



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE FÍSICA**

THIAGO ALBUQUERQUE DE CARVALHO

**CULTURA *MAKER* NO ENSINO DE FÍSICA: ANÁLISE QUANTITATIVA DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO EEMTI LICEU DO CONJUNTO CEARÁ**

FORTALEZA

2026

THIAGO ALBUQUERQUE DE CARVALHO

CULTURA *MAKER* NO ENSINO DE FÍSICA: ANÁLISE QUANTITATIVA DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO EEMTI LICEU DO CONJUNTO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Afrânio de Araujo Coelho.

FORTALEZA
2026

THIAGO ALBUQUERQUE DE CARVALHO

CULTURA *MAKER* NO ENSINO DE FÍSICA: ANÁLISE QUANTITATIVA DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO EEMTI LICEU DO CONJUNTO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovada em 09 / 07 / 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Afrânio de Araujo Coelho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Euclides Gomes da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais, Wellington Matias de Carvalho e Maria Gracilde Albuquerque, e ao meu irmão, Felipe Albuquerque de Carvalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder força e resiliência ao longo de toda a minha jornada acadêmica. Agradeço aos meus pais e ao meu irmão por me apoiarem na minha escolha de curso e na minha carreira profissional na docência.

Agradeço ao meu orientador Afrânio de Araújo Coelho pela atenção e orientação na produção deste trabalho e durante a minha participação no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) como bolsista. Ao meu supervisor do PIBID, Peterson Fernandes, pela orientação e pelo suporte durante o estudo e a aplicação deste trabalho no EEMTI Liceu do Conjunto Ceará.

Agradeço aos amigos que conheci na Universidade Federal do Ceará (UFC) e que me ajudaram muito durante a minha trajetória acadêmica, em especial ao Antônio Levi Silva, à Gislany Queiroz, ao Hugo Marques de Sousa e ao Wesley Bezerra.

Agradeço aos professores do Departamento de Física da UFC pela excelência no ensino e na pesquisa, de modo especial aos professores Afrânio de Araújo Coelho, Antônio Gomes de Souza Filho, Ascânio Dias Araújo e José Ramos Gonçalves.

Por fim, agradeço à UFC pela oportunidade de ensino e de desenvolvimento acadêmico e profissional. Ademais, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade de participar do PIBD e por ampliar as minhas competências como docente.

*”Em tudo dai graças, porque esta é a vontade de Deus
em Cristo Jesus para convosco”*

1 Tessalonicenses 5:18

RESUMO

Há uma evidente dificuldade entre os alunos do ensino médio na disciplina de física na educação básica brasileira. Nessa perspectiva, pesquisas com base em análise de dados indicam um desempenho insatisfatório dos estudantes do ensino médio na matéria de física em avaliações de larga escala ao longo das duas últimas décadas. Diante do exposto, este trabalho propõe uma análise quantitativa de uma sequência didática abordando a cultura *maker*, com o propósito de avaliar o impacto de uma metodologia ativa no processo de ensino e aprendizagem de física na escola pública EEMTI Liceu do Conjunto Ceará. A sequência didática conecta aulas expositivas tradicionais com atividades práticas baseadas na experimentação e que estimulam a criatividade, o pensamento crítico e a autonomia do estudante no processo de aprendizagem. Outrossim, este trabalho abordou dois conteúdos, nos quais os estudantes do ensino médio apresentaram baixo desempenho em avaliações de larga escala, relacionados à conversão de unidades de grandezas físicas e ao movimento retilíneo uniforme. Ademais, as avaliações aplicadas neste trabalho permitiram analisar quantitativamente o desempenho dos estudantes antes e após a aplicação da sequência didática, com o propósito de avaliar os impactos de aulas fundamentadas na cultura *maker* na aprendizagem de estudantes de escola pública. Por fim, foram constatadas as qualidades e as limitações pedagógicas na aplicação de uma sequência didática baseada na metodologia ativa da cultura *maker* no ensino de física na escola pública EEMTI Liceu do Conjunto Ceará.

Palavras-chave: cultura *maker*; ensino médio; sequência didática; ensino de física.

ABSTRACT

There is a clear difficulty in physics among high school students in Brazilian basic education. From this perspective, data-driven research indicates unsatisfactory results by high school students in physics on large-scale assessments over the last two decades. Accordingly, this work proposes a quantitative analysis of a teaching sequence addressing maker culture to evaluate the impact of an active methodology on the teaching and learning of physics at the EEMTI Liceu do Conjunto Ceará public school. The teaching sequence connects traditional lectures with practical activities, based on experimentation that stimulates creativity, critical thinking, and student autonomy in the learning process. Furthermore, this work addressed two topics in which high school students performed inadequately on large-scale assessments related to the conversion of units of physical quantities and uniform rectilinear motion. Moreover, the assessments used in this work enabled a quantitative analysis of student performance before and after the implementation of the teaching sequence, evaluating the impact of maker culture-based classes on the learning of public school students. Finally, the pedagogical qualities and limitations of applying a teaching sequence based on the active methodology of maker culture in physics teaching were analyzed at the EEMTI Liceu do Conjunto Ceará public school.

Keywords: maker culture; high school; teaching sequence; physics teaching.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sistema Internacional de Unidades (SI)	18
Tabela 2 – Fatores de Conversão das Unidades	19
Tabela 3 – Desempenho dos estudantes nas duas avaliações	34
Tabela 4 – Frequência relativa e absoluta das notas das duas avaliações	35
Tabela 5 – Unidades de Medida no SI	48
Tabela 6 – Prefixos para as potências de dez	48
Tabela 7 – Conversão de Unidades de Comprimento	49
Tabela 8 – Dominó de Conversão de Unidades de Comprimento	53
Tabela 9 – Dominó de Conversão de Unidades de Temperatura	53
Tabela 10 – Dominó de Conversão de Unidades de Tempo	54
Tabela 11 – Dominó de Conversão de Unidades de Velocidade	54
Tabela 12 – Resultados Experimentais do Carrinho com Balão	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percentual de acertos nas questões de Ciências da Natureza do ENEM 2009 – conclucentes em 2009	14
Figura 2 – Percentual de acertos nas questões de Ciências da Natureza do ENEM 2024 .	15
Figura 3 – Gráfico da posição de uma partícula em função do tempo	20
Figura 4 – Gráfico da posição de uma partícula em função do tempo para a velocidade escalar positiva	21
Figura 5 – Gráfico da posição de uma partícula em função do tempo para a velocidade escalar negativa	21
Figura 6 – Aplicação da avaliação pré-teste	23
Figura 7 – Aplicação da avaliação pós-teste	23
Figura 8 – Aplicação da atividade do dominó de conversão de unidades	24
Figura 9 – Dominó de comprimento	25
Figura 10 – Dominó de temperatura	26
Figura 11 – Dominó de tempo	27
Figura 12 – Dominó de velocidade	28
Figura 13 – Materiais do carrinho	29
Figura 14 – Impressora 3D	29
Figura 15 – Aplicação da atividade do carrinho	30
Figura 16 – Carrinho montado e acoplado ao balão	30
Figura 17 – Frequência das notas em relação aos resultados dos alunos na avaliação di- agnóstica	32
Figura 18 – Frequência de acertos por questão na avaliação diagnóstica	33
Figura 19 – Frequência das notas em relação aos resultados dos alunos na avaliação pós-teste	33
Figura 20 – Frequência de acertos por questão na avaliação pós-teste	34
Figura 21 – Gráfico da posição de um objeto em função do tempo	51
Figura 22 – Carrinho acoplado aos materiais de baixo custo	56
Figura 23 – Modelo 3D do carrinho no programa Tinkercad	63
Figura 24 – Fatiamento do carrinho no programa UltimakerCura	63

LISTA DE SIGLAS

EEMTI	Escola de Ensino Médio em Tempo Integral
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LCC	Liceu do Conjunto Ceará
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SEDUC/CE	Secretaria de Estado de Educação do Ceará
SI	Sistema Internacional de Unidades
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM FÍSICA	13
3	AVALIAÇÕES DE LARGA ESCALA E ENSINO DE FÍSICA	14
4	CULTURA <i>MAKER</i> NA EDUCAÇÃO	16
4.1	Impressão 3D como recurso pedagógico	16
5	FUNDAMENTOS FÍSICOS: GRANDEZAS E MOVIMENTO UNIFORME	18
5.1	Grandezas físicas	18
5.2	Conversão de unidades	19
5.3	Movimento uniforme	19
5.3.1	<i>Velocidade escalar média</i>	20
5.3.2	<i>Velocidade escalar instantânea</i>	20
5.3.3	<i>Movimento retilíneo uniforme (MRU)</i>	20
6	METODOLOGIA	22
6.1	Tipo de pesquisa	22
6.2	Contexto e participantes	22
6.3	Instrumento e procedimento de coleta de dados	22
6.4	Sequência didática	24
6.5	Técnicas de análise dos dados	31
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
7.1	Resultados do pré-teste	32
7.2	Resultados do pós-teste	33
7.3	Análise comparativa	34
7.4	Discussão	35
8	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICE A – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	40
	APÊNDICE B – PLANO DE AULA 1	47
	APÊNDICE C – PLANO DE AULA 2	50
	APÊNDICE D – ROTEIRO DA ATIVIDADE DO DOMINÓ DE CON- VERSÃO DE UNIDADES	53
	APÊNDICE E – ROTEIRO DA ATIVIDADE DA VELOCIDADE MÉDIA DO CARRINHO	55
	APÊNDICE F – AVALIAÇÃO PÓS-TESTE	57
	APÊNDICE G – CÓDIGO PARA ANÁLISE DOS MICRODADOS DO ENEM 2024	61
	APÊNDICE H – MODELAGEM 3D E FATIAMENTO DO CARRINHO .	63

1 INTRODUÇÃO

Os concluintes do ensino médio na educação pública brasileira apresentam ampla dificuldade no processo de aprendizagem de física. Nesse contexto, por meio de uma análise do desempenho dos estudantes na prova do ENEM na área de ciências da natureza, foi evidenciada grande dificuldade dos estudantes do ensino médio em assuntos introdutórios que fundamentam o estudo da física, como a conversão de unidades de grandezas físicas e a velocidade escalar média. Tendo em vista essa problemática no ensino básico brasileiro, este trabalho busca, como objetivo geral, analisar quantitativamente o impacto de uma sequência didática baseada na cultura *maker* no ensino de física na escola pública EEMTI Liceu do Conjunto Ceará.

A cultura *maker* define-se como uma metodologia ativa que estimula o protagonismo e a criatividade do estudante no processo de aprendizagem. Nessa perspectiva, os objetivos específicos que estruturam este trabalho estão relacionados em: Desenvolver e aplicar uma sequência didática que aborda a cultura *maker*; Elaborar e validar os instrumentos de coleta de dados, ou seja, as avaliações de pré-teste e pós-teste, além dos roteiros das atividades práticas; Mensurar o desempenho inicial e final dos estudantes por meio da aplicação do pré-teste e do pós-teste; Realizar a análise quantitativa e comparativa dos dados coletados para verificar se houve evolução no desempenho dos alunos no conteúdo abordado na sequência; Avaliar as limitações pedagógicas da cultura *maker* no ensino de física.

A estrutura deste trabalho problematiza a atual metodologia de ensino de física na educação brasileira e apresenta uma proposta de aprendizagem ativa através dos objetivos supracitados. Ademais, os Capítulo 2 e Capítulo 3 buscam justificar o motivo da dificuldade dos estudantes na disciplina de física e os tópicos em que os concluintes do ensino médio apresentam insuficiente desempenho em avaliações de larga escala, respectivamente. Outrossim, o Capítulo 4 aborda a aplicação da cultura *maker* na educação e o uso da impressão 3D como recurso pedagógico no processo de aprendizagem ativa.

O Capítulo 5 desenvolve os fundamentos físicos abordados na sequência didática e o Capítulo 6 expõe a metodologia utilizada na formulação da sequência didática e na análise dos dados coletados a fim de validar a sequência. Além disso, o Capítulo 7 apresenta os resultados dos estudantes nas avaliações de pré-teste e pós-teste e também a análise comparativa do desempenho nas duas provas. Do mesmo modo, Capítulo 8 desenvolve as considerações finais deste trabalho e propõe futuros estudos que abordam o ensino de física e a cultura *maker*. Por fim, os apêndices apresentam os recursos didáticos utilizados na sequência didática.

2 DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM FÍSICA

A disciplina de física é usualmente vista como uma matéria extremamente difícil para os alunos do ensino médio na educação pública brasileira. Nessa perspectiva, nota-se o aumento dessa dificuldade por parte dos discentes após o período da pandemia do covid-19, tendo em vista a falta de acesso a um espaço adequado para os estudos por parte dos alunos e a carência de ferramentas tecnológicas para o ensino à distância, como um computador e o acesso à internet (Abud; Maintinguer, 2024).

Outro fator que contribui para essas complicações no processo de aprendizagem em física é a desinformação, por parte dos alunos, sobre os conceitos e métodos matemáticos que fundamentam a ciência e, conseqüentemente, a física. Nesse contexto, o professor tem o papel fundamental de relacionar, de maneira teórica e empírica, o conteúdo programático de física do ensino médio por meio de uma linguagem matemática adequada, de modo que o aluno desenvolva a capacidade cognitiva de compreender um fenômeno natural por meio de notações matemáticas (Pietrocola, 2002).

Apesar do aumento da carga horária da formação geral básica no novo ensino médio, de 1800 para 2400 horas (Brasil, 2024), a disciplina de física permanece negligenciada no currículo atual, com apenas duas a três horas-aula por semana no ensino integral. Diante desse cenário, nota-se que a própria estrutura educacional proposta pelo governo favorece a permanência de algumas lacunas no processo de aprendizagem, contribuindo para a manutenção da dificuldade no entendimento da matéria de física pelos discentes. Ademais, a implementação de itinerários formativos no novo ensino médio tem como uma das funções o aprofundamento de algumas disciplinas básicas; contudo, o protagonismo das áreas de linguagens e matemática na composição desses itinerários contribui para o desinteresse e, posteriormente, para a complicação da aprendizagem em física por parte dos alunos.

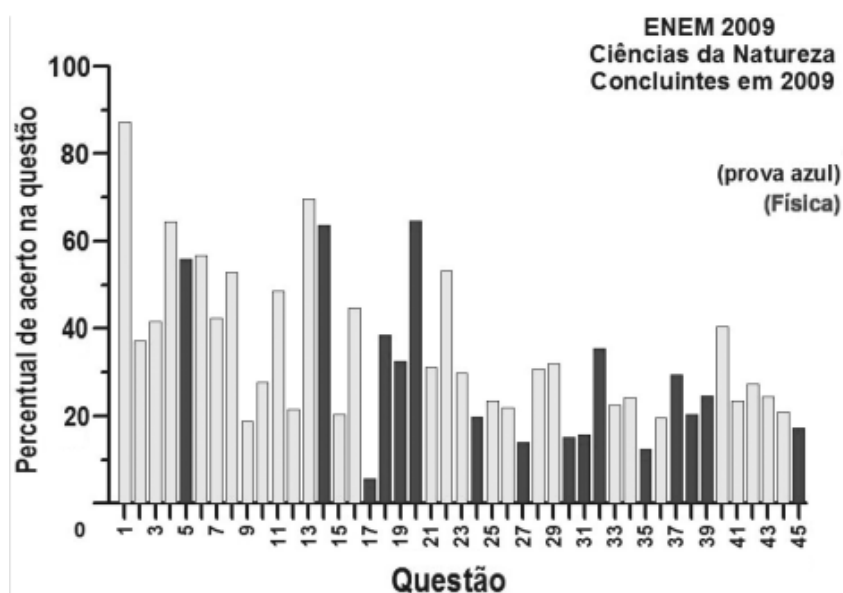
Tendo em vista o contexto apresentado, nota-se a importância de identificar as causas da dificuldade na aprendizagem em física e os ramos específicos nos quais os alunos demonstram maior adversidade. Sob esse aspecto, é relevante analisar o desempenho dos alunos em avaliações de larga escala na disciplina de física a fim de constatar as subáreas em que os alunos possuem os piores resultados e, a partir desses dados, os professores e os responsáveis no âmbito educacional consigam reorganizar a proposta de ensino de acordo com as carências de aprendizagem dos discentes. O próximo capítulo discutirá resultados de provas de larga escala na matéria de física e relacionará com a necessidade de novos métodos de ensino na educação brasileira.

3 AVALIAÇÕES DE LARGA ESCALA E ENSINO DE FÍSICA

As avaliações de larga escala no âmbito da educação básica, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), têm como uma de suas funções a análise do nível educacional dos alunos nos anos finais do ensino médio. Nesse contexto, na disciplina de física, as subáreas em que os alunos concluintes apresentaram maior percentual de erros na prova do ENEM, de 2009 a 2014, são os temas relacionados aos conceitos básicos de mecânica, fenômenos térmicos e ótica geométrica (Barroso; Rubini; Silva, 2018). Diante desses resultados, nota-se que uma das causas para esse insuficiente desempenho está vinculada à falta de compreensão dos alunos de noções fundamentais sobre assuntos como a conversão de unidades e as grandezas vetoriais.

Levando em consideração uma perspectiva do percentual de acertos dos concluintes do ensino médio nas edições do ENEM das duas últimas décadas, evidencia-se que determinados tópicos da física, como a cinemática vetorial, o movimento circular, a calorimetria e os circuitos elétricos apresentaram uma maior porcentagem de erros por parte dos discentes (Gonçalves; Barroso, 2014). Nessa perspectiva, a Figura 1 comprova a dificuldade dos concluintes no ENEM de 2009 nos temas supracitados, destacando-se que as questões com o menor percentual de acertos na prova de ciências da natureza foram da disciplina de física (colunas escuras) e abordaram, respectivamente, a cinemática vetorial (questão 17) e a calorimetria (questão 35).

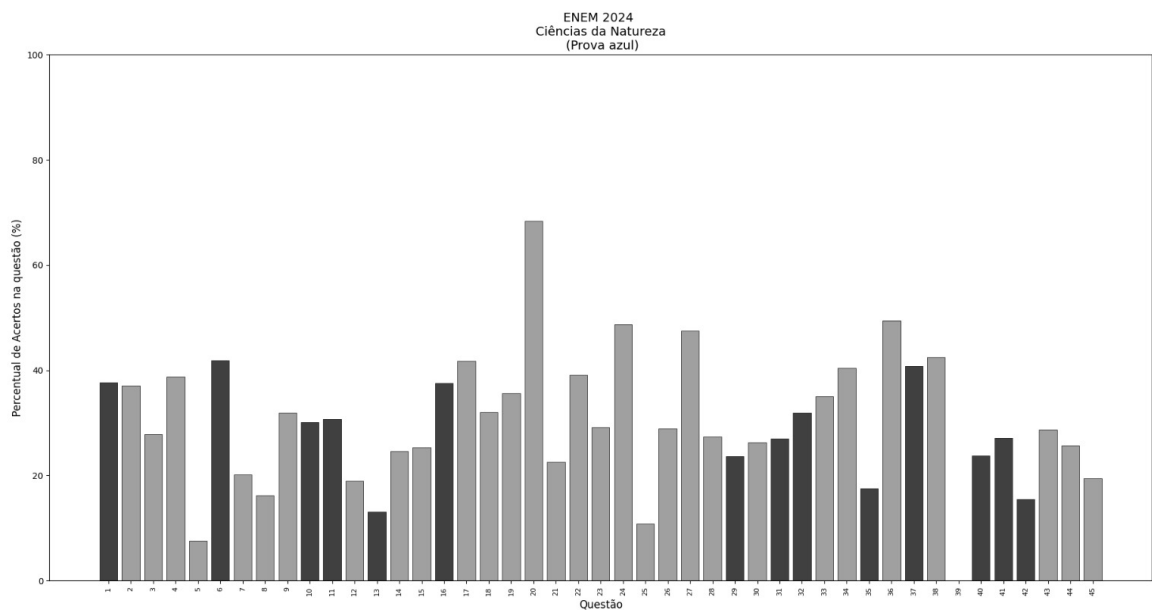
Figura 1: Percentual de acertos nas questões de Ciências da Natureza do ENEM 2009 – concluintes em 2009



Fonte: Gonçalves; Barroso, 2014, p. 9.

Semelhante ao contexto do desempenho dos concluintes no ENEM de 2009, utilizaram-se os microdados do ENEM de 2024, disponibilizados pelo Inep, a fim de analisar o resultado dos participantes deste exame na prova de ciências da natureza. Do mesmo modo que a Figura 1 apresenta o gráfico do percentual de acertos nas questões de ciências da natureza do ENEM de 2009, a Figura 2 expõe o mesmo percentual de acertos, mas dos participantes do ENEM de 2024. Nota-se que os estudantes continuam tendo dificuldade na disciplina de física e nos temas sobre a termodinâmica (questão 13), a ótica e a física moderna (questão 35), além dos circuitos elétricos (questão 42), assim como mostram as colunas escuras na Figura 2.

Figura 2: Percentual de acertos nas questões de Ciências da Natureza do ENEM 2024



Fonte: o autor.

Diante do cenário negativo no desempenho dos concluintes nas avaliações de larga escala, em particular na disciplina de física da prova do ENEM, percebe-se a necessidade de aplicar novas metodologias de ensino pelos professores, com o intuito de minimizar esse déficit na formação básica de física. Nessa perspectiva, pode-se considerar a cultura *maker* como uma metodologia ativa de ensino que tem o potencial de melhorar o desempenho dos estudantes nas avaliações de larga escala, por meio de uma abordagem que incentiva o protagonismo do aluno e estimula a criatividade através de aulas práticas. O capítulo seguinte desenvolverá de maneira mais aprofundada a cultura *maker* e a utilização de impressoras 3D no processo de ensino de física.

4 CULTURA MAKER NA EDUCAÇÃO

Nas últimas décadas, a cultura *maker* tem emergido como uma abordagem inovadora para o ensino e a aprendizagem em diversas áreas do conhecimento. De acordo com os princípios da experimentação, da colaboração e do “faça você mesmo”, a cultura *maker* estimula os estudantes a se tornarem protagonistas de sua própria aprendizagem, incentivando a criatividade, o pensamento crítico e a resolução de problemas (Ribeiro Neto *et al.*, 2024). Através dessa metodologia ativa de ensino, o aluno tem a perspectiva de aprender por meio de uma proposta construcionista, a qual possibilita aos estudantes a construção dos seus produtos pedagógicos, como programas e experimentos, que contribuirão para o processo de aprendizagem dos próprios discentes (Papert, 1994).

O uso da cultura *maker* na educação permite que os alunos tenham acesso a materiais tradicionais de aprendizagem, mas também a equipamentos tecnológicos que viabilizam maior contato dos discentes com as novas tecnologias. Sob essa perspectiva, nota-se que os professores ampliam as suas opções de recursos pedagógicos na formação básica por meio da cultura *maker*, de modo a lecionar o conteúdo de uma disciplina através de experimentos de baixo custo, linguagens de programação, atividades artísticas, entre outras abordagens de ensino. Assim, a aplicação dessa metodologia ativa possibilita que os professores reduzam a utilização de modelos de ensino instrucionistas e tradicionais, os quais não contribuem para o desenvolvimento criativo e autônomo do aluno.

A cultura *maker* viabiliza uma aprendizagem significativa aos alunos, tendo em vista que essa abordagem estimula os discentes a relacionarem um novo conhecimento com uma informação pré-existente na sua estrutura cognitiva. Em outras palavras, a cultura *maker* permite a aprendizagem de um novo conceito físico por meio de um entendimento prévio que o aluno adquiriu em diferentes contextos, como no estudo de outras disciplinas ou em vivências cotidianas. Desse modo, constata-se que essa metodologia desconsidera perspectivas de aprendizagens mecânicas, as quais propõem uma absorção literal e não substantiva de um novo conteúdo (Tavares, 2008).

4.1 Impressão 3D como recurso pedagógico

Nas escolas e instituições de ensino, a impressora 3D se adequa como uma ferramenta pedagógica que possibilita aos professores a aplicação da cultura *maker*, por meio da criação de experimentos, jogos, maquetes, entre outros materiais utilizados no processo de ensino e aprendizagem. Ademais, percebe-se a relevância da impressão 3D na implantação de tecnologias educacionais inovadoras que conectam os estudantes a um conhecimento aplicável tanto no meio acadêmico quanto no mercado de trabalho.

No ensino de ciências, em específico de física, a impressão 3D possui grande potencial no processo educativo porque favorece a produção de objetos complexos, como figuras geométricas, moléculas, pêndulos simples, planos inclinados, alavancas e qualquer outra peça adequada na elaboração de exemplos e situações-problema. Nesse cenário, a cultura *maker* associada à impressão 3D permite o desenvolvimento de modelos tridimensionais representa-

dos em um sistema figurativo que reproduz a realidade de forma concreta, tornando-a mais assimilável e compreensível ao estudante (Banegas; Kerr; Ogusucu, 2024).

Uma das principais causas da popularização em massa das impressoras 3D, em particular no cenário educacional, foi o compartilhamento de códigos-fonte em repositórios virtuais, tornando-as acessíveis ao público em geral (Santos; Andrade, 2020). Outrossim, a redução dos preços desses instrumentos tecnológicos possibilitou que pequenos grupos obtivessem acesso à impressora 3D, de modo que determinadas instituições e escolas públicas adquirissem esse recurso por meio de incentivos estatais. Em específico, a Escola de Ensino Médio em Tempo Integral (EEMTI) Liceu do Conjunto Ceará (LCC) foi favorecida com uma impressora 3D para os experimentos no laboratório de física pela Secretaria de Estado de Educação do Ceará (SEDUC/CE), em virtude disso e a da atuação do autor deste trabalho como bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) nessa escola, a aplicação da sequência didática apresentada no Capítulo 7 foi realizada no EEMTI LCC.

Sob o contexto da utilização da impressora 3D como ferramenta pedagógica por meio da metodologia de ensino da cultura *maker*, o próximo capítulo descreverá determinados tópicos de física nos quais os alunos concluintes apresentaram maior dificuldade nas avaliações de larga escala, explicitados no capítulo anterior. Nessa perspectiva, os conceitos que fundamentam as grandezas físicas e a cinemática serão desenvolvidos a fim de embasar a sequência didática apresentada no Capítulo 6.

5 FUNDAMENTOS FÍSICOS: GRANDEZAS E MOVIMENTO UNIFORME

5.1 Grandezas físicas

A física é uma ciência composta por parte teórica e experimental; para a realização dos experimentos, utilizam-se números para descrever os resultados de determinadas medições. Desse modo, o número que estabelece, quantitativamente, um fenômeno físico denomina-se grandeza física. Sob essa perspectiva, cada grandeza possui um padrão de referência definido como uma unidade da grandeza (Young; Freedman, 2016). Assim, o quilograma é uma unidade de medida da massa e o metro é uma unidade de distância.

Existem certas unidades que são usualmente mais confiáveis e aceitas na área da ciência e tecnologia; tais unidades são utilizadas no mundo inteiro e estão presentes no Sistema Internacional de Unidades (SI). Ademais, a unidade de uma grandeza é classificada como básica quando esta é independente e fundamental, e unidade derivada quando é formulada pela combinação de unidades básicas. A Tabela 1 apresenta algumas das unidades de grandeza presentes no SI.

Tabela 1: Sistema Internacional de Unidades (SI)

Grandeza	Nome da unidade	Símbolo
Unidades básicas do SI		
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	Ampère	A
temperatura	Kelvin	K
quantidade de substância	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd
Unidades derivadas do SI		
área	metro quadrado	m^2
volume	metro cúbico	m^3
frequência	Hertz	Hz
velocidade	metro por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s^2
força	Newton	N
pressão	Pascal	Pa
trabalho, energia, calor	Joule	J
potência	Watt	W
carga elétrica	Coulomb	C

Fonte: o autor.

As grandezas físicas são classificadas em grandezas escalares e vetoriais. Nesse contexto, é necessário apenas um único número, com unidade, para definir uma grandeza escalar, já a grandeza vetorial é descrita por um módulo que define o "tamanho" do vetor, em conjunto com uma direção e um sentido no espaço. Um vetor pode ser definido como uma ferramenta matemática desenvolvida com a finalidade de representar uma grandeza vetorial. Em síntese, as grandezas vetoriais são representadas por vetores, e as grandezas escalares, apenas por módulos e unidades de medida. O tempo, a temperatura, a massa, a densidade e a carga elétrica são exemplos de grandezas escalares. Outrossim, o deslocamento, a velocidade,

a aceleração e a força exemplificam as grandezas vetoriais.

5.2 Conversão de unidades

Uma grandeza física, representada por um símbolo, pode ser relacionada a outras grandezas por meio de equações. Tendo em vista que cada símbolo está associado a um número e uma unidade, uma equação que conecta diferentes grandezas deve, necessariamente, possuir coerência dimensional. Em outras palavras, ambos os lados de uma equação física devem possuir unidades compatíveis e ter as mesmas dimensões fundamentais.

É possível medir o módulo de uma grandeza por meio de diferentes ferramentas e unidades. Desse modo, o processo de conversão de unidades ocorre através da transformação da unidade de uma medida em outra. Para exemplificar, percebe-se que as principais escalas termométricas utilizadas no estudo da termometria são as escalas Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e Kelvin (K); essas são consideradas unidades de medida da temperatura e podem ser convertidas de uma escala para a outra de acordo com o interesse do discente e docente. A Tabela 2 apresenta a conversão de unidades de algumas grandezas físicas.

Tabela 2: Fatores de Conversão das Unidades

Grandeza	Unidade do SI	Conversão de unidade
comprimento	metro	$1\text{m} = 10^{-3}\text{km} = 10^2\text{cm} = 10^3\text{mm}$
massa	quilograma	$1\text{kg} = 10^3\text{g} = 10^6\text{mg}$
área	metro quadrado	$1\text{m}^2 = 10^4\text{cm}^2 = 10,76\text{pés}^2$
volume	metro cúbico	$1\text{ litro} = 10^3\text{cm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3 = 0,03531\text{pés}^3$
tempo	segundo	$1\text{h} = 60\text{min} = 3600\text{s}$
temperatura	Kelvin	$0\text{K} = -273,1^{\circ}\text{C} = 459,7^{\circ}\text{F}$
velocidade	metro por segundo	$1\text{ km/h} = 0,2778\text{ m/s} = 0,6214\text{ mi/h}$
aceleração	metro por segundo ao quadrado	$1\text{ m/s}^2 = 100\text{ cm/s}^2 = 3,281\text{ pés/s}^2$
força	Newton	$1\text{N} = 10^5\text{ dina} = 0,2248\text{ lb}$
pressão	Pascal	$1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2 = 1,450 \times 10^4\text{ lb/pol}^2$
energia	Joule	$1\text{J} = 0,2390\text{ cal} = 6,242 \times 10^{18}\text{ eV} = 2,778 \times 10^{-7}\text{ kWh}$
potência	Watt	$1\text{W} = 1\text{ J/s} = 1,341 \times 10^{-3}\text{ hp}$

Fonte: o autor.

A conversão de unidades é um processo matemático fundamental para o estudo da física. Tendo em vista os dados no Capítulo 3, nota-se a dificuldade por parte dos alunos para com a utilização desse recurso e a relevância do seu ensino por parte dos professores, levando em conta que os ramos da física, em específico na área da mecânica clássica e da termologia, utilizam constantemente o processo de conversão de unidades.

5.3 Movimento uniforme

O referencial é entendido como um ponto no qual são definidas as posições de outras partículas em relação a ele. Nessa perspectiva, uma partícula está em movimento quando sua posição varia em relação a um referencial ao longo de um tempo determinado, ou seja, é necessário que exista uma aproximação ou afastamento de um objeto em relação a um ponto fixo, definido como referencial, para estabelecer um movimento. Quando a posição da partícula

não varia com o tempo em relação a um referencial adotado, determina-se que ela está em repouso (Levi *et al.*, 2023). Nesse contexto, considera-se que um corpo está em movimento uniforme quando este percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais, em outras palavras, quando a velocidade é constante.

5.3.1 Velocidade escalar média

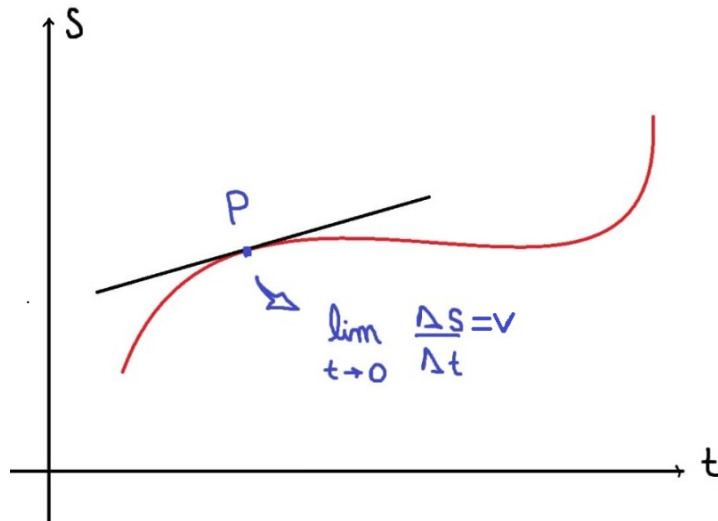
O deslocamento é definido como um vetor que conecta a posição inicial da partícula à sua posição final. Caso a posição inicial da partícula coincida com a sua posição final, o vetor deslocamento é nulo. Desse modo, determina-se a velocidade escalar média como a variação da posição (deslocamento) em relação a um certo intervalo de tempo. A Equação 5.1 apresenta o cálculo da velocidade escalar média, na qual ΔS é a variação da posição e Δt a variação do tempo.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (5.1)$$

5.3.2 Velocidade escalar instantânea

Diferente da velocidade média, a velocidade instantânea é definida como o valor da velocidade em um instante específico. Tendo em vista a curva do espaço em relação ao tempo, a velocidade escalar instantânea é a inclinação da curva naquele instante. A Figura 3 apresenta o gráfico da posição de uma partícula em relação ao tempo. A velocidade escalar instantânea da partícula em um ponto P é definida através da Equação 5.1, mas com uma variação de tempo tendendo a zero.

Figura 3: Gráfico da posição de uma partícula em função do tempo



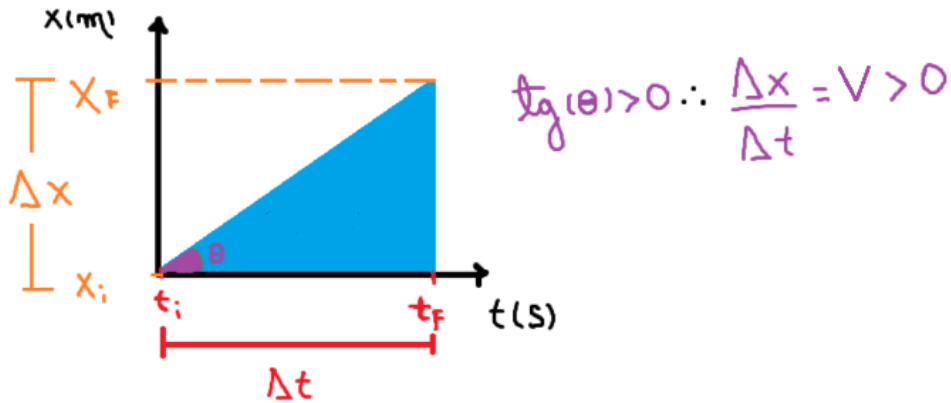
Fonte: o autor.

5.3.3 Movimento retilíneo uniforme (MRU)

Quando um corpo se movimenta com uma velocidade escalar constante e mantém a sua trajetória em linha reta, define-se que esse corpo está em movimento retilíneo uniforme (MRU). Nessa perspectiva, o MRU é classificado como um movimento progressivo quando a

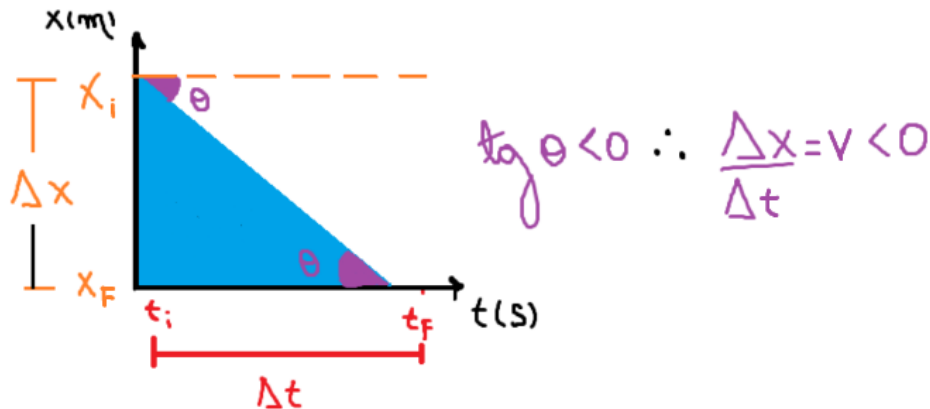
velocidade é positiva, ou seja, quando um corpo se desloca no mesmo sentido da orientação da trajetória, mas também pode ser estabelecido como um movimento retrógrado quando a velocidade é negativa. Considerando um gráfico da posição em função do tempo de uma partícula em MRU, pode-se calcular a velocidade dessa partícula por meio da tangente do ângulo de inclinação da reta do gráfico, de acordo com a Figura 4 e a Figura 5.

Figura 4: Gráfico da posição de uma partícula em função do tempo para a velocidade escalar positiva



Fonte: o autor.

Figura 5: Gráfico da posição de uma partícula em função do tempo para a velocidade escalar negativa



Fonte: o autor.

Pode-se reorganizar a Equação 5.1 com o intuito de separar a posição final da partícula da sua posição inicial. Desse modo, estabelece-se a função horária da posição do MRU de acordo com a Equação 5.2, na qual S é a posição final, S_0 é a posição inicial, t é o tempo final, t_0 é o tempo inicial e V é a velocidade. Usualmente considera-se $t_0 = 0$ e esse pressuposto é utilizado abaixo.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow V = \frac{S - S_0}{t - t_0} \Rightarrow V = \frac{S - S_0}{t - 0} \Rightarrow V = \frac{S - S_0}{t} \Rightarrow S - S_0 = Vt \Rightarrow S = S_0 + Vt \quad (5.2)$$

6 METODOLOGIA

Este capítulo expõe os métodos abordados na análise quantitativa que fundamenta este trabalho. Nessa perspectiva, apresentam-se o tipo de pesquisa, o contexto escolar no qual o estudo foi aplicado, os participantes da pesquisa, os instrumentos e procedimentos de coleta de dados, a sequência didática aplicada e as técnicas de análise de dados.

6.1 Tipo de pesquisa

Este trabalho foi voltado à análise quantitativa do impacto de uma sequência didática baseada na cultura *maker* no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos básicos de física. Nesse contexto, os temas abordados na sequência didática foram escolhidos em razão do desempenho dos concluintes do ensino médio nas avaliações de larga escala apresentado no Capítulo 3.

A sequência didática analisada foi separada em quatro aulas, das quais duas foram aulas expositivas tradicionais e duas foram aulas práticas. Outrossim, foram escolhidas a abordagem quantitativa e a análise de notas das avaliações de pré-teste e pós-teste para validar a sequência didática em função da estrutura das avaliações de larga escala, que são majoritariamente provas objetivas.

6.2 Contexto e participantes

A pesquisa foi realizada na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral (EEMTI) Liceu do Conjunto Ceará (LCC). Nessa perspectiva, as avaliações de pré-teste e pós-teste, além das aulas expositivas, foram realizadas no período da manhã em salas de aula convencionais. As aulas práticas foram realizadas no refeitório da escola e não no laboratório de física em decorrência do não funcionamento do ar-condicionado do laboratório.

Os participantes da pesquisa foram os alunos do terceiro ano do ensino médio do LCC. Nesse contexto, as quatro turmas de terceiro ano participaram deste trabalho e cada turma apresentou uma média de 18 alunos. 70 estudantes participaram da aplicação da avaliação pré-teste e 74 alunos participaram do pós-teste.

6.3 Instrumento e procedimento de coleta de dados

Os instrumentos de coleta de dados foram as avaliações de pré-teste e pós-teste, presentes no Apêndice A e Apêndice F, respectivamente. Ambas as avaliações foram divididas em cinco questões sobre a conversão de unidades de grandezas físicas e cinco questões sobre movimento retilíneo uniforme (MRU). Ademais, as provas foram compostas exclusivamente de questões de vestibular, tendo em vista que as razões que justificam este trabalho estão relacionadas com o insuficiente desempenho dos concluintes do ensino médio em avaliações de larga escala na disciplina de física, especificamente, nos temas supracitados.

A avaliação de pré-teste (Avaliação Diagnóstica) analisou o desempenho dos estudantes em conteúdos que fundamentam o estudo de física. Nesse contexto, a prova foi aplicada nos dias 23 e 24 de abril de 2026. Outrossim, durante a realização do pré-teste foi permitido apenas o uso de lápis, borracha e caneta azul ou preta. A Figura 6 mostra a aplicação da avaliação diagnóstica na turma do 3°C do EEMTI LCC.

Figura 6: Aplicação da avaliação pré-teste



Fonte: o autor.

A avaliação pós-teste analisou o desempenho dos alunos após a execução da sequência didática. Nessa perspectiva, a prova foi realizada nos dias 26 e 28 de maio de 2026, seguindo o mesmo procedimento da realização da avaliação pré-teste. A Figura 7 mostra a aplicação da avaliação pós-teste na turma do 3ºA do EEMTI LCC.

Figura 7: Aplicação da avaliação pós-teste



Fonte: o autor.

6.4 Sequência didática

Após a realização da avaliação diagnóstica, iniciou-se a sequência didática por meio da apresentação das aulas expositivas sobre a conversão de unidades de grandezas físicas e o MRU, respectivamente, seguindo os planos de aula apresentados em Apêndice B e Apêndice C. Do mesmo modo, cada aula expositiva durou 50 minutos e foi disponibilizado um resumo impresso do conteúdo lecionado.

Posteriormente às apresentações das aulas expositivas, realizaram-se as aulas (atividades) práticas. Nessa perspectiva, foram utilizados dois roteiros, presentes nos Apêndice D e Apêndice E, com o objetivo de explicar os procedimentos de cada atividade e permitir as anotações necessárias para o objetivo didático das aulas.

A primeira aula prática foi realizada com o uso de dominós de conversão de unidades. Nesse contexto, os alunos se dividiram em grupos para desenvolver seus conhecimentos sobre a conversão de unidades de comprimento, temperatura, tempo e velocidade por meio de um jogo de dominó, como mostra a Figura 8. Desse modo, foram impressas duas cópias para cada dominó, totalizando 8 dominós e 224 peças. Ademais, a Figura 9 à Figura 12 apresentam as peças dos dominós aplicados na primeira aula prática.

Figura 8: Aplicação da atividade do dominó de conversão de unidades



Fonte: o autor.

Figura 9: Dominó de comprimento

5 m	500 cm	120 dm	12000 mm	8000 cm	2,5 m	25 dm	0,02 dam
50 dm	12 m	1,2 dam	80 m	0,08 km	15 dam	1500 dm	150 m
5 m	8 dam	0,12 hm	25 dm	80 m	0,01 hm	15 dam	100 cm
5000 mm	250 cm	0,012 km	150 m	8 dam	200 mm	1,5 hm	0,002 hm
0,5 dam	1,5 hm	12 m	0,1 dam	2500 mm	0,25 dam	1 m	0,001 km
0,05 hm	1000 mm	1200 cm	2 dm	0,025 hm	0,15 km	0,1 dam	0,2 m
0,005 km	20 cm	800 dm	0,8 hm	2,5 m	10 dm	2 dm	200 mm

Fonte: o autor.

Figura 10: Dominó de temperatura

$0^{\circ}C$	$273K$	$10^{\circ}C$	$50^{\circ}F$	$68^{\circ}F$	$25^{\circ}C$	$77^{\circ}F$	$-40^{\circ}C$
$32^{\circ}F$	$10^{\circ}C$	$283K$	$20^{\circ}C$	$20^{\circ}C$	$98,6^{\circ}F$	$37^{\circ}C$	$310K$
$0^{\circ}C$	$68^{\circ}F$	$10^{\circ}C$	$298K$	$293K$	$212^{\circ}F$	$98,6^{\circ}F$	$100^{\circ}C$
$273K$	$77^{\circ}F$	$50^{\circ}F$	$37^{\circ}C$	$20^{\circ}C$	$233K$	$37^{\circ}C$	$-40^{\circ}F$
$32^{\circ}F$	$310K$	$283K$	$100^{\circ}C$	$25^{\circ}C$	$77^{\circ}F$	$100^{\circ}C$	$373K$
$0^{\circ}C$	$212^{\circ}F$	$10^{\circ}C$	$-40^{\circ}F$	$298K$	$37^{\circ}C$	$212^{\circ}F$	$233K$
$273K$	$-40^{\circ}C$	$20^{\circ}C$	$293K$	$25^{\circ}C$	$373K$	$-40^{\circ}C$	$-40^{\circ}F$

Fonte: o autor.

Figura 11: Dominó de tempo

3 min	180 s	360 s	6 min	0,25 h	15 min	0,5 h	90 min
0,05 h	6 min	0,1 h	15 min	900 s	30 min	1800 s	120 min
3 min	900 s	6 min	1800 s	0,25 h	3600 s	60 min	3600 s
180 s	0,5 h	360 s	60 min	15 min	1,5 h	1 h	1,5 h
3 min	1 h	0,1 h	1,5 h	0,25 h	7200 s	3600 s	2 h
0,05 h	5400 s	6 min	7200 s	1800 s	0,5 h	90 min	5400 s
3 min	2 h	900 s	15 min	30 min	1 h	1,5 h	120 min

Fonte: o autor.

Figura 12: Dominó de velocidade

5 m/s	18 km/h	36 km/h	36 km/h	25 m/s	90 km/h	36 km/h	15 m/s
18 km/h	10 m/s	10 m/s	54 km/h	90 km/h	30 m/s	10 m/s	72 km/h
5 m/s	54 km/h	36 km/h	20 m/s	25 m/s	180 km/h	15 m/s	54 km/h
18 km/h	20 m/s	10 m/s	90 km/h	108 km/h	108 km/h	54 km/h	20 m/s
5 m/s	90 km/h	36 km/h	30 m/s	30 m/s	50 m/s	15 m/s	90 km/h
18 km/h	30 m/s	10 m/s	50 m/s	180 km/h	180 km/h	54 km/h	30 m/s
5 m/s	180 km/h	72 km/h	72 km/h	10 m/s	36 km/h	15 m/s	50 m/s

Fonte: o autor.

A segunda aula prática abordou os conceitos de velocidade escalar média e MRU. Dessa forma, foi calculada a velocidade média de um carrinho feito com impressora 3D e materiais de baixo custo. Os materiais que compõem o carrinho estão listados no roteiro do Apêndice E e expostos na Figura 13. A base e as rodas do carrinho foram feitas por meio da impressora 3D presente no laboratório de física da escola, como mostra a Figura 14. O modelo 3D do carrinho está presente no Apêndice H.

Figura 13: Materiais do carrinho



Fonte: o autor.

Figura 14: Impressora 3D



Fonte: o autor.

As duas aulas práticas abordaram a cultura *maker* por meio do processo de recorte das peças de dominó e da montagem dos carrinhos. Desse modo, foi estimulado o desenvolvimento cognitivo dos estudantes por meio da aplicação do conteúdo das aulas expositivas nas atividades práticas. Outrossim, a Figura 15 mostra a aplicação da atividade do carrinho e a Figura 16 expõe um exemplar do carrinho montado e utilizado em aula. No total foram feitos 8 kits com os materiais presentes na Figura 13.

Figura 15: Aplicação da atividade do carrinho



Fonte: o autor.

Figura 16: Carrinho montado e acoplado ao balão



Fonte: o autor.

6.5 Técnicas de análise dos dados

Os dados coletados através das avaliações de pré-teste e pós-teste foram organizados e apresentados em gráficos, a fim de comparar o desempenho dos estudantes antes e depois da aplicação da sequência didática. Nessa perspectiva, foi comparada a quantidade de notas máximas e mínimas nas duas avaliações. Ademais, foram calculadas a média aritmética e a moda dos dados das duas avaliações, e também analisada a quantidade de alunos que obtiveram notas na faixa de 0 a 2, de 3 a 6 e de 7 a 10, com o intuito de examinar, quantitativamente, o impacto da aplicação de aulas tradicionais articuladas com atividades práticas no desempenho e processo de aprendizagem de física dos estudantes.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e compara os dados obtidos nas avaliações de pré-teste e pós-teste com o propósito de analisar os efeitos da aplicação de uma sequência didática utilizando o método de aprendizagem ativa da cultura *maker*. As avaliações foram provas de múltipla escolha compostas por questões de vestibular, apresentadas no Apêndice A e Apêndice F. No total, 70 alunos participaram da avaliação pré-teste e 74 da avaliação pós-teste. As provas foram aplicadas nas quatro turmas de terceiro ano do EEMTI LCC.

7.1 Resultados do pré-teste

A avaliação diagnóstica foi realizada com o objetivo de analisar o nível de compreensão dos alunos nos conteúdos sobre a conversão de unidades de grandezas físicas e o movimento retilíneo uniforme (MRU). A prova foi composta por 10 questões, das quais cinco foram sobre a conversão de unidades e cinco foram sobre o MRU. Figura 17 apresenta a frequência das notas em relação aos resultados dos alunos na avaliação diagnóstica. Nessa perspectiva, a coluna vermelha destaca que 21 alunos obtiveram nota 1 nesta primeira avaliação.

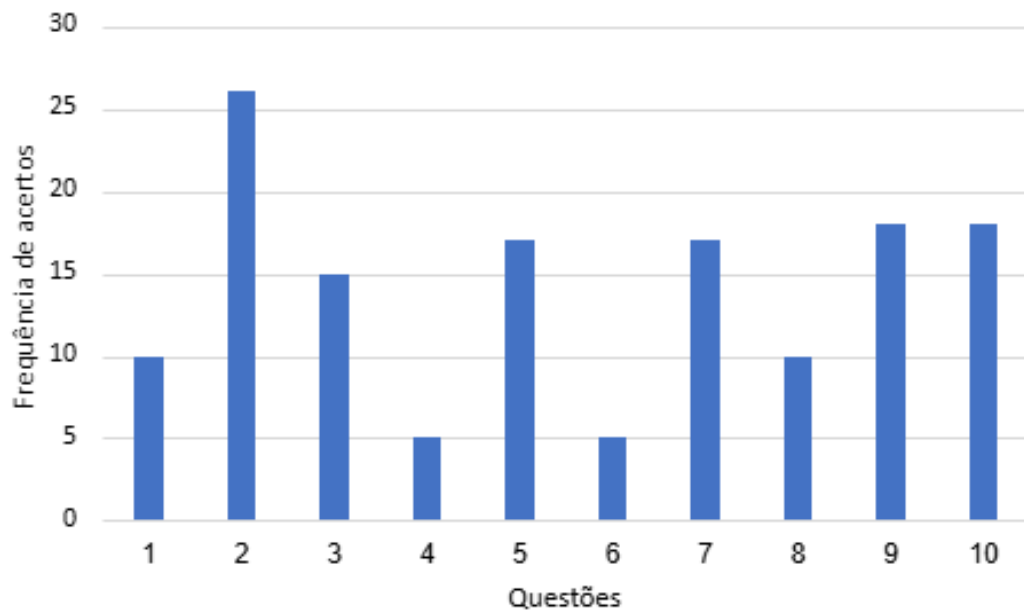
Figura 17: Frequência das notas em relação aos resultados dos alunos na avaliação diagnóstica



Fonte: o autor.

A Figura 18 mostra a frequência de acertos por questão na avaliação diagnóstica. Nesse contexto, nota-se que os estudantes obtiveram melhor desempenho na questão 2, relativa à análise dimensional da grandeza força. Ademais, os menores números de acertos foram nas questões 4 e 6, as quais tratavam da conversão de unidade da velocidade e do cálculo da velocidade escalar média, respectivamente.

Figura 18: Frequência de acertos por questão na avaliação diagnóstica

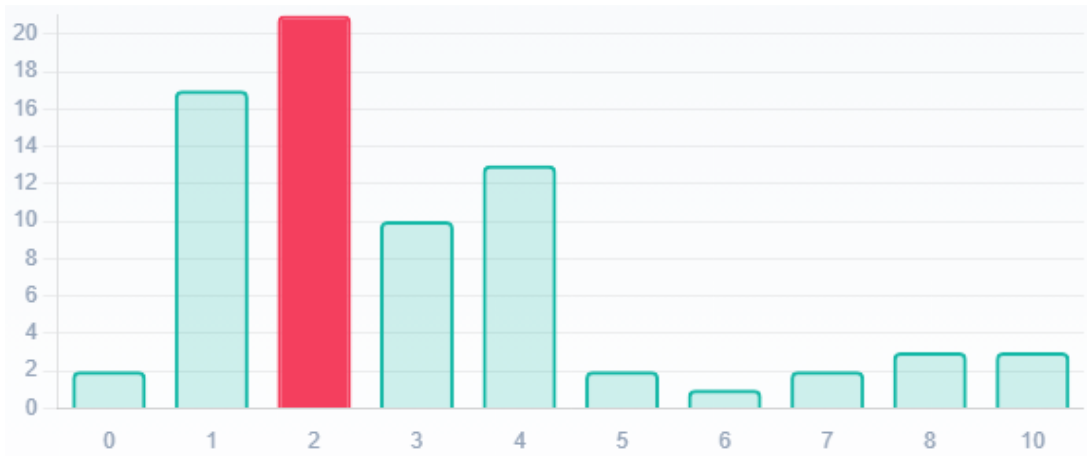


Fonte: o autor.

7.2 Resultados do pós-teste

Após a realização da sequência didática, foi aplicada a avaliação pós-teste com o objetivo de analisar o desempenho dos alunos nos mesmos conteúdos abordados na avaliação diagnóstica. Ademais, essa segunda prova buscou identificar os efeitos da utilização de aulas expositivas vinculadas às atividades práticas no processo de aprendizagem de física dos estudantes. Desse modo, a Figura 19 apresenta a frequência das notas em relação aos resultados dos alunos na avaliação pós-teste. A coluna em vermelho destaca que 21 alunos tiraram nota 2 na segunda avaliação.

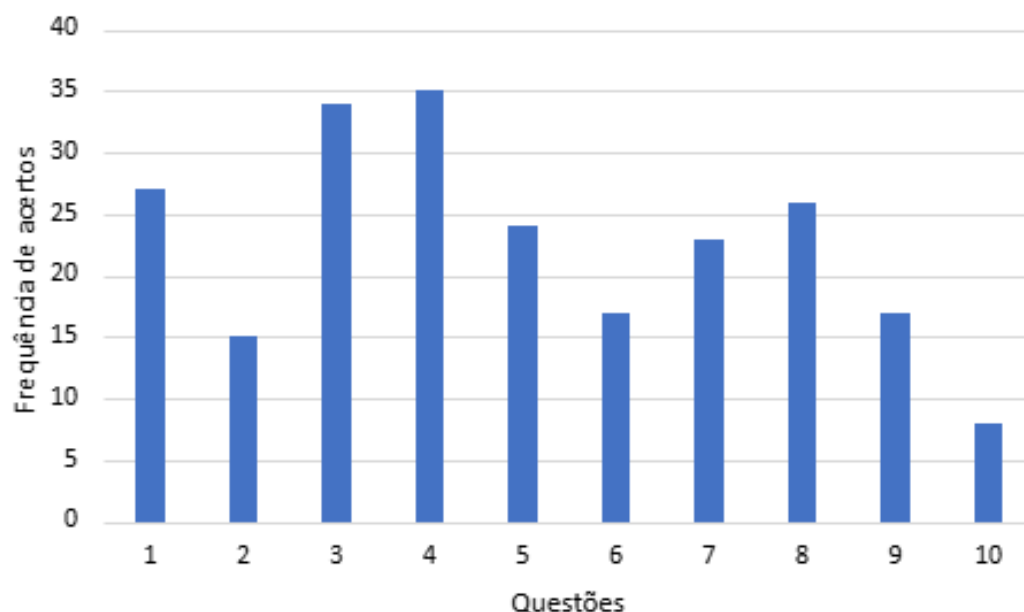
Figura 19: Frequência das notas em relação aos resultados dos alunos na avaliação pós-teste



Fonte: o autor.

A Figura 20 apresenta a frequência de acertos por questão na avaliação pós-teste. Nesse contexto, percebe-se que os alunos obtiveram melhores resultados nas questões 3 e 4, relacionadas à conversão de unidade da grandeza energia e à definição de grandeza vetorial, respectivamente. Outrossim, nota-se que os estudantes apresentaram uma maior dificuldade na questão 10, relativa aos conceitos introdutórios de cinemática sobre o movimento e repouso.

Figura 20: Frequência de acertos por questão na avaliação pós-teste



Fonte: o autor.

7.3 Análise comparativa

Por meio da análise dos dados apresentados na Figura 17 e Figura 19, foi comparado o desempenho dos alunos nas duas provas a fim de avaliar as consequências da aplicação da sequência didática nas notas dos estudantes. A Tabela 3 apresenta a média aritmética e a moda das notas dos alunos, além da quantidade de notas mínimas e máximas nas duas avaliações.

Tabela 3: Desempenho dos estudantes nas duas avaliações

Avaliação	Pré-Teste	Pós-Teste
Moda	1	2
Média Aritmética	2,0	3,0
Quantidade de notas mínimas	9	2
Quantidade de notas máximas	1	3

Fonte: o autor.

Os dados expostos na Figura 17 e na Figura 19 também foram utilizados para analisar a quantidade de alunos que tiraram notas na faixa de 0 a 2, de 3 a 6 e de 7 a 10 nas duas avaliações. Desse modo, foram identificados, quantitativamente, os impactos da sequência didática abordando a cultura *maker* no desempenho e processo de aprendizagem dos estudantes na disciplina de física. A Tabela 4 mostra a frequência relativa e absoluta das notas dos alunos nas duas avaliações.

Tabela 4: Frequência relativa e absoluta das notas das duas avaliações

Avaliação	Notas	Frequência absoluta	Frequência relativa	Frequência relativa (%)
Pré-Teste	0-2	45	0,64	64 %
Pré-Teste	3-6	24	0,35	35 %
Pré-Teste	7-10	1	0,01	1 %
Total		70	1	100 %
Pós-Teste	0-2	40	0,54	54 %
Pós-Teste	3-6	26	0,35	35 %
Pós-Teste	7-10	8	0,11	11 %
Total		74	1	100 %

Fonte: o autor.

7.4 Discussão

A sequência didática alcançou os objetivos pedagógicos relacionados à aplicação de aulas expositivas e práticas vinculadas à cultura *maker*. Por meio da análise comparativa dos resultados do pré-teste e pós-teste, além da participação e comentários dos estudantes durante as atividades práticas, foi perceptível o impacto da sequência didática no processo de aprendizagem dos estudantes sobre os temas relacionados à conversão de unidades de grandezas físicas e ao movimento retilíneo uniforme. A média aritmética e a moda das notas da avaliação pós-teste tiveram um aumento percentual de 50 % em relação aos resultados da avaliação diagnóstica. Apesar de mais de 80 % dos estudantes obtiverem notas abaixo de 7 nas duas avaliações, houve um aumento de 10 % na quantidade de notas entre 7 e 10 na segunda avaliação em relação à primeira.

A aplicação de aulas abordando a cultura *maker* apresenta limitações pedagógicas relacionadas à problemática desenvolvida no Capítulo 2, ou seja, a redução da carga horária da disciplina de física no novo ensino médio. Nessa perspectiva, a utilização da sequência didática desenvolvida neste trabalho torna-se desafiadora para o professor, devido à quantidade limitada de aulas na atual estrutura curricular e à demanda para com a apresentação de aulas expositivas tradicionais. Nesse contexto, a aplicação das quatro aulas no curto intervalo de tempo de um mês foi um dos fatores para a evolução pouco expressiva do desempenho dos estudantes na avaliação pós-teste em relação ao pré-teste. Ademais, os métodos avaliativos deste trabalho expõem limitações no que diz respeito às provas de múltipla escolha, tendo em vista que a análise da eficácia de uma metodologia de ensino no processo de aprendizagem necessita de mais indicadores, além dos métodos quantitativos, para validar a sua competência.

As pesquisas sobre o baixo desempenho dos concluintes do ensino médio na matéria de física nas avaliações de larga escala, apresentadas no Capítulo 3, e também os resultados do pré-teste e do pós-teste demonstraram que a dificuldade dos estudantes na física está relacionada à carência de fundamentação matemática e à falta de interpretação de texto na resolução das questões. Nessa perspectiva, constatou-se a necessidade dos estudantes desenvolverem suas compreensões em matemática e português para, posteriormente, viabilizar um processo de aprendizagem significativa na disciplina de física, considerando a relevância da linguagem matemática e da interpretação textual no estudo de física.

O uso da impressora 3D como ferramenta pedagógica foi aplicado na criação do carrinho presente no Apêndice E. Desse modo, foi incentivado um processo de aprendizagem fundamentada na cultura *maker* por meio da experimentação e da colaboração entre os estudantes na montagem do carrinho. Ademais, os alunos desenvolveram os seus conhecimentos sobre a velocidade escalar média através de uma metodologia ativa que incentivou a criatividade e o protagonismo dos estudantes na sua aprendizagem. Outrossim, a atividade dos dominós de conversão de unidades, presente no Apêndice D, viabilizou uma aprendizagem ativa aos alunos por meio da associação entre um jogo de dominó e o conteúdo apresentado na aula expositiva.

8 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi alcançado através da análise quantitativa do impacto de uma sequência didática fundamentada na cultura *maker* no processo de ensino e aprendizagem de física no EEMTI LCC. Nessa perspectiva, foram elaborados métodos avaliativos com o objetivo de validar a eficiência da sequência didática e também roteiros de atividade prática para direcionar os estudantes no processo de aprendizagem com a cultura *maker*. Ademais, foram elaborados planos de aula que estruturaram as aulas expositivas da sequência didática, bem como revisões para cada aula, com a finalidade de auxiliar os alunos nas atividades práticas e no estudo do conteúdo abordado em sala.

A análise quantitativa no EEMTI LCC destacou a dificuldade e o desempenho insatisfatório dos estudantes na disciplina de física, com base nos resultados dos concluintes do ensino médio nas duas avaliações aplicadas. Além disso, este trabalho evidenciou que a falta de interpretação textual e de conhecimento sobre alguns conceitos básicos de matemática foram fatores que justificam a manutenção dessa dificuldade entre os alunos na disciplina de física da educação pública brasileira.

Por meio da comparação dos dados coletados nas duas avaliações, foi constatada uma melhoria no desempenho dos estudantes na avaliação pós-teste, em relação ao pré-teste, após a aplicação da sequência didática. Nessa perspectiva, os estudantes demonstraram um aumento significativo de acertos em questões sobre a conversão de unidades de grandezas físicas. Outrossim, houve uma redução da quantidade de alunos que obtiveram notas entre 0 e 2 e um aumento dos estudantes que tiraram entre 7 e 10 da primeira para a segunda avaliação.

A sequência didática desenvolvida neste trabalho apresenta limitações pedagógicas em razão da carga horária reduzida na disciplina de física no novo ensino médio, o que dificulta a implementação de aulas práticas abordando a cultura *maker* na grade curricular das escolas públicas. Ademais, os métodos avaliativos utilizados para validar a sequência didática deste trabalho são limitados para analisar a evolução na aprendizagem dos estudantes sobre o conteúdo lecionado em sala, considerando que provas objetivas avaliam apenas quantitativamente o desempenho dos estudantes e não verificam o desenvolvimento crítico e criativo dos alunos na aprendizagem de física.

Os trabalhos futuros serão voltados à análise quantitativa e qualitativa de sequências didáticas abordando a cultura *maker* e a tecnologia como recurso pedagógico no ensino de física. Nessa perspectiva, o uso de impressão e modelagem 3D na elaboração de materiais didáticos no processo de ensino e aprendizagem de física é um tema promissor de pesquisa para os futuros trabalhos, visando à aplicação da cultura *maker* e ao desenvolvimento de uma aprendizagem significativa pelos alunos.

REFERÊNCIAS

- ABUD, R. M. P.; MAINTINGUER, S. I. As dificuldades e os desafios do ensino de física (para o ensino médio e novo ensino médio) no contexto pós-pandemia. **Infinitum: Revista Multidisciplinar**, v. 7, n. 12, p. 4–20, 2024. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/infinitum/article/view/23235>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- AZULAY, M. **Física Ilustrada: Cinemática**. 3. ed. [S. l.]: Márcio Azulay Exatas, 2022. v. 1.
- BANEGAS, R.; KERR, D.; OGUSUCU, R. O uso da impressão 3D no ensino de ciências. **Revista Contraponto**, v. 5, n. 8, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.21166/ctp.v5i8.5049>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. d. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0059>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- BRASIL. **Lei nº 14.945/2024. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. [S. l.]: Presidência da República, 2024.
- GONÇALVES, W. P.; BARROSO, M. F. As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100017>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- INEP. **Microdados do Enem 2024**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/microdados/enem>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- LEVI, A.; MARQUES, H.; ALBUQUERQUE, T.; BEZERRA, W. **phEASYcs - Facilitando a física: Mecânica e fluidos**. [S. l.]: ISBN: 978-65-00-93886-9, 2023. v. 1.
- PAPERT, S. **A máquina das crianças: Repensando a escola na era da informática**. [S. l.]: Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, p. 93–114, 2002.
- RIBEIRO NETO, J.; MAIA, L. E. d. O.; MENEZES, D. B.; VASCONCELOS, F. H. L. A Cultura Maker como Metodologia Ativa de Ensino. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 25, n. 1, p. 107–115, 2024. Disponível em: <https://revistaensinoeeducao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/11179>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- SANTOS, J. T. G.; ANDRADE, A. F. d. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, n. 1, 2020.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **SciELO Analytics**, 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I: Mecânica**. 14. ed. [S. l.]: Pearson Education do Brasil, 2016. v. 1.

APÊNDICE A – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

1. (UFPR/2024) O uso de múltiplos e submúltiplos de unidades de medida simplifica a escrita de números que, de outra forma, poderia se tornar muito extensa. Nesse sentido, considere que o diâmetro médio de fios de cabelo, em metros, vale $e = 0,000070m$. Assinale a alternativa que expressa corretamente o valor do diâmetro médio de fios de cabelo usando múltiplos ou submúltiplos do metro.

- a) $e = 0,70cm$
- b) $e = 0,70km$
- c) $e = 70mm$
- d) $e = 70\mu m$
- e) $e = 70nm$

2. (UECE/2023) Considere um sistema físico no qual uma força externa $F(x,t)$ atua sobre um objeto de massa m inicialmente em repouso. Neste cenário, a força $F(x,t)$ é descrita pela relação matemática $Ax + Bt^2$, onde x representa a posição do objeto e t a variável tempo. Para que esta modelagem seja possível, as constantes A e B devem ser expressas em unidades adequadas. Diante deste fato, a razão B/A tem a mesma dimensão que a da grandeza física.

- a) força
- b) aceleração
- c) energia
- d) velocidade

3. (UECE/2021) A ventilação mecânica é um procedimento utilizado em pacientes que apresentam quadros de insuficiência respiratória. Nesse tipo de intervenção, é utilizado um instrumento denominado respirador mecânico, para proporcionar ao paciente um aumento de sua capacidade respiratória. Esta capacidade está associada ao fluxo de oxigênio (volume por tempo), ϕ , que chega aos pulmões. Suponha que este fluxo esteja relacionado à pressão (P) e à velocidade da corrente de ar (v) transferida ao paciente pelo equipamento a partir da equação $\phi = kPv$, onde k é uma constante de proporcionalidade. Nesses termos, a dimensão de k , no Sistema Internacional de Unidades (SI), é expressa por

- a) m^3s^2/kg
- b) m^2s^3/kg
- c) ms^3/kg^2
- d) m^2s/kg^2

4. **(MACKENZIE/2019)** Nos Estados Unidos da América, a unidade de medida mais comum para a velocidade dos carros e motos no trânsito é a milha por hora (mph). Um carro que se encontra a uma velocidade de 50 mph tem uma velocidade correspondente, em m/s, de aproximadamente; Dado: 1 milha = 1,6 quilômetro.

- a) 22
- b) 35
- c) 80
- d) 15
- e) 30

5. **(UECE/2021)** No nosso planeta há uma grande diversidade de climas. Por exemplo, a cidade de Oymyakon, na Rússia, já registrou temperaturas de -65°C , ao passo que, na cidade de Ghadamés, na Líbia, há registros de temperaturas de 122°F . O módulo da diferença de temperatura entre essas duas cidades, em kelvin, corresponde a

- a) 115
- b) 125
- c) 187
- d) 57

6. **(UFGD/2024)** Um automóvel percorre uma estrada retilínea com velocidade constante v não nula durante a primeira metade de tempo da viagem. Em seguida, na primeira metade do tempo do total que resta para concluir o percurso, acelera uniformemente até chegar ao dobro da sua velocidade inicial, mantendo em seguida a velocidade final obtida constante até o término do trajeto. Desprezando todos os atritos, assinale a alternativa que indica, corretamente, a velocidade escalar média do veículo durante toda a trajetória

- a) $(4/3)v$
- b) $(3/2)v$
- c) $(5/3)v$
- d) $(9/4)v$
- e) $(11/8)v$

7. **(UECE/2022)** Um caminhão é monitorado através de um sistema de GPS onde é possível observar, em uma tela, as coordenadas X e Y , medidas em cm, do veículo em relação à sede da empresa, que corresponde à origem do sistema de coordenadas. Sabendo que cada unidade de distância indicada na tela do GPS corresponde a uma distância de 80 km na rodovia, calcule o valor aproximado da velocidade média de um caminhão, em m/s, que saiu da sede da empresa às 13h, das coordenadas $X = 0$ e $Y = 0$, e que, às 18h do mesmo dia, encontrava-se em seu destino, e o GPS indicava, em sua tela, coordenadas $X = 3$ e $Y = 4$.

- a) $22,22\text{m/s}$
- b) $30,40\text{m/s}$
- c) $55,32\text{m/s}$
- d) $60,84\text{m/s}$

8. **(VUNESP/2019)** Depois de ter feito uma viagem entre duas cidades, o motorista calculou sua velocidade escalar média no percurso considerando seu deslocamento escalar e o intervalo de tempo gasto. Após alguns cálculos, ele concluiu que se tivesse feito a mesma viagem, pela mesma trajetória, com uma velocidade escalar média 25% maior, o intervalo de tempo gasto teria sido reduzido em

- a) 25%
- b) 20%
- c) 12%
- d) 15%
- e) 10%

9. **(PUC-RJ/2019)** Laura e Alfredo vivem em cidades diferentes, distantes entre si 240 km, através de uma estrada retilínea. Eles decidem se encontrar em algum ponto da estrada. Laura sai de carro exatamente ao meio-dia e viaja a uma velocidade escalar constante de 80 km/h. Alfredo também sai ao meio-dia, a velocidade escalar de 100 km/h. Desprezando os pequenos momentos de aceleração e desaceleração dos carros, determine a que horas eles se encontram.

- a) 13 : 00
- b) 13 : 20
- c) 13 : 40
- d) 14 : 00
- e) 14 : 20

10. **(IFAL/2019)** Uma partícula se move governada pela função horária $S(t) = 4 - 2t$, onde a posição é medida em metros e o tempo em segundos. Marque a afirmação CORRETA.

- a) A posição inicial da partícula é 2 metros.
- b) Sua velocidade muda com o tempo.
- c) Depois de 2 segundos a posição da partícula é 8 metros.
- d) A partícula passa pela origem dos espaços no instante 2 segundos.
- e) A partícula sempre estará à direita da origem dos espaços.

SOLUCIONÁRIO DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

1. Pode-se converter a unidade de comprimento do diâmetro de um fio de cabelo ($e = 0,000070m$) através dos cálculos abaixo.

$$e = 0,000070m = 7.10^{-5}m$$

$$e = 0,70cm = 7.10^{-3}m$$

$$e = 0,70km = 7.10^2m$$

$$e = 70mm = 7.10^{-2}m$$

$$e = 70\mu m = 7.10^{-5}m$$

$$e = 70nm = 7.10^{-8}m$$

Analisando os resultados acima, conclui-se que o comprimento do diâmetro de um fio de cabelo é $7.10^{-5}m = 70\mu m$. Logo, o item correto é o **D**.

2. Nessa questão considera-se a análise dimensional da grandeza força, a qual possui a unidade no SI em Newton, assim como mostram as Equação A.1 e Equação A.2.

$$N = kg \cdot \frac{m}{s^2} \quad (A.1)$$

$$F(x, t) = Ax + Bt^2 \quad (A.2)$$

Para que a força mantenha-se com a unidade em Newton, necessita-se analisar as dimensões das constantes A e B, de acordo com a Equação A.3

$$N = \left(\frac{kg}{s^2}\right) \cdot m + \left(\frac{kg \cdot m}{s^4}\right) \cdot s^2 \Rightarrow N = 2(kg \cdot \frac{m}{s^2}) \quad (A.3)$$

Assim, a dimensão da razão entre B e A pode ser estabelecida através da Equação A.4.

$$\frac{B}{A} = \frac{kg \cdot m / s^4}{kg / s^2} = \frac{kg \cdot m}{s^4} \cdot \frac{s^2}{kg} = \frac{m}{s^2} \quad (A.4)$$

Portanto, conclui-se que a dimensão da razão B/A é a mesma que a da aceleração no SI. Desse modo, o item correto é o **B**

3. De acordo com o enunciado da questão, a unidade do fluxo de oxigênio é proporcional ao volume e inversamente proporcional ao tempo, assim como mostra a Equação A.5.

$$\phi = \frac{V}{t} = \frac{[m^3]}{[s]} = [m^3/s] \quad (A.5)$$

A questão também informa que o fluxo relaciona-se com a pressão e a velocidade. Analisando as unidades no SI dessas grandezas físicas, pode-se calcular a unidade de k, como mostram as Equação A.6, Equação A.7 e Equação A.8.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{[N]}{[m^2]} = \frac{[m.kg]}{[s^2m^2]} = \frac{[kg]}{[m.s^2]} \quad (A.6)$$

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{[m]}{[s]} \quad (A.7)$$

$$\phi = k.P.v = k \frac{[kg]}{[m.s^2]} \frac{[m]}{[s]} = k \cdot \frac{[kg]}{[s^3]} \quad (A.8)$$

Para que as dimensões se mantenham as mesmas em ambos os lados da Equação A.8, deve-se calcular a unidade de k, de acordo com a Equação A.9 e Equação A.10.

$$\frac{[m^3]}{[s]} = k \cdot \frac{[kg]}{[s^3]} \Rightarrow k = \frac{[m^3.s^3]}{[s.kg]} \quad (A.9)$$

$$k = \frac{[m^3.s^2]}{[kg]} = [m^3.s^2/kg] \quad (A.10)$$

Analisando os itens, constata-se que a alternativa correta é a **A**.

4. Primeiramente, deve-se converter o comprimento de milhas para quilômetros, como mostra a Equação A.11.

$$50\text{milhas} = 50.1,6\text{km} = 80\text{km} \quad (A.11)$$

Tendo em vista que a velocidade pode ser convertida de 50mph para 80km/s , nota-se que essa grandeza também pode ser convertida para m/s dividindo-a por 3,6; de acordo com a Equação A.12

$$80\text{km/h} = 80/3,6[m/s] = 22,2m/s \quad (A.12)$$

Considerando as alternativas, temos que o item com a velocidade mais próxima do resultado encontrado é a alternativa **A**.

5. Em primeiro plano, pode-se converter a temperatura da cidade de Oymyakon de Celsius para Kelvin através da Equação A.13.

$$\frac{T_c}{5} = \frac{T_k - 273}{5} \Rightarrow T_c = T_k - 273 \Rightarrow T_k = T_c + 273 \Rightarrow T_k = -65 + 273 = 208K \quad (A.13)$$

Agora, deve-se converter a temperatura da cidade de Ghadamés expressa em Fahrenheit para Kelvin, conforme a Equação A.14 e Equação A.15.

$$\frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_k - 273}{5} \Rightarrow \frac{122 - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5} \Rightarrow \frac{90}{9} = \frac{T_K - 273}{5} \Rightarrow \quad (A.14)$$

$$\Rightarrow 10 \times 5 = T_K - 273 \Rightarrow T_K = 50 + 273 \Rightarrow T_K = 323K \quad (\text{A.15})$$

Por fim, para calcular o módulo da diferença entre as duas temperaturas encontradas, basta subtrair um resultado do outro e considerar apenas o valor absoluto, como mostra a Equação A.16.

$$|T_K| = |323 - 208| = 115K \quad (\text{A.16})$$

Portanto, conclui-se que o item correto é o **A**.

6. O valor da velocidade média pode ser obtido a partir da Equação A.17:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{A.17})$$

Para encontrar o deslocamento total, deve-se calcular os deslocamentos parciais dos trechos em que o carro se move com velocidade v , quando está com aceleração uniforme e quando se move com velocidade final (v_F). O deslocamento do automóvel na primeira metade da estrada é constante e com módulo v , como mostra a Equação A.18.

$$D_1 = \frac{v \times t}{2} \quad (\text{A.18})$$

Para o deslocamento no segundo trecho, na primeira parte da segunda metade da estrada, considera-se que o carro acelera e aumenta linearmente sua velocidade de v para $2v$, de acordo com a Equação A.19.

$$D_2 = \frac{(v + 2v)}{2} \cdot \frac{t}{4} \Rightarrow D_2 = \frac{3v}{2} \cdot \frac{t}{4} \Rightarrow D_2 = \frac{3vt}{8} \quad (\text{A.19})$$

No deslocamento do último trecho, na segunda parte do restante da estrada, nota-se que o automóvel se move com velocidade constante e igual a $2v$, assim como a Equação A.20.

$$D_3 = \frac{2v \times t}{4} \Rightarrow D_3 = \frac{vt}{2} \quad (\text{A.20})$$

Portanto, constata-se pelo Equação A.21 o deslocamento total.

$$D_T = D_1 + D_2 + D_3 = \frac{vt}{2} + \frac{3vt}{8} + \frac{vt}{2} = \frac{11vt}{8} \quad (\text{A.21})$$

Através do deslocamento total, pode-se calcular a velocidade média do veículo durante toda a trajetória, assim como mostra a Equação A.22.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow V_m = \frac{(11vt/8)}{t} = \frac{11v}{8} \quad (\text{A.22})$$

Logo, conclui-se que o item correto é o **E**.

7. Primeiramente, pode-se calcular o deslocamento percorrido pelo caminhão. Considerando que as coordenadas nos eixos X e Y são 3 e 4, respectivamente, nota-se que essas medidas compõem um triângulo pitagórico de hipotenusa igual a 5. Portanto, o deslocamento do ca-

minhão no GPS foi de 5 cm. Como cada unidade no GPS equivale a 80 km na rodovia, conclui-se que o automóvel percorreu 400 km.

Tendo em vista que o caminhão levou das 13h às 18h para sair do ponto inicial e chegar ao seu destino, entende-se que o tempo total foi de 5 h. Logo, pode-se calcular a velocidade média do caminhão através da Equação A.23.

$$V_m = \frac{400}{5} = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s} \quad (\text{A.23})$$

Diante do exposto, constata-se que o item correto é o **A**.

8. Em primeiro lugar, deve-se analisar a velocidade média e o intervalo de tempo da viagem na primeira situação, assim como mostra a Equação A.24

$$V_m = \frac{D}{t_1} \Rightarrow t_1 = \frac{D}{V_m} \quad (\text{A.24})$$

Considerando a segunda situação na qual a velocidade escalar média aumenta 25%, pode-se calcular o intervalo de tempo através da Equação A.25.

$$(V_m + \frac{V_m}{4}) = \frac{D}{t_2} \Rightarrow \frac{5V_m}{4} = \frac{D}{t_2} \Rightarrow t_2 = \frac{4D}{5V_m} = \frac{4t_1}{5} = 0,8t_1 = 80\%t_1 \quad (\text{A.25})$$

Logo, conclui-se que o intervalo de tempo gasto na segunda situação foi reduzido em 20%, de acordo com a alternativa **B**.

9. Para resolver essa questão, deve-se considerar o conceito de velocidade relativa. Como Laura está viajando com uma velocidade de 80 km/h em direção ao Alfredo e este desloca-se em direção à Laura com velocidade de 100 km/h, pode-se concluir que a velocidade relativa de Laura é de 180 km/h em relação ao Alfredo. Portanto, o cálculo para determinar o intervalo de tempo que levou para que o casal se encontrasse está de acordo com a Equação A.26.

$$V_m = \frac{D}{t} \Rightarrow 180 = \frac{240}{t} \Rightarrow t = \frac{240}{180} = 1,33 \text{ h} = 1 \text{ h} + \frac{1}{3} \times 60 \text{ min} = 1 \text{ h} 20 \text{ min} \quad (\text{A.26})$$

Como o casal partiu simultaneamente ao meio-dia, eles se encontrarão às 13:20, como mostra o item **B**.

10. Essa questão aborda a função horária da posição de uma partícula em MRU. Desse modo, após examinar os dados da função, percebe-se que a posição inicial (S_0) é 4m e a velocidade média (V_m) é -2 m/s . Analisando as alternativas da questão, conclui-se que o item correto é o **D**, ou seja, a partícula passa pela origem dos espaços no instante de 2 segundos.

APÊNDICE B – PLANO DE AULA 1

PROFESSOR: THIAGO ALBUQUERQUE DE CARVALHO.

ESCOLA: EEMTI LICEU DO CONJUNTO CEARÁ.

TEMA: CONVERSÃO DE UNIDADES DE GRANDEZAS FÍSICAS.

SÉRIE/ANO: 3º ANO.

DISCIPLINA/COMPONENTE CURRICULAR: FÍSICA.

DURAÇÃO DA AULA: 50 MINUTOS.

CONTEÚDOS: CONVERSÃO DE UNIDADE DE COMPRIMENTO, TEMPO, VELOCIDADE E TEMPERATURA.

METODOLOGIA: AULA EXPOSITIVA COM O USO DE PINCEL E QUADRO. RESOLUÇÃO DE QUESTÕES DE VESTIBULAR SOBRE O TEMA E REVISÃO DO CONTEÚDO POR MEIO DE UM MATERIAL IMPRESSO.

RECURSOS DIDÁTICOS: PINCEL, QUADRO BRANCO E MATERIAL IMPRESSO PARA REVISÃO.

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM: PROVA DE MÚLTIPLA ESCOLHA COM QUESTÕES DE VESTIBULAR SOBRE OS CONTEÚDOS DESENVOLVIDOS NA AULA.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA: Azulay, MÁRCIO. FÍSICA ILUSTRADA: VOLUME 1: CINEMÁTICA. 3. Ed. [S. l.]: MÁRCIO AZULAY EXATAS, 2022.

CONVERSÃO DE UNIDADE

Para fazer ciência, é necessário seguir algumas regras básicas. Na física em geral, é comum utilizar um padrão para as unidades de medida; para isso, foi criado o Sistema Internacional de Unidades (SI). Para distância ou comprimento é utilizado o metro (m). Para medir a massa de um corpo, o padrão utilizado é o quilograma (kg). Nesse contexto, a tabela abaixo apresenta algumas unidades de grandezas físicas bastante utilizadas no nosso cotidiano.

Tabela 5: Unidades de Medida no SI

Grandeza	Nome da unidade	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	Ampère	A
temperatura	Kelvin	K
área	metro quadrado	m^2
volume	metro cúbico	m^3
frequência	Hertz	Hz
velocidade	metro por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s^2
força	Newton	N
trabalho, energia, calor	Joule	J
potência	Watt	W
carga elétrica	Coulomb	C

Fonte: o autor.

É comum também encontrar alguns prefixos nas unidades, eles serão utilizados para substituir números muito grandes (como massas de planetas) e até números muito pequenos (como distâncias entre átomos). Veja a seguir os principais prefixos usados na física:

Tabela 6: Prefixos para as potências de dez

Potência de dez	Prefixos	Abreviaturas
10^{-12}	pico-	<i>p</i>
10^{-9}	nano-	<i>n</i>
10^{-6}	micro-	μ
10^{-3}	mili-	<i>m</i>
10^{-2}	centi-	<i>c</i>
10^3	quilo-	<i>k</i>
10^6	mega-	<i>M</i>
10^9	giga-	<i>G</i>
10^{12}	tera-	<i>T</i>

Fonte: o autor.

Exemplos:

$$2km = 2 \text{ quilômetros} = 2 \cdot 10^3 m$$

$$2MHz = 2 \text{ megahertz} = 2 \cdot 10^6 Hz$$

$$2GW = 2 \text{ gigawatts} = 2 \cdot 10^9 W$$

$$2ms = 2 \text{ milisegundos} = 2 \cdot 10^{-3} s$$

$$2\mu C = 2 \text{ microcoulombs} = 2 \cdot 10^{-6} C$$

O comprimento é uma grandeza física amplamente utilizada no dia a dia. Pode-se utilizar diferentes unidades de comprimento para medir diferentes distâncias. Assim, a tabela abaixo apresenta os principais múltiplos e submúltiplos do metro.

Tabela 7: Conversão de Unidades de Comprimento

Unidade	Símbolo	Conversão de unidade para o SI
Quilômetro	km	$1km = 10^3m$
Hectômetro	hm	$1hm = 10^2m$
Decâmetro	dam	$1dam = 10m$
Decímetro	dm	$1dm = 10^{-1}m$
Centímetro	cm	$1cm = 10^{-2}m$
Milímetro	mm	$1mm = 10^{-3}m$

Fonte: o autor.

O tempo é uma grandeza essencial para saber o horário de ir à escola, ao trabalho e para realizar diferentes afazeres. Nessa perspectiva, as conversões abaixo são de grande importância porque permitem relacionar o ano, dia, hora, minuto e segundo.

Ano para dia: $1ano = 365dias$

Dia para hora: $1dia = 24h$

Hora para minuto: $1h = 60min$

Minuto para segundo: $1min = 60s$

Hora para segundo: $1h = 60min \Rightarrow 1h = 60 \times 60s = 3600s$

Portanto, pode-se transformar hora para minuto e minuto para segundo multiplicando a grandeza por 60. Para o processo contrário, ou seja, de segundos para minutos e de minutos para horas, deve-se dividir o valor por 60. Tendo em vista as conversões de unidades de comprimento e de tempo, pode-se analisar a conversão de unidade da velocidade por meio das equivalências abaixo.

Metros por segundo para quilômetros por hora: $1m/s = 3,6km/h$

Quilômetros por hora para metros por segundo: $7,2km/h = 2m/s$

Em outros termos, para transformar a velocidade de km/h para m/s, deve-se dividir o valor por 3,6. No caso de converter a grandeza de m/s para km/h, é necessário multiplicar a velocidade por 3,6. Por fim, a conversão de unidade de temperatura é bastante usual e necessária para relacionar as escalas termométricas. Assim, pode-se converter as unidades de temperatura de uma escala para outra usando Celsius, Fahrenheit e Kelvin, como mostra a relação abaixo.

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \quad (B.1)$$

Nesse contexto, para converter a temperatura de 20°C para Kelvin, basta calcular:

$$T_K = T_C + 273 \Rightarrow T_K = 20 + 273 = 293K$$

APÊNDICE C – PLANO DE AULA 2

PROFESSOR: THIAGO ALBUQUERQUE DE CARVALHO.

ESCOLA: EEMTI LICEU DO CONJUNTO CEARÁ.

TEMA: MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU).

SÉRIE/ANO: 3º ANO.

DISCIPLINA/COMPONENTE CURRICULAR: FÍSICA.

DURAÇÃO DA AULA: 50 MINUTOS.

CONTEÚDOS: VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA, GRÁFICO DA POSIÇÃO DE UMA PARTÍCULA EM FUNÇÃO DO TEMPO E FUNÇÃO HORÁRIA DA POSIÇÃO DO MRU.

METODOLOGIA: AULA EXPOSITIVA COM O USO DE PINCEL E QUADRO. RESOLUÇÃO DE QUESTÕES DE VESTIBULAR SOBRE O TEMA E REVISÃO DO CONTEÚDO POR MEIO DE UM MATERIAL IMPRESSO.

RECURSOS DIDÁTICOS: PINCEL, QUADRO BRANCO E MATERIAL IMPRESSO PARA REVISÃO.

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM: PROVA DE MÚLTIPLA ESCOLHA UTILIZANDO QUESTÕES DE VESTIBULARES SOBRE OS CONTEÚDOS DESENVOLVIDOS NA AULA.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA: Azulay, MÁRCIO. FÍSICA ILUSTRADA: VOLUME 1: CINEMÁTICA. 3. Ed. [S. l.]: MÁRCIO AZULAY EXATAS, 2022.
Levi *et al.*. PHEASYCS: FACILITANDO A FÍSICA: VOLUME 1: MECÂNICA E FLUIDOS. [S.l.]: ISBN: 978-65-00-93886-9, 2023.

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)

Velocidade Média:

O deslocamento é definido como um vetor que conecta a posição inicial de um corpo à sua posição final. Caso a posição inicial do objeto coincida com a sua posição final, o vetor deslocamento é nulo. Desse modo, determina-se a velocidade escalar média como a variação da posição (deslocamento) em relação a um certo intervalo de tempo. A Equação C.1 apresenta o cálculo da velocidade escalar média, na qual ΔS é a variação da posição e Δt a variação do tempo.

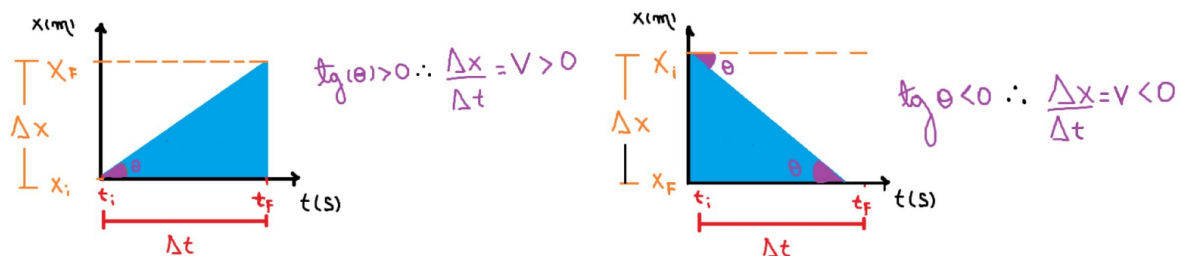
$$V_m = \frac{S - S_0}{t - t_0} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{C.1})$$

O Movimento Retilíneo Uniforme pode ser analisado quando um corpo mantém a sua trajetória em linha reta e possui sempre a velocidade constante, ou seja, sua velocidade se mantém a mesma durante todo o percurso analisado. Esse movimento pode ser classificado de acordo com o sinal da velocidade. O MRU é chamado de progressivo quando a velocidade é positiva, ou seja, o corpo "avança" no espaço. Ademais, o movimento é classificado como retrógrado quando a velocidade é negativa, ou seja, o corpo "retrocede" no espaço.

Gráfico da Posição em Função do Tempo:

É possível classificar se o movimento é progressivo ou retrógrado através da análise do gráfico da posição em função do tempo. Considerando um gráfico da posição em função do tempo de um objeto em MRU, pode-se calcular a velocidade desse corpo por meio da tangente do ângulo de inclinação da reta do gráfico, de acordo com a Figura 21. Desse modo, notam-se um movimento progressivo e outro retrógrado, da esquerda para a direita, na figura abaixo.

Figura 21: Gráfico da posição de um objeto em função do tempo



Fonte: o autor.

Função Horária da Posição do MRU:

Pode-se reorganizar a Equação C.1 com o objetivo de separar a posição final de um objeto da sua posição inicial. Desse modo, estabelece-se a função horária da posição do MRU de acordo com a Equação C.3, na qual S é a posição final, S_0 é a posição inicial, t é o tempo final, t_0 é o tempo inicial e V é a velocidade. Usualmente considera-se $t_0 = 0$ e esse pressuposto é utilizado abaixo.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow V = \frac{S - S_0}{t - t_0} \Rightarrow V = \frac{S - S_0}{t - 0} \Rightarrow V = \frac{S - S_0}{t} \Rightarrow S - S_0 = Vt \quad (\text{C.2})$$

$$S = S_0 + Vt \quad (\text{C.3})$$

(MACKENZIE) Uma partícula descreve um movimento uniforme. A função horária dos espaços, com unidades do Sistema Internacional de Unidades é: $S = -2,0 + 5,0.t$. Nesse caso, podemos afirmar que a velocidade escalar da partícula é:

- a) -2 m/s e o movimento é retrógrado.
- b) -2 m/s e o movimento é progressivo.
- c) 5,0 m/s e o movimento é progressivo.
- d) 5,0 m/s e o movimento é retrógrado.
- e) -2,5 m/s e o movimento é retrógrado.

APÊNDICE D – ROTEIRO DA ATIVIDADE DO DOMINÓ DE CONVERSÃO DE UNIDADES

OBJETIVOS:

Compreender o processo de conversão entre diferentes unidades de medida.

Desenvolver o raciocínio lógico e o cálculo mental rápido.

Relacionar o uso das conversões a situações práticas do cotidiano.

MATERIAIS:

Conjunto de 28 peças do dominó de conversão escolhido.

Revisão sobre as conversões de unidades usadas na aula expositiva.

PROCEDIMENTOS:

Organize-se em grupos de 2 a 4 integrantes e distribua as peças igualmente.

Converta as unidades de medida do respectivo dominó designado para o grupo.

Anote os resultados das conversões na tabela do dominó utilizado.

O primeiro jogador coloca uma peça na mesa para iniciar o jogo.

Tente conectar uma de suas peças combinando valores equivalentes.

Vence o jogador que colocar todas as suas peças primeiro.

Tabela 8: Dominó de Conversão de Unidades de Comprimento

Metro	Decímetro	Centímetro	Milímetro	Decâmetro	Hectômetro	Quilômetro
1 m						
2,5 m						
5 m						
12 m						
80 m						
150 m						

Fonte: o autor.

Tabela 9: Dominó de Conversão de Unidades de Temperatura

Celsius	Fahrenheit	Kelvin
0°C		
20°C		
25°C		
37°C		
100°C		
-40°C		

Fonte: o autor.

Tabela 10: Dominó de Conversão de Unidades de Tempo

Hora	Minuto	Segundo
0,05h		
0,1h		
0,25h		
0,5h		
1h		
1,5h		
2h		

Fonte: o autor.

Tabela 11: Dominó de Conversão de Unidades de Velocidade

Metro por segundo	Quilômetro por hora
5m/s	
10m/s	
15m/s	
20m/s	
25m/s	
30m/s	
50m/s	

Fonte: o autor.

APÊNDICE E – ROTEIRO DA ATIVIDADE DA VELOCIDADE MÉDIA DO CARRINHO

OBJETIVOS:

Compreender o conceito de velocidade média de um corpo em movimento.

Determinar experimentalmente a variação da posição, o intervalo de tempo e a velocidade média do carrinho.

Avaliar o desempenho do carrinho em diferentes condições do balão.

MATERIAIS:

1 Carrinho feito por impressão 3D.

1 Balão.

2 Palitos de dente.

4 Elásticos.

1 Fita métrica.

1 Cronômetro.

PROCEDIMENTOS:

Monte o carrinho conectando os palitos de dente às rodas e aos elásticos, de acordo com a Figura 22.

Encha o balão e coloque na entrada superior do carrinho enquanto mantém a saída de ar tampada com o seu dedo.

Posicione a fita métrica desdobrada no chão em paralelo com o carrinho.

Posicione o carrinho no chão e libere a saída de ar.

Determine, com um cronômetro, o tempo que o carrinho leva para parar totalmente.

Realize os procedimentos anteriores para três experimentos diferentes, com o balão preenchido completamente (cheio), parcialmente (médio) e escassamente (pouco) com ar.

Anote os dados do intervalo de tempo (Δt) e da variação da posição (ΔS) para cada experimento na Tabela 12.

Calcule a velocidade média para cada experimento utilizando a Equação E.1 e anote os resultados na Tabela 12.

$$V_m = \frac{S - S_0}{t - t_0} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{E.1})$$

Tabela 12: Resultados Experimentais do Carrinho com Balão

Experimento	Intervalo de tempo (s)	Varição da Posição (m)	Velocidade Média (m/s)
1			
2			
3			

Fonte: o autor.

Figura 22: Carrinho acoplado aos materiais de baixo custo



Fonte: o autor.

APÊNDICE F – AVALIAÇÃO PÓS-TESTE

1. **(UECE/2021)** O sangue movendo-se através dos vasos pode ser considerado um fluido real. Dependendo de fatores como velocidade e temperatura, por exemplo, tal fluido poderá apresentar um deslocamento turbulento. Essa análise da turbulência é feita a partir do número de Reynolds, R_e , escrito por $R_e = vD\phi/\eta$, onde v é a velocidade média do fluido, D o diâmetro do tubo, ϕ a densidade do fluido e η a viscosidade deste. Sabendo que R_e se trata de uma grandeza adimensional, a dimensão de η no Sistema Internacional de Unidades (SI) é escrita por

- a) $kg/m.s$
- b) $kg.m/s$
- c) $kg.s/m$
- d) $kg/m^2.s$

2. **(MACKENZIE/2019)** Joule é a unidade de medida para energia, de acordo com o Sistema Internacional. O kWh também é uma unidade de medida para energia, comumente utilizada em contas de energia elétrica. Considere uma residência que teve como gasto de energia elétrica mensal 200 kWh, esse valor corresponde, em joules, a

- a) $2,0.10^8$
- b) $3,6.10^8$
- c) $7,2.10^8$
- d) $4,0.10^8$
- e) $1,0.10^8$

3. **(IFPR/2019)** Segundo o Princípio de Lavoisier, a energia não pode ser criada do nada e nem pode ser destruída. A única possibilidade que existe é a transformação de uma forma de energia em outra. Podemos ter diversas formas de energia como, por exemplo, energia mecânica, energia térmica, energia solar, energia nuclear, energia elétrica etc. Marque a alternativa que apresenta as unidades utilizadas para expressar a grandeza energia.

- a) quilowatt hora (kWh), joule (J), caloria (cal).
- b) newton (N), quilowatt hora (kWh), quilômetro (km).
- c) watt (W), quilowatt (kW), caloria (cal).
- d) newton (N), joule (J), caloria (cal).

4. **(UECE/2019)** As grandezas físicas escalares são expressas apenas pelo seu valor numérico e unidade de medida. As grandezas físicas vetoriais além do valor numérico e unidade de medida, para serem expressas, necessitam de direção e sentido. Com base nisso, assinale a opção que corresponde a uma grandeza física de natureza vetorial

- a) massa.
- b) energia.
- c) temperatura.
- d) força.

5. **(UNICENTRO/2017)** Um despertador toca uma vez a cada meia hora, todos os dias. A ordem de grandeza do número de vezes que o despertador toca durante um ano será:

- a) 10^3
- b) 10^4
- c) 10^5
- d) 10^6

6. **(PUC-RJ/2019)** Nas férias, um casal faz uma viagem de carro, saindo do Rio de Janeiro rumo a Tiradentes. O primeiro trecho, na BR-101 até Barbacena, é feito com uma velocidade escalar média de 70km/h. O casal faz uma parada para um lanche por meia hora e prossegue a viagem tomando a BR-265 para Tiradentes, um trecho de 60 km que eles percorrem em 60 min. O tempo total de viagem é de 5h30min. Calcule, em km/h, a velocidade média do carro no percurso total Rio-Tiradentes.

- a) 60
- b) 62
- c) 65
- d) 68
- e) 70

7. **(FAG/2019)** Um avião em voo horizontal voa a favor do vento com velocidade de 180 km/h em relação ao solo. Na volta, ao voar contra o vento, o avião voa com velocidade de 150 km/h em relação ao solo. Sabendo-se que o vento e o módulo da velocidade do avião (em relação ao ar) permanecem constantes, o módulo da velocidade do avião e do vento durante o voo, respectivamente, são:

- a) 165 km/h e 15 km/h
- b) 160 km/h e 20 km/h
- c) 155 km/h e 25 km/h
- d) 150 km/h e 30 km/h
- e) 145 km/h e 35 km/h

8. **(VUNESP/2019)** Existem várias versões do Caminho de Santiago, que são trajetos percorridos anualmente por milhares de peregrinos que se dirigem à cidade de Santiago de Compostela, na Espanha, com a finalidade de venerar o apóstolo Santiago Maior. Considere que uma pessoa percorreu um desses caminhos em 32 dias, andando a distância total de 800 km e caminhando com velocidade média de 3,0 km/h. O tempo que essa pessoa caminhou por dia, em média, foi de

- a) 7 horas e 20 minutos.
- b) 8 horas e 20 minutos.
- c) 7 horas e 40 minutos.
- d) 8 horas e 40 minutos.
- e) 9 horas e 40 minutos.

9. **(PUC-RJ/2018)** Um carro faz uma viagem entre duas cidades que distam, entre si, 200 km. O percurso deve ser feito em 3 horas exatamente. Se, nos primeiros 100 km, a velocidade média do carro foi de 60 km/h, qual deve ser sua velocidade média, em km/h, no trecho restante?

- a) 60
- b) 67
- c) 70
- d) 75
- e) 80

10. **(URCA/2016)** Considere um ônibus viajando do Cariri para Fortaleza-Ceará com velocidade não nula em relação a estrada. Assinale a alternativa completa e correta:

- a) O ônibus está em movimento e Fortaleza está parada.
- b) O ônibus está parado.
- c) Fortaleza está em movimento em relação ao ônibus.
- d) O ônibus está em movimento em relação a ele próprio.
- e) A Terra está em movimento em relação à Fortaleza.

GABARITO

1. A
2. C
3. A
4. D
5. B
6. B
7. A
8. B
9. D
10. C

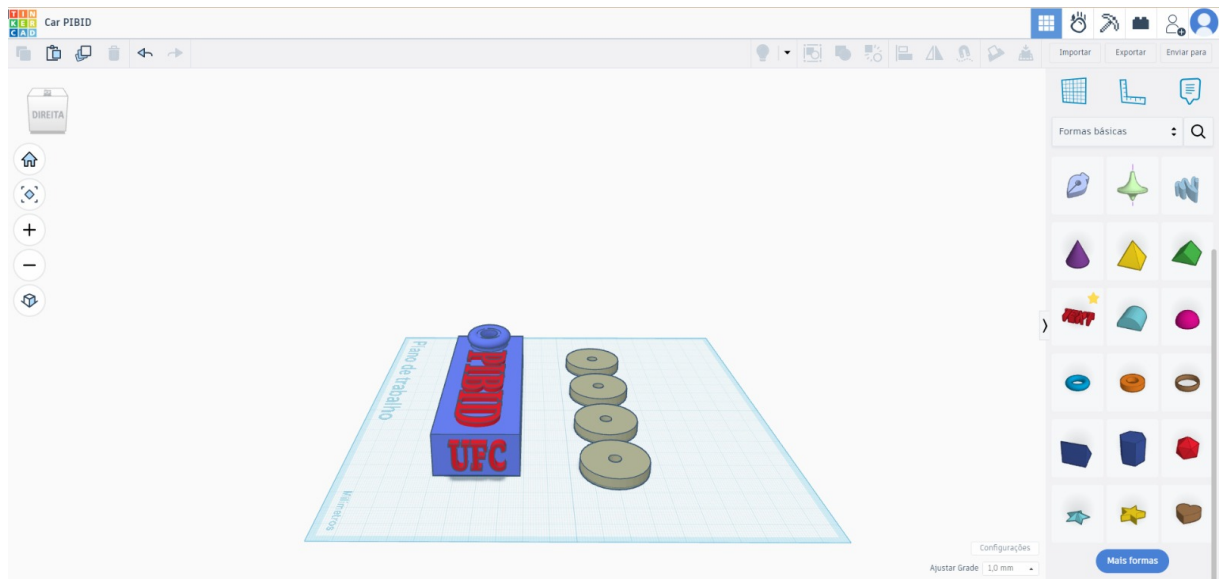
APÊNDICE G – CÓDIGO PARA ANÁLISE DOS MICRODADOS DO ENEM 2024

```
1  # Bibliotecas usadas
2  import pandas as pd
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  import numpy as np
5
6  # Importando os dados
7  df = pd.read_csv(r'microdados_enem_2024\DADOS\RESULTADOS_2024.csv',
8                  sep=';', encoding='latin1')
9
10 # Separando apenas a prova azul e com gabarito na prova de ciências da
    ↪ natureza
11 df = df.dropna(subset=['TX_RESPOSTAS_CN'])
12 df_azul = df[df['CO_PROVA_CN'] == 1419]
13
14 # Quantidade de questões analisadas
15 num_questoes = 45
16
17 # Inicializando variáveis
18 acertos_por_questao = np.zeros(num_questoes)
19 total_por_questao = np.zeros(num_questoes)
20
21 # Atribuindo quantidade de acertos em cada prova
22 for _, row in df_azul.iterrows():
23     gabarito = row['TX_GABARITO_CN'].strip().upper()
24     respostas = row['TX_RESPOSTAS_CN'].strip().upper()
25     if len(gabarito) >= num_questoes and len(respostas) >= num_questoes:
26         for q in range(num_questoes):
27             total_por_questao[q] += 1
28             if respostas[q] == gabarito[q]:
29                 acertos_por_questao[q] += 1
30
31 # Cálculo de percentuais
```

```
32 percentual_acertos = (acertos_por_questao / total_por_questao) * 100
33
34 # Questões especificamente de física
35 questoes_fisica = {1, 6, 10, 11, 13, 16, 29, 31, 32, 35, 37, 39, 40, 41, 42}
36
37 # Cores das barras
38 cores = []
39 for q in range(1, num_questoes + 1):
40     if q in questoes_fisica:
41         cores.append('#404040')
42     else:
43         cores.append('#A0A0A0')
44
45 # Criando o gráfico e colocando dados
46 plt.figure(figsize=(10, 10))
47 bars = plt.bar(range(1, num_questoes + 1), percentual_acertos,
48                color=cores, edgecolor='black', linewidth=0.5)
49
50 plt.xlabel('Questão', fontsize=12)
51 plt.ylabel('Percentual de Acertos na questão (%)', fontsize=12)
52 plt.title('ENEM 2024 \n Ciências da Natureza \n (Prova azul)', fontsize=14)
53 plt.ylim(0, 100)
54 plt.xticks(range(1, num_questoes + 1), rotation=90, fontsize=8)
55
56 plt.tight_layout()
57 plt.show()
```

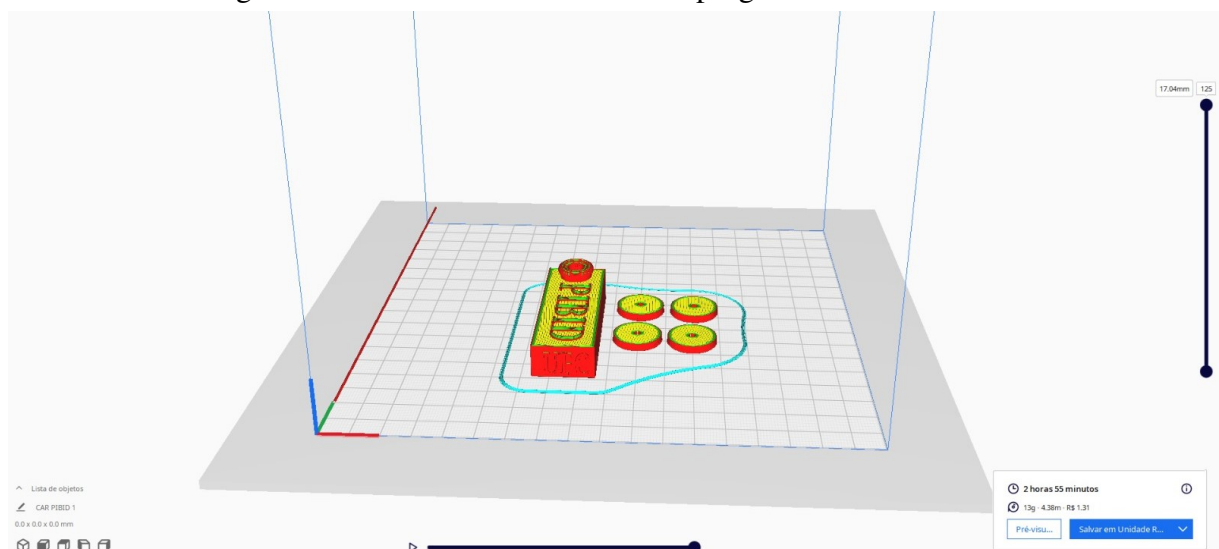
APÊNDICE H – MODELAGEM 3D E FATIAMENTO DO CARRINHO

Figura 23: Modelo 3D do carrinho no programa Tinkercad



Fonte: o autor

Figura 24: Fatiamento do carrinho no programa UltimakerCura



Fonte: o autor