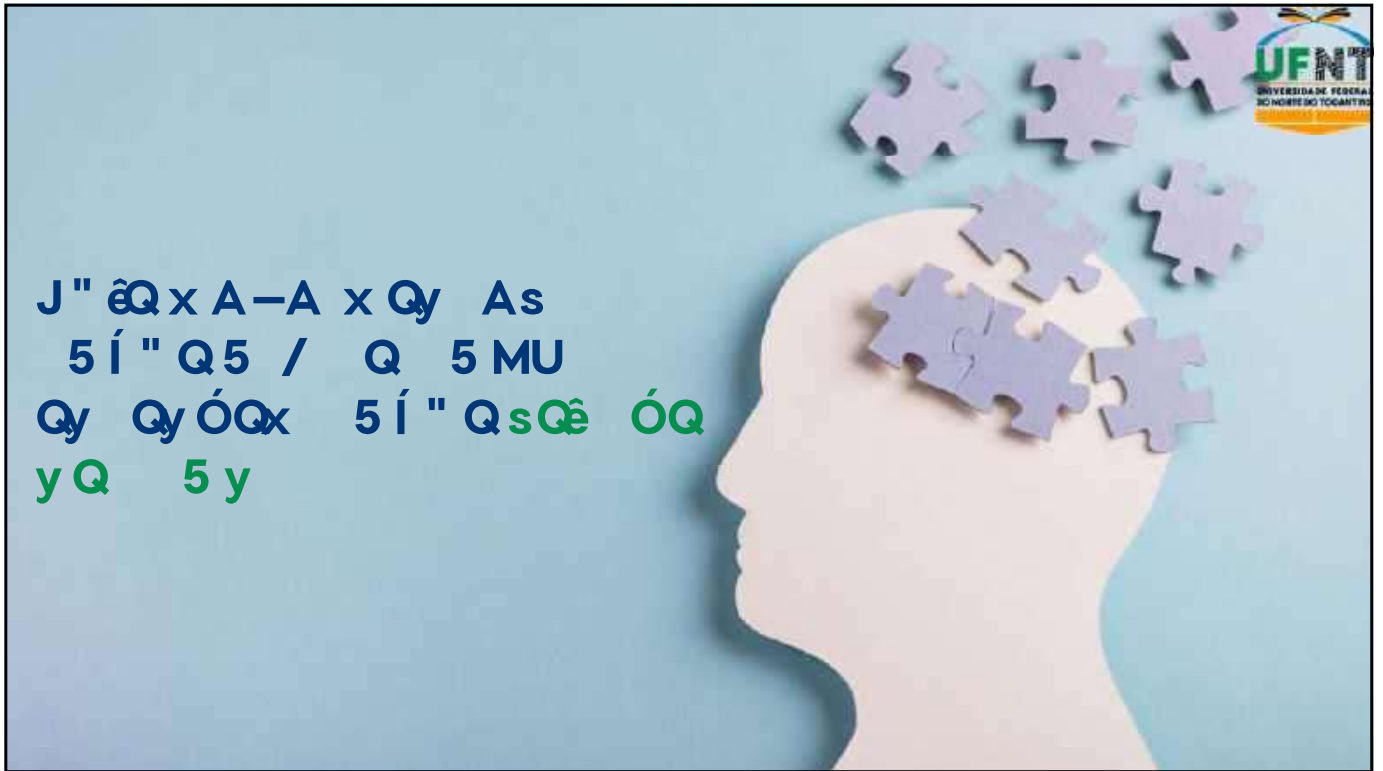
" 5 yQ sêA 5 A
Ó" A " Qã êyA sRsê ÓQ 5 A

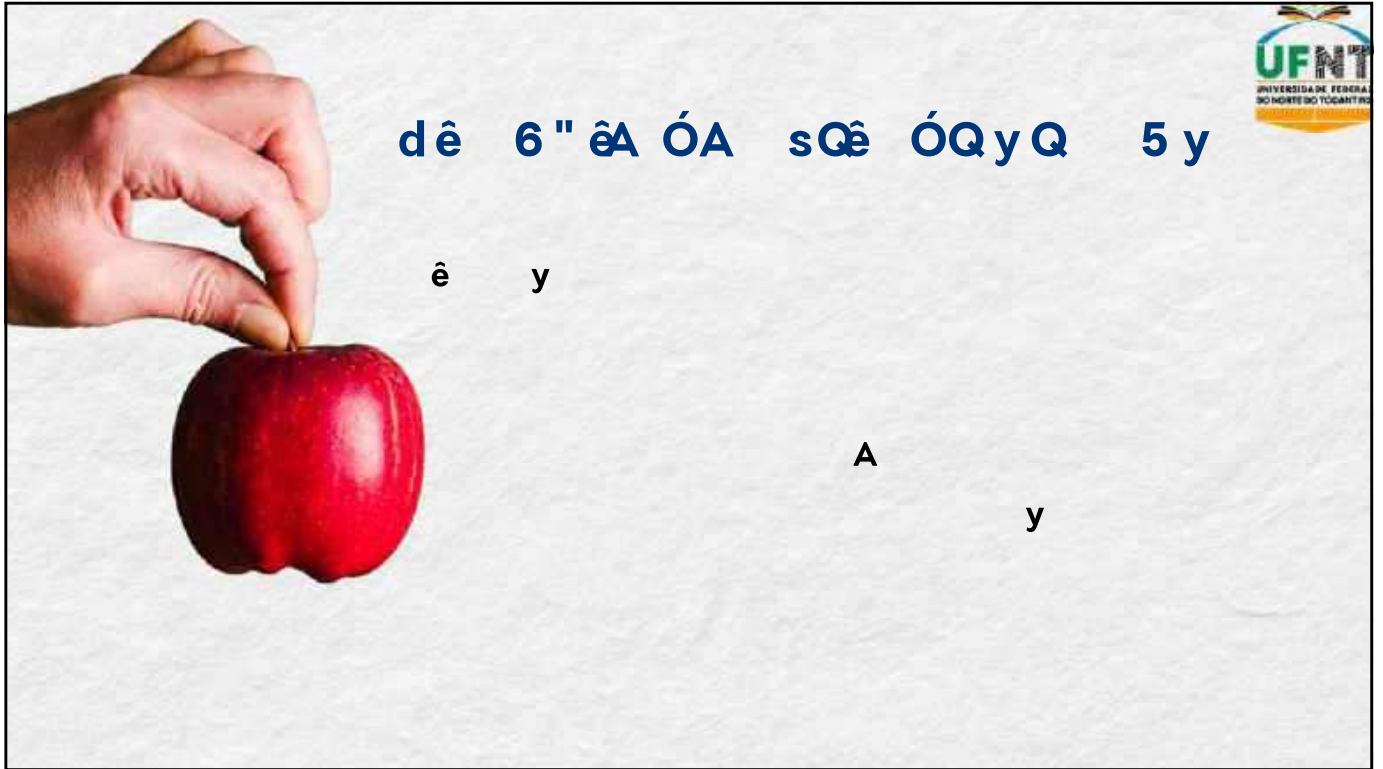
x ^A

5 Í óQ ê 5 ÓA A sA



Q s y
Q
J s y
A





AJ QsQ' AMG5

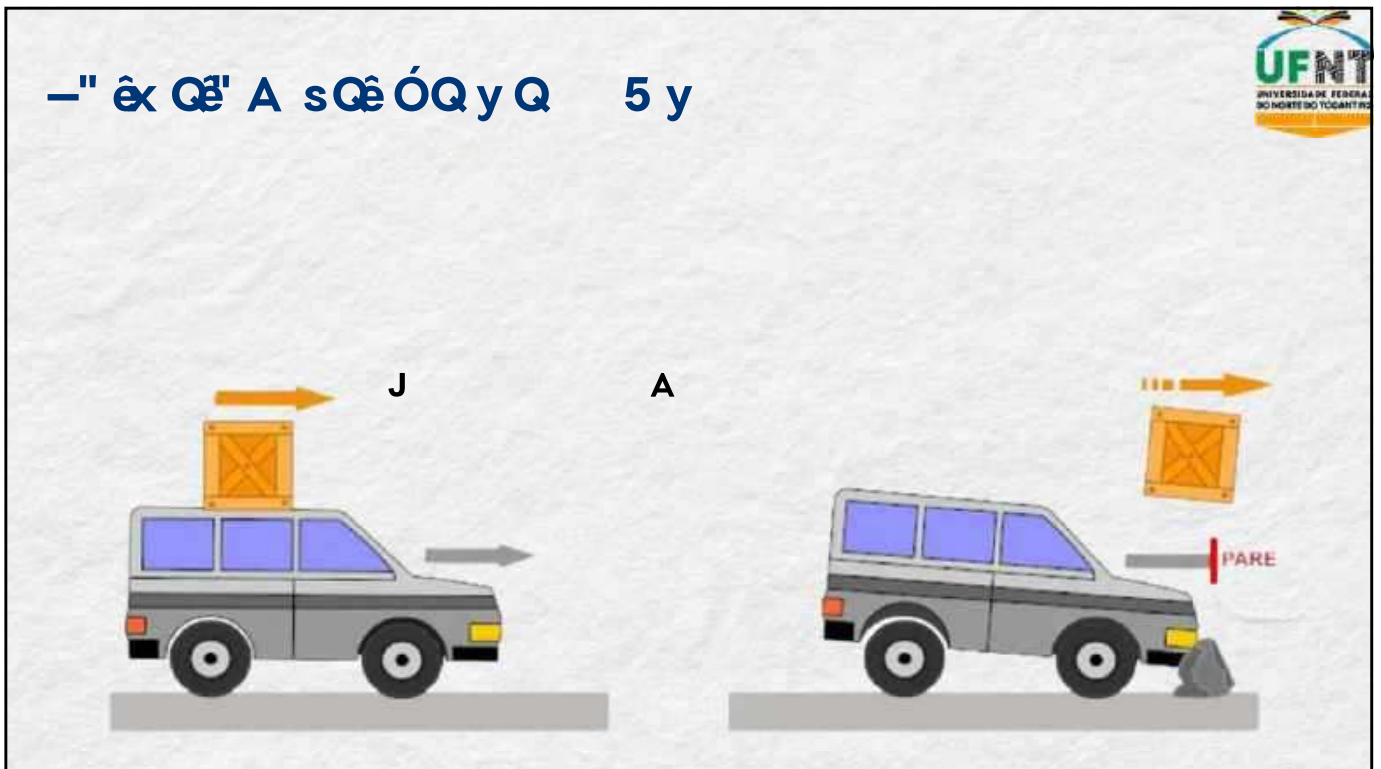
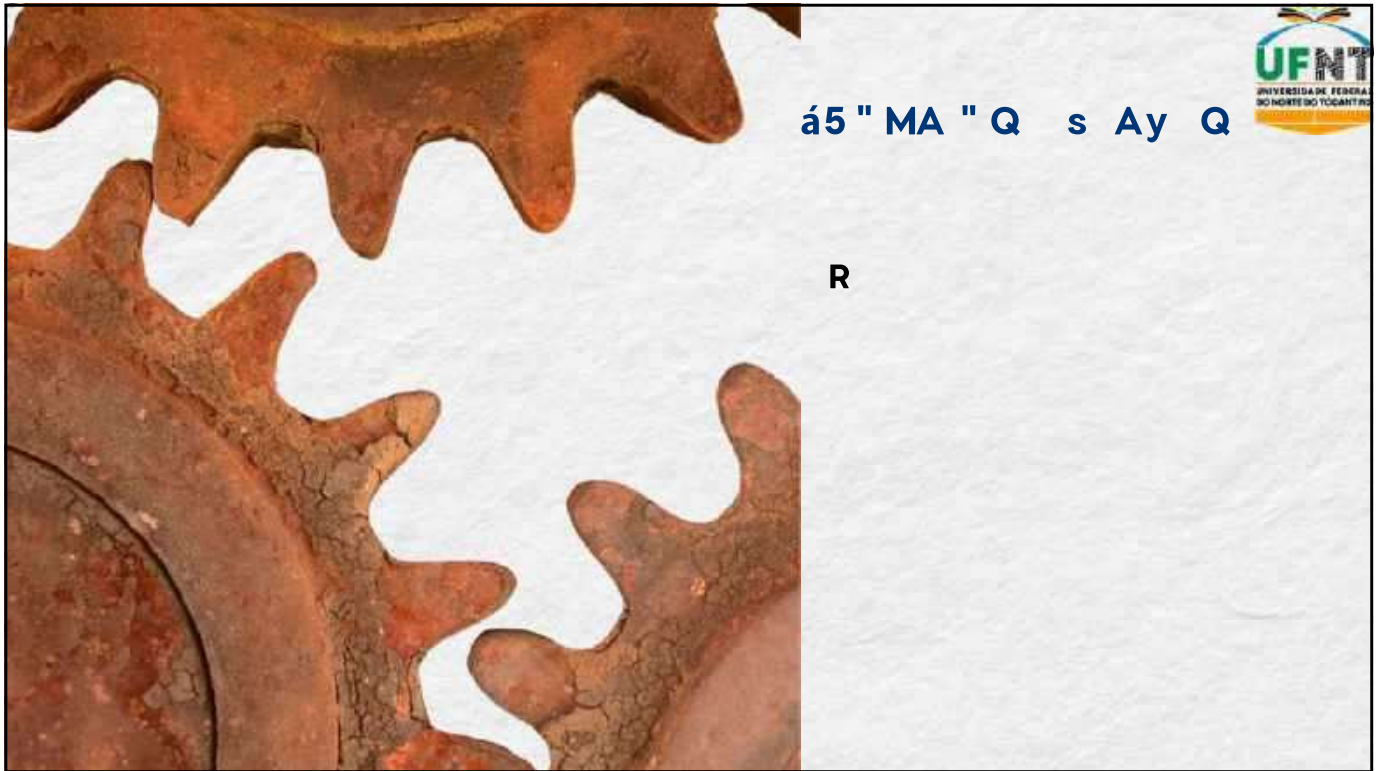


ÓQá5 " x AMG5



a ayaU





Qã y ÓA sQê ÓQy Q 5 y



A

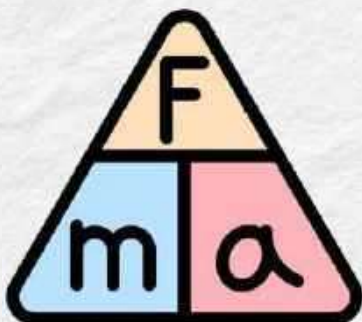


$$F = m \cdot a$$

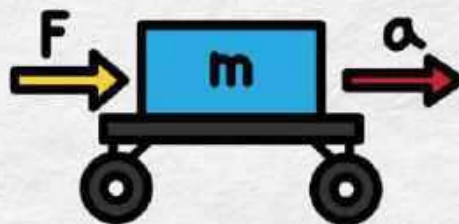
- F é a força resultante, medida em Newton $[N]$.
- m é a massa, medida em quilogramas $[kg]$.
- a é a aceleração, medida em $[m/s^2]$.

x''

Qã y ÓA sQê ÓQy Q 5 y



$$F = ma$$



Q' J Qê' A sQê ÓQy Q 5 y



A

Reação
força de recuo na arma

Ação
força de aceleração na bala



$$F_{AB} = -F_{BA}$$

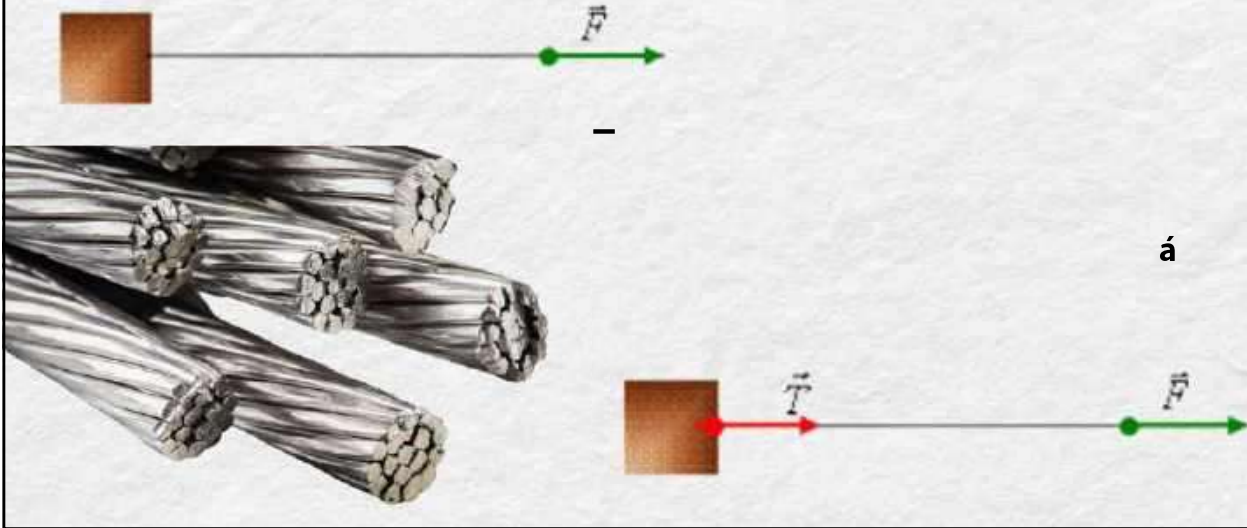
- $|\vec{F}_{AB}|$ é o módulo da força que o corpo A produz em B, medido em Newton [N].
- $|\vec{F}_{BA}|$ é o módulo da força que o corpo B produz em A, medido em Newton [N].

á5 " MA ÓQ " AMG5



5 " MA ÓQ " AMG5

ó



á

" AMG5 A-sêJAÓA 5 Í " Q x J5 " -5

/

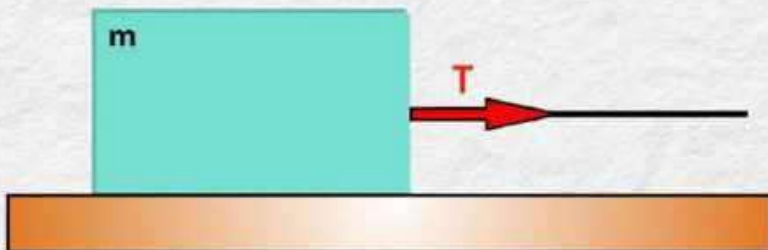


$$T = ma$$

T – Tração (N)

m – massa (kg)

a – aceleração (m/s²)



" AMG5 A-sêJAÓA 5 Í " Q x J5 " -5
 A-5 êAÓ5 Qx x A -Q' áglêQJ5 x A " ê 5

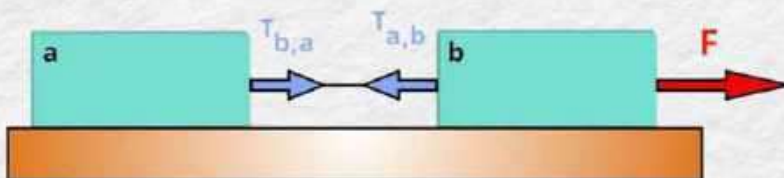
/

$$T - F_{at} = ma \quad \text{ou} \quad T - F_{at} = 0 \quad (\text{equilíbrio})$$



" AMG5 Qy " QJ5 " -5 Ó5 xQ x5 ê Qx A

/



$$\text{Corpo a} \rightarrow \{ T_{b,a} = m_a a$$

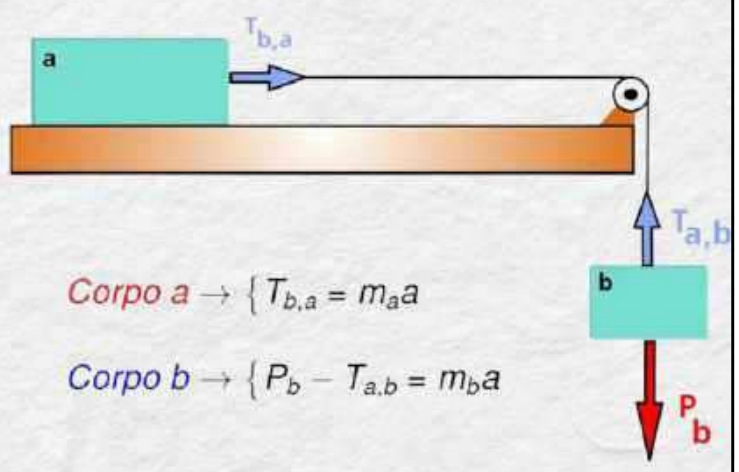
$$\text{Corpo b} \rightarrow \{ F - T_{a,b} = m_b a$$

$T_{a,b}$ - Tração que o corpo A faz sobre o corpo B.

$T_{b,a}$ - Tração que o corpo B faz sobre o corpo A.

" AMG5 Qy " QÍ s5 J5
A-5 êA Ó5

-Qy 5 QÍ s5 J5



Corpo a \rightarrow $\{ T_{b,a} = m_a a$

Corpo b \rightarrow $\{ P_b - T_{a,b} = m_b a$

/

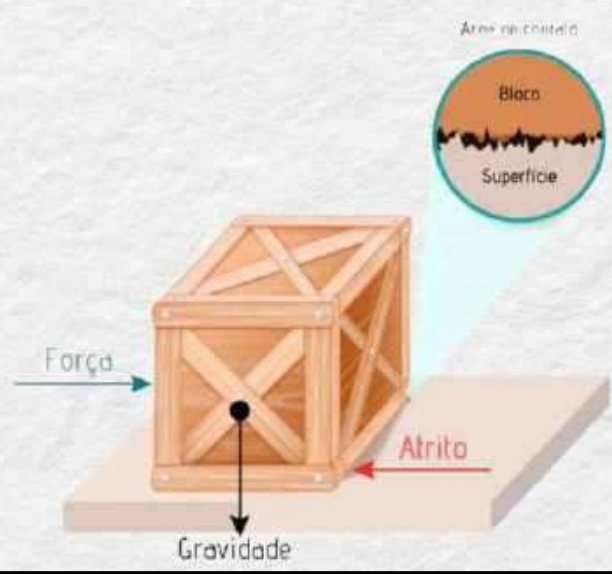
-í

á5 " MA ÓQA " ê 5



A

A



Forças em uma pessoa andando de bicicleta

R

5

s

s



Força normal, peso e de atrito atuando em uma pessoa andando de bicicleta



Força de atrito estático

$$\vec{f}_{at} = \mu_e \cdot \vec{N} \quad \text{VALOR MÁXIMO.}$$

\vec{f}_{at} é a força de atrito, medida em Newton [N].

μ_e é o coeficiente de atrito estático.

\vec{N} é a força normal, medida em Newton [N].

A FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO VARIA DE 0 ATÉ O VALOR MÁXIMO

Força de atrito cinético

$$\vec{f}_{at} = \mu_c \cdot \vec{N}$$

\vec{f}_{at} é a força de atrito, medida em Newton [N].

μ_c é o coeficiente de atrito cinético.

\vec{N} é a força normal, medida em Newton [N].

O VALOR PODE SER CONSIDERADO CONSTANTE E IGUAL A EXPRESSÃO





Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5

5

x

x 5 êx Qy 5 Ó5 JA" êyd 5

sJÓ

x

y

A

sJÓ

-

s

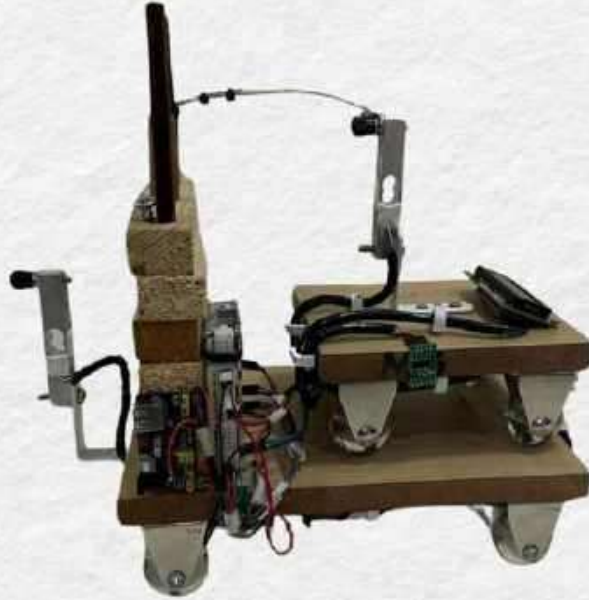


Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5





$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$



$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$





Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5

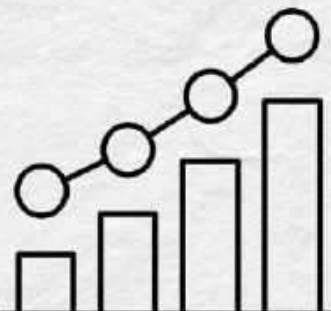


Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

A Ó

J

Ó





Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

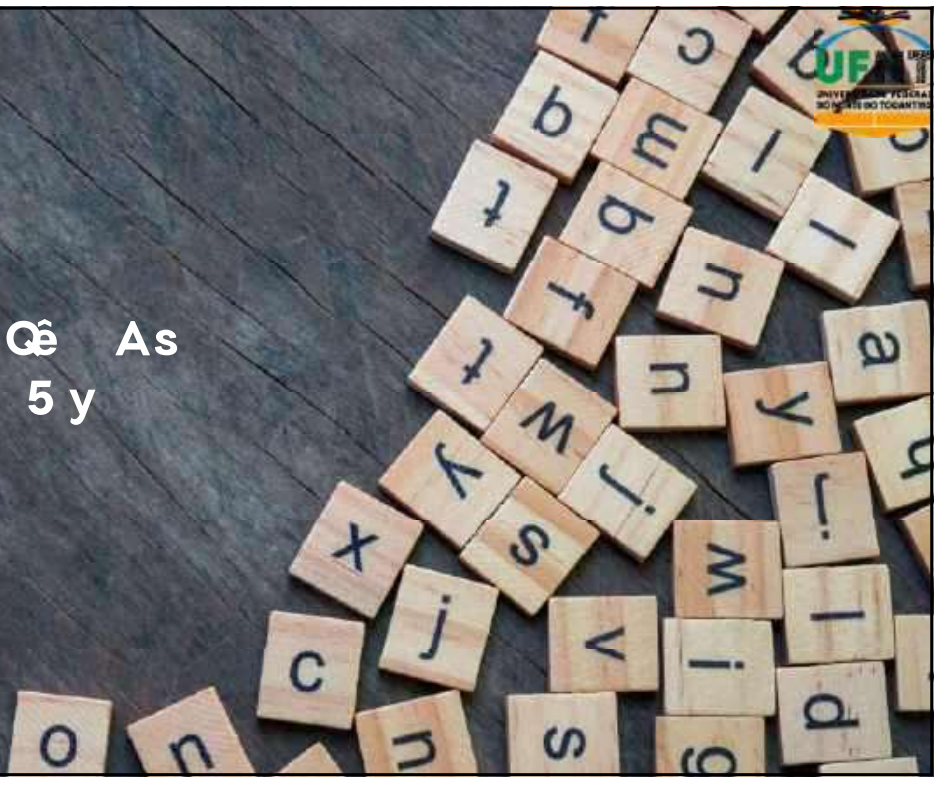
-
J

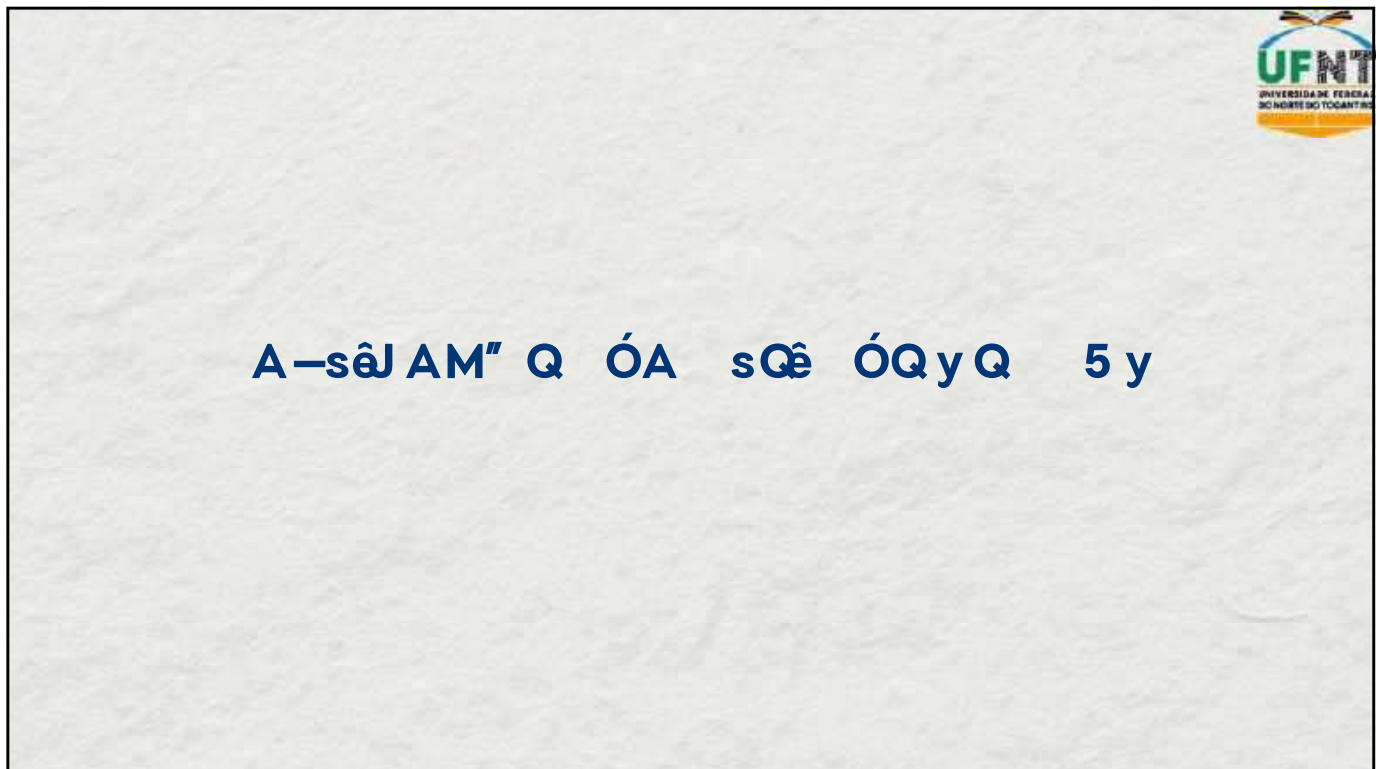
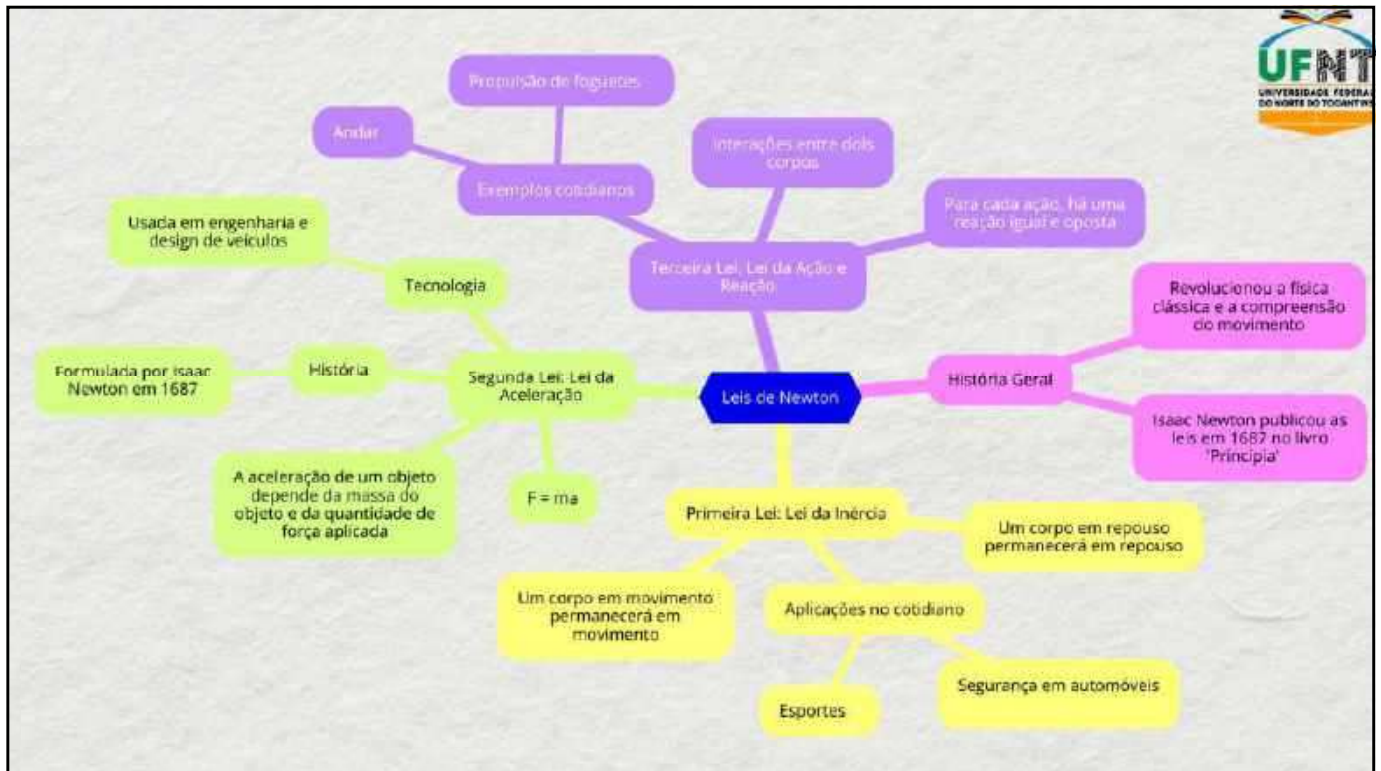
"

-



x A-A J5 y J Qê As
s Qê Ó Q y Q 5 y

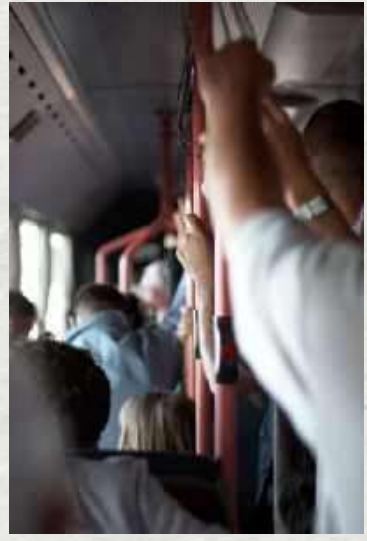




y A ẽÓA J5 ẽÓêAy A
QqJ s5 Qx x5 êx Qy 5



y A ẽÓA J5 ẽÓêAy A
-A Aâ Qẽ' 5 Qx x . y ẽ



yA ãÓA J5 ãÓêAyA
AyÓA" ÓQÍ êêlsQ A



yA ãÓA J5 ãÓêAyA
" Qx A" x Í A" J5



yA éÓA J5 éÓêAyA
Jd A" xA Í5sA



yA éÓA J5 éÓêAyA
Qx - "" A" x JA"" êyd5 ÓQ -Q' x Q' JAÓ5





A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
A Rsê Q Qx 6" Í ê A



A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
Aê' Í Aâ





A AyM5 QJy5 s6 â êJ5
sAyMAx Qy 5 ÓQá5 â Q Q



A AyM5 QJy5 s6 â êJ5
" 5 Í 6 êA





–QQ' êy " J ã y



J" êQ x A – A x Qy As 5 Í " Q s Qê Ó Qy Q 5 y





/ Q õ y Á" õ áê As



ç

E

ê

E

A

E

ó

U

E

ê

ó





E

2

U



ê

ç

A T

x

A

T

U

ç

E

E

ç



$s_Q \hat{=} " A -A" A A -" 6 \hat{=} x A A sA$

$s \quad "$
 $/ \quad \quad x \quad \quad Q$

$5 \acute{I} " \tilde{=} A \acute{O} 5$

A.4 MOVIMENTO CIRCULAR





MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



x 5 ê x Qy 5 J ê J sA"
Qx 5 x Qy 5 Ayâ sA"

" 5 yQ sêx A 5 A
Ó" A " Qã êyA sRsê ÓQ 5 A

x ^A

5 Í óQ ê 5 ÓA A sA



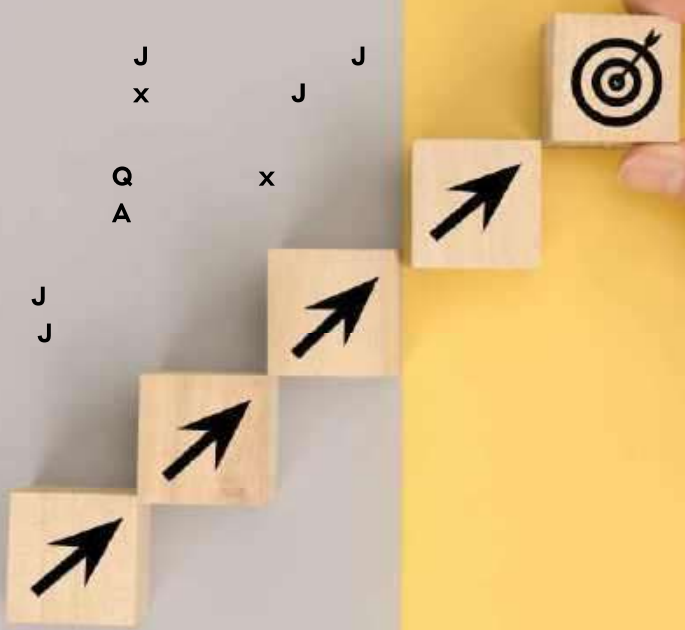
J x J J

Q x A

" A J J

ó d

- " ó

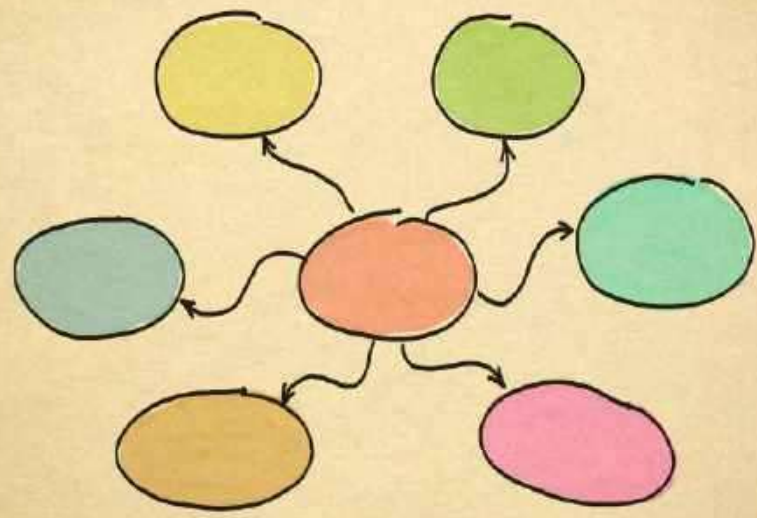




J" êQ x A-A x Qy As
 5 Í" Q5 / Q 5 MU
 Qy Qy ÓQx 5 Í" Q
 x5 êx Qy 5 Jê" J sA" Q
 x5 x Qy 5 Ayâ sA"



x 5 ÓQs5 Ó5 x A-A x Qy As





5 " ã Qy Ó5 x 5 ê Qy 5 Jê' J sA"



Q

A

q

A

â

â

ê

y

x 5 ê Qy 5 Jê' J sA"



R

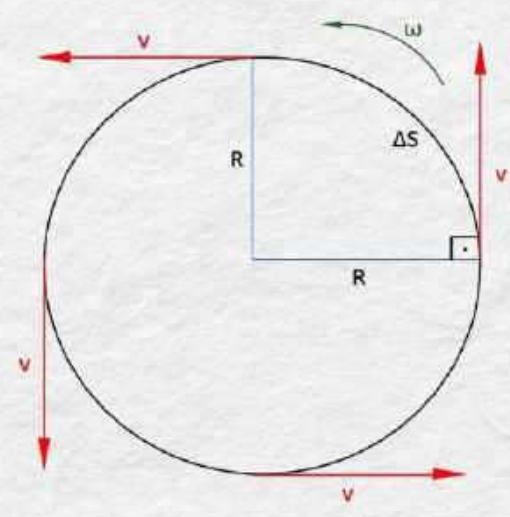
Q



x5 êx Qy 5 Jê' J sA"

A

J



x5 êx Qy 5 Jê' J sA" yê5 " x Q x J

y

x J

Δ

Δ

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

- v – velocidade média
- ΔS – deslocamento
- Δt – intervalo de tempo



$\Delta S = 2\pi R$

5

Δ

"

$$\Delta S = 2\pi R$$

A

x J

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

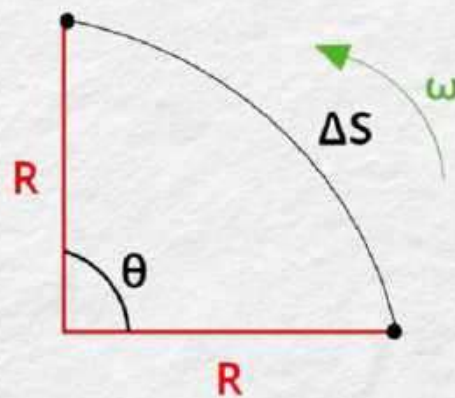
R - raio da circunferência

T - período

J

ω

θ



ω = velocidade angular

A

Π

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ou } \omega = 2\pi f$$

f - frequência

$$v = \omega \cdot R$$

ó

ê

ê

Δ

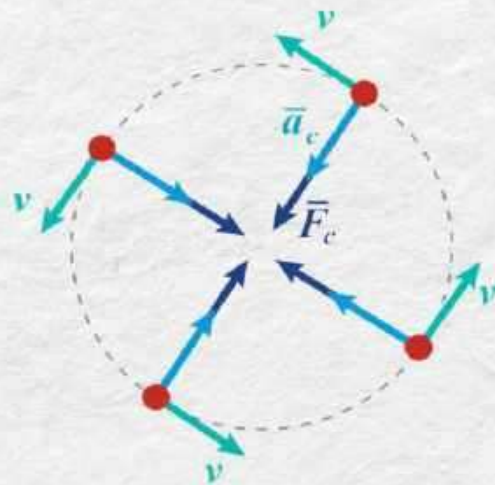
"

Π

J

$$f = \frac{1}{T}$$

A frequência é o inverso do período, e vice-versa.



A J Qs Q' AMG5
 J Qy " g-Q A
 A

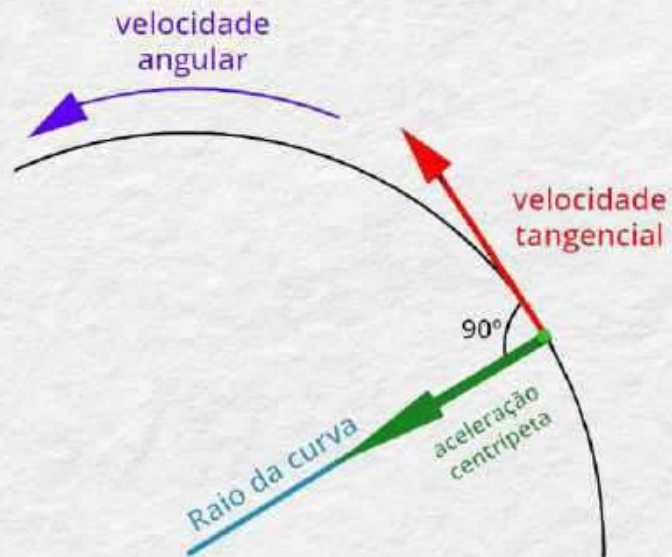
$$A_c = \frac{V^2}{R}$$

Onde,

Ac: aceleração centrípeta (m/s²)

V: velocidade (m/s)

R: raio da trajetória circular (m)



á5 " MA
 J Qy " g-Q A
 A

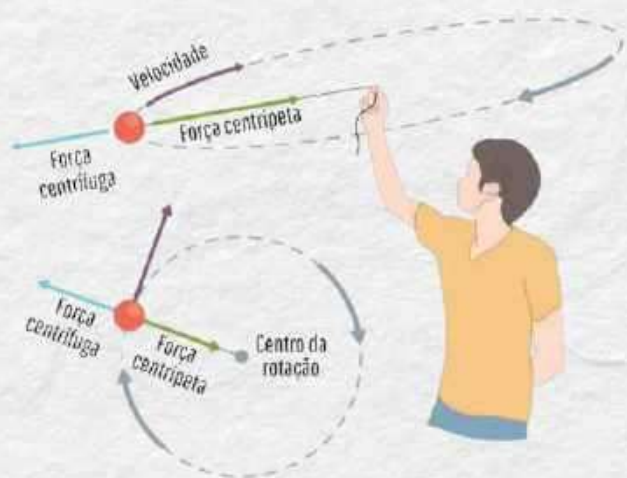
$$F_c = m \cdot a_c$$

Onde,

Fc: força centrípeta (N)

m: massa (Kg)

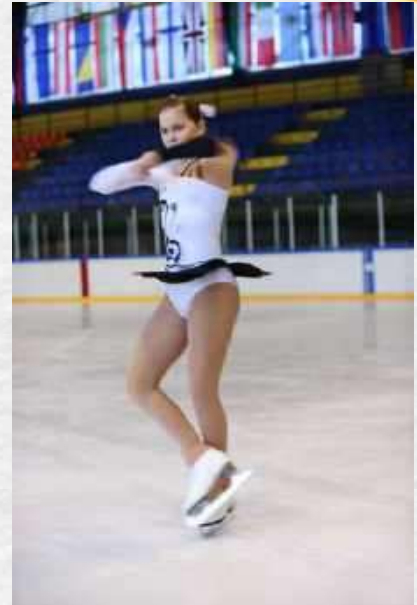
ac: aceleração centrípeta (m/s²)



$x 5 \times Qy 5 Ay \hat{a} sA''$

5

5



A

A

$$L = mvr$$

L: momento angular (kg m²/s);

m: massa (kg);

r: raio de rotação (m);

v: velocidade (m/s).



Q -Q' êx Qy 5
 -" Á êl5

5

x

x5 êx Qy 5 Jê' J sA"

sJÓ

x

y

A

sJÓ

-

â

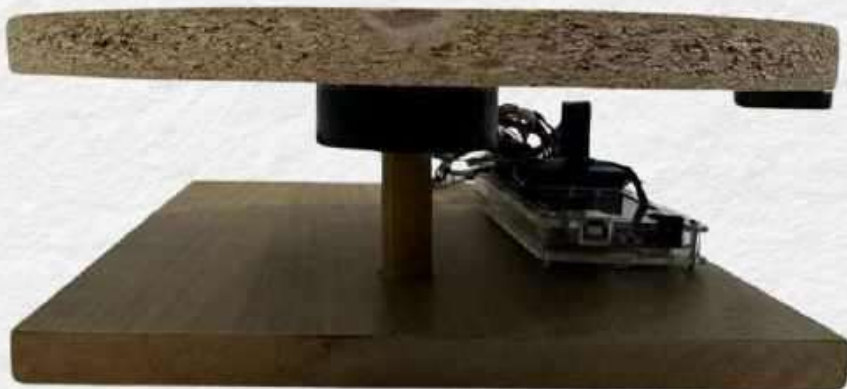
Q -Q' êx Qy 5 -" Á êl5



$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$



$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$





Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5



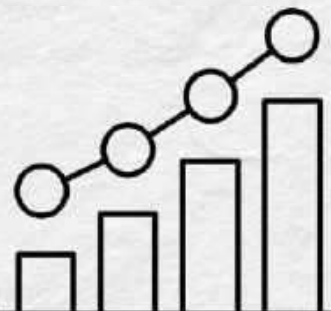
Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

A

ó

J

ó





Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

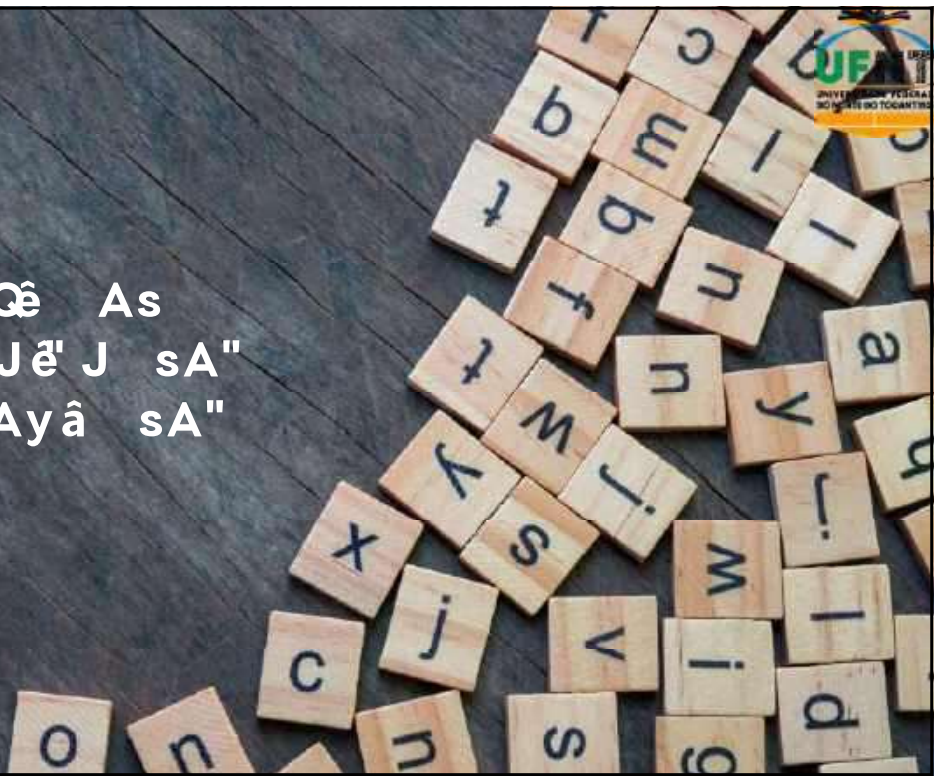
J

"

-



x A-A J5 y J Qê As
x5 êx Qy 5 Jê' J sA"
Qx5 x Qy 5 Ayâ sA"



yA ẽÓA J5 ẽÔêAyA
" 5 ÓA Q-yQ



yA ẽÓA J5 ẽÔêAyA
" Í êyA



yA éÓA J5 éÓêAyA

" 5 Óg ã ÓQ x 6 Qê Q Q/ ê-Ax Qy 5



yA éÓA J5 éÓêAyA

â êy Á êJA A" g êJA Q-A êy AMG5



yA éÓA J5 éÓêAyA
ó5 â 5 J5 x Í 5 sA



yA éÓA J5 éÓêAyA
6" í ê A -sAyQ Á" êA





A AyM5 QJy5 s6 â êJ5
xÁ/ êyA Qx5 5" Q



A AyM5 QJy5 s6 â êJ5
Qy êsAÓ5 " Q QA -ê" AÓ5 " Q





–QQ' êy " J ã y



J" êQxA–A xQy As 5Í" Q x5 êxQy 5
Jê' J sA" Qx5xQy 5 Ayâ sA"





/ Q õ y Á" õ áê As



U

\\ \\ \\



2

U

2

 \hat{e} 

E

-5

6

$$I = m \cdot r^2$$



sQê " A -A" A A -" 6 êx A A sA

s "

á -

5 Í " ã AÓ5

A.5 FORÇA PESO





MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

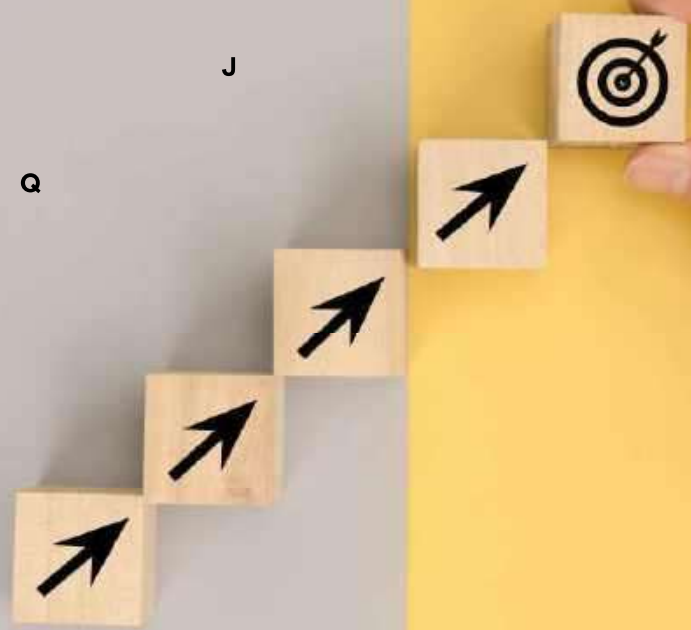


á5 " MA -Q 5

" 5 yQ sêx A 5 A
Ó" A " Qã êyA sRsê ÓQ 5 A

x ^A

5 Í óQ ê 5 ÓA A sA

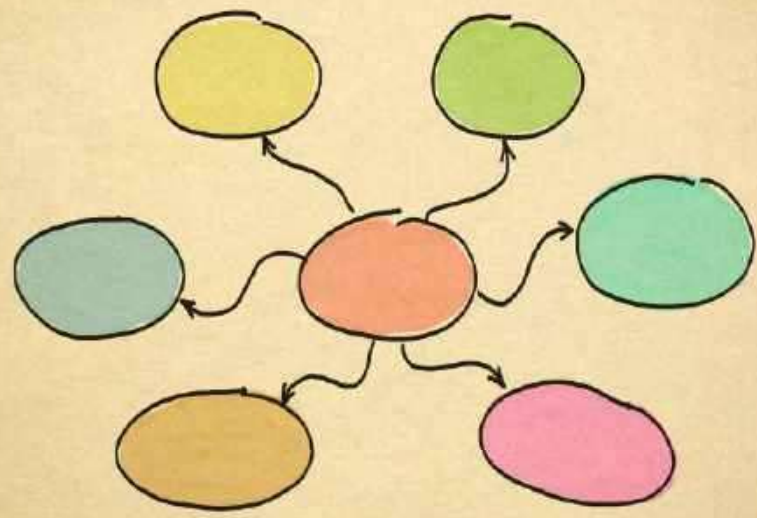




J" ãQ x A-A x Qy As
5Í" Q5 / Q 5 MU
Qy Qy ÓQx 5Í" Qá5" MA
-Q 5



x 5 ÓQs5 Ó5 x A-A x Qy As





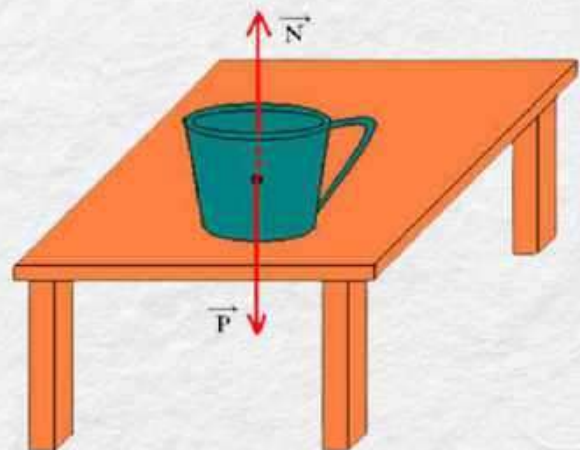
dê 6 " êA ÓA á5 " MA -Q 5

- A 5 A
- " â â
- ê y á s
- â

á5 " MA -Q 5

A -

Q



-

$$P = m \cdot g$$

P: força peso (N)

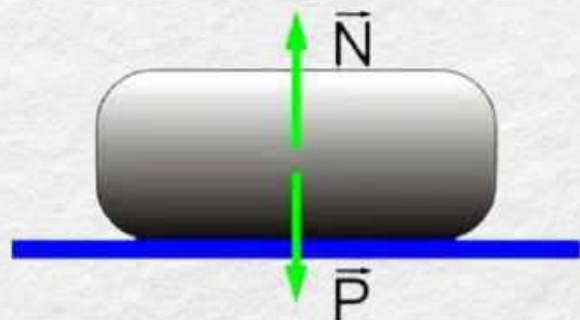
m: massa (Kg)

g: aceleração da gravidade (m/s^2)

á5 " MA y5 " x As

A

A





á5 " MA –Q 5 Qâ " A ê AMG5

A

y

A

$$F_G = \frac{GMm}{r^2} \quad P = mg \quad \longrightarrow \quad g = \frac{GM}{r^2}$$

F_G - força gravitacional (N)

G - constante de gravitação universal ($6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$)

M e m - massas dos corpos (kg)

r - distância entre os corpos (m)



ÓãQ' QyMA á yÓAx Qy Aê

•s â

- Ó
- R
- Ó

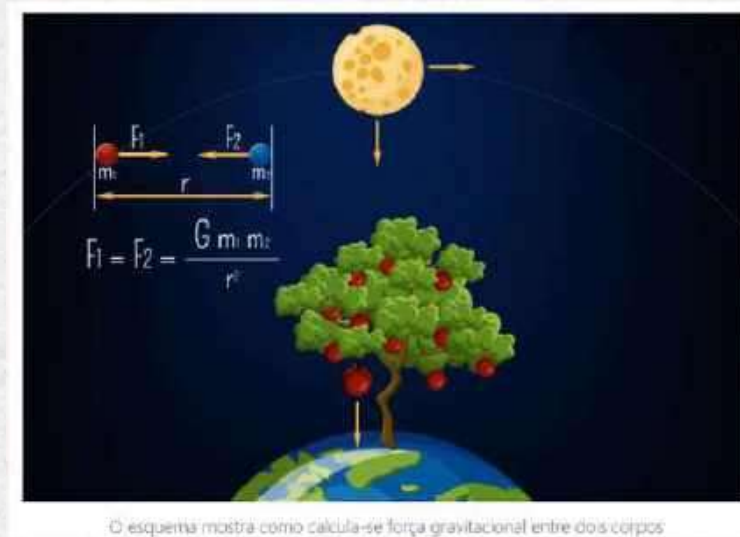
• s Ó

- Ó
- - s
- s
- s

Q s â
s Ó y

5
y

ê



$$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 \ -" \ \acute{A} \ \hat{u} 5$$



5

x

sJÓ

x

y

A

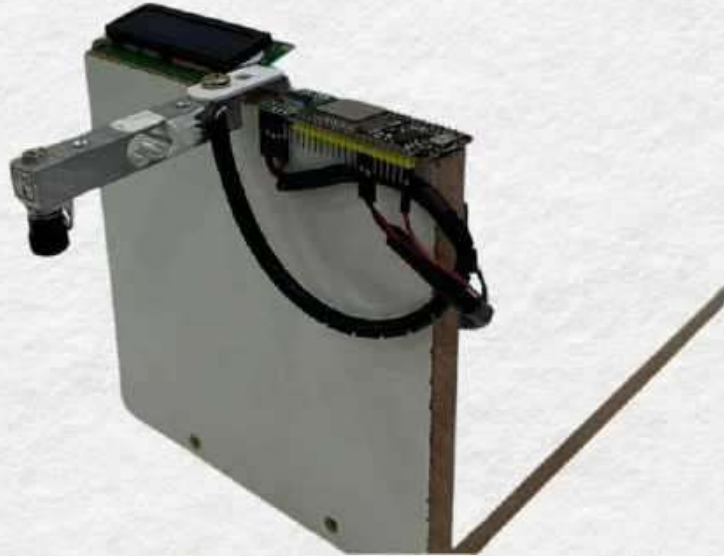
sJÓ

-

s



$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$



$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$



Q - Q' êx Qy 5 -" Á êl 5



Q - Q' êx Qy 5 -" Á êl 5





Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

A

ó

J

ó



Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

-

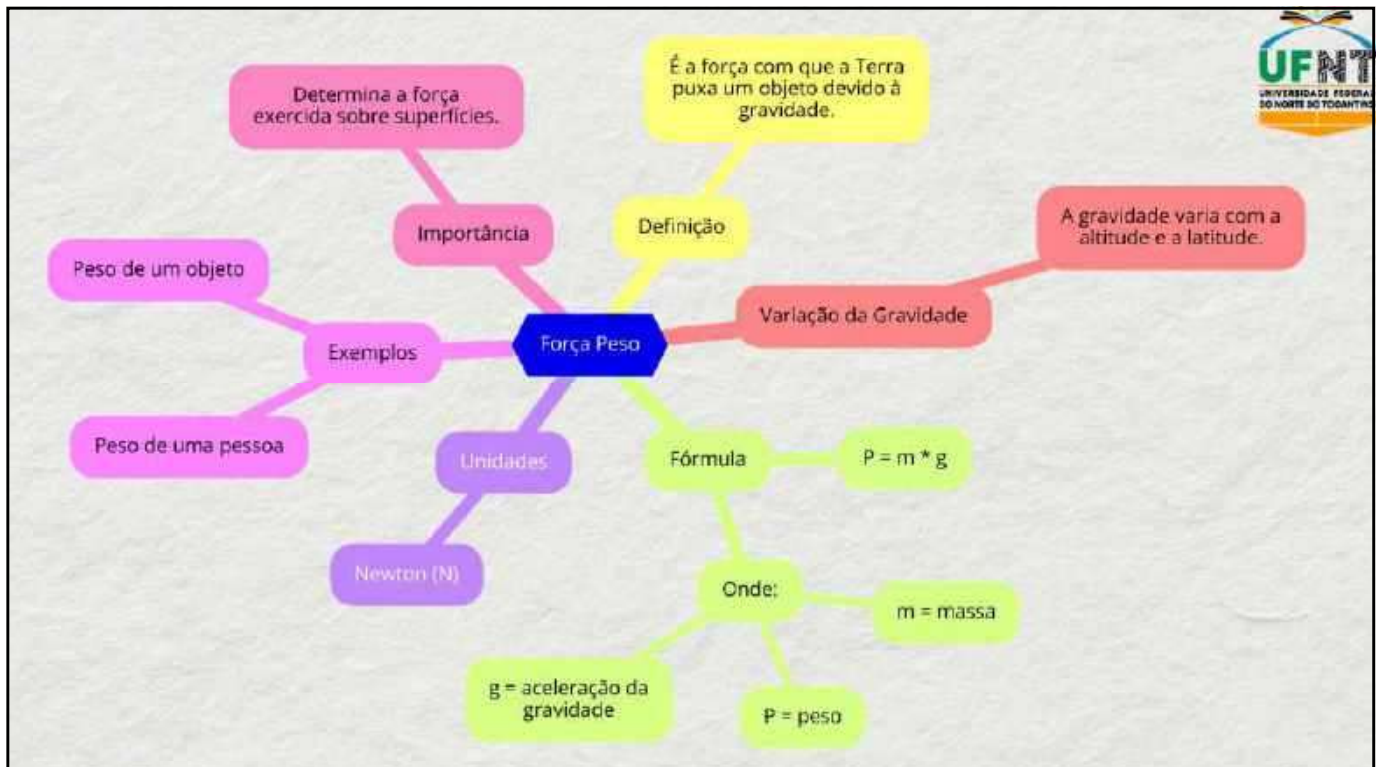
"

J

-



x A - A J 5 y J Qê As
 á 5 " MA - Q 5



yA ãÓA J5 ãÓêAyA
-Q Aã Qx ÓQ5 Í óQ 5



yA ãÓA J5 ãÓêAyA
Q -5 " Q QA ê ãÓAÓQ ág êJA



yA éÓA J5 éÓêAyA
"Ay -5" QQx5Í êéÓAÓQ



A AyM5 QJy5 s6 â êJ5
Qyâ QydA" êA AQ' 5 Q -AJêAs





A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
QJy5 s5 â êA ÓQ Ó" 5 y Q



A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
" Ay -5 " Q A AyMAÓ5





A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
Q -s5 " AÓ5 " Q ÓQ -sAyQ A



-QQ' êy " J ã y





J" êQ x A - A x Qy As 5 Í " Q á 5 " MA - Q 5



/ Q ã y Á " ã á ê y As





U

|

|

U

E

U



^

^

U



U

E

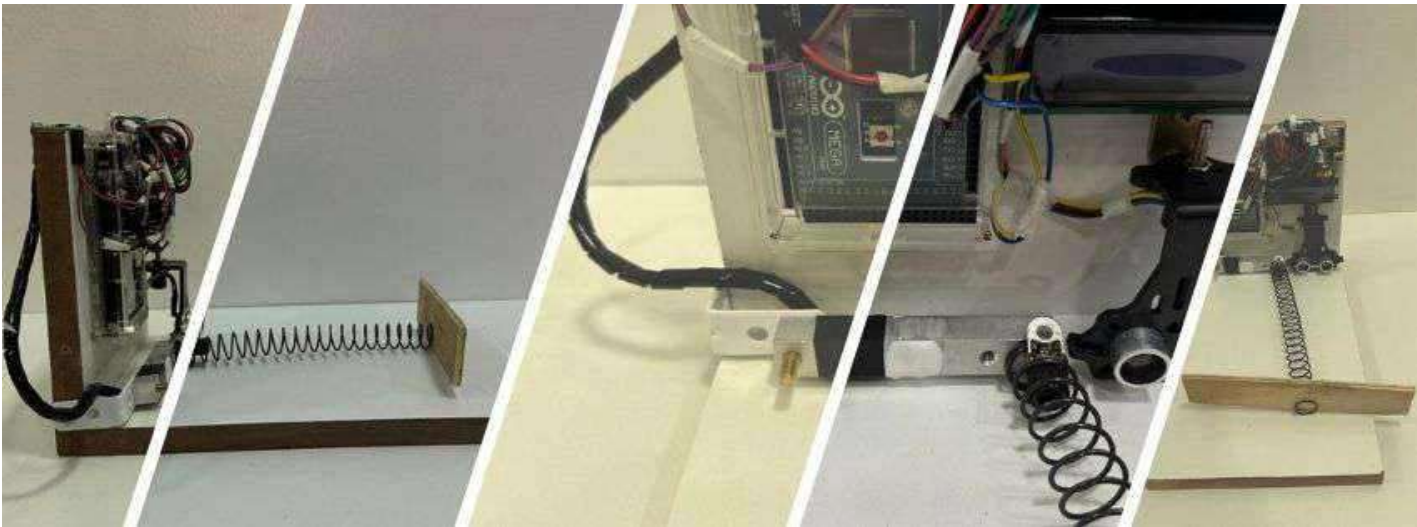
sQê " A -A" A A -" 6 êx A A sA

s "
á Q



5 Í " ã AÓ5

A.6 FORÇA ELÁSTICA





MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

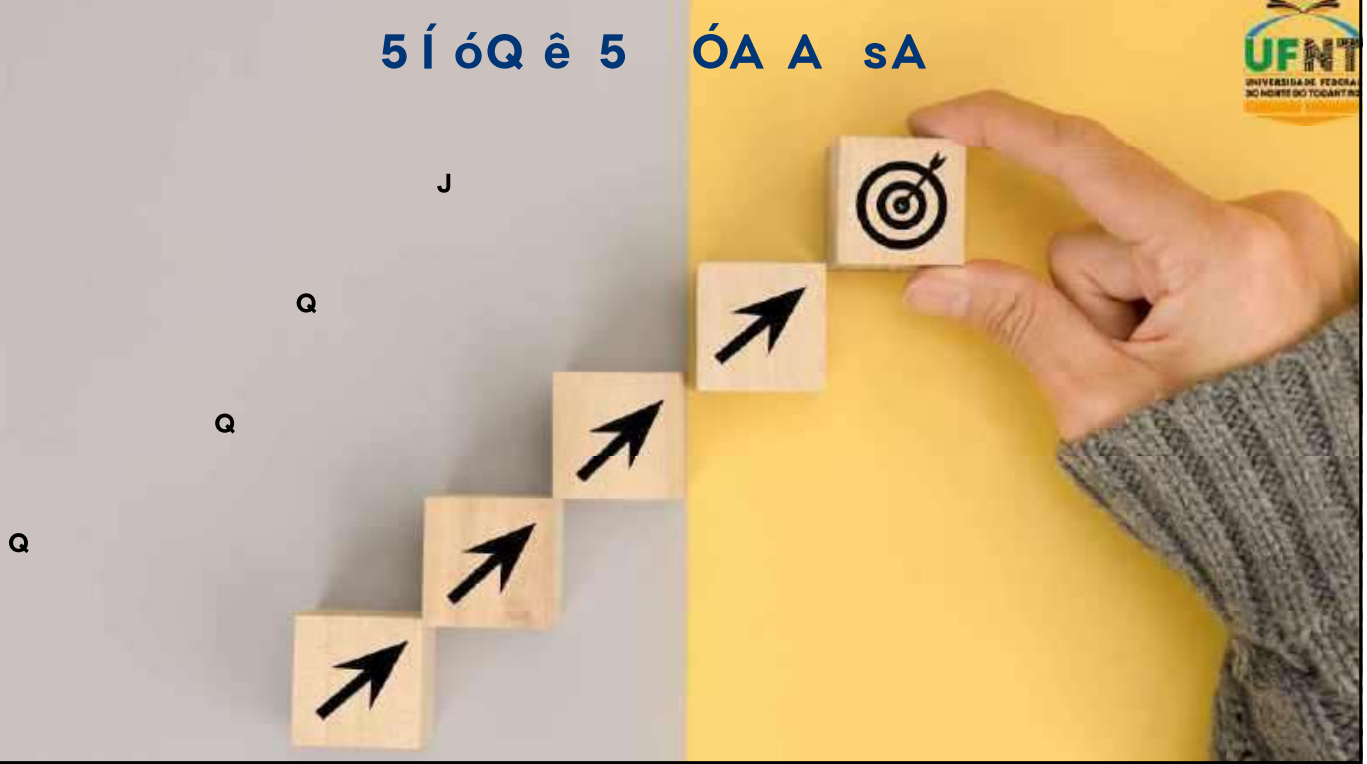


5 " MA QsÁ êJ A

" 5 yQ sêx A 5 A
Ó" A " Qã êyA sRsê ÓQ 5 A

x ^A

5 Í óQ ê 5 ÓA A sA

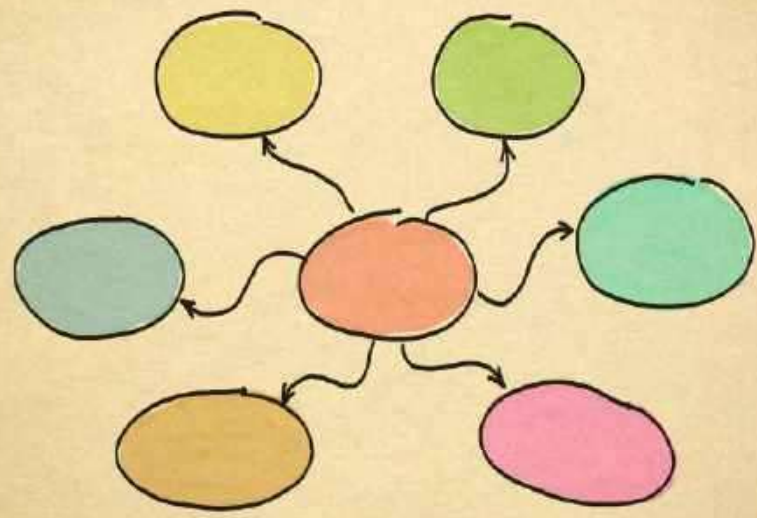




J" êQ x A-A x Qy As
 5 Í" Q5 / Q 5 MU
 Qy Qy ÓQx 5 Í" Qá5" MA
 QsÁ êJ A

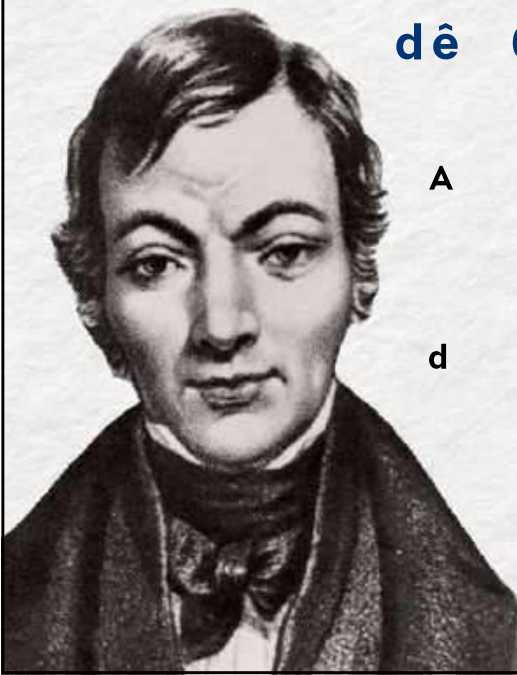


x 5 ÓQs5 Ó5 x A-A x Qy As





Lei de Hooke



A

"

d

Q

s

d

Lei de Hooke



A s d

A



$$F = K \cdot x$$

Onde:

J

- (F) é a força aplicada (em Newtons, N).
- (k) é a constante elástica do material (em Newtons por metro, N/m).
- (x) é a deformação do corpo (em metros, m).

J5 y Ay Q QsÁ êJA

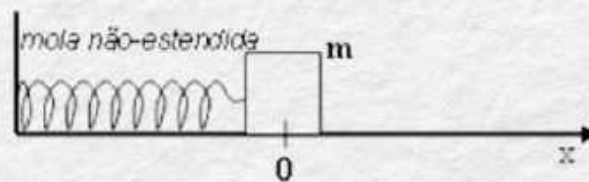


5 JêAÓ5 " xA A x5 sA d5 " ê 5 y As



R

q



J

A

d

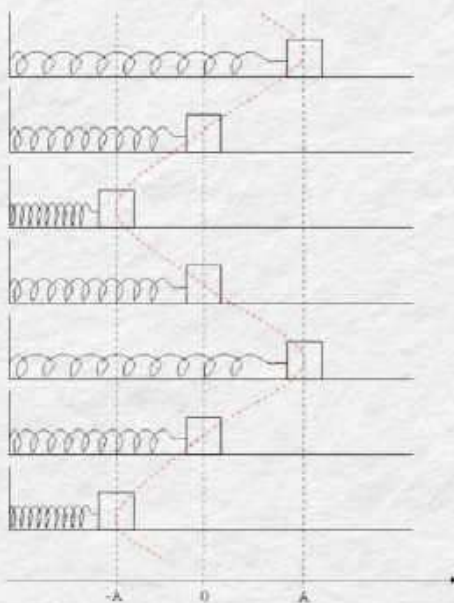
$$F = -K \cdot x$$

J

x d

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

A



A

5

A

y

x d

x d



Qy Q' â êA -5 Qy JêAs QsÁ êJA

A

Q

$$E_{Pe} = \frac{Kx^2}{2}$$

Onde,

E_{Pe} : energia potencial elástica

K: constante elástica

x: medida da deformação do corpo elástico



Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ5



5

x

sJÓ

x

y

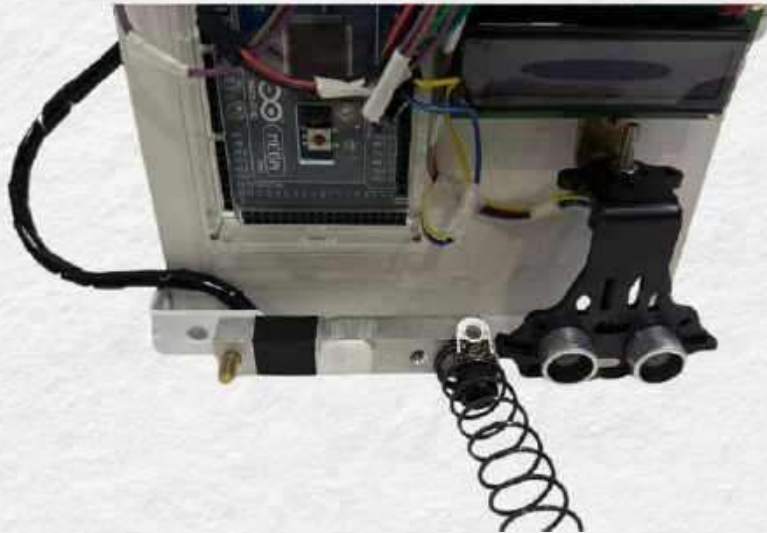
A

sJÓ

-



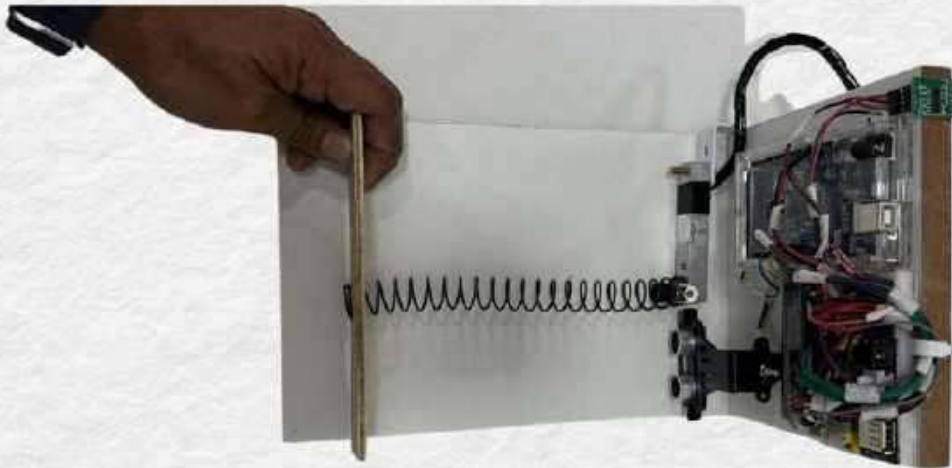
$Q - Q' \hat{=} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{=} 5$



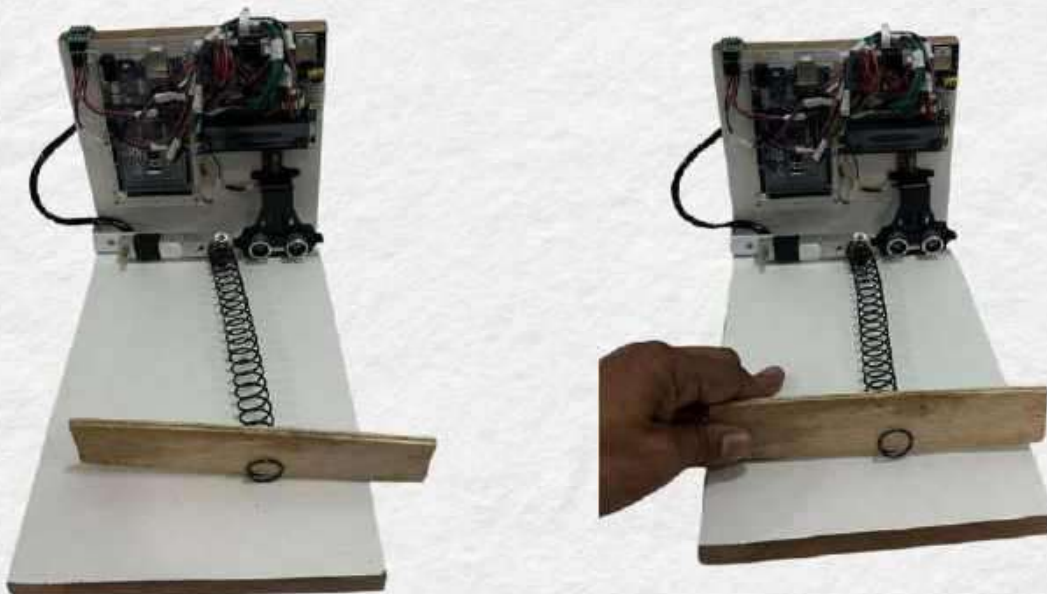
$Q - Q' \hat{=} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{=} 5$



$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$



$Q - Q' \hat{x} Q_y \ 5 - " \acute{A} \ \hat{u} 5$





Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

A

ó

J

ó

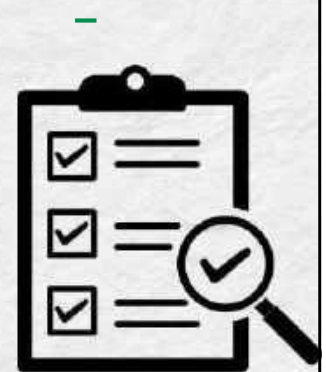


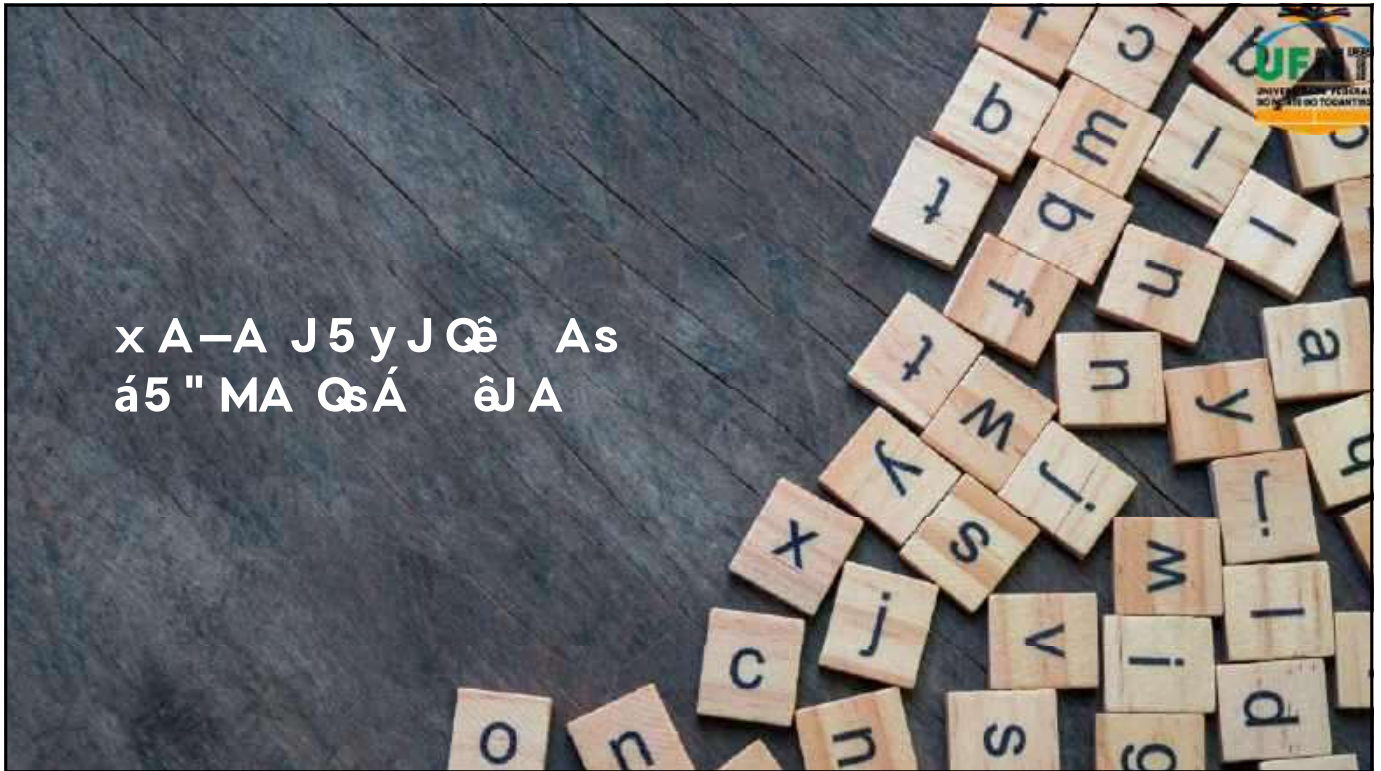
Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

-

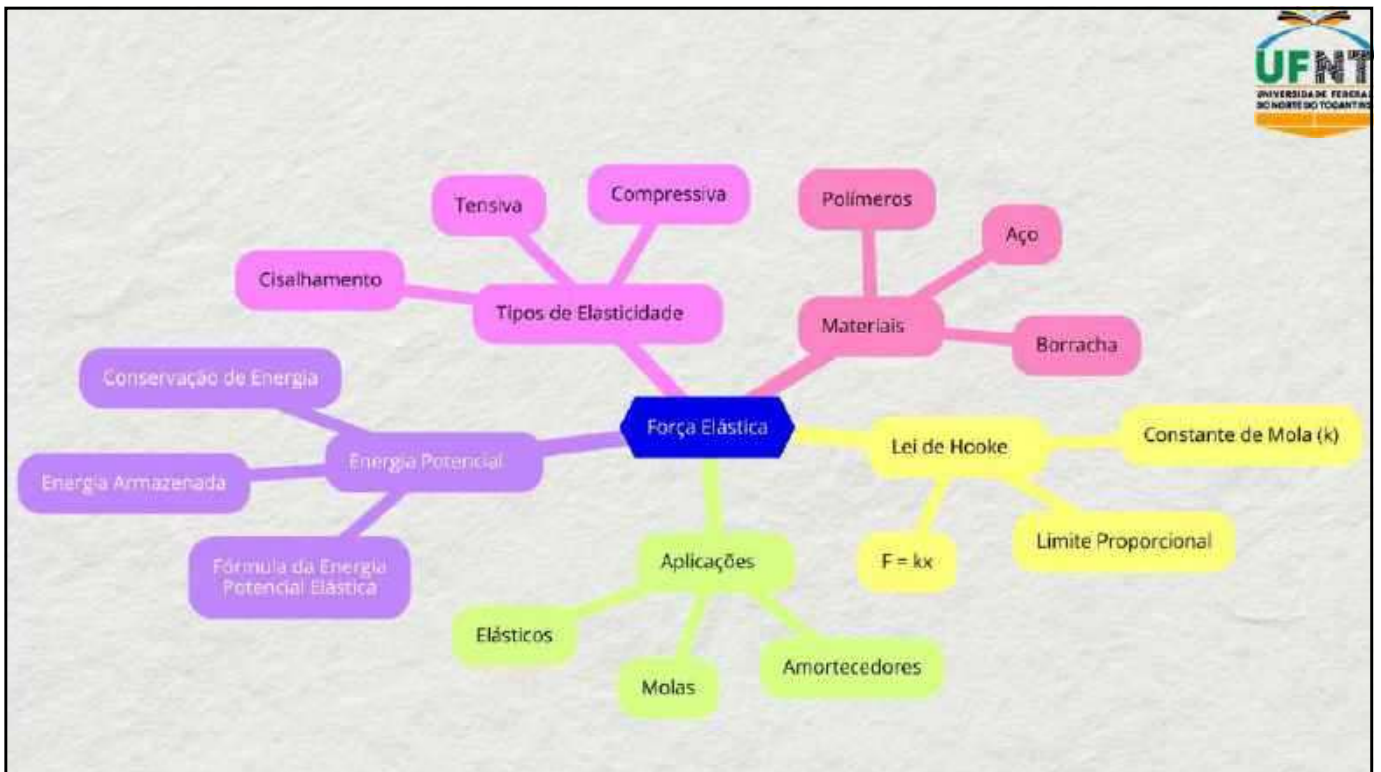
"

J





x A - A J 5 y J Qê As
á 5 \" MA Qs Á ê J A





A – sêl AM" Q ÓA sQê ÓQd5 5 q

yA éÓA J5 éÓêAyA
J5 sJd" Q



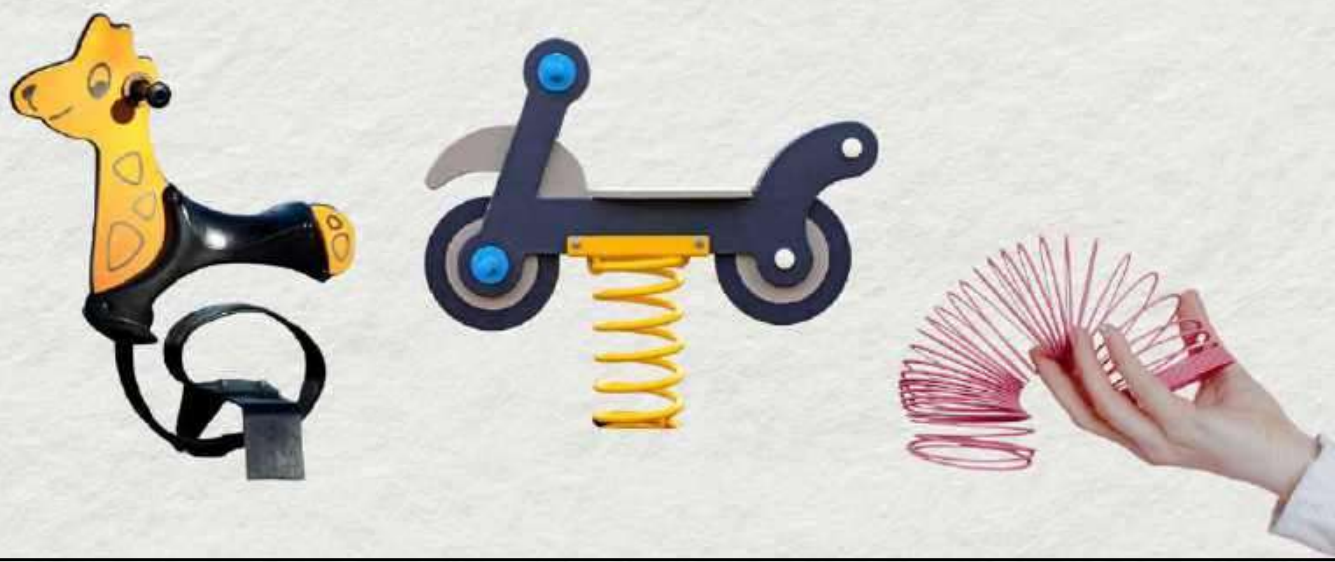
y A éóA J5 éóêAy A
-Qy " Q ÓQ QgJ s5



y A éóA J5 éóêAy A
Q/ ê-Ax Qy 5 ÓQ
Q Q' JgJê



yA ãÓA J5 ãÓêAyA
Í" êy/ QÓ5 ÓQx5 sA



yA ãÓA J5 ãÓêAyA
áQJd5 QsÁ êJ5 QJêy 5





yA éÓA J5 éÓêAyA
-" 6 Q Q Q Q/ ê-Ax Qy 5 x RÓêJ 5

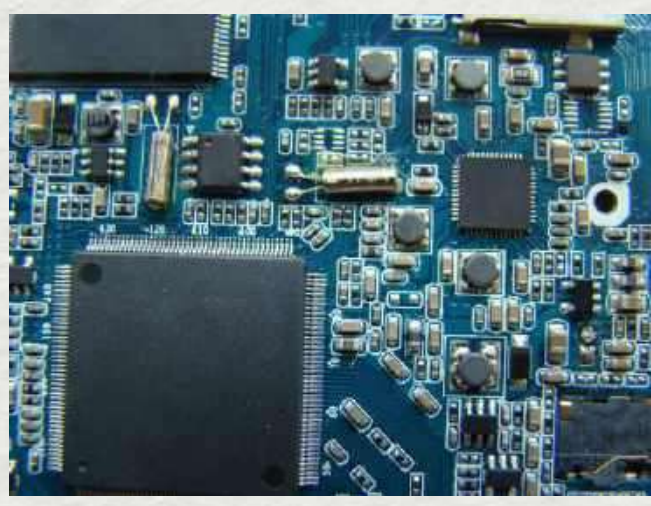


A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
" 5 Í 6 êJA QA 5 x AMG5

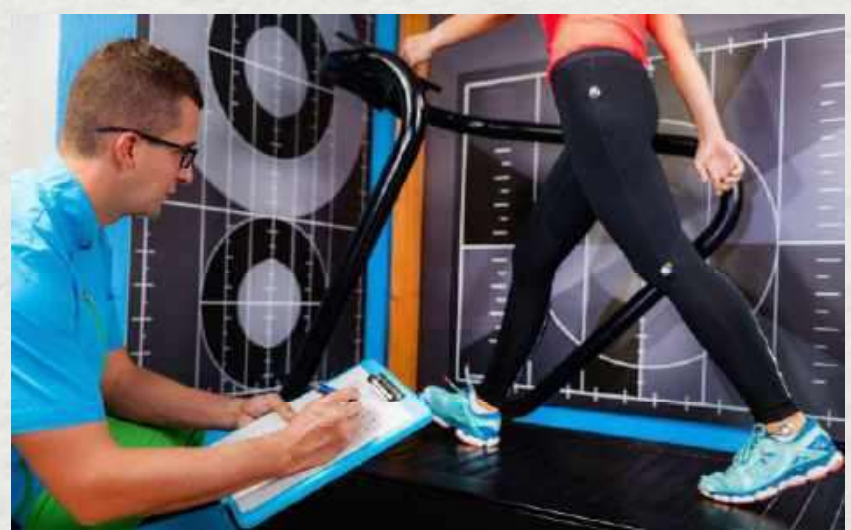




A AyM5 QJy5 s6 â êl 5
x êl " 5 QsQ ". yêl A



A AyM5 QJy5 s6 â êl 5
x Qóêl êy A Qí ã x QJ ãyêl A





A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
êy Ó " êA AQ' 5 Q -AJêAs



A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
Qy Q' â êA " Qy5 Á Qs





–QQ' êy " J ã y

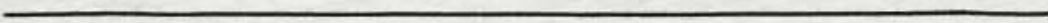


J" êQ x A – A x Qy As 5 Í " Q s Qê Ó Q d 5 5 q





/ Q õ y Á" õ áê As



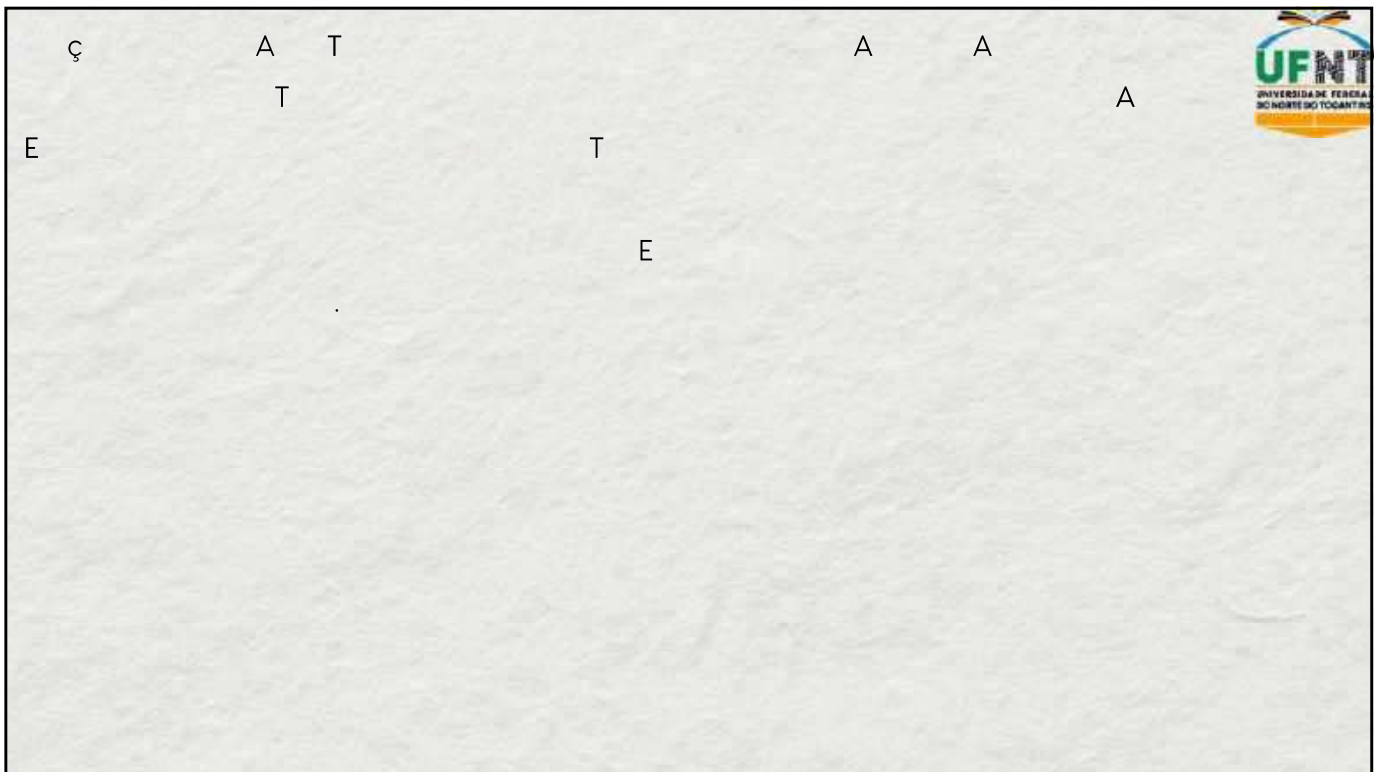
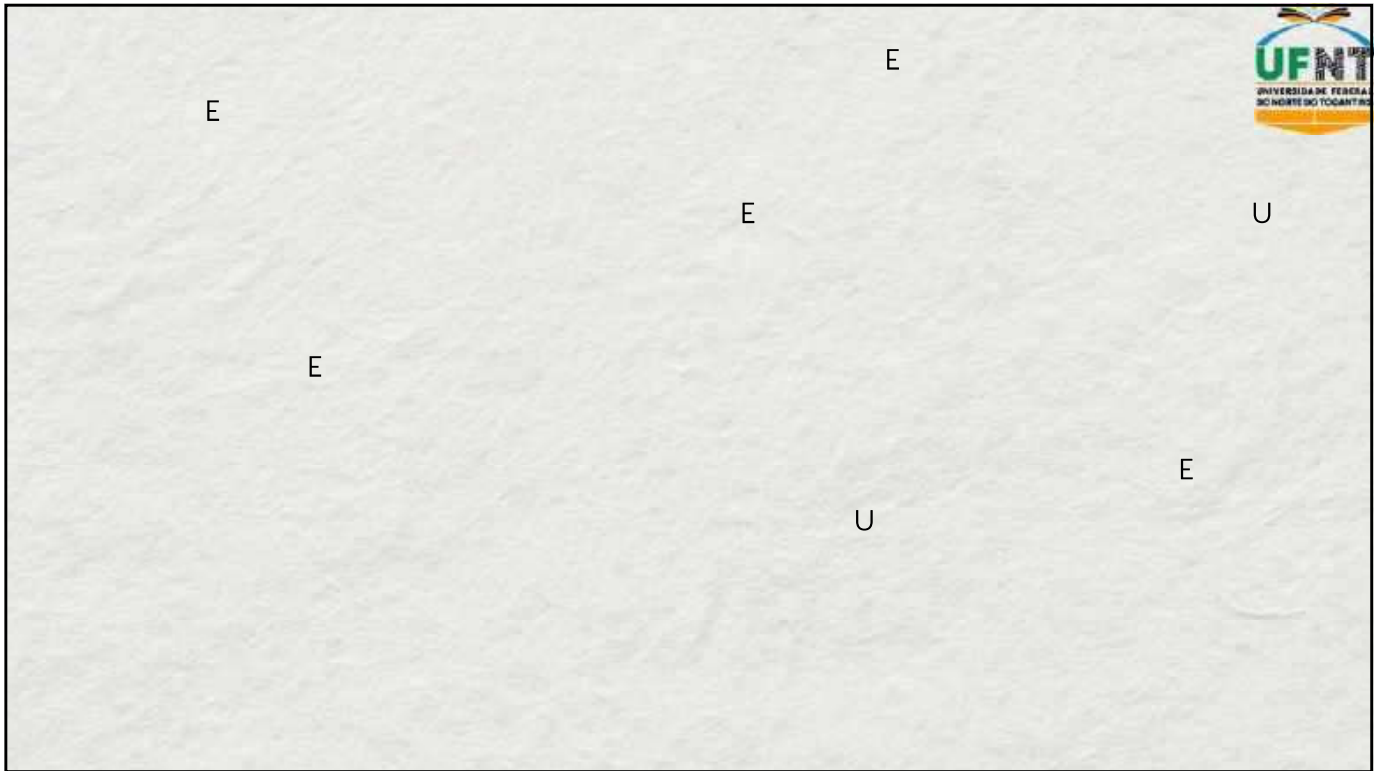
E



E

E

E





sQê " A -A" A A -" 6 êx A A sA

s "

s y

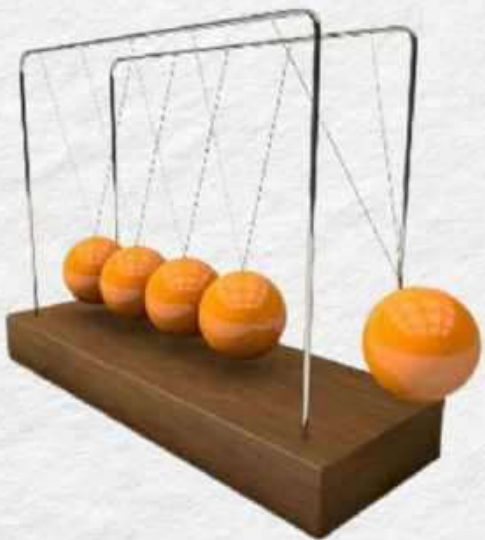
5 Í " ã AÓ5

A.7 QUANTIDADE DE MOVIMENTO-ENERGIA-TRABALHO





MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

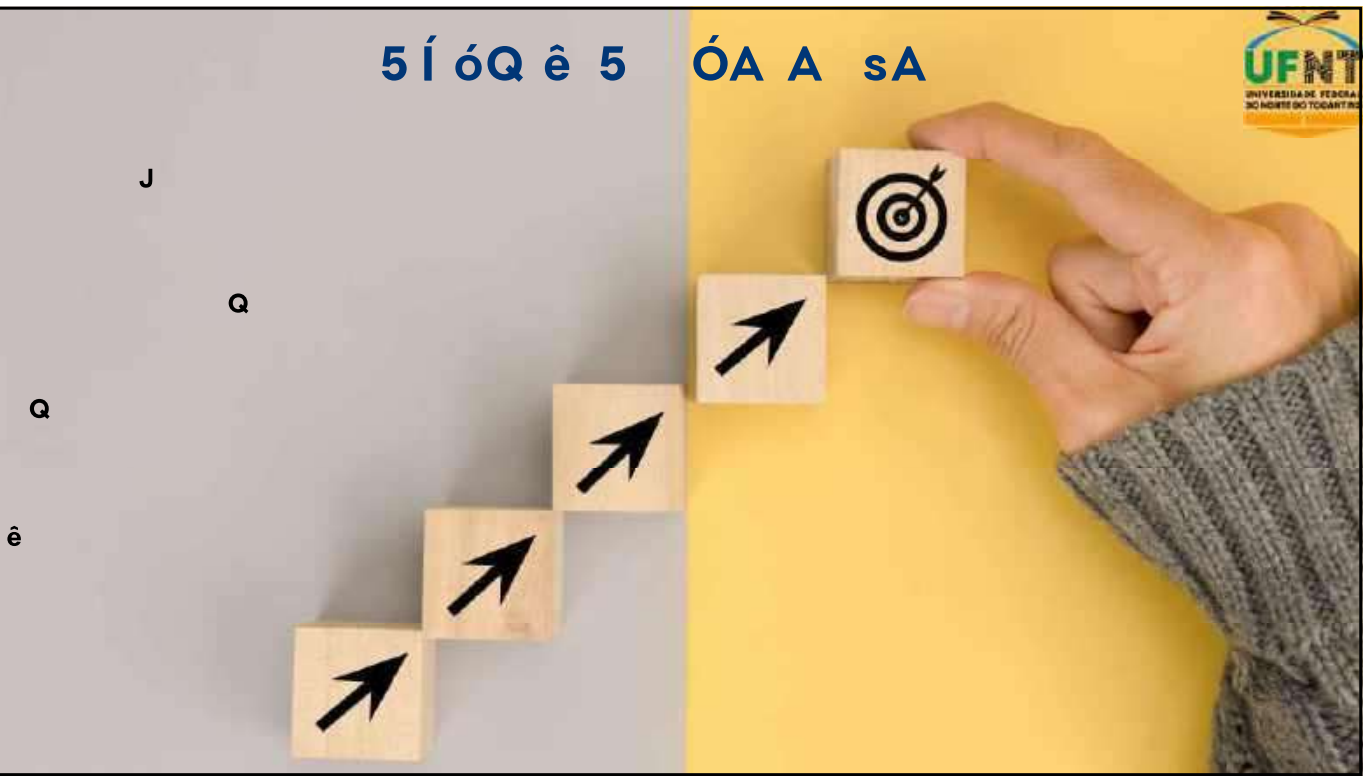


/ Ay õÁÓQ ÓQ
x5 êx Qy 5 " AÍ Asd5 Q
Qy Q' â êA

" 5 yQ sêx A 5 A
Ó" A " Qã êyA sRsê ÓQ 5 A

x ^A

5 Í óQ ê 5 ÓA A sA

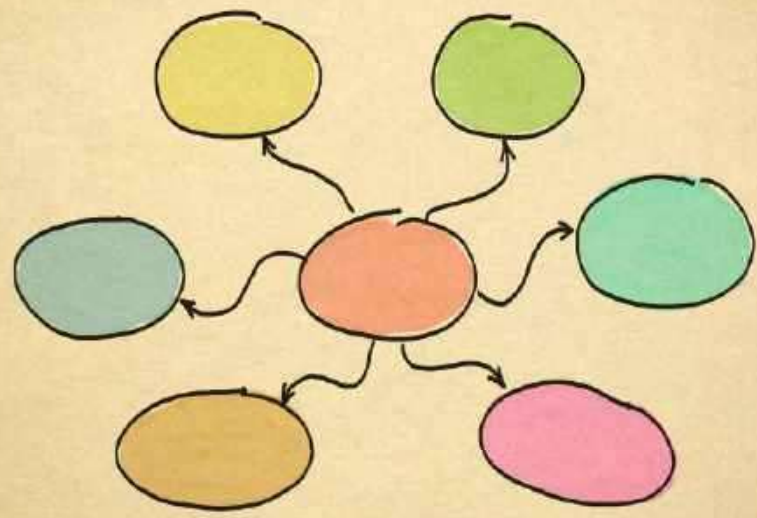




J" êQxA-A x Qy As
 5Í" Q5 / Q 5 MU
 Qy Qy ÓQx 5Í" Q
 / Ay ãÓAÓQÓQ
 x5 êx Qy 5 " AÍ Asd5
 Q Qy Q' â êA



x 5 ÓQs5 Ó5 x A-A x Qy As



A

/

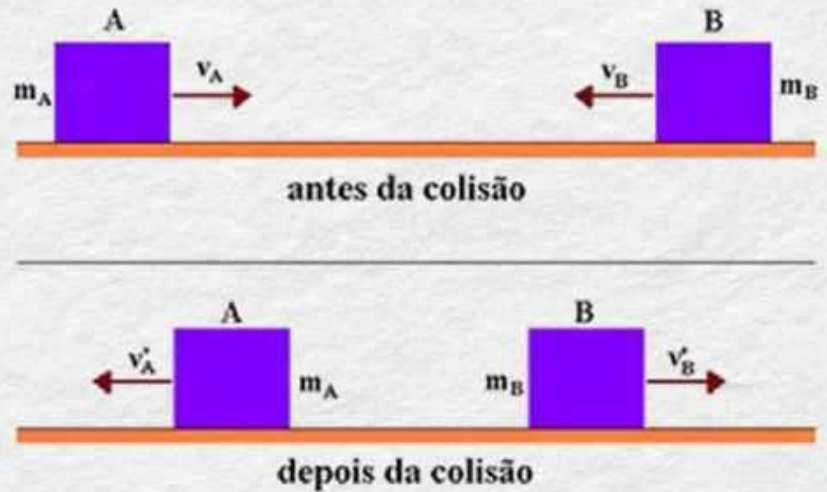
$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

Onde,

Q: quantidade de movimento (kg.m/s)

m: massa (kg)

v: velocidade (m/s)



$$\hat{x} - s \ 5 \ Q / \ A_y \ \hat{y} \ A \ \hat{Q} \ \hat{Q} \ \hat{x} \ 5 \ \hat{x} \ Q_y \ 5$$

A

Ó

$$\hat{i} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Onde,

I: impulso (N.s)

F: força (N)

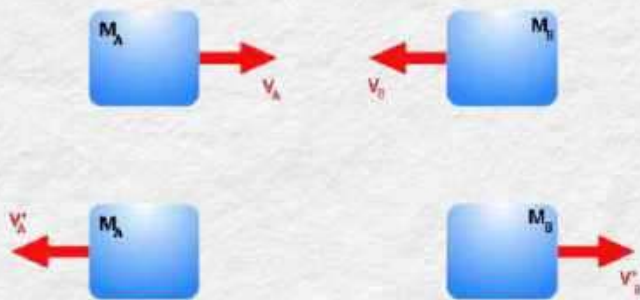
 Δt : intervalo de tempo

J5 y Q' AMG5 ÓA / Ay ãAÓQÓQx5 ê Qy 5



A

á ó



$$Q_A + Q_B = Q'_A + Q'_B$$

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B$$

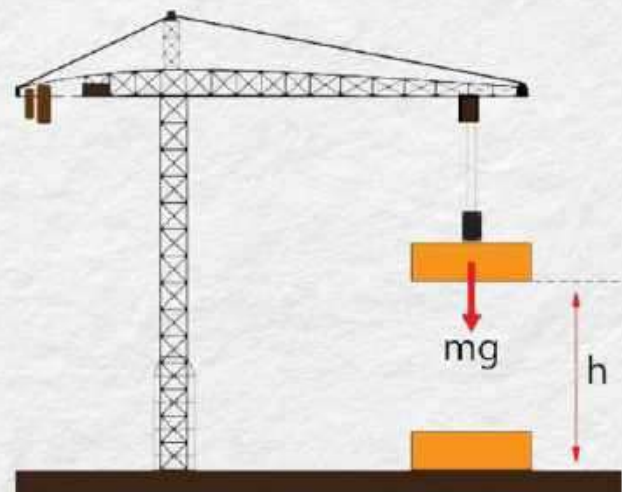
m_A e m_B – massas dos corpos A e B

v_A e v_B – velocidades dos corpos A e B antes da colisão

v'_A e v'_B – velocidades dos corpos A e B após a colisão

Na figura, a quantidade de movimento dos corpos A e B conserva-se após a colisão.

" AÍ Asd5



Quando elevamos um corpo, estamos realizando trabalho sobre ele.



" AÍ Asd5 Q Qy Q' â êA

A

A _____

-

ó

" AÍ Asd5 ÓQ x A á5 " MA



á

/



$$T = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

Sendo,

T: trabalho (J)

F: força (N)

d: deslocamento (m)

θ: ângulo formado entre o vetor força e a direção do deslocamento

Qy Q' â êA J êy R êJ A

A _____

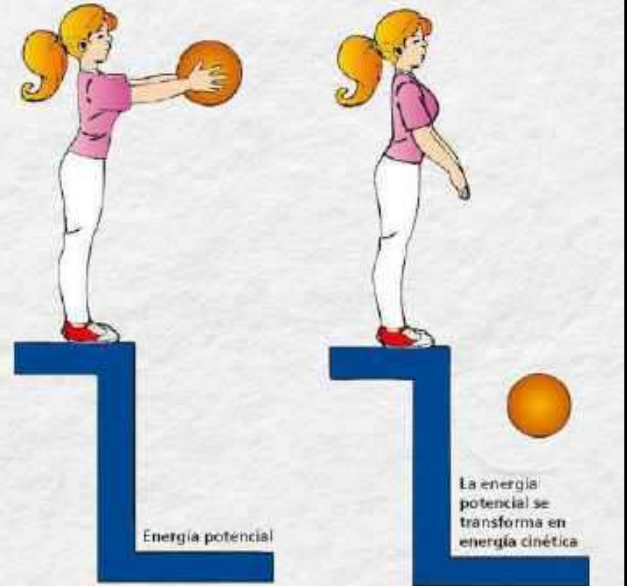
$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

Onde:

E_c : energia cinética, também pode ser representada pela letra K (J)

m : massa do corpo (kg)

v : velocidade do corpo (m/s)



Qy Q' â êA -5 Qy J êAs â " A ê AJ ã y As

R

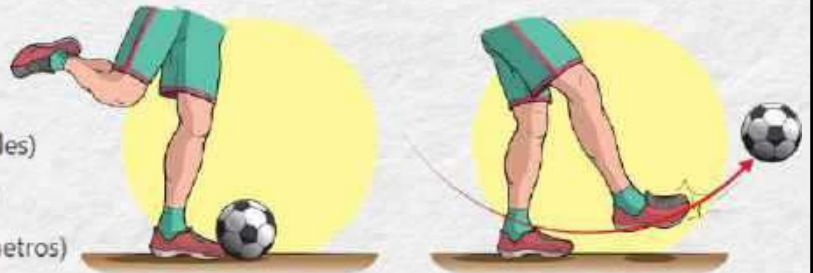
R

$$E_p = mgh$$

E_p – energia potencial gravitacional (J – joules)

m – massa do corpo (kg – quilogramas)

h – altura do corpo em relação ao solo (m – metros)





Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5

5

x

x 5 êx Qy 5 Ó5 JA" " êyd 5

sJ Ó

x

y

A

sJ Ó

-

s

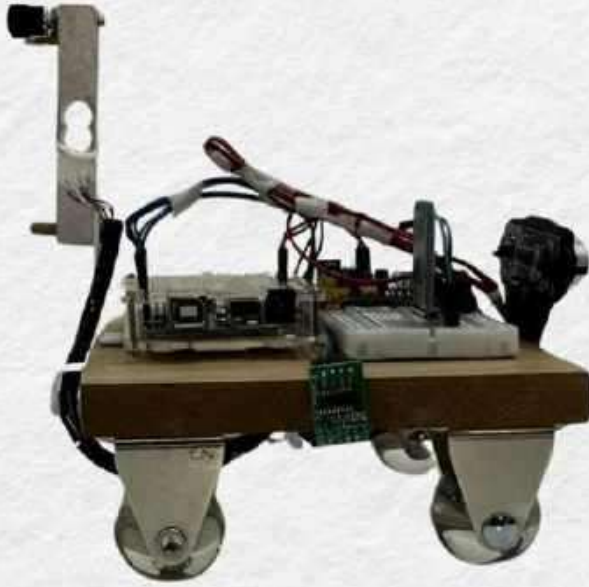


Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5

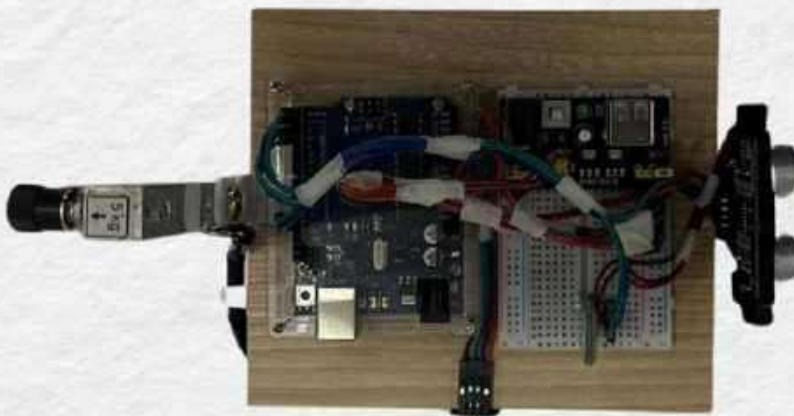




Q -Q' êx Qy 5 -" Á êJ 5



Q -Q' êx Qy 5
-" Á êJ 5





Q - Q' ê x Qy 5 -" Á ê 5

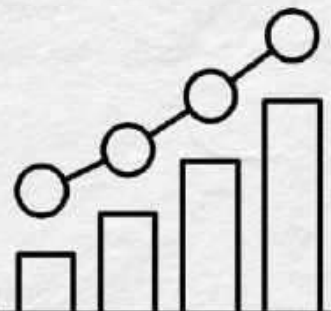


Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

A Ó

J

Ó





Óê J G5 Ó5 " Q s AÓ5

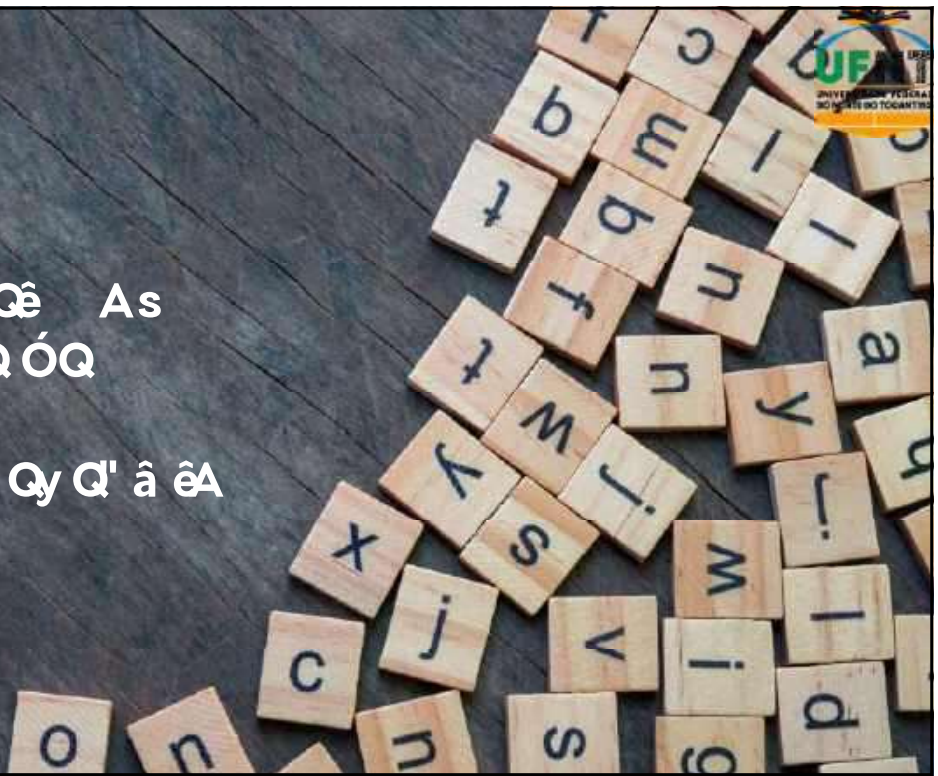
-
J

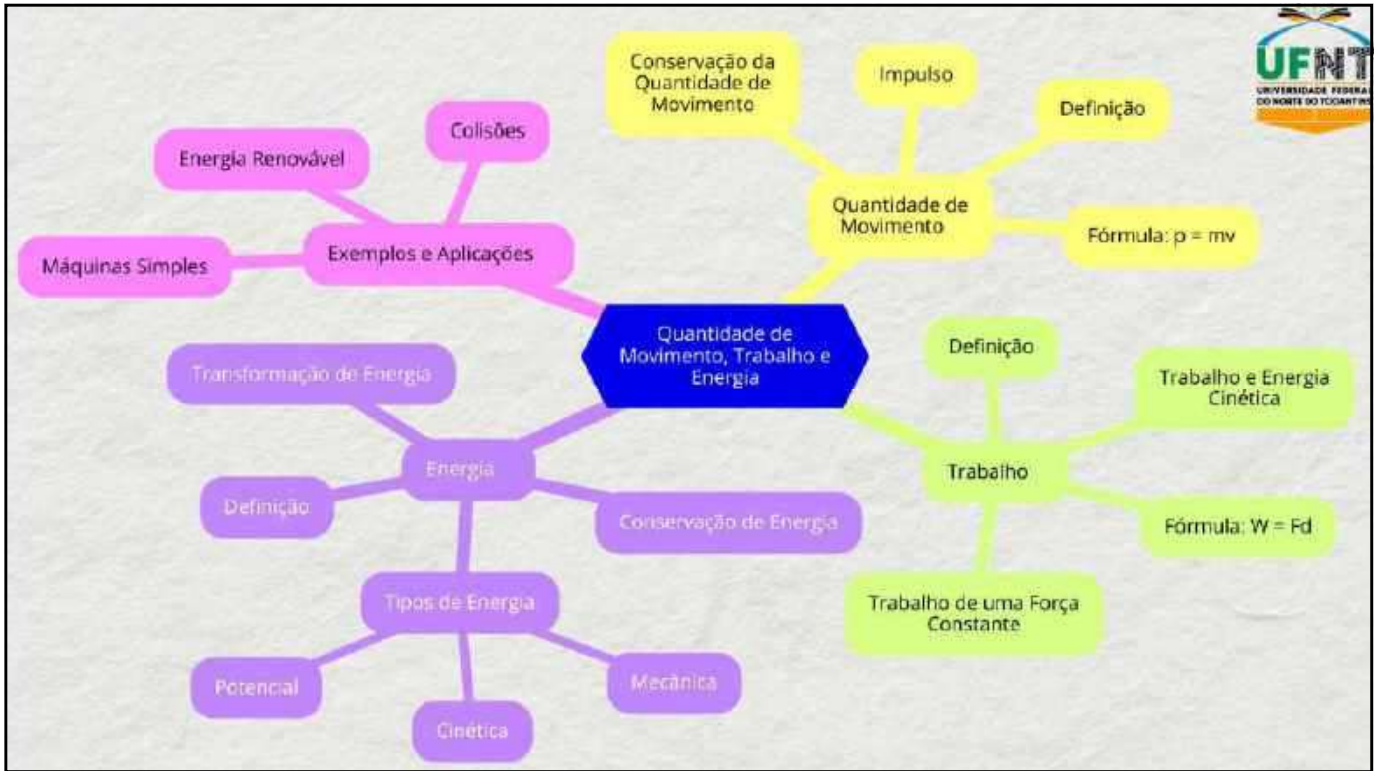
"

-



x A-A J5 y J Qê As
/ Ay ãÓAÓQ ÓQ
x5 êx Qy 5
" AÍ Asd5 Q Qy Q' â êA





A – sêJ AM" Q ÓA / Ay ãÓAÓQ ÓQ
x 5 ãx Qy 5 " AÍ Asd5 Q Qy Q' â êA

y A ẽÓA J5 ẽÓêAy A
RJyêJ A ÓQx5 êx Qy 5



y A ẽÓA J5 ẽÓêAy A
x5 êx Qy 5 Óêy Ãx êJ 5



yA éÓA J5 éÓêAyA
xQ AÍ 5 sê x5



yA éÓA J5 éÓêAyA
sQ Ay A" JA" â A



yA éÓA J5 éÓêAyA
Q' ê-Ax Qy 5 ÓQQ Q' JgJ é



A AyM5 QJy5 s6 â êJ5
ê Qx A ÓQá" Qy Aâ Qx





A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
" Ay xê " Q A 5xÁ êJA



A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
QqJ s5 QsR " êJ 5





A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
" 5 Í. Jê' " â êJ 5



A AyM5 QJy5 s6 â êJ 5
QáêJ ãy J êA Qy Q' â R êJ A





-QQ' êy " J ã y



J" êQxA-A xQy As 5Í" Q / Ay ãÓAÓQÓQ
x5 êx Qy 5 " AÍ Asd5 QQy Q' â êA





/ Q õ y Á" õ áê As

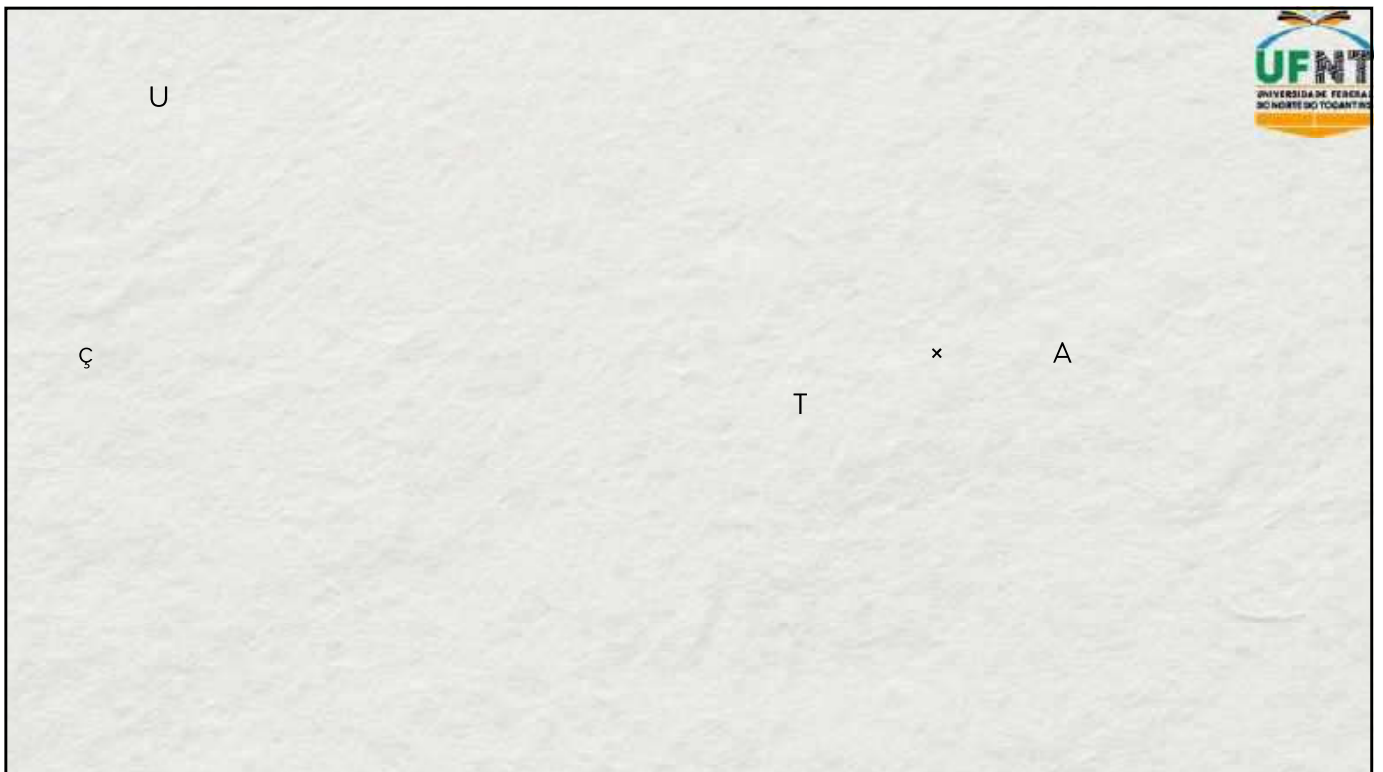
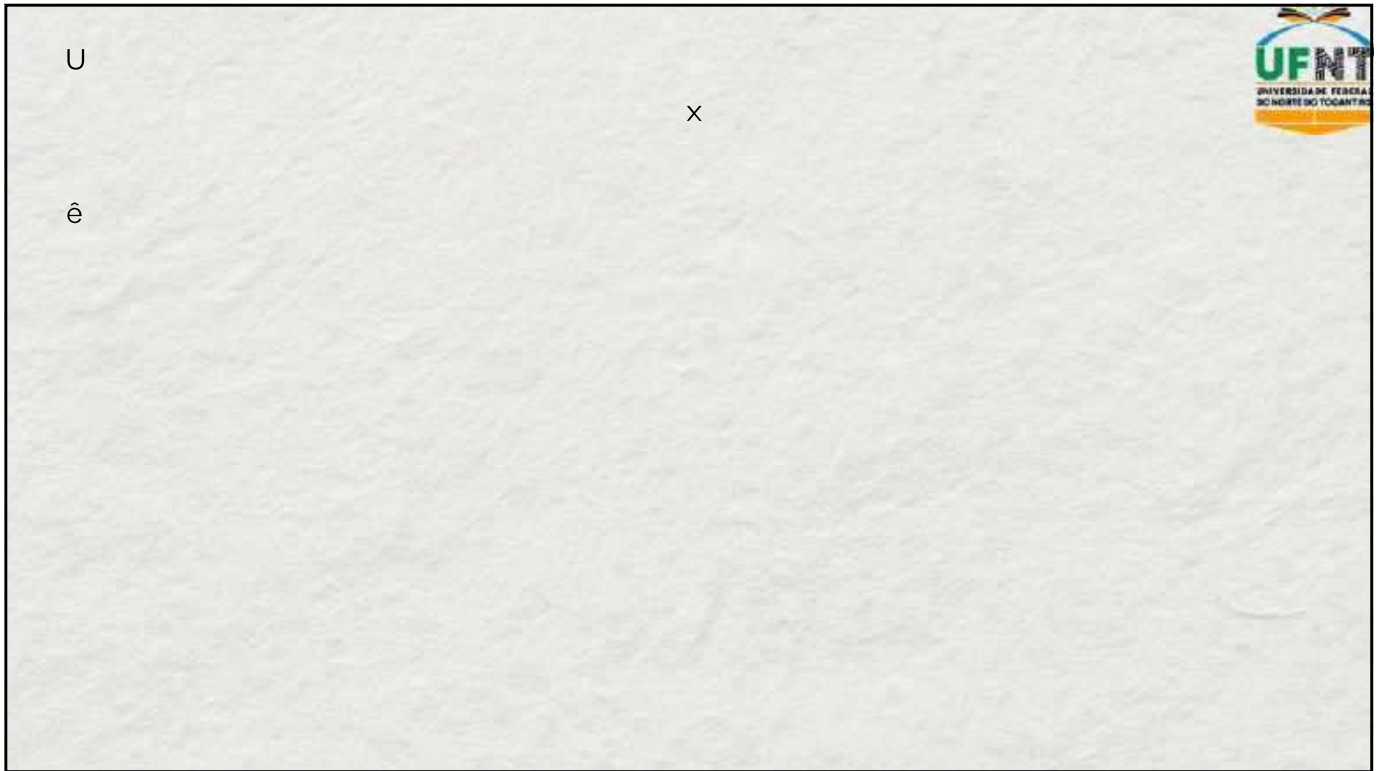


x

ê

U

x





sQê " A -A" A A -" 6 êx A A sA

s "

Qx - 5

5 í " ã AÓ5

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS (UFNT) – POLO 61
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

2024

Análises e Tratamento dos Dados

APÊNDICE 1

Analises de dados Leis de
Newton



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os valores obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre o que se pede

Tabela 1: Valores obtidos no experimento 1

Nº da Medição	Tensão (N)	Aceleração (m/s ²)	Massa 1	Massa 2	Massa 3	Peso
1	0,23 N	0,175 m/s ²	0,120 g			
2	0,29 N					
3						
4						

Tabela 1: Valores obtidos no experimento 2

Nº da Medição	Tensão (N)	Aceleração (m/s ²)	Massa 1	Massa 2	Peso
1					
2					
3					
4					

Fórmulas:

$P = m \cdot g$

$T = m \cdot a$

$m = T/a$

Dados:

$F_p = 0,021 N$

$F_T = 0,021 N$

$m = 0,120 g$

Resumo) Dados gerados coletados:

Força de Tensão 1:	0,12	N
Aceleração 1:		m/s ²
Massa 1:	0,290	(g)
Tensão 2:		N

Força de Tensão 2:	0,09	N
Aceleração 2:	0,35	m/s ²
Massa 2:	0,12	g

Força de Tensão 3:	0,27	N
Aceleração 3:	0,456	m/s ²
Massa 3:		g

(Tração*)

Tensão 01:	0,23	N
Força de Tensão:	0,29	N
Aceleração:	0,175	m/s ²
Massa:	10,93	g

Força de Tensão:		N
Aceleração:		m/s ²
Massa:		g

Força de Tensão:		N
Aceleração:		m/s ²
Massa:		g

Borrão de cálculo I

$P = mg$
 $P = 0,175 \cdot 100$
 $P = mg$
 $P = 0,175 \cdot 0,120$
 $P = 0,021 \text{ N}$
 $T = ma$
 $T = 0,120 \cdot 0,175$
 $T = 0,021 \text{ N}$
 $m_2 = T/a$
 $m_2 = \frac{0,29}{0,175}$
 $m_2 = 1,57142857 \text{ g}$
 $m = 1,314285714 \text{ g}$

0,23 + 0,29 = 0,52 N dados

$m = T/a$

Borrão de cálculo

$P = mg$ $P = 0,120 \cdot 0,175$ $P = 0,021 \text{ N}$	$T = ma$ $T = 0,120 \cdot 0,175$ $T = 0,021 \text{ N}$	$m = \frac{T}{a}$ $m = \frac{0,021}{0,175}$ $m = 0,12$
--	--	--

dados
 Final
 $P = 0,021 \text{ N}$
 $T = 0,021 \text{ N}$
 $m = 0,12 \text{ g}$



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



Amanda Lima
 Sophia Claudino
 Alefy Antony

ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os valores obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre o que se pede

Tabela 1: Valores obtidos no experimento 1

Nº da Medição	Tensão (N)	Aceleração (m/s ²)	Massa 1	Massa 2	Massa 3	Peso
1	$T_1 = 0,23$	$0,306 \text{ m/s}^2$	$0,751$	$0,170$		$0,0751 \text{ kg}$
2	$T_2 = 0,20$		$0,653$			$0,0653 \text{ kg}$
3			$m_T = 1,404$			
4						

Tabela 1: Valores obtidos no experimento 2

Nº da Medição	Tensão (N)	Aceleração (m/s ²)	Massa 1	Massa 2	Peso
1	$T_1 = 0,31$	$0,73 \text{ m/s}^2$	$0,424$	$0,195$	$7,3 \text{ kg}$
2	$T_2 = 0,30$		$0,410$		$4,1 \text{ kg}$
3			$m_T = 0,834$		
4					

Fórmulas:

$$P = m \cdot g$$

$$T = m \cdot a$$

$$m = T/a$$

Handwritten notes:
 $T_1 = 0,31 \text{ N}$
 $T_2 = 0,30 \text{ N}$
 $a = 0,73 \text{ m/s}^2$
 $m = 1,404$

Handwritten notes:
 $T = P_1 + P_2 + \dots$
 $T = m \cdot a$

$$T2 = 0,20$$

com 6

$$T1 = 0,23$$

$$a = 0,506$$

$$m = 0,170 \text{ Kg}$$

calcular a massa \rightarrow e a força peso

$$T1 = 0,31$$

com 7

\rightarrow 7 bolas

$$T2 = 0,30$$

$$a = 0,73$$

$$m = 0,195 \text{ Kg}$$

APÊNDICE 2

Analises de dados Força Peso



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



MNPEF
 Mestrado Nacional
 Profissional em
 Ensino de Física

ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Força Peso

A força peso (F_p) é calculada pela fórmula:

$$F_p = m \cdot g$$

onde:

- m é a massa medida (em kg),
- g é a aceleração gravitacional, que no caso será $9,8 \text{ m/s}^2$

Roteiro de Cálculo da Força Peso

1. **Medir a Massa:** Usando o sistema de medição do Arduino, registre três massas diferentes.
2. **Converter para kg:** Se a massa medida está em gramas (g), divida por 1000 para obter a massa em quilogramas (kg).

Calcular a Força Peso: Aplique a fórmula $F_p = m \cdot g$, considerando $g=9,8 \text{ m/s}^2$

Tabela para Registro das Medições

Complete a tabela abaixo conforme as medições forem realizadas:

Medição	Massa m (g)	Massa m (kg)	Aceleração g (m/s^2)	Força Peso F_p (N)
1	253 g	0,253 kg	9,8	4,794 N
2	342 g	0,342 kg	9,8	3,3516 N
3	550 g	0,55 kg	9,8	5,39 N

$$1 - 253 : 1000$$

$$2 - 342 : 1000$$

$$3 - 550 : 1000$$

$$1 - P = m \cdot g$$

$$P = 0,253 \cdot 9,8$$

$$P = 2,4794$$

$$2 - P = m \cdot g$$

$$P = 0,342 \cdot 9,8$$

$$P = 3,3516$$

$$3 - P = m$$

$$P = 0,55$$

$$P = 5,3$$



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Força Peso

A força peso (F_p) é calculada pela fórmula:

$$F_p = m \cdot g$$

onde:

- m é a massa medida (em kg),
- g é a aceleração gravitacional, que no caso será $9,8 \text{ m/s}^2$

Roteiro de Cálculo da Força Peso

1. **Medir a Massa:** Usando o sistema de medição do Arduino, registre três massas diferentes.
2. **Converter para kg:** Se a massa medida está em gramas (g), divida por 1000 para obter a massa em quilogramas (kg).

Calcular a Força Peso: Aplique a fórmula $F_p = m \cdot g$, considerando $g=9,8 \text{ m/s}^2$

Tabela para Registro das Medições

Complete a tabela abaixo conforme as medições forem realizadas:

Medição	Massa m (g)	Massa m (kg)	Aceleração g (m/s^2)	Força Peso F_p (N)
1	274g	0,274	9,8	2,6852
2	371g	0,371	9,8	3,6358
3	301g	0,301	9,8	2,9498



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Força Peso

A força peso (F_p) é calculada pela fórmula:

$$F_p = m \cdot g$$

onde:

- m é a massa medida (em kg),
- g é a aceleração gravitacional, que no caso será $9,8 \text{ m/s}^2$

Roteiro de Cálculo da Força Peso

1. **Medir a Massa:** Usando o sistema de medição do Arduino, registre três massas diferentes.
2. **Converter para kg:** Se a massa medida está em gramas (g), divida por 1000 para obter a massa em quilogramas (kg).

Calcular a Força Peso: Aplique a fórmula $F_p = m \cdot g$, considerando $g=9,8 \text{ m/s}^2$

Tabela para Registro das Medições

Complete a tabela abaixo conforme as medições forem realizadas:

Medição	Massa m (g)	Massa m (kg)	Accleração g (m/s^2)	Força Peso F_p (N)
1	203	0,203	9,8	1,9894
2	365	0,365	9,8	3,577
3	451	0,451	9,8	4,4198

$$F_p = m \cdot g$$

$$F_p = 0,203 \cdot 9,8 = 1,9894$$

$$F_p = 0,365 \cdot 9,8 = 3,577$$

$$F_p = 0,451 \cdot 9,8 = 4,4198$$



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Força Peso

A força peso (F_p) é calculada pela fórmula:

$$F_p = m \cdot g$$

onde:

- m é a massa medida (em kg),
- g é a aceleração gravitacional, que no caso será $9,8 \text{ m/s}^2$

Roteiro de Cálculo da Força Peso

1. **Medir a Massa:** Usando o sistema de medição do Arduino, registre três massas diferentes.
2. **Converter para kg:** Se a massa medida está em gramas (g), divida por 1000 para obter a massa em quilogramas (kg).

Calcular a Força Peso: Aplique a fórmula $F_p = m \cdot g$, considerando $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Tabela para Registro das Medições

Complete a tabela abaixo conforme as medições forem realizadas:

Medição	Massa m (g)	Massa m (kg)	Aceleração g (m/s^2)	Força Peso F_p (N)
1	120	0,12	9,8	1,176
2	184	0,184	9,8	1,8032
3	270	0,27	9,8	2,646

x = 1150

APÊNDICE 3

Analises de dados Lei de
Hooke



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



MNPEF
 Mestrado Nacional
 Profissional em
 Ensino de Física

103 Alex S., Estefany, Joyna, Maria E. Corralho, Rafael.

ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

A constante de elasticidade (K) da mola pode ser calculada através da relação entre a força aplicada (F) e a deformação ou extensão da mola (x) usando a Lei de Hooke:

$$F = K \cdot x$$

onde:

- F é a força aplicada em Newtons N,
- X é a extensão da mola em metros m,
- K é a constante elástica (N / m)

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

1. Obtenha a Força e a Deformação:

- Usando o sistema Arduino, segue a força aplicada em cada situação e deformação ou extensão x (em metros ou cm) da mola.

2. Conversor como Unidades:

- Veja a extensão x, se estiver em centímetros, converta para metros dividindo por 100.

3. Calcular a Constante Elástica:

- Para cada medição, aplique a fórmula rearranjada da Lei de Hooke:
 $K = F/x$

Tabela para Registro das Medições

Medição	Força F (N)	Extensão x (m)	Constante Elástica K (N/m)
1	8.36	16.71	50,0299222023
2	8.79	17.58	50

RSB

$$1 - 8.36 \div 0,1671 = 50,0299222023$$

$$2 - 8.79 \div 0,1758 = 50$$



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

A constante de elasticidade (K) da mola pode ser calculada através da relação entre a força aplicada (F) e a deformação ou extensão da mola (x) usando a Lei de Hooke:

$$F = K \cdot x$$

onde:

- F é a força aplicada em Newtons N .
- x é a extensão da mola em metros m .
- K é a constante elástica (N/m)

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

1. Obtenha a Força e a Deformação:

- Usando o sistema Arduino, segue a força aplicada em cada situação e deformação ou extensão x (em metros ou cm) da mola.

2. Conversor como Unidades:

- Veja a extensão x , se estiver em centímetros, converta para metros dividindo por 100.

3. Calcular a Constante Elástica:

- Para cada medição, aplique a fórmula rearranjada da Lei de Hooke:
 $K = F/x$

Tabela para Registro das Medições

Medição	Força F (N)	Extensão x (m)	Constante Elástica K (N/m)
1	7,00 N	14,01 cm	≈ 50
2	10,43 N	20,72 cm	50,24

$$K = \frac{F}{x}$$
$$K = \frac{7,00}{0,1401}$$
$$K \approx 50$$

$$K = \frac{F}{x}$$
$$K = \frac{10,43}{0,2072}$$
$$K = 50,24$$



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

A constante de elasticidade (K) da mola pode ser calculada através da relação entre a força aplicada (F) e a deformação ou extensão da mola (x) usando a Lei de Hooke:

$$F = K \cdot x$$

onde:

- F é a força aplicada em Newtons N,
- x é a extensão da mola em metros m,
- K é a constante elástica (N/m)

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

1. Obtenha a Força e a Deformação:

- Usando o sistema Arduino, segure a força aplicada em cada situação e deformação ou extensão x (em metros ou cm) da mola.

2. Conversor como Unidades:

- Veja a extensão x , se estiver em centímetros, converta para metros dividindo por 100.

3. Calcular a Constante Elástica:

- Para cada medição, aplique a fórmula rearranjada da Lei de Hooke:

$$K = F/x$$

Tabela para Registro das Medições

Medição	Força F (N)	Extensão x (m)	Constante Elástica K (N/m)
1	10,74	21,47	50,02
2	9,46	18,92	50

~~0,18m~~
0,2147
0,1892



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

A constante de elasticidade (K) da mola pode ser calculada através da relação entre a força aplicada (F) e a deformação ou extensão da mola (x) usando a Lei de Hooke:

$$F = K \cdot x$$

onde:

- F é a força aplicada em Newtons N,
- X é a extensão da mola em metros m,
- K é a constante elástica (N / m)

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

1. Obtenha a Força e a Deformação:

- Usando o sistema Arduino, segue a força aplicada em cada situação e deformação ou extensão x (em metros ou cm) da mola.

2. Conversor como Unidades:

- Veja a extensão x, se estiver em centímetros, converta para metros dividindo por 100.

3. Calcular a Constante Elástica:

- Para cada medição, aplique a fórmula rearranjada da Lei de Hooke:
 $K = F/x$

Tabela para Registro das Medições

Medição	Força F (N)	Extensão x (m)	Constante Elástica K (N/m)
1	9,31	18,61	50,0218572757
2	8,03	16,69	48,1126423008



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

A constante de elasticidade (K) da mola pode ser calculada através da relação entre a força aplicada (F) e a deformação ou extensão da mola (x) usando a Lei de Hooke:

$$F = K \cdot x$$

onde:

- F é a força aplicada em Newtons N,
- x é a extensão da mola em metros m,
- K é a constante elástica (N / m)

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

1. Obtenha a Força e a Deformação:

- Usando o sistema Arduino, segure a força aplicada em cada situação e deformação ou extensão x (em metros ou cm) da mola.

2. Conversor como Unidades:

- Veja a extensão x , se estiver em centímetros, converta para metros dividindo por 100.

3. Calcular a Constante Elástica:

- Para cada medição, aplique a fórmula rearranjada da Lei de Hooke:
 $K = F/x$

Tabela para Registro das Medições

Medição	Força F (N)	Extensão x (m)	Constante Elástica K (N/m)
1	8,66	17,14	0,00505251
2	6,83	13,31	0,00513148

0,5714
0,1331



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

A constante de elasticidade (K) da mola pode ser calculada através da relação entre a força aplicada (F) e a deformação ou extensão da mola (x) usando a Lei de Hooke:

$$F = K \cdot x$$

onde:

- F é a força aplicada em Newtons N ,
- x é a extensão da mola em metros m ,
- K é a constante elástica (N/m)

Roteiro de Cálculo da Constante Elástica

1. Obtenha a Força e a Deformação:

- Usando o sistema Arduino, segue a força aplicada em cada situação e deformação ou extensão x (em metros ou cm) da mola.

2. Conversor como Unidades:

- Veja a extensão x , se estiver em centímetros, converta para metros dividindo por 100.

3. Calcular a Constante Elástica:

- Para cada medição, aplique a fórmula rearranjada da Lei de Hooke:
 $K = F/x$

Tabela para Registro das Medições

Medição	Força F (N)	Extensão x (m)	Constante Elástica K (N/m)
1	11,50 N	0,2300 m	$K = 50 \text{ N/m}$
2	9,30 N	0,1860 m	$K = 50 \text{ N/m}$

$$K = \frac{11,50}{0,2300} = 50 \quad K = 50 \text{ N/m}$$

$$K = \frac{9,30}{0,1860} = 50 \quad K = 50 \text{ N/m}$$

APÊNDICE 4

Analises de dados Movimento Circular



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Conceitos Fundamentais

Velocidade Angular (ω): Quantifica a variação angular por unidade de tempo e é fornecida pelo experimento em radianos por segundo (rad/s).

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Frequência (f): Mede quantas voltas completas o objeto realiza por segundo (Hz).
 Fórmula:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Período (T): Representa o tempo necessário para completar uma volta completa (s).
 Fórmula:

$$T = \frac{1}{f}$$

Velocidade Linear (v): Mede a rapidez com que o objeto se desloca ao longo da trajetória circular.
 Fórmula:

$$v = r \cdot \omega$$

Onde r é o raio da trajetória (em metros).

Procedimento de Análise

Dado Inicial:

- O experimento fornecerá a **velocidade angular (ω)** em rad/s. Este é o ponto de partida para todos os cálculos.

Cálculos que os alunos irão realizar:

- Frequência (f):

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$f = \frac{4,83}{2,314} = f = 0,76592356687$$

$$f = \frac{7,53}{6,28} = f = 1,19583987$$

- Período (T):

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{0,76592356687}$$

$$T = \frac{1}{1,19583987261}$$

- Velocidade Linear (v) (caso seja fornecido o raio r):

$$v = r \cdot \omega$$

$$v = 0,325 \times 4,83$$

$$v = 0,83623837590$$

$$v = 0,125 \times 7,53$$

$$v = 0,93875$$

Tabela Modelo para Análise

Velocidade Angular (ω) (rad/s)	Frequência (f) (Hz)	Período (T) (s)	Velocidade Linear (v) (m/s)
4,83	0,76592356687	1,30559267683	0,60325
7,53	1,19583987261	0,83623837590	0,93875



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Conceitos Fundamentais

Velocidade Angular (ω): Quantifica a variação angular por unidade de tempo e é fornecida pelo experimento em radianos por segundo (rad/s).

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Frequência (f): Mede quantas voltas completas o objeto realiza por segundo (Hz).

Fórmula:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Período (T): Representa o tempo necessário para completar uma volta completa (s).

Fórmula:

$$T = \frac{1}{f}$$

Velocidade Linear (v): Mede a rapidez com que o objeto se desloca ao longo da trajetória circular.

Fórmula:

$$v = r \cdot \omega$$

Onde r é o raio da trajetória (em metros).

$$f = \frac{1}{0,93} = 1,07$$

$$T = \frac{1}{1,14} = 0,87$$

Procedimento de Análise

Dado Inicial:

- O experimento fornecerá a velocidade angular (ω) em rad/s. Este é o ponto de partida para todos os cálculos.

Cálculos que os alunos irão realizar:

- Frequência (f):

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$f = \frac{5,88}{2 \cdot 3,14}$$

$$f = \frac{7,18}{2 \cdot 3,14}$$

- Período (T):

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{5,88}$$

$$T = \frac{1}{7,18}$$

- Velocidade Linear (v) (caso seja fornecido o raio r):

$$v = r \cdot \omega$$

$$v = 0,125 \cdot 5,88$$

$$v = 0,125 \cdot 7,18$$

$$v = 0,735$$

$$v = 0,8975$$

Tabela Modelo para Análise

Velocidade Angular (ω) (rad/s)	Frequência (f) (Hz)	Período (T) (s)	Velocidade Linear (v) (m/s)
5,88	0,93	1,07	0,735
7,18	1,14	0,87	0,8975



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Conceitos Fundamentais

Velocidade Angular (ω): Quantifica a variação angular por unidade de tempo e é fornecida pelo experimento em radianos por segundo (rad/s).

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Frequência (f): Mede quantas voltas completas o objeto realiza por segundo (Hz).

Fórmula:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Período (T): Representa o tempo necessário para completar uma volta completa (s).

Fórmula:

$$T = \frac{1}{f}$$

Velocidade Linear (v): Mede a rapidez com que o objeto se desloca ao longo da trajetória circular.

Fórmula:

$$v = r \cdot \omega$$

Onde r é o raio da trajetória (em metros).

Procedimento de Análise

Dado Inicial:

- O experimento fornecerá a **velocidade angular (ω)** em rad/s. Este é o ponto de partida para todos os cálculos:

Cálculos que os alunos irão realizar:

- Frequência (f):

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

- Período (T):

$$T = \frac{1}{f}$$

- Velocidade Linear (v) (caso seja fornecido o raio r):

$$v = r \cdot \omega$$

$$f = \frac{8,84}{2 \cdot 3,14} = f = \frac{8,84}{6,28} = 1,40$$

$$T = \frac{1}{1,40} = 0,71$$

$$0,125 \cdot 8,84 = 1,105$$

Tabela Modelo para Análise

Velocidade Angular (ω) (rad/s)	Frequência (f) (Hz)	Período (T) (s)	Velocidade Linear (v) (m/s)
8,84	1,40	0,71	1,105
7,08	1,12	0,89	0,885

$$F = \frac{7,08}{2 \cdot 3,14} = \frac{7,08}{6,28}$$

$$F = 1,12 \leftarrow$$

$$T = \frac{1}{1,12} = 0,89$$

$$0,125 \cdot 7,08 = 0,885$$



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Conceitos Fundamentais

Velocidade Angular (ω): Quantifica a variação angular por unidade de tempo e é fornecida pelo experimento em radianos por segundo (rad/s).

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Frequência (f): Mede quantas voltas completas o objeto realiza por segundo (Hz).

Fórmula:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Período (T): Representa o tempo necessário para completar uma volta completa (s).

Fórmula:

$$T = \frac{1}{f}$$

Velocidade Linear (v): Mede a rapidez com que o objeto se desloca ao longo da trajetória circular.

Fórmula:

$$v = r \cdot \omega$$

Onde r é o raio da trajetória (em metros).

Procedimento de Análise

Dado Inicial:

- O experimento fornecerá a **velocidade angular (ω)** em rad/s. Este é o ponto de partida para todos os cálculos.

Cálculos que os alunos irão realizar:

- Frequência (f):

$$f = \frac{\omega \text{ (rad/s)}}{2\pi \cdot 2.314}$$

- Período (T):

$$T = \frac{1}{f}$$

- Velocidade Linear (v) (caso seja fornecido o raio r):

$$v = r \cdot \omega$$

$$f = \frac{7.15}{2 \cdot 3.14}$$

$$f = 0.878$$

$$v = 0.125 \cdot 0.878 = 0.10975$$

$$f = \frac{5.37}{2 \cdot 3.14}$$

$$f = \frac{5.37}{6.28}$$

$$f = 0.855$$

$$T = \frac{1}{f} \quad T = \frac{1}{0.855}$$

$$v = 0.125 \cdot 0.855 = 0.106875$$

Tabela Modelo para Análise

Velocidade Angular (ω) (rad/s)	Frequência (f) (Hz)	Período (T) (s)	Velocidade Linear (v) (m/s)
5.37	0.855	0.855	0.106875
7.15	0.878	0.878	0.10975

APÊNDICE 5

Analises de dados Queda Livre



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0	107 m/s	107 m/s	107 m/s
2	0	104 m/s	104 m/s	104 m/s
3	0	106 m/s	106 m/s	106 m/s
4	0	94 m/s	94 m/s	94 m/s
MÉDIA	0	102,75	102,75	102,75

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0	0	0
Partida do objeto: sensor 2	1.019,2	52.998,4	104 m/s
Partida do objeto: sensor 3	1.038,8	55.056,4	106 m/s
Partida do objeto: sensor 4	921,2	43.296,4	94 m/s



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



Ana Carolina e Julia

ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0	107	107	107
2	0,0	104	104	104
3	0,0	106	106	106
4	0,0	94	94	94
MÉDIA				

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	3019.2	52998.4	0
Partida do objeto: sensor 2			104
Partida do objeto: sensor 3			106
Partida do objeto: sensor 4			94



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0	103	103	103
2	0,0	96	96	96
3	0,0	100	100	100
4	0,0	104	104	104
MÉDIA	0,0	100,75	100,75	100,75

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0	0	0,0
Partida do objeto: sensor 2	987,35	90.316,8	96
Partida do objeto: sensor 3	987,35	98.000	100
Partida do objeto: sensor 4	987,35	105.996,8	104



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0	107 ms	107 ms	107 ms
2	0,0	104 ms	104 ms	104 ms
3	0,0	106 ms	106 ms	106 ms
4	0,0	94 ms	94 ms	94 ms
MÉDIA	102,75 ms	102,75 ms	102,75 ms	102,75 ms

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0,0 m/s	0,0 m/s	0,0 m/s
Partida do objeto: sensor 2	1006,95 m/s	4.968,348,682	102,75 ms
Partida do objeto: sensor 3	1006,95 m/s	4.968,348,682	102,75 ms
Partida do objeto: sensor 4	1006,95 m/s	4.968,348,682	102,75 ms



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0 ms 0,0 ms	307 ms	307 ms	307 ms
2	0 ms	304 ms	304 ms	304 ms
3	0 ms	306 ms	306 ms	306 ms
4	0 ms	94 ms	94 ms	94 ms
MÉDIA	0 ms	428 ms 433 ms ⁽¹⁾	436 ms 433 ms ⁽²⁾	427 ms 433 ms ⁽³⁾

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	30486 cm/s	56.000,1 cm	307 ms
Partida do objeto: sensor 2	1.039,2 cm/s	52.998,4 cm	304 ms
Partida do objeto: sensor 3	1.038,8 cm/s	55.056,4 cm	306 ms
Partida do objeto: sensor 4	923,2 cm/s	43.296,4 cm	94 ms



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0 m/s	104 m/s	104 m/s	104 m/s
2	0,0 m/s	104 m/s	104 m/s	104 m/s
3	0,0 m/s	106 m/s	106 m/s	106 m/s
4	0,0 m/s	94 m/s	94 m/s	94 m/s
MÉDIA	0,0 m/s	102,72 m/s	102,72 m/s	102,72 m/s

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0 m/s	0,0 cm	0,0 m/s
Partida do objeto: sensor 2	1006,95 m/s	4,968,346,6825	102,45 m/s
Partida do objeto: sensor 3	1006,95 m/s	4,968,346,6825	102,45 m/s
Partida do objeto: sensor 4	1006,95 m/s	4,968,346,6825	102,45 m/s



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0 ms	107 ms	107 ms	107 ms
2	0,0 ms	104 ms	104 ms	104 ms
3	0,0 ms	106 ms	106 ms	106 ms
4	0,0 ms	94 ms	94 ms	94 ms
MÉDIA	0,0 ms	102,75 ms	102,75 ms	102,75 ms

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0 cm/s	4.962.346,68225	0,0 ms
Partida do objeto: sensor 2	1.006,95 cm/s	4.962.346,68225	102,75 ms
Partida do objeto: sensor 3	1.006,95 cm/s	4.962.346,68225	102,75 ms
Partida do objeto: sensor 4	1.006,95 cm/s	4.962.346,68225	102,75 ms



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,00	103	103	103
2	0	96	96	96
3	0	100	100	100
4	0	104	104	104
MÉDIA	0,01	134,3	134,3	134,3

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0	0	0,0
Partida do objeto: sensor 2	987,35	90.316,8	96
Partida do objeto: sensor 3	987,35	98.000	100
Partida do objeto: sensor 4	987,35	105.336,8	104



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0	103	103	103
2	0,0	96	96	96
3	0,0	100	100	100
4	0,0	104	104	104
MÉDIA	0,0	134,3	134,3	134,3

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0,0		0,0
Partida do objeto: sensor 2			134,3
Partida do objeto: sensor 3			134,3
Partida do objeto: sensor 4			134,3



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
 Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
 Dra. Regina L. de Sousa
 Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,02 s	107 ms	107 ms	107 ms
2	0,02 s	104 ms	104 ms	104 ms
3	0,02 s	100 ms	106 ms	106 ms
4	0,02 s	94 ms	94 ms	94 ms
MÉDIA	0,02 s	102,75 ms	102,75 ms	102,75 ms

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0,0 cm/s	0,0 cm	0,0 ms
Partida do objeto: sensor 2	1,049,6 cm/s	5,387,853,604 cm	107 ms
Partida do objeto: sensor 3	1,019,2 cm/s	5,089,966,336 cm	104 ms
Partida do objeto: sensor 4	1,038,8 cm/s	5,289,696,656 cm	106 ms



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,0	103 ms	103 ms	103 ms
2	0,0	96 ms	96 ms	96 ms
3	0,0	100 ms	100 ms	100 ms
4	0,0	104 ms	104 ms	104 ms
MÉDIA	0,0	100,75 ms	100,75 ms	100,75 ms

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1	0,0 cm/s	0,0 cm	0,0
Partida do objeto: sensor 2	9,888,2 cm/s	479.104,846 cm	1,009,4 ms
Partida do objeto: sensor 3	9.229,84 cm/s	90.354,432 cm	940,8 ms
Partida do objeto: sensor 4	9.604 cm/s	94.449,2 cm	980 ms



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT
Dra. Regina L. de Sousa
Roney L. Souza



ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

Lançamento	Partida: sensor 1 (tempo 1)	Partida: sensor 2 (tempo 2)	Partida: sensor 3 (tempo 3)	Partida: sensor 4 (tempo 4)
1	0,00	307	307	
2	0,00	304	304	
3	0,00	306	306	
4	0,00	427	427	
MÉDIA	0,00	186	186,25	

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2

Tabela 2: Valores de V, H e t

Distância ΔS (cm)	V (cm/s)	S = H (cm)	t (ms)
Partida do objeto: sensor 1			
Partida do objeto: sensor 2			
Partida do objeto: sensor 3			
Partida do objeto: sensor 4			