



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA

**UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DIGITAIS NA PREPARAÇÃO DE ESTUDANTES PARA
A OBFEP DURANTE, E APÓS, O PERÍODO DE PANDEMIA DA COVID 19**

FORTALEZA

2023

DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA

UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DIGITAIS NA PREPARAÇÃO DE ESTUDANTES PARA A
OBFEP DURANTE, E APÓS, O PERÍODO DE PANDEMIA DA COVID 19

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Programa Nacional de Pós-Graduação em Ensino de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Fernando Wellyson de Alencar Sobreira

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S696u Sousa, Dennys Rogger de França.
Utilização de recursos digitais na preparação de estudantes para a OBFEP durante, e após, o período de pandemia da Covid-19 / Dennys Rogger de França Sousa. – 2023.
221 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira.

1. OBFEP. 2. Escolas públicas. 3. Covid-19. 4. Livro. I. Título.

CDD 530.07

DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA

UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DIGITAIS NA PREPARAÇÃO DE ESTUDANTES PARA A
OBFEP DURANTE, E APÓS, O PERÍODO DE PANDEMIA DA COVID 19

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Programa Nacional de Pós-Graduação em Ensino de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Ensino de Física

Aprovada em: 11 de Agosto de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar
Sobreira (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Marcos Antonio Araujo Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Euclides Marega Junior
Universidade de São Paulo (USP)

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a realização desta dissertação acadêmica.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, porque Ele é minha fortaleza e amparo em todos os momentos. As obras dEle são perfeitas, e eu creio que não teria conseguido me manter de pé ou chegar até aqui, se eu não confiasse nEle.

É com imensa gratidão e carinho que deixo minhas congratulações ao meu orientador, Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira, pelo seu apoio, orientação e conhecimentos compartilhados ao longo desse processo. Sua dedicação e disponibilidade foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e para a conclusão desse trabalho.

Também expresso minha gratidão aos membros da banca examinadora, Dr. Marcos Antonio Araujo Silva e o Dr. Euclides Marega Junior. Agradeço pela atenção, pelas valiosas contribuições e pelo tempo dedicado à leitura e avaliação desse trabalho.

Agradeço aos professores e colegas do programa de pós-graduação em Ensino de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará do MNPEF, em especial ao Edney, que fez grupos de estudo comigo, assim como o Nilson, o Erivan e o Geovani que fizeram parte do grupo de orientações e trabalhos com o Fernando, proporcionando um ambiente acadêmico estimulante e enriquecedor. Em memórias também ao mestrando Carlos, que se encontra em outro plano, mas mora em nossos corações. As discussões e trocas de conhecimento foram fundamentais para o desenvolvimento, ressaltando que não foram medidos esforços ao compartilhar conhecimentos e fazer educação durante o período da pandemia da Covid-19.

Agradeço aos meus familiares, especialmente à minha mãe, Maria Zeneide de França, com todo o seu carinho e dedicação, que compartilha esse sonho comigo: alcançar o título de mestre e poder fazer, de agora em diante, um trabalho melhor e de excelência. Ao meu pai, Cesanildo Sousa Silva, que mesmo estando longe, se orgulha das minhas conquistas. Agradeço à minha irmã, Hellany Kelly de França Sousa, de quem sinto tanto orgulho pela mulher que está se tornando. E com grande carinho, agradeço à minha avó, Maria Jovenília de França, que está sempre presente, rezando por mim. Com grande saudade (vítima da pandemia), agradeço à minha avó, Maria Sousa Silva.

Agradeço aos meus amigos, em especial, aos que estão comigo desde o início da caminhada acadêmica, Francisco Leandro, Denny Paula e Nichollas Freitas. Agradeço a dois amigos que incentivaram a entrar no programa de pós-graduação, Cleo Vieira e Francisco Endry.

Aos meus alunos, pela participação durante a aplicação do produto educacional, pois alguns deles participaram da OBFEP, dos anos de 2021 e 2022. A minha amiga, Elaine Sales, que muitas vezes compartilhou algumas ideias e deu incentivo para trabalhar em materiais acadêmicos, e é uma amiga que eu vejo que tenho muito a aprender com ela. E aos amigos que fiz ao ingressar como professor na escola pública: Tânia, Socorro, Damilson, Oélio, Leiliane, Edina e Poti.

Deixo meus agradecimentos às minhas amigas, Mayra Sofia e Ana Raquel. E alguém que me acompanhou e torceu comigo, estando presente em uma das minhas apresentações do produto educacional, deixo meus agradecimentos a Geane Moreira, a quem tenho grande carinho; ela e sua família, em especial, o Jaimison, a Gege e o Genilson, compartilhamos bons momentos.

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

“Se a educação não for provocativa, não constrói,
não se cria, não se inventa, só se repete.”

(CORTELLA, 2016)

RESUMO

A pandemia da Covid-19 desenvolveu um cenário que os professores tiveram que estudar estratégias na busca ativa dos alunos das escolas públicas. Considerando a importância da participação dos estudantes na prova da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP), durante e após o período de pandemia da Covid-19, foi pensado na criação de um produto educacional na forma de um livro como material de estudos. A pandemia impôs desafios significativos à educação, afetando a participação dos alunos em atividades extracurriculares, como a OBFEP. A busca ativa surge como uma estratégia fundamental para identificar os estudantes e incentivá-los a participar dessa importante competição, garantindo a igualdade de oportunidades. Através da busca ativa é possível identificar os alunos com potencial para a OBFEP, fornecer o suporte necessário e promover a motivação para o estudo de Física. Além disso, considerando as restrições impostas pela pandemia, a criação de um produto educacional na forma de um livro específico para o estudo da OBFEP se torna uma ferramenta valiosa. Esse livro pode fornecer conteúdos estruturados, exemplos, exercícios e estratégias de estudo que auxiliem os estudantes na preparação para a prova, tanto durante o período de pandemia quanto após seu término. Almeja-se que através do uso desse material, os alunos possam ter acesso ao conteúdo de qualidade e de baixo custo, já que a proposta é deixar o material disponível para impressão ou acessá-lo nos aparelhos digitais, independentemente de sua localização ou condição socioeconômica. Esta dissertação discute sobre o produto educacional e como foi aplicado durante, e após, o cenário da pandemia, explorando também um gráfico gerado através dos relatos dos alunos. Ao abordar esses temas, busca-se contribuir para a promoção de uma educação inclusiva, proporcionando aos alunos das escolas públicas o suporte necessário para participar ativamente da OBFEP e alcançar melhores resultados acadêmicos na disciplina de Física.

Palavras-chave: OBFEP; escolas públicas; Covid-19; livro.

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic created a scenario in which teachers had to study strategies in the active search for public school students. Considering the importance of students' participation in the Brazilian Public School Physics Olympiad (OBFEP) test, during and after the Covid-19 pandemic period, it was thought about creating an educational product in the form of a book as study material. The pandemic has posed significant challenges to education, affecting students' participation in extracurricular activities, such as OBFEP. Active search emerges as a fundamental strategy to identify students and encourage them to participate in this important competition, ensuring equal opportunities. Through active search it is possible to identify students with potential for OBFEP, provide the necessary support and promote motivation to study Physics. Furthermore, considering the restrictions imposed by the pandemic, the creation of an educational product in the form of a specific book for the study of OBFEP becomes a valuable tool. This book can provide structured content, examples, exercises and study strategies that help students prepare for the test, both during the pandemic period and after it ends. It is hoped that through the use of this material, students can have access to quality content at a low cost, as the proposal is to make the material available for printing or accessing it on digital devices, regardless of their location or socioeconomic condition. This dissertation discusses the educational product and how it was applied during and after the pandemic scenario, also exploring a graph generated through student reports. By addressing these topics, we seek to contribute to the promotion of inclusive education, providing public school students with the necessary support to actively participate in OBFEP and achieve better academic results in the Physics subject.

Keywords: OBFEP; public schools; Covid-19; book.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Aba da página oficial da OBFEP 2021 indicando o procedimento de inscrição do professor na edição vigente da olimpíada.	23
Figura 2 –	Gráfico com o levantamento realizado por (ERTHAL; LOUZADA, 2016) dos conteúdos das provas para o 1º e 2º anos do ensino médio da OBFEP de 2012 a 2015. A barra em azul indica a quantidade de questões de mecânica, a em vermelho indica a quantidade de questões em termodinâmica, a em verde indica a quantidade de questões interdisciplinares e em roxo o número de questões de ondas e óptica.	31
Figura 3 –	Representação das coordenadas da posição inicial da bola.	43
Figura 4 –	Experiência de cinemática realizada no Laboratório de Ciências da escola EEMTI Pe. Marcelino Champagnat no ano de 2022 com as turmas do 1º ano do ensino médio.	44
Figura 5 –	Gráfico da velocidade constante em relação ao tempo. A área hachurada sob o gráfico indica o espaço percorrido pelo móvel.	45
Figura 6 –	Representação do vetor aceleração ao variar uma das três condições do vetor: magnitude, direção ou sentido.	46
Figura 7 –	Gráfico da velocidade em função do tempo no Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV): à esquerda os valores da velocidade crescem no decorrer do tempo – movimento acelerado; à direita os valores da velocidade decrescem no decorrer do tempo – movimento retardado.	47
Figura 8 –	Gráfico da posição em função do tempo no MRUV da Eq. 4.11. O sinal da aceleração indica a direção da concavidade do gráfico do deslocamento como função do tempo. Veja que a velocidade atinge o ponto mínimo no gráfico da esquerda, e o ponto máximo no gráfico da direita, nas duas situações é definida como ponto de inflexão.	48
Figura 9 –	Gráfico original de Galileu sobre o movimento oblíquo.	50
Figura 10 –	Trajetória de um projétil, mostrando como as componentes da velocidade e da aceleração em diferentes tempos.	50
Figura 11 –	Partícula se movendo no sentido anti-horário sobre um eixo.	53
Figura 12 –	Coordenadas polares no plano - o vetor unitário $\hat{\mathbf{R}}$ aponta na direção de crescimento R com θ ; $\hat{\theta}$ aponta na direção de crescimento de θ com R fixo.	55

Figura 13 – Banner utilizado na sala de aula do Google Classroom no projeto de Preparação para a OBFEP em 2021.	58
Figura 14 – Página restrita ao professor credenciado. Indicação dos estudantes participantes da prova da 2ª fase da OBFEP no ano de 2021.	59
Figura 15 – 2ª fase da OBFEP de 2022 na Universidade Federal do Ceará (UFC) com os alunos do 1º ano do colégio EEMTI Padre Marcelino Champagnat. Os rostos dos estudantes foram parcialmente cobertos para proteger as suas imagens.	61
Figura 16 – Aplicação da metodologia ativa <i>flipped classroom</i> , conhecida também como sala invertida, no colégio EEMTI Padre Marcelino Champagnat nas aulas preparatórias para olimpíadas durante a disciplina eletiva.	64
Figura 17 – Capa do produto educacional com questões do nível B da OBFEP distribuídas por assunto e desenvolvido para auxiliar estudantes e professores na preparação para a olimpíada.	65
Figura 18 – Gráfico com o levantamento dos conteúdos das provas para o 1º e 2º anos do ensino médio da OBFEP de 2012 a 2021. A barra em amarelo indica a porcentagem de questões de Mecânica, aquela em cinza indica a porcentagem de questões de Termodinâmica, em laranja é indicada porcentagem de questões de Óptica e em azul a porcentagem de questões de Conceitos Básicos. A prova da 2ª fase contém oito questões mais a parte experimental.	66
Figura 19 – Ilustração do produto educacional. (a) Apresentação dos conteúdos. (b) Modelo de exemplo resolvido. (c) Modelo de exercícios propostos.	68
Figura 20 – Página restrita ao professor credenciado.	72
Figura 21 – Gráfico de similitude com o levantamento das opiniões dos alunos do 1º ano ensino médio do EEMTI PADRE MARCELINO CHAMPAGNAT com relação à aplicação do produto educacional durante a disciplina eletiva. Cada área colorida representa um campo com respostas similares, as palavras mais destacadas indicam maior intensidade com a qual foram encontradas dentro do contexto.	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OLIMPÍADAS CIENTÍFICAS NO CONTEXTO DO ENSINO DE FÍSICA	17
2.1	Iniciativa do projeto das Olimpíadas de Física no Brasil - OBF e OBFEP	19
2.1.1	<i>Criação da OBF</i>	20
2.1.2	<i>Criação da OBFEP</i>	22
2.2	Importância das Olimpíadas de Física dentro do contexto educacional	24
2.3	Integração das Olimpíadas Científicas com a BNCC	26
2.4	Por que tratar dos problemas de olimpíadas?	28
2.5	Material instrucional para olimpíadas científicas	30
2.5.1	<i>O produto educacional digital</i>	33
2.5.2	<i>Aplicação do produto</i>	33
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-PEDAGÓGICA	35
3.1	Busca ativa de estudantes	37
3.2	Uso de material instrucional como ferramenta de ensino	38
3.3	O produto educacional em consonância com a abordagem freiriana	40
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE CINEMÁTICA	42
4.1	Cinemática I - Conceitos básicos	42
4.2	Cinemática II - Movimento curvilíneo	46
4.3	Cinemática III - Movimentos gerais	53
5	METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO	57
5.1	Projeto de preparação para a OBFEP	57
5.2	Modelo híbrido de aplicação	59
6	PRODUTO EDUCACIONAL	63
6.1	A proposta de um livro como produto educacional	63
6.2	Relatos do desenvolvimento do produto	66
6.2.1	<i>Categorização dos problemas da OBFEP</i>	66
6.2.2	<i>Caracterização do produto</i>	68
7	RESULTADOS DA APLICAÇÃO	70
7.1	Aplicação do produto	70
7.2	Avaliação da aplicação do produto	71

7.3	Evidências de aprendizado em Física: A metodologia de Paulo Freire e a participação na OBFEP	76
8	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	78
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A-PRODUTO EDUCACIONAL	83

1 INTRODUÇÃO

A educação científica desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de habilidades cognitivas e no despertar do interesse pela ciência entre os estudantes. No contexto do ensino de Física, a aplicação de avaliações e a criação de produtos educacionais inovadores desempenham um papel crucial para promover uma aprendizagem efetiva e significativa. Nesse sentido, a OBFEP (Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas) e a colaboração na aprendizagem emergem como importantes ferramentas para aprimorar a educação em escolas públicas.

A OBFEP destaca-se como uma oportunidade para avaliar o conhecimento dos alunos e identificar talentos na área de Física. Ao aplicar essa prova nas escolas públicas é possível proporcionar um ambiente de aprendizado estimulante e desafiador, que desperte o interesse dos estudantes pela ciência e promova o aprofundamento de conceitos fundamentais. Além disso, a OBFEP possibilita a identificação de alunos talentosos, estimulando-os a buscar um maior envolvimento com a Física, a participar de outras competições acadêmicas e a seguir carreiras científico-tecnológicas.

No entanto, a aplicação da prova da OBFEP, por si só, pode não ser suficiente para promover uma educação científica de qualidade nas escolas públicas. É fundamental explorar novas estratégias e ferramentas que, atreladas à aplicação da olimpíada, favoreçam a colaboração na aprendizagem, um aspecto essencial para o desenvolvimento integral dos estudantes. A criação de produtos educacionais que incentivem a colaboração entre os estudantes pode fortalecer a interação social, a troca de conhecimentos e a construção conjunta de saberes.

Nesse contexto, o presente trabalho de dissertação busca explorar a importância de aplicar a prova da OBFEP nas escolas públicas, evidenciando os benefícios para o ensino de Física e o estímulo ao interesse dos alunos pela ciência. Além disso, será discutido o desenvolvimento de um produto educacional que tem o objetivo de auxiliar o professor na aplicação da olimpíada, enquanto busca fomentar a colaboração na aprendizagem, destacando sua relevância na construção de uma educação científica mais participativa e significativa.

Ao investigar essas temáticas, esse estudo visa contribuir para a compreensão dos desafios e das oportunidades relacionadas à promoção de uma educação científica de qualidade em escolas públicas, por meio da aplicação da prova da OBFEP e do desenvolvimento de produtos educacionais que estimulem a colaboração na aprendizagem.

No capítulo a seguir será feita uma discussão acerca da importância de projetos de

olimpíadas científicas na formação de estudantes, sob o ponto de vista do Ensino de Física; no capítulo 3, será realizada a fundamentação teórica dos conteúdos abordados no produto educacional; no capítulo 4, uma apresentação da metodologia adotada para a aplicação do produto educacional, tendo em vista o período de pandemia Covid-19 e as limitações quanto às turmas/disciplinas que estive responsável nesse período; no capítulo 5, uma apresentação do produto educacional, desde a sua concepção até a avaliação de sua aplicação através de relatos de experiência e, por fim, no capítulo 6, um breve resumo do que foi apresentado.

2 OLIMPÍADAS CIENTÍFICAS NO CONTEXTO DO ENSINO DE FÍSICA

A OBFEP é um projeto permanente da Sociedade Brasileira de Física (SBF) que nasceu no ano de 2010, diante das dificuldades que os alunos da rede pública enfrentavam ao responder as questões da Olimpíada Brasileira de Física (OBF). A OBF foi criada em 1997, com o objetivo de incentivar o estudo da Física e identificar talentos na área. A competição foi idealizada e organizada pela SBF, em parceria com o Ministério da Ciência e Tecnologia e, desde então, tem se consolidado como uma das principais olimpíadas científicas do Brasil. A OBF é realizada de forma voluntária, contemplando estudantes de diferentes níveis de ensino, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Médio (OBFEP, 2021; SILVA *et al.*, 2016).

É evidente que o contexto social dos jovens da rede pública é diferente da rede privada. Visando despertar e estimular o interesse de estudantes pelas Ciências, e pela Física em particular, alguns dos professores da área de Ciências da Natureza têm utilizado a carga horária das disciplinas e/ou itinerários de preparação baseados em "turmas olímpicas", i.e. turmas que abordem conteúdos típicos de olimpíadas científicas. Dessa maneira, eles buscam produzir as condições necessárias para o bom desempenho desses estudantes na participação dessas competições científicas.

Por outro lado, dentre os componentes do currículo escolar, e das disciplinas de ciências em geral, a disciplina de Física é considerada como uma das mais difíceis (COSTA; BARROS, 2019). Para complicar ainda mais a abordagem dessa disciplina em sala de aula, para algumas comunidades há ainda fatores como: inassiduidade dos alunos, violência urbana, poucos recursos didáticos, indisponibilidade de horários, e mesmo descrença em projetos de turmas olímpicas (tanto do corpo discente como do docente). Esses fatores somados indicam a necessidade de explorar estratégias de incentivo aos estudantes que considerem as suas condições socioeconômicas.

Segundo Saviani, sobre esses aspectos é importante a busca de propostas pedagógicas adequadas. Deixemos claro que, se todas as propostas pedagógicas são propostas educacionais, nem todas as propostas educacionais são propostas pedagógicas. O processo pedagógico diz respeito ao modo de realização do ato educativo, portanto as propostas pedagógicas estão referidas ao modo como se realiza a prática educativa. Então, na práxis pedagógica, permeada pela construção desse eu-sujeito, sujeito-cidadão social, há que significar a questão instrucional, norteadas também pela construção dos saberes, do conhecimento, juntamente com as ferramentas didáticas e metodológicas, ou seja, procura-se entender e explicitar aquelas ideias que orientaram

o modo do desenvolvimento da prática educativa (SAVIANI, 2019).

A utilização da OBFEP foi uma estratégia encontrada para conduzir a alfabetização científica na formação dos alunos nas escolas públicas, despontando como oportunidade para a juventude, com suas dificuldades sociais, desenvolver atividades de cunho científico-tecnológico e/ou melhorar as suas perspectivas de ingressar em instituições de ensino superior. Sobre este último aspecto, vale ressaltar que tem ocorrido um crescente movimento nos últimos anos, no qual universidades públicas brasileiras têm oferecido vagas em seus cursos de graduação para os jovens medalhistas em olimpíadas científicas (SILVA, 2020). Embora tenha-se a oportunidade de ingressar dessa maneira, sabemos que a disputa ainda é “desigual”, quando comparamos o número de estudantes medalhistas da rede pública com o número da rede privada, entre as vagas reservadas para medalhistas olímpicos.

Sob essa perspectiva, a metodologia de Paulo Freire considera a busca ativa de uma educação como meio de libertação (FREIRE, 2014a), que é um dos motivos para construir um bom Plano Nacional de Educação (PNE). Preencher o tempo dos alunos com projetos escolares, como as olimpíadas, principalmente nos bairros de risco, significa provocar mudanças positivas na realidade social. Os jovens, quando saem da escola entram num processo de “invisibilidade”, ou seja, há pouco público das comunidades em ambientes ocupados por aqueles que puderam investir numa melhor educação, não por incapacidade intelectual, mas pela falta de condições igualitárias na concorrência.

Nessa mesma proposta, a inclusão de projetos de olimpíadas científicas em comunidades que estão sob condições desfavoráveis do ponto de vista do desenvolvimento humano, tem potencial de contribuir para uma diminuição nas desigualdades sociais. Através de um projeto de educação como (como será percebido ao longo deste texto) este é possível desenvolver os diversos aspectos da formação humana.

A maioria dos alunos que estão na rede pública tenta conciliar estudo e trabalho e, às vezes, os pais demonstram mais satisfação quando o filho contribui financeiramente em casa do que quando apresentam um boletim com boas notas. Em uma fala do artista MV Bill no programa Altas Horas, no ano de 2008, o mesmo diz “Educação não pode virar sinônimo de luxo, pois só se consegue estudar e ter uma boa saúde no nosso país quem consegue pagar” (informação verbal)¹. Logo, investindo mais em educação de qualidade, principalmente para as escolas públicas, como é perceptível na maioria dos países que investiram em educação, haverá

¹ Entrevista concedida pelo artista MV Bill no programa Altas Horas, no ano de 2008.

menor desigualdades sociais e assim, as provas como a OBFEP e a OBF só fariam sentido em uma única olimpíada.

2.1 Iniciativa do projeto das Olimpíadas de Física no Brasil - OBF e OBFEP

Há algum tempo, o Brasil enfrenta desafios na área das Ciências e se torna mais difícil ensinar e envolver os estudantes em atividades escolares. Na busca ativa de reverter os problemas, principalmente os que assolam as comunidades em que os jovens estão inseridos na rede pública, teve-se a iniciativa, na década de 1950, de fortalecer o desenvolvimento científico e tecnológico na produção de materiais de estudo, com apoio de órgãos públicos nacionais, internacionais e das sociedades científicas:

Em nosso país, segundo Barra e Lorenz (1986), já por volta dos anos de 1950, os materiais aqui produzidos eram, sobretudo, livros-textos e material de apoio para atividades de laboratório. Tais materiais curriculares colocavam ênfase na adoção do método experimental nas salas de aula, visto que, muitas vezes, os alunos não desenvolviam atitudes vistas como científicas quando confrontados com problemas. Ainda em 1952, o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) produziu os primeiros kits destinados a alunos do nível Médio, incentivando-os a resolverem problemas por meio do método científico, de modo supostamente semelhante ao modo de pensar dos cientistas. Já em 1955, com mudanças na diretoria, o IBECC começou a receber subvenções da Fundação Rockefeller, que passou a apoiar a contínua produção de kits mais aperfeiçoados, voltados para alunos do primário e do secundário (LOPES, 2004; VALLA *et al.*, 2014, p. 382).

Dentro desse contexto, surgiram diversos projetos e programas que visavam promover o ensino e a pesquisa científica, assim como estimular o interesse e o talento dos estudantes nas áreas de ciências e tecnologia. Alguns desses projetos adotaram metodologias de trabalho que envolviam a realização de competições científicas, como as olimpíadas.

As olimpíadas científicas são competições educacionais que visam incentivar o estudo e a pesquisa científica, além de promover a descoberta de talentos e o desenvolvimento de habilidades nas áreas específicas de conhecimento. No Brasil, destacam-se a Olimpíadas Brasileiras de Matemática (OBM), OBF, Olimpíadas Brasileiras de Química (OBQ), Olimpíadas Brasileiras de Biologia (OBB), Olimpíadas Brasileiras de Astronomia (OBA) e Olimpíadas Brasileiras de Robótica (OBR), entre outras.

Essas olimpíadas científicas proporcionam aos estudantes a oportunidade de enfrentar desafios intelectuais, resolver problemas complexos, aprofundar seus conhecimentos nas respectivas áreas e desenvolver habilidades como raciocínio lógico, criatividade e trabalho em

equipe. Além disso, essas competições são uma forma de reconhecer e valorizar os talentos e esforços dos estudantes, abrindo portas para oportunidades educacionais e profissionais.

Os projetos mencionados na década de 1950, que buscavam fortalecer o desenvolvimento científico e tecnológico na produção de materiais, não necessariamente têm ligação direta com as olimpíadas científicas. No entanto, tanto esses projetos quanto as olimpíadas científicas compartilham o objetivo comum de incentivar o estudo, a pesquisa e a excelência acadêmica nas áreas de ciência e tecnologia, contribuindo para o fortalecimento da educação científica no país, além de auxiliar os professores na prática pedagógica.

Segundo a página da Universidade Federal de Goiás:

Não há registro de quando ocorreram as primeiras Olimpíadas de Física. Muito provavelmente surgiram na Europa. Entretanto, sabe-se que três professores de física do leste europeu – Czeslaw Scislowski (Polônia), R. Kostial (da então – Tchecoslováquia) e R. Kunfalvi (Hungria) – decidiram organizar uma competição para os melhores alunos de seus países. Assim, a 1ª Olimpíada Internacional de Física (OIF) ocorreu em Varsóvia, na Polônia, em 1967. De 18 a 27 de julho de 1999, ocorreu a sua 30ª edição na Universidade de Pádua, Itália, com a participação de 66 países e de aproximadamente 300 estudantes. O Brasil participou pela primeira vez enviando um professor como observador. Desde então o Brasil tem participado regularmente desse evento (GOIÁS, 1999, on-line).

2.1.1 Criação da OBF

No Brasil, historicamente, o projeto começou a ser discutido na década de 1980. Em 1985 ocorreu a primeira competição dessa natureza, voltada para a área de Física, no estado de São Paulo e foi organizada por professores da Academia de Ciências do Estado de São Paulo (MARIN; PINTO JÚNIOR, 2008). Em 1986, foi realizada de forma independente, a Olimpíada Paranaense de Física e, em 1994, outros estados como Ceará, Paraíba e Minas Gerais começaram a realizar Olimpíadas de Física a nível regional (VIANNA *et al.*, 2000). Em 1995, o Centro de Divulgação Científica e Cultural do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, retomou a realização das olimpíadas no estado. Até que em 1998, a SBF tomou a frente do projeto e organizou o evento, como forma experimental, para os estados brasileiros da Bahia, Goiás, Pará, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo. Em 1999, foi realizada a primeira OBF, foi o único ano em que ocorreram apenas duas fases, com participação de 18 estados brasileiros e um total de 13 mil estudantes (ERTHAL *et al.*, 2015). A 1ª fase foi realizada nos estados, e as provas foram corrigidas por comissões estaduais. Para a 2ª fase foram promovidos, pelo menos, os 100 melhores estudantes de cada série, de modo que seria garantido que cada estado tivesse

pelo menos um representante em cada série. As provas da 2ª fase foram corrigidas por um único grupo de corretores designados pela SBF (LIMA, 2017).

A SBF distribui em três fases a prova da OBF, desde a segunda edição, que foi realizada no ano 2000. Nessas primeiras edições participaram alunos da 1ª, 2ª e 3ª série do Ensino Médio. As provas da 2ª e 3ª fases das duas primeiras séries eram iguais, mas os alunos deveriam escolher livremente apenas metade das 16 questões para resolver. Esse estilo foi adotado para minimizar as diferenças curriculares que haviam entre as séries e entre as diferentes regiões do país. Em 2006, foi iniciada experimentalmente a participação dos alunos da 8ª série do Ensino Fundamental (hoje chamado de 9º ano), mas apenas nos estados de São Paulo e Goiás. Com o sucesso dessa experiência, em 2007, tivemos a primeira participação nacional dos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental na OBF (LIMA, 2017).

Por volta do mês de maio, a primeira fase é realizada na escola do estudante participante. A segunda fase é realizada em agosto, em locais determinados pela coordenação estadual. Dela participam os estudantes que atingiram o número mínimo de acertos na primeira fase, sendo este definido pela Comissão da Olimpíada Brasileira de Física. Quando ocorre o caso de o número de classificados de uma determinada escola ser menor do que três em alguma série, o sistema de seleção completará este número indicando os alunos com a maior nota abaixo da nota mínima. Os estudantes que atingiram, na segunda fase, o número de pontos indicado pela Comissão Organizadora da OBF estão automaticamente inscritos para a terceira fase, garantindo-se a cada Estado o número mínimo de um estudante por série. Essa última fase ocorre entre o mês de outubro e novembro, e é realizada em local designado pela coordenação estadual. As questões das provas teóricas da primeira fase são objetivas e as da segunda e terceira fases são discursivas. Cabe salientar que na terceira fase o participante realiza ainda uma prova prática, exceto na prova do terceiro ano do Ensino Médio (ERTHAL *et al.*, 2015).

A OBF é uma competição com edições anuais que vem sendo realizada desde 2000, de maneira ininterrupta, mas devido a pandemia da Covid-19, que exigiu medidas de distanciamento social e restrições nas atividades presenciais, a OBF precisou se adaptar para garantir a continuidade da competição. Em 2020 e 2021, a OBF foi realizada de forma remota, com os estudantes participando da competição por meio de plataformas online. As provas foram disponibilizadas eletronicamente, permitindo que os alunos as realizassem em suas casas, com prazo determinado para a resolução. A aplicação remota da OBF possibilitou que os estudantes continuassem a participar da competição, mesmo diante das restrições impostas pela pandemia.

Essa adaptação foi fundamental para garantir a continuidade do estímulo ao estudo da Física e a participação dos alunos nessa importante olimpíada científica (OBF, 2021).

Em maio de 2020, a presidência da SBF criou um Grupo de Trabalho (GT), com representantes da OBFEP, OBF e do Conselho da SBF, para decidir o futuro da OBF e OBFEP em um cenário em que os recursos captados junto ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) eram decrescentes. O GT constatou que os recursos do CNPq não seriam mais suficientes para financiar duas olimpíadas e recomendou destinar os recursos do CNPq integralmente para a OBFEP e que a OBF se financiasse pela cobrança de taxas. Em reunião realizada em julho de 2020, o Conselho da SBF aprovou as recomendações do GT (OBF, 2021).

Resumidamente, a OBF continua sendo um evento aberto a estudantes de escolas públicas e privadas, mas a partir de 2021, a participação está condicionada ao pagamento de taxas, que são cobradas independentemente do tipo de escola (OBF, 2021).

2.1.2 Criação da OBFEP

Por mais que os alunos das escolas públicas possam realizar a prova da OBF, eles não apresentavam muito interesse em participar. O motivo está no nível de dificuldade elevado da prova. Para resolver esse problema, no ano de 2010, com a proposta de Projeto Piloto aplicado nos estados da Bahia, Goiás, Piauí e São Paulo, nasce a OBFEP (ERTHAL; LOUZADA, 2016). No ano de 2011, ainda como Projeto Piloto, a prova da OBFEP ocorreu nos quatro estados citados, e mais, Maranhão e Mato Grosso. No ano seguinte, a SBF integra como programa permanente a OBFEP, aplicada em todos estados brasileiros (NAKAMURA *et al.*, 2012).

A OBFEP é composta de duas fases. As datas de aplicações da prova são divulgadas no site oficial (obfep.org.br). As provas são classificadas por Nível A, B e C, de acordo com o grau de escolaridade da seguinte maneira: **Nível A** – alunos matriculados no 9º ano do Ensino Fundamental II; **Nível B** – alunos matriculados nos 1º e 2º anos do Ensino Médio; **Nível C** – alunos matriculados nos 3º e 4º anos (onde houver) do Ensino Médio, no ano letivo da realização das provas (OBFEP, 2021).

A participação dos estudantes das escolas públicas municipais, estaduais e federais na OBFEP ocorre somente através da escola, que nomeará um professor ou representante, que será responsável pela organização local da OBFEP. Para indicação do(s) professor(es) responsável(is), cada escola deverá preencher em inscrições o cadastro de credenciamento online, seguindo o calendário da OBFEP, como é possível observar na Figura 1 (OBFEP, 2021).

Figura 1 – Aba da página oficial da OBFEP 2021 indicando o procedimento de inscrição do professor na edição vigente da olimpíada.

The screenshot shows the official website of the Brazilian Physics Olympiad (OBFEP) for 2021. The header features the OBFEP logo and a search bar. A navigation menu includes links for INÍCIO, A OBFEP, PROVAS, CALENDÁRIO, PROFESSORES, RESULTADOS, ESCOLAS, EDIÇÕES, NOTÍCIAS, CENTROS DE APLICAÇÃO, ESTUDANTES, and DATAS DE PREMIAÇÃO. The main content area is titled 'Inscrições – Credenciamento' and contains the following text: 'As inscrições para a Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas 2021 começaram. Para outras datas e informações consulte o [Calendário](#), [Regulamento](#) e [Programa Geral](#).' Below this, a red-bordered box highlights the instruction: '--- Professor, clique aqui para credenciar a sua escola para a edição 2021.' A sidebar on the right lists 'POSTS RECENTES' including 'Concurso de Ilustrações OBFEP 2021', 'Concurso de Ilustrações da OBFEP: Premiados de 2019', 'Inscrições - Credenciamento', 'Seja Bem-vindo à Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas', and 'Calendário 2021'. At the bottom, logos for the organizing institutions (SBF, CNPq, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, and GOVERNO FEDERAL BRASIL) and the copyright notice 'Copyright © 2021 Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas' are displayed.

Fonte: OBFEP (2021).

A prova da OBFEP é distribuída em duas fases. Para a 1ª fase da OBFEP, cada escola indicará, no credenciamento, apenas o número total de seus alunos que efetivamente farão a prova em cada ano/série. Não há inscrição individual por aluno. As provas da 1ª fase contêm questões de múltipla escolha e são realizadas na própria escola, na data divulgada no site oficial da OBFEP. A aplicação das provas tem duração de 3h (três horas), podendo ser realizadas em qualquer um dos turnos: matutino, vespertino ou noturno.

Após a aplicação da prova, os professores devem recolher todo o material (caderno de questões e folhas de respostas) e manter o material consigo até um dia após a divulgação do gabarito oficial. Os alunos participantes devem ser instruídos pelos professores de que não é permitida a transmissão/publicação de comentários sobre o conteúdo da prova (através de qualquer meio, redes sociais ou similares) durante o dia de aplicação da prova. A violação desse item implica na desclassificação do aluno e da escola. A OBFEP permite a inscrição de estudantes matriculados na categoria de Educação de Jovens e Adultos (EJA), sendo que os estudantes dos anos do 2º Segmento Fundamental devem ser informados como do 9º ano e os do Ensino Médio como do 1ª ano.

Para a 2ª fase são classificados os alunos que atingirem a nota mínima, definida pela Comissão da OBFEP, após análise do desempenho dos estudantes na 1ª fase. As provas da 2ª fase constam de questões teóricas e podem ter uma parte prática; essas provas são realizadas

na data divulgada no site oficial da OBFEP, tendo a duração de 4h (quatro horas) - geralmente aplicada aos sábados, no período das 13 às 17 horas - horário local.

As provas da 2ª fase são aplicadas em sedes (subcoordenações), denominadas Centros de Aplicação (CA), escolhidas pelo Professor Responsável pela OBFEP na escola, na relação de sedes (subcoordenações) CA indicadas pelo Coordenador Estadual. As questões teóricas e experimentais, no caso de ocorrerem, são discursivas e específicas para cada nível (OBFEP, 2021).

2.2 Importância das Olimpíadas de Física dentro do contexto educacional

Pensadores que se dedicaram a estudar modelos educacionais, como Seymour Papert, Célestin Freinet e Jean Piaget são referências quando o assunto é estimular, provocar e fazer refletir sobre como é possível desenvolver práticas pedagógicas inovadoras, dentro e fora da sala de aula (CENTRO DE REFERÊNCIAS EM EDUCAÇÃO INTEGRAL, 2019). Estimular os discentes a participarem de olimpíadas de Física, principalmente da OBFEP que é destinada aos alunos das escolas públicas, permite o desenvolvimento não só do conhecimento acadêmico, como também do espírito competitivo e outras habilidades socioemocionais essenciais para a formação do ser humano.

Pode-se observar que algumas questões da OBFEP, em ambas as fases, indagam perguntas conceituais. Os alunos do 1º ano do Ensino Médio, que realizam a prova do Nível B, quando têm aulas preparatórias desenvolvem a experiência em debater assuntos que são ministrados nos conteúdos do 2º ano do Ensino Médio. Assim, a participação dos discentes, o quanto antes nas olimpíadas de Física, implica no desenvolvimento das competências e habilidades na área de Ciências da Natureza, especificamente em Física, preparando alunos a um nível de abstração mais avançado, podendo ser interpretada como um reforço positivo (SANTOS; LEITE, 2013).

Uma das fases das olimpíadas de Física, seja a OBF ou a OBFEP, é realizada em outros centros de aplicações. Essa é uma experiência ímpar para muitos jovens, principalmente os que estudam na rede pública, já que a maioria deles não saem do próprio bairro devido a diversos fatores, sejam estes a falta de recursos financeiros ou até mesmo a disputa de gangues. Portanto, a olimpíada pode ser o agente que proporciona o primeiro contato no âmbito acadêmico, incentivando a participação dos alunos e desviando-os de más alternativas. Quando conduzido sob a orientação de um professor, a participação em olimpíadas favorece o espírito de uma

competição saudável, havendo até mesmo a interação com candidatos de outros ambientes escolares.

O perfil do estudante que participa de olimpíadas científicas não é, necessariamente, aquele que tem boas notas ou talento nas áreas de Ciências, mas sim, aqueles que têm características como dedicação, disciplina, curiosidade e/ou vontade de conhecer algo novo.

Nesse aspecto, como feito em sala de aula, vale citar o que diz Carl Sagan, em seu livro *O mundo Assombrado pelos Demônios*, que o interesse dele por Ciências surgiu quando observava as coisas a sua volta, e ressalta que seus pais não eram cientistas. No entanto, suas experiências o ensinaram a enxergar o método científico, o que corrobora com a ideia de que as características básicas de um cientista incluem a curiosidade como aspecto primordial (SAGAN, 2006).

Essa visão científica, que é ensinada aos alunos na preparação para as olimpíadas científicas, incentiva a sua aplicação na vida prática, melhora no diálogo com seus pares e pode contribuir positivamente para outras avaliações como os dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) e do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), por exemplo (CGEE, 2011).

Além disso, algumas instituições de ensino superior – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) entre outras – validam vagas aos participantes que se destacaram nas participações em olimpíadas, Institutos de Tecnologia – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Instituto Militar de Engenharia (IME) – Programa de Iniciação Científica e Programas Específicos – Universidade de São Paulo (USP) tem o Programa de Incentivo ao Aluno Olimpíada (PIO), que concede bolsas aos estudantes medalhistas em olimpíadas (SILVA, 2020; NEVES, 2022).

É importante ressaltar que as oportunidades e critérios de cada instituição podem variar ao longo do tempo, por isso é recomendado que os estudantes busquem informações atualizadas diretamente nas universidades e instituições de interesse para obter detalhes sobre as políticas de ingresso e benefícios oferecidos aos participantes de olimpíadas científicas.

Por fim, outro ponto importante é a valorização do aluno para a escola, familiares e para a sociedade, visto que todos ganham quando se faz educação.

2.3 Integração das Olimpíadas Científicas com a BNCC

As Olimpíadas Científicas têm desempenhado um papel significativo no desenvolvimento educacional de estudantes em todo o mundo. Essas competições estimulam o interesse pela ciência, matemática, biologia, física e outras disciplinas, proporcionando uma plataforma para os alunos demonstrarem suas habilidades e conhecimentos em um ambiente desafiador e estimulante (MARIUZZO, 2010). Um olhar sobre a proposta da construção dos currículos escolares, à luz da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que fomenta o desenvolvimento de propostas pedagógicas baseadas em competências, habilidades e atitudes, faz com que a integração da proposta de participação em olimpíadas seja um caminho para desenvolver o estudante da forma integral, como atualmente se deseja.

Com o objetivo de substituir o currículo tradicional garantido do Ensino Médio por um modelo mais diversificado e adaptável, a Lei nº 13.415/2017 trouxe modificações à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Essas alterações estabelecem que o currículo do Ensino Médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular, assim como por itinerários formativos, que serão organizados de acordo com diferentes arranjos curriculares, levando em consideração a força para o contexto local e a capacidade dos sistemas de ensino:

Essa nova estrutura do Ensino Médio, além de ratificar a organização por áreas do conhecimento – sem desconsiderar, mas também sem fazer referência direta a todos os componentes que compunham o currículo dessa etapa –, prevê a oferta de variados itinerários formativos, seja para o aprofundamento acadêmico em uma ou mais áreas do conhecimento, seja para a formação técnica e profissional. Essa estrutura adota a **flexibilidade** como princípio de **organização curricular**, o que permite a construção de currículos e propostas pedagógicas que atendam mais adequadamente às especificidades locais e à multiplicidade de interesses dos estudantes, estimulando o exercício do **protagonismo juvenil** e fortalecendo o desenvolvimento de seus projetos de vida (BRASIL. Lei nº 13.415, 2017, p. 01).

A BNCC, conforme estabelecido no artigo 35-A da LDB e o artigo 36 da Lei nº 9.394, estabelece as competências e habilidades que os estudantes devem adquirir ao longo de sua trajetória educacional. Ela busca promover uma educação mais abrangente e voltada para o desenvolvimento pleno do indivíduo, incentivando a construção do conhecimento de forma crítica e reflexiva. Ao integrar as Olimpíadas Científicas com a BNCC, é possível explorar e aprimorar diversas competências e habilidades previstas no documento. Desde a sua implementação nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) em 1998, conforme o Parecer CNE/CEB nº 15/1998, as áreas do conhecimento têm como objetivo promover a integração de dois ou mais componentes curriculares, visando uma compreensão mais abrangente da realidade complexa e a capacidade de agir nesse contexto. Essa estruturação do currículo:

não exclui necessariamente as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo trabalho conjugado e cooperativo dos seus professores no planejamento e na execução dos planos de ensino (CNE/CPNº11/2009, 2018, on-line).

Uma das principais tarefas trabalhadas pelas Olimpíadas Científicas é um "pensamento científico, crítico e reflexivo". Ao participar dessas competições, os estudantes são desafiados a aplicar seus conhecimentos teóricos na resolução de problemas práticos, estimulando o pensamento lógico, a análise crítica e a criatividade. Essa abordagem alinha-se diretamente com a proposta da BNCC, de promover a capacidade de reflexão, a busca pelo conhecimento e a compreensão dos processos científicos.

Além disso, a participação nas Olimpíadas Científicas também desenvolve outras habilidades importantes, como o trabalho em equipe e a comunicação efetiva. Durante a preparação e execução dos projetos, os alunos têm a oportunidade de interagir com seus pares, compartilhar conhecimentos e experiências, promovendo a colaboração e a troca de ideias. Essa interação fortaleceu a habilidade de se comunicar de forma clara e coerente, aspectos valorizados pela BNCC para uma formação cidadã completa.

Outro ponto relevante é o estímulo ao protagonismo dos estudantes. As olimpíadas científicas encorajam os participantes a assumir um papel ativo em sua própria aprendizagem, incentivando-os a investigar, pesquisar e propor soluções inovadoras para os desafios propostos. Essa postura está influenciada com a visão da BNCC de formar estudantes autônomos e críticos, capazes de buscar o conhecimento além dos conteúdos previstos em sala de aula.

Além disso, as olimpíadas científicas promovem uma conexão direta entre a teoria e a prática, aproximando os estudantes do mundo real. Ao enfrentarem problemas reais e relevantes para a sociedade, os alunos compreendem a importância da ciência e suas aplicações, estabelecendo uma relação mais próxima entre o conhecimento acadêmico e a vida cotidiana. Essa abordagem favorece a contextualização dos conteúdos curriculares, um dos princípios fundamentais da BNCC.

Em suma, a integração das Olimpíadas Científicas com a proposta da BNCC traz benefícios substanciais para a educação. Evidencia-se, de fato, que ao estimular a participação dos estudantes nesse tipo de atividade, estimula-se o desenvolvimento do pensamento científico além de desenvolver as competências gerais que a própria BNCC apresenta como sendo expertises a serem trabalhadas por toda proposta pedagógica, independente do componente escolar, para

que se chegue ao desenvolvimento do protagonismo estudantil. Além do mais, essas competições apresentam um ambiente desafiador e enriquecedor, ultrapassando os limites da sala de aula e preparando os estudantes para os desafios que giram em torno do “saber pensar”.

2.4 Por que tratar dos problemas de olimpíadas?

Preparar-se e estudar as questões de olimpíadas, especialmente voltadas para alunos da escola pública, como as questões da OBFEP, é uma jornada valiosa e repleta de benefícios. São elencados a seguir alguns aspectos que demonstram a importância desse estudo e como novas oportunidades podem surgir durante a participação desses projetos de olimpíadas científicas.

Primeiramente, é essencial compreender que as olimpíadas são muito mais do que simples competições. Elas representam uma oportunidade de crescimento pessoal e acadêmico, um caminho para o desenvolvimento de habilidades que irão acompanhar os estudantes ao longo da vida. Alguns aspectos importantes que os estudantes desenvolvem ao responderem as questões das olimpíadas são:

1. Além do currículo tradicional: Ao estudar as questões das olimpíadas, o estudante é desafiado a explorar conceitos além do que é ensinado na sala de aula regular. Ao estudar e enfrentar esses desafios, os alunos têm a chance de mergulhar em áreas do conhecimento que normalmente não são exploradas durante as aulas regulares. Essa imersão amplia sua compreensão da disciplina e os prepara para futuros estudos e desafios acadêmicos (OBFEP, 2021). As questões são cuidadosamente elaboradas para estimular o pensamento crítico, a criatividade e a resolução de problemas. Cada problema apresenta uma oportunidade única de aprendizado, para o qual é preciso desenvolver uma estratégia para pensar de maneira abstrata, analítica e perspicaz. O processo de resolução desses desafios contribui para aprimorar suas habilidades cognitivas e fortalecer sua capacidade de enfrentar problemas complexos em todas as áreas do conhecimento.
2. Desenvolvimento de habilidades cognitivas: Resolver problemas complexos requer um pensamento crítico e analítico, habilidades essenciais para o sucesso acadêmico e profissional. As questões da OBFEP estimulam o desenvolvimento dessas habilidades, incentivando os alunos a aplicarem conceitos teóricos em situações práticas e buscarem soluções criativas. Essa abordagem fortalece sua capacidade de resolução de problemas e promove um pensamento científico mais refinado. Neste aspecto, se desenvolvem, ainda, habilidades de interação com os colegas e a comunidade que se cria e que envolve os participantes das

olimpíadas científicas.

3. Preparação para desafios futuros: Participar da OBFEP proporciona uma preparação sólida para exames vestibulares e competições acadêmicas mais avançadas. O conhecimento adquirido e as habilidades desenvolvidas durante a preparação para a olimpíada permite aos alunos se habilitar para enfrentar testes seletivos e processos de admissão em universidades renomadas de maneira favorável. Além disso, a confiança adquirida ao superar desafios da OBFEP os motiva a desenvolver um senso de resiliência e perseguir carreiras científicas e tecnológicas.
4. Reconhecimento e oportunidades: O bom desempenho na OBFEP é um marco de destaque no currículo dos alunos, e pode criar diversas oportunidades educacionais e profissionais. Bolsas de estudo, programas de iniciação científica, intercâmbios acadêmicos e até mesmo possíveis colaborações com pesquisadores experientes são algumas das possibilidades que podem surgir por meio do envolvimento com a olimpíada.

Além disso, o estudo das questões da OBFEP e de outras olimpíadas pode ser um diferencial importante em seu percurso acadêmico. Participar dessas competições e obter bons resultados demonstra seu interesse, dedicação e domínio das disciplinas em questão. Instituições de ensino superior e programas de bolsas de estudo valorizam essas conquistas, reconhecendo o esforço e a excelência acadêmica demonstrada pelos participantes.

Além dos benefícios acadêmicos e educacionais, participar das olimpíadas também proporciona um ambiente de aprendizado enriquecedor e estimulante. O estudante tem a oportunidade de interagir e compartilhar conhecimentos com outros estudantes talentosos e motivados. A troca de ideias e experiências nesse contexto pode ser extremamente enriquecedora, ampliando seus horizontes e permitindo o estabelecimento de novos amigos. Essa rede de contatos tem potencial para criar ambiente propício para futuras colaborações, parcerias e oportunidades profissionais.

Por fim, estudar as questões das olimpíadas, especialmente direcionadas aos alunos da escola pública, é uma forma de mostrar o potencial e o talento existente nessa parcela da sociedade. Ao se destacar nestas competições, o estudante contribui para quebrar estereótipos e promover uma visão mais inclusiva e igualitária da educação e da ciência. Seus resultados não apenas impulsionaram seu próprio crescimento, mas também inspiraram outros estudantes a acreditar em suas próprias capacidades e buscar seus sonhos, independentemente de sua origem ou contexto socioeconômico.

2.5 Material instrucional para olimpíadas científicas

Um problema que assolou a educação de maneira geral no início do ano de 2020 e que vem apresentando impactos negativos no desenvolvimento do ensino foram os casos da Covid-19 (THOMAS; ROGERS, 2020). Em esclarecimento, a SBF declarou na página oficial que a prova da OBFEP de 2020 seria suspensa; no ano seguinte, a primeira fase teve, pela primeira vez, a opção de aplicação utilizando-se de recursos digitais (OBFEP, 2021).

Segundo Nunes e Silveira (2009, p. 192), utilizando das palavras do próprio Skinner: : “O ensino é um arranjo de contingências sob as quais os alunos aprendem. Aprendem sem serem ensinados no seu ambiente natural, mas os professores arranjam contingências especiais que aceleram a aprendizagem.”

Com uma busca ativa dos estudantes e o uso de metodologias ativas, como a preparação para a prova da OBFEP em meio ao cenário dessas dificuldades citadas, propusemos, durante o período de aplicação do produto educacional aventado neste trabalho, uma readaptação na metodologia de trabalho, visando atingir um maior número de estudantes para evitar a queda do rendimento das competências e habilidades escolares, em particular na disciplina de Física. Pensando em atingir um maior público alvo e o meio de estudos, como materiais e aula, deu-se início ao projeto aqui proposto que consiste na confecção de um material educacional que visa auxiliar no preparo de turmas para a OBFEP.

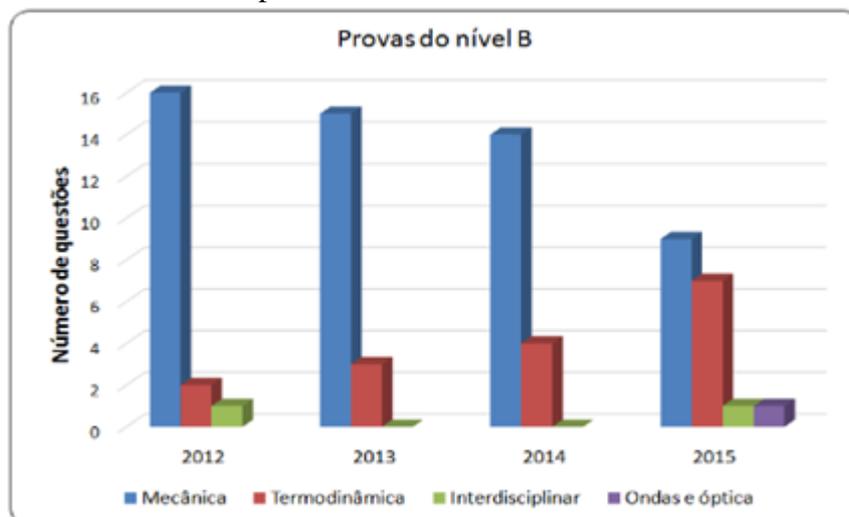
Segundo o artigo Thomas e Rogers (2020), como ponto negativo é possível observar o aumento da desigualdade na educação, mas também o potencial impacto positivo de impulsionar inovações no uso de tecnologia para educar. Na tentativa de mudar o ambiente em que os alunos já tinham o hábito, que é ir até a escola, o ensino poderia acontecer em ambientes virtuais. Produção de materiais digitais, simuladores virtuais, aulas gravadas, assistência de monitores, salas remotas e atividades com envio de pontuação são modelos que um grupo de discentes e docentes passaram a vivenciar desde o período pandêmico. Espaços e práticas pedagógicas diferentes do cotidiano escolar são significativos e importantes para o conhecimento das ciências (FRANCO, 2016).

Ministrar uma disciplina na área de Ciências no contexto vivenciado durante o período da pandemia trouxe os seus desafios: necessidade de dominar o uso de novas ferramentas e plataformas de ensino, acesso e conectividade, fomentar a interação e engajamento dos estudantes, utilizar laboratórios e atividades práticas, realizar acompanhamento individual, por fim e provavelmente o mais importante, dificuldades para lidar com a carga emocional e ter

bem-estar. Há disponíveis sites gratuitos como, por exemplo: o Laboratório Virtual de Física da UFC (<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/>), simuladores virtuais que dão o suporte de um ambiente de laboratório, no qual o docente pode preparar um roteiro e realizar experiências. No entanto, ao tratar de material instrucional gratuito, como apostilas, módulos e livros, que possam auxiliar como suporte no preparatório da OBFEP, há poucos exemplos na literatura, sendo estes apenas materiais isolados que tratam de temas muito específicos e não estão distribuídos numa sequência didática que permita ao professor utilizá-los de maneira direta.

Tendo em vista que a elaboração de material didático é uma atividade que despende bastante tempo e buscando atacar essa dificuldade é que surgiu a proposta de elaboração de material didático próprio. O conteúdo a ser desenvolvido no material foi destinado aos alunos do 1º e 2º anos do Ensino Médio e, inicialmente, o foco está no conteúdo de Mecânica, em específico no assunto de Cinemática, uma vez que esse é o conteúdo que aparece com maior frequência nas provas da OBFEP, conforme mostrado na Figura 2, de acordo com dados levantados das provas dos anos de 2012 a 2015 (ERTHAL; LOUZADA, 2016). Na Figura 18 mostraremos o gráfico com o levantamento dos conteúdos das provas para o 1º e 2º anos do Ensino Médio da OBFEP de 2012 a 2021.

Figura 2 – Gráfico com o levantamento realizado por (ERTHAL; LOUZADA, 2016) dos conteúdos das provas para o 1º e 2º anos do ensino médio da OBFEP de 2012 a 2015. A barra em azul indica a quantidade de questões de mecânica, a em vermelho indica a quantidade de questões em termodinâmica, a em verde indica a quantidade de questões interdisciplinares e em roxo o número de questões de ondas e óptica.



Fonte: Erthal e Louzada (2016).

No contexto educacional contemporâneo, as metodologias ativas têm ganhado destaque como abordagens inovadoras que buscam transformar a forma como os alunos aprendem.

Duas dessas metodologias são o *problem-based learning*/aprendizagem baseada em problemas (*PBL*) e a Sala de Aula Invertida. Ambas visam promover um aprendizado mais significativo, envolvendo os alunos de maneira ativa e estimulando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais. O produto educacional digital foi desenvolvido e aplicado baseando-se nessas metodologias.

O Aprendizado Baseado em Problemas (*PBL*) é uma abordagem que coloca os estudantes no centro do processo de aprendizagem, desafiando-os a resolver problemas do mundo real. Nesse método, os alunos são apresentados a um problema complexo que requer investigação, análise e colaboração para ser resolvido. Essa abordagem promove o pensamento crítico, a resolução de problemas e a aplicação prática do conhecimento. O *PBL* incentiva a autonomia dos alunos, que buscam ativamente informações, trabalham em equipe e apresentam soluções fundamentadas (BARROWS, 1996).

Quando foi aplicada a metodologia *PBL*, os estudantes são orientados a responderem problemas das questões aplicadas na primeira etapa das OBFEP, enquanto na segunda, eles são levados ao laboratório, ou para um ambiente virtual, para realizações de experimentos de Física com base nos roteiros das provas da segunda fase.

Já a Sala de Aula Invertida, envolve uma mudança na dinâmica tradicional de ensino. Nessa metodologia, os alunos têm acesso ao conteúdo de estudo antes das aulas, geralmente por meio de vídeos, leituras ou recursos online. O tempo em sala de aula é então dedicado a atividades práticas, discussões e esclarecimento de dúvidas. A Sala de Aula Invertida promove a aprendizagem autônoma, permitindo que os alunos revisitem o material quantas vezes for necessário, enquanto as aulas presenciais são focadas em interações significativas e aprofundamento do conteúdo (BERGMANN; SAMS, 2012).

Ambas as metodologias ativas têm em comum a promoção do engajamento dos alunos, a aprendizagem colaborativa e a aplicação do conhecimento em contextos reais. Elas contribuem para o desenvolvimento de competências como o pensamento crítico, a comunicação eficaz, a resolução de problemas e a colaboração (PRINCE, 2004).

Em resumo, o Aprendizado Baseado em Problemas e a Sala de Aula Invertida representam abordagens inovadoras que buscam uma educação mais ativa, participativa e contextualizada. Ao proporcionarem uma experiência de aprendizagem mais envolvente e relevante, essas metodologias ativas estão alinhadas com as demandas educacionais do século XXI (HERREID; SCHILLER, 2013).

O produto educacional é conciso para que o professor possa utilizá-lo de maneira sequencial e o ajude a preparar os estudantes para responder o maior número de questões possíveis. O objetivo da proposta em confeccionar esse material não está em entregar um material fechado, mas sim, um material que possa sofrer alterações à medida que novas edições da OBFEP ocorram e, no caso em que o formato dessa avaliação seja modificado, no qual serão adicionadas questões da OBFEP, como exercícios propostos e da OBF, como exercícios resolvidos.

2.5.1 O produto educacional digital

Como a prova da OBFEP é nacional e atinge o público discente desde o final do Ensino Fundamental II até o final do Ensino Médio e, tendo o cenário da pandemia em que o acesso às aulas ocorriam por meios digitais, o material estruturado para a olimpíada também foi implementado utilizando-se recursos digitais.

O produto educacional teve a primeira aplicação no ano de 2021, testado na forma exclusivamente remota. A forma de compartilhamento foi através do *Google Classroom*, no qual um grupo de professores orientadores cadastraram os e-mails dos estudantes que foram aprovados para a prova da 2ª fase da OBFEP, no estado do Ceará, ou que tinham a curiosidade de conhecer o projeto.

O material desenvolvido e aplicado consiste em um livro que contém questões das provas desde a edição da OBFEP 2010 até a última prova que havia sido aplicada, referente a 2019, uma vez que em 2020 não foi realizada a OBFEP devido à pandemia Covid-19. Como o material não será impresso, há a vantagem de ser atualizado para aprimorá-lo a todo instante. Por ser um material gratuito, há ainda a possibilidade de disponibilizá-lo em plataformas digitais.

2.5.2 Aplicação do produto

Durante o ano de 2022, o produto educacional passou a ser aplicado em formato híbrido, com encontros presenciais e atividades propostas para momentos extraclasse que ocorrem, por exemplo, no Laboratório de Ensino de Ciências (LEC).

Para a aplicação do produto, tomou-se como base o fato de que o número de aulas semanais de Física é pequeno. Isso implica a necessidade de orientar o discente na escolha de disciplinas eletivas nas áreas de Ciências, assim complementando os conceitos e princípios fundamentais da Física.

As aulas no LEC colaboram na construção dinâmica do aprendizado, tanto do docente como do discente; a busca ativa por essa disciplina eletiva promove o ensino de Ciências de uma forma lúdica, no qual o discente desenvolve competências e habilidades em situações problema, baseado numa sequência de pré-requisitos que podem ser utilizadas no ensino básico, bem como em etapas posteriores de ensino, incluindo o ensino superior.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-PEDAGÓGICA

A educação desempenha um papel fundamental no progresso de uma sociedade. Nesse contexto, destaca-se o trabalho de Paulo Freire (1921-1997) como uma contribuição significativa para a área educacional, especialmente no que se refere à participação ativa dos alunos das escolas públicas. Com base em sua abordagem, esse estudo tem como objetivo explorar a relação entre o método educacional de Paulo Freire e a busca ativa da participação dos alunos das escolas públicas nas olimpíadas, com um enfoque específico na aplicação de um produto educacional para alunos de diversas comunidades do estado do Ceará, visando aprimorar sua alfabetização científica e sua preparação para a OBFEP, tanto durante quanto após o período da pandemia da Covid-19.

Paulo Freire foi um educador brasileiro reconhecido internacionalmente por suas contribuições teóricas e práticas na área da educação. Sua principal obra, “Pedagogia do Oprimido”, defende a ideia de uma educação libertadora, baseada no diálogo, na conscientização e na transformação social. Freire propunha uma abordagem pedagógica centrada no aluno, na qual o conhecimento é construído a partir das experiências dos estudantes e das relações sociais.

Não podem perceber, na situação opressora em que estão, como usufrutuários, que, se ter é condição para ser, esta é uma condição necessária a todos os homens. [...] Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo (FREIRE, 2014b, p. 25).

Paulo Freire destaca a importância da educação na transformação social dos oprimidos, de que precisam ter acesso a direitos básicos e oportunidades. A BNCC promove uma sociedade justa e inclusiva, valorizando a formação cidadã. Freire ressalta a necessidade de garantir condições básicas para todos, como educação, saúde e moradia. A visão de Freire está orientada aos princípios de equidade da BNCC, que busca eliminar desigualdades socioeducacionais e oferecer condições de aprendizado.

A desigualdade socioeducacional é uma realidade que afeta significativamente as escolas públicas no Brasil. Recursos limitados, infraestrutura precária, falta de materiais didáticos adequados e formação insuficiente de professores, são apenas alguns dos obstáculos enfrentados por essas instituições. Essas condições desfavoráveis dificultam o estímulo ao interesse dos estudantes pela ciência e a preparação necessária para participarem de olimpíadas científicas.

Além disso, a influência de áreas de risco, muitas vezes dominadas por facções criminosas, também é um fator que impacta a participação dos alunos. Nessas regiões, a

violência, a falta de segurança e o medo são uma realidade constante. Os estudantes podem se sentir desencorajados a buscar oportunidades educacionais além do básico, pois estão mais preocupados com sua segurança pessoal e de suas famílias. A falta de apoio e incentivo nessas áreas, juntamente com a ausência de uma infraestrutura escolar adequada, contribui para a baixa adesão dos alunos às olimpíadas científicas.

Freire enfatiza que a educação não é uma ação unilateral de um indivíduo sobre outro, mas um processo coletivo e dialógico. Ele afirma que ninguém educa ninguém, nem mesmo a si mesmo. Em vez disso, os seres humanos se educam mutuamente, mediados pelo mundo que os cerca. Isso significa que a educação não é apenas transmitir conhecimentos de um educador para um educando, mas envolve uma interação constante entre as pessoas, onde o diálogo e a troca de experiências desempenham um papel central. A BNCC incentiva práticas pedagógicas que promovem a participação ativa dos estudantes, a construção colaborativa do conhecimento e a valorização da diversidade de saberes e perspectivas. A busca ativa nas escolas públicas identifica e alcança alunos fora da escola ou em risco de abandono. Essa estratégia promove acesso universal à educação e combate às desigualdades sociais, seguindo as ideias de Freire.

A abordagem pedagógica de Paulo Freire, pautada no diálogo e na construção coletiva do conhecimento, encontra na participação dos alunos nas olimpíadas uma oportunidade para vivenciar seus princípios. As olimpíadas promovem a participação ativa dos estudantes, permitindo que expressem ideias, construam argumentos e troquem experiências entre si. O trabalho de Freire na educação contribui para a busca ativa de alunos em escolas públicas, destacando a importância da participação ativa no processo de aprendizagem. Participar das olimpíadas, como a OBFEP, é uma oportunidade valiosa para estimular a alfabetização científica, vivenciando os princípios freirianos de diálogo, construção coletiva do conhecimento e superação de desafios. Portanto, é essencial que as escolas públicas incentivem e promovam a participação dos alunos nessas atividades.

A presença dos alunos nas escolas é essencial para o processo educativo, mas é igualmente importante que estar na escola faça sentido para os alunos, especialmente na rede pública de ensino. A busca ativa das escolas surge como uma estratégia fundamental para identificar e engajar os alunos, garantindo que sua presença seja significativa e que eles se sintam motivados a participar ativamente do ambiente escolar. Estar na escola precisa ir além de um mero cumprimento de obrigações, sendo necessário que os alunos enxerguem o sentido na

sua presença diária, percebendo que a escola é um espaço de aprendizagem, desenvolvimento pessoal e construção de perspectivas para o futuro. Para isso, é necessário que as escolas tenham um ambiente acolhedor, inclusivo e estimulante, no qual os alunos se sintam valorizados e comemorados em suas individualidades.

3.1 Busca ativa de estudantes

A busca ativa das escolas é uma estratégia proativa na identificação das causas da ausência de engajamento dos alunos, buscando trazê-los de volta ao ambiente escolar. Essa abordagem envolve educadores e profissionais da educação indo ao encontro dos alunos, buscando criar um vínculo significativo entre eles e a escola. Ao identificar fatores como dificuldades socioeconômicas, desafios familiares e falta de motivação, as escolas podem desenvolver ações específicas para cada caso, criando um ambiente mais atrativo e com as necessidades e interesses dos alunos. Dessa forma, as escolas demonstram que estão comprometidas em proporcionar uma educação de qualidade e que se adequa à realidade dos estudantes da rede pública. Essa estratégia mostra aos alunos que são valorizados e que a escola está disposta a acolher suas demandas e auxiliá-los na superação de desafios. Isso fortalece o senso de pertencimento dos estudantes e estimula o seu engajamento e participação ativa nas atividades escolares.

É importante ressaltar que a busca ativa das escolas não se restringe apenas ao momento de trazer os alunos de volta à escola, mas é um processo contínuo que envolve o acompanhamento e a avaliação periódica dos envolvimento dos alunos. É necessário criar espaços de diálogo e escuta, onde os alunos possam expressar suas necessidades, dificuldades e expectativas, e que suas vozes sejam consideradas nas decisões pedagógicas e na construção do currículo, promovendo o desenvolvimento intelectual e as diversas habilidades deles.

A Pandemia da Covid-19 trouxe desafios para a educação global, pensando que escolas e alunos se adaptassem ao aprendizado remoto. Nesse contexto, a importância da participação ativa dos alunos e a interação nas atividades educacionais se tornaram ainda mais evidentes. Com o distanciamento social e a suspensão das aulas presenciais, muitos alunos enfrentaram dificuldades em se envolver nas atividades educacionais. A identificação dos alunos que enfrentaram maiores obstáculos para acessar e participar das aulas remotas foi essencial, permitindo que os educadores e profissionais da educação desenvolvessem soluções personalizadas para superar desafios, como falta de acesso à internet, falta de equipamentos de proteção e problemas socioemocionais relacionados à família.

Nesse sentido, os educadores tiveram que buscar estratégias criativas para estimular a participação dos alunos, como o uso de ferramentas interativas, discussões em grupo, trabalhos colaborativos e projetos que explorassem temas relevantes e de interesse dos alunos. A interação nas aulas, não apenas fortaleceu o processo de aprendizagem, mas também promoveu a socialização e o sentimento de pertencimento dos alunos, mesmo à distância. Esse processo de acompanhamento contínuo permite ao professor garantir que o estudante está tendo o contato adequado com os saberes técnicos, tornando possível avaliar qualitativamente o seu aprendizado.

3.2 Uso de material instrucional como ferramenta de ensino

Embora a pandemia tenha trazido desafios sem precedentes, a busca ativa dos alunos e a promoção da participação e interação nas aulas foram estratégias importantes para manter o engajamento e a qualidade da educação durante esse período. Essas práticas evidenciaram a importância do envolvimento contínuo dos cuidadores e da escola no acompanhamento e suporte aos alunos, garantindo que todos tivessem igualdade de acesso e oportunidade de aprendizado, mesmo diante das adversidades impostas pela pandemia da Covid-19.

Diante desse contexto em que o ensino passou por diferentes modalidades, como o ensino remoto, híbrido (combinando atividades remotas e presenciais) e retorno ao ensino presencial, foi aplicada a abordagem pedagógica baseada nos princípios de Paulo Freire em relação às olimpíadas científicas, especificamente no caso da OBFEP, no qual foi produzido e aplicado um produto educacional durante a busca ativa.

O produto educacional proposto é uma cartilha com conteúdos teóricos, questões resolvidas (algumas delas da OBF) e exercícios propostos das provas da OBFEP das edições de 2010 a 2021. O material foi pensado para auxiliar os alunos que estão se preparando para a OBFEP, e os professores na elaboração das aulas, podendo visualizar os problemas mais recorrentes durante essas edições. Inicialmente o material foi estruturado para os alunos do 1º ano do Ensino Médio, onde a maioria deles começam a estudar os conteúdos de Física. Uma das propostas na confecção do produto educacional é que este sofra atualizações, buscando atingir um maior público, melhorar os conteúdos e ter um material de boa qualidade.

Mario Sérgio Cortella, que foi aluno de Paulo Freire, é um renomado filósofo, escritor e palestrante brasileiro conhecido por suas reflexões sobre ética, educação e gestão. Cortella defende uma abordagem crítica em relação ao uso de cartilhas como ferramentas exclusivas de ensino. Ele argumenta que a educação não pode se limitar a um conjunto de regras fixas

e conteúdos preestabelecidos. Em suas obras “A Escola e o Conhecimento: Fundamentos Epistemológicos e Políticos” e “Pensar Bem Nos Faz Bem! – Pequenas Reflexões Sobre Grandes Temas”, Cortella discute a importância de uma educação que estimule o pensamento crítico, a autonomia e a capacidade de reflexão dos estudantes, características essas também descritas pela BNCC e OBFEP (CORTELLA, 2015; CORTELLA, 2017).

Paulo Freire e Mário Sérgio Cortella têm a seguinte ótica sobre o uso da cartilha: “Não basta saber ler que “Eva viu a uva”. É preciso compreender qual a posição que Eva ocupa no seu contexto social, quem trabalha para produzir a uva e quem lucra com esse trabalho” (GADOTTI, 1996, p. 72);

Eu fui alfabetizado numa cartilha que muitos de vocês também, que foi a Caminho Suave. Caminho Suave é uma boa cartilha como qualquer livro, não é bom sempre em qualquer lugar para qualquer pessoa. [...] Eu sou de Londrina, Paraná, uma cidade agrícola, e em 1960 quando eu fui alfabetizado, na minha cartilha “vovô via uvas”, e eu, Mário Sérgio, não era só vovô que via porque uvas fazia sentido para mim, ela fazia parte da minha realidade. A questão é que em 1960, em Caicó, no sertão do Seridó, também usava a Caminho Suave. Em 1960 em Caicó, no sertão do Seridó, no Rio Grande do Norte, na cartilha “vovô via uvas”, e lá tinha um menininho da mesma idade que eu chamado Cícero; “vovô via uvas” e Cícero não via. Uva era estranho pra ele. Sabe qual foi o resultado? Ele não aprendeu. Quando chegou no fim do ano Cícero foi reprovado. No ano seguinte ele fez de novo a primeira série, usaram de novo com ele o “vovô via uvas”, e ele, Cícero, continuou sem ver uvas. Quando chegou no final do ano ele foi reprovado de novo. Fez a terceira vez, usaram as “uvas” e ele foi reprovado outra vez. Aí ele saiu da escola, ou o pai dele tirou ele da escola com o argumento: o meu filho não dá para o estudo, ele vai trabalhar; ou o Cícero saiu convicto que era burro, porque algumas outras crianças aprendiam e ele não. Não precisava ser a Caminho Suave, podia ser uma outra cartilha muito usada, e em muitos locais, que é a cartilha do Sodré, uma boa cartilha usada em Minas e várias Regiões. Mas, como qualquer livro, não é bom sempre, em qualquer lugar, em qualquer pessoa. (CORTELLA, 2019, on-line).

O produto educacional presente nesta dissertação não tem a intenção de fornecer um roteiro de estudos fechado, uma vez que cada público apresenta experiências e necessidades distintas. Nesse sentido, ele pode ser utilizado como uma ferramenta adicional para a preparação de estudantes para olimpíadas científicas, em particular para a OBFEP. Portanto, cabe ao educador planejar suas aulas de acordo com a realidade específica de cada turma.

Além disso, os resultados obtidos com a utilização desse material educacional em determinadas turmas foram avaliados de forma qualitativa, em contraposição à abordagem quantitativa. Nessa utilização foi demonstrada uma boa receptividade dos estudantes com relação ao uso da ferramenta proposta, bem como uma indicação de melhoria do processo de ensino-aprendizagem, caracterizada principalmente pelo maior engajamento dos estudantes

nas atividades. Tanto a BNCC quanto a OBFEP reconhecem a importância tanto dos aspectos qualitativos quanto dos aspectos quantitativos na área da educação, buscando integrá-los de modo a promover uma formação abrangente dos estudantes (MEC, 2018).

No âmbito da BNCC, a abordagem qualitativa é essencial. O documento destaca a importância do desenvolvimento de competências socioemocionais, como a empatia, o pensamento crítico, a ética e a colaboração. Esses aspectos qualitativos buscam promover uma educação integral, que se estenda para além do conteúdo curricular formal, valorizando a formação de cidadãos autônomos, éticos e conscientes de seu papel na sociedade (MEC, 2018).

Por outro lado, a BNCC também considera aspectos quantitativos, ao estabelecer objetivos de aprendizagem específicos para cada etapa da Educação Básica. Ela define habilidades e conhecimentos que os alunos devem alcançar em áreas como linguagens, matemática, ciências humanas, ciências da natureza e ensino religioso (MEC, 2018).

Dessa forma, ao promover a participação de estudantes em uma olimpíada científica, como a OBFEP, é importante mostrar aos estudantes que os espaços das universidades podem ser ocupados por eles, assim, é necessário garantir espaços de diálogo, respeito às vivências e saberes dos alunos, bem como incentivar a reflexão crítica sobre a realidade social e científica. Nessa abordagem, os estudantes devem ser sensibilizados a entender que um dos caminhos para atingir esses espaços é através dos estudos, do trabalho em equipe, da busca pelo saber, e não apenas na busca por medalhas. Para isso, é preciso saber que há várias formas de alcançar as informações, e que há diversos materiais que auxiliam no aprendizado, afinal é como disse Paulo Freire: “Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (FREIRE, 2014b, p. 39).

Por fim, é importante ressaltar que a metodologia de ensino de Paulo Freire não se limita apenas à confecção da cartilha, mas deve permear toda a prática educativa. Dessa forma, a confecção da cartilha se torna uma ferramenta poderosa para engajar os alunos, despertar seu interesse pela Física e contribuir para uma formação integral e cidadã, “mas, como qualquer livro, não é bom sempre, em qualquer lugar, em qualquer pessoa” (CORTELLA, 2019, on-line).

3.3 O produto educacional em consonância com a abordagem freiriana

Os requisitos teóricos de ensino e aprendizagem de Paulo Freire tiveram um papel essencial na concepção e implementação do produto educacional, que se trata de uma cartilha desenvolvida especificamente para os alunos das escolas públicas se preparando para a OBFEP.

Em consonância com a abordagem freiriana, a cartilha foi elaborada com o objetivo de promover a conscientização, a participação ativa dos alunos e a construção coletiva do conhecimento. Primeiramente, priorizou-se a interação dialógica entre os estudantes e o material didático, a fim de estimular a reflexão crítica e o engajamento dos alunos no processo de aprendizagem. Essa interação com os alunos foi importante para conhecer o nível de dificuldade na disciplina de Física.

A linguagem utilizada na cartilha foi adaptada de forma a ser acessível e relevante para os alunos das escolas públicas, considerando sua realidade e experiências de vida. Através de exemplos e situações do cotidiano, buscou-se estabelecer uma conexão significativa entre os conceitos da física refletidos na cartilha e na vida dos estudantes, destacando sua importância prática e sua aplicação no mundo real. Nessa etapa do produto foram realizadas aulas experimentais no LEC e nos simuladores virtuais.

Além disso, a metodologia empregada na produção da cartilha enfatizou a participação ativa dos alunos desde as fases iniciais do projeto. Os alunos foram convidados a expressar suas ideias, compartilhar experiências e contribuir com seus conhecimentos, tornando-se protagonistas. Essas contribuições foram importantes para a produção e serão importantes para a atualização do produto educacional em aplicações subsequentes.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE CINEMÁTICA

Ao confeccionar o produto educacional, foi realizada uma busca por todas as provas aplicadas da OBFEP. O resultado disso foi que a maioria das questões, tanto na primeira como na segunda fase das provas do Nível B, são da área de Mecânica (Figura 18). Observando o número de questões do material, percebemos que o assunto de Cinemática durante os anos de 2010 a 2021 foi abordado com maior frequência.

Como a proposta é a produção de um material didático voltado para os alunos do Ensino Médio e servirá como material de apoio aos professores, a literatura e as equações são descritas de uma forma simples. Logo, esse capítulo trata de maneira acadêmica o assunto que abordamos no produto educacional: Cinemática I, Cinemática II e Cinemática angular.

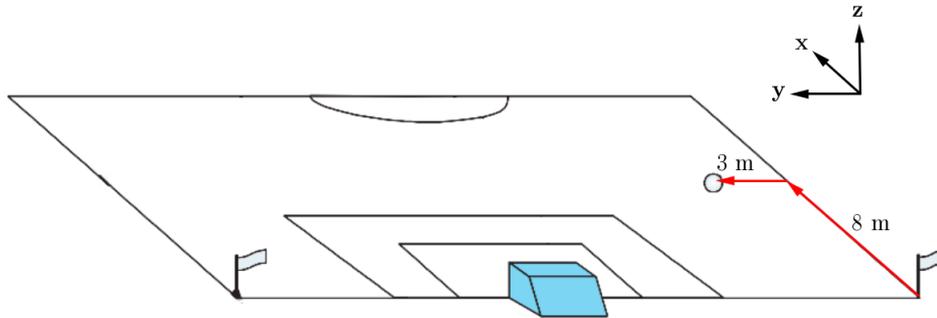
4.1 Cinemática I - Conceitos básicos

O conteúdo de Cinemática I levanta conceitos iniciais como medidas de tempo e espaço, e o movimento uniforme linear. Os discentes são levados a terem o conhecimento das unidades no Sistema Internacional de Unidades (SI), fazendo a análise dimensional e as devidas conversões, quando necessário. Dentro do contexto do material didático, também são estimulados a pensarem no sistema de coordenadas cartesianas (plano e espaço), onde representamos os vetores unitários. As questões da OBFEP das provas de 2010 a 2021 não abordaram até então o conhecimento de vetores, no entanto, o objetivo da confecção do material didático é aumentar o nível dos alunos na interpretação e resolução de questões, especificamente na Física. O exemplo utilizado foi o seguinte: Ainda usando o exemplo do jogo de futebol, digamos que um jogador baterá uma cobrança de falta. Como o jogo é registrado, pode-se analisar a posição inicial da bola e determinar um referencial, assim como é possível dizer em qual região do espaço, em um dado tempo, em que a bola está localizada. Tente imaginar a seguinte situação: durante a cobrança de falta, a bola estava localizada a 8 m da bandeirinha, do lado direito do goleiro do time rival, a 3 m de distância da lateral direita e a 0 m de altura. Esta situação é bem parecida com os jogos que usam coordenadas. Veja a Figura 3 que temos um referencial como a bandeirinha, entretanto, num campo de futebol há quatro bandeirinhas, por isso é preciso determinar mais um referencial como o lado que esta se encontra (lado direito do goleiro rival). Determinado o referencial, agora pode-se examinar as medidas, que nesse caso é compreendido pelo comprimento no **espaço cartesiano** (eixo x, y e z). Definindo a posição inicial como \mathbf{r}_0 , podemos escrever as informações

de acordo com o espaço cartesiano:

$$\mathbf{r}_0 = (8 \text{ m})\hat{x} + (3 \text{ m})\hat{y} + (0 \text{ m})\hat{z}$$

Figura 3 – Representação das coordenadas da posição inicial da bola.



Fonte: Imagem adaptada (FUVESTIBULAR, 2017).

Note que o exemplo utilizado tem a preocupação de aplicar uma compreensão física de uma situação que é comum na vida do brasileiro e, em segundo lugar, há o interesse de estimular nos alunos um assunto que é pouco abordado nos livros didáticos, como o conteúdo de versores. Mário Sérgio Cortella relatou, no dia 15 de outubro de 1997, em um Congresso de Educação em Santo André/SP, sobre os exemplos utilizados nas cartilhas, que dependendo da Região do Brasil o material didático pode se tornar uma boa ou má escolha, implicando na formação dos discentes (CORTELLA, 2019).

A combinação das grandezas espacial e temporal, quando avaliamos a variação da posição de maneira uniforme no intervalo de tempo na trajetória linear, resulta no Movimento Retilíneo Uniforme (MRU). Em princípio, o deslocamento pode ser relacionado com o tempo por meio de uma função $r = f(t)$ (ALONSO; FINN, 2014; NUSSENZVEIG, 2002). Quando se fala de movimento, devemos nos questionar qual é o referencial adotado e assim como o sistema de coordenadas que será trabalhado. Nessa função, r pode ser positivo ou negativo.

Imaginemos um experimento nesse assunto, em que um tubo graduado, como o Tubo de Wintrobe, por exemplo, é preenchido com óleo até uma certa marcação que definiremos como r_0 . Na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Padre Marcelino Champagnat tivemos algumas aulas no LEC, para esse experimento usufruímos de uma pipeta, contendo algum líquido mais denso do que o óleo, e de um cronômetro, anota-se as informações da posição em função do tempo quando deixamos uma gota da pipeta cair no tubo como representa a Figura 4.

Figura 4 – Experiência de cinemática realizada no Laboratório de Ciências da escola EEMTI Pe. Marcelino Champagnat no ano de 2022 com as turmas do 1º ano do ensino médio.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A velocidade média do sistema que propomos pode ser definida por

$$\mathbf{v}_{\text{med}} = \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (4.1)$$

onde $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r} - \mathbf{r}_0$ é o deslocamento da gota e $\Delta t = t - t_0$ é o tempo decorrido. Assim, a velocidade média é a razão da variação da posição durante o intervalo de tempo. Vamos supor que o experimento estivesse sendo filmado, e decidíssemos fazer intervalos de tempo tão pequenos quanto possível, para que não ocorram variações essenciais no estado do movimento durante esses pequenos intervalos. Logo, estamos interessados em descobrir a velocidade instantânea,

que matematicamente podemos escrever

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \mathbf{v}_{\text{med}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}, \quad (4.2)$$

o que, por definição, é a derivada de \vec{r} em relação ao tempo,

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}. \quad (4.3)$$

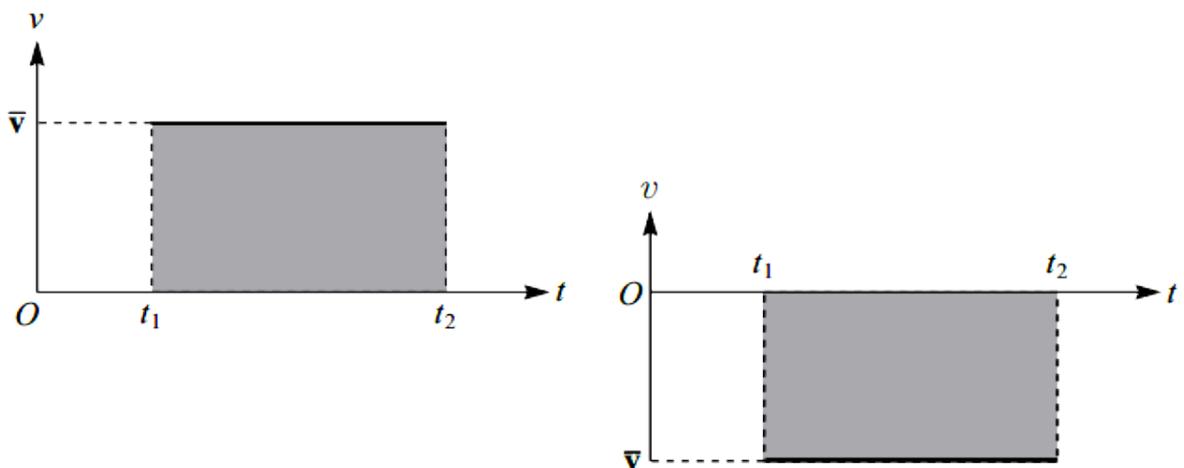
A Eq. (4.3) é determinada pela observação de um corpo entre duas posições muito pequenas que definimos de $d\mathbf{r}$ num intervalo de tempo muito pequeno dt . Quando a velocidade é conhecida, $v = f(t)$, a posição pode ser obtida pelo método da integração da Eq. (4.3). Portanto,

$$\int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} d\mathbf{r}' = \int_{t_0}^t \mathbf{v} dt' \quad \therefore \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{v} dt'. \quad (4.4)$$

Se plotarmos um gráfico $v \times t$ (Figura 5), no caso particular em que o movimento seja do tipo retilíneo e uniforme, obteremos uma reta paralela ao eixo da abscissa, e a interpretação é a mesma, caso o movimento não seja retilíneo e uniforme (ALONSO; FINN, 2014; NUSSENZVEIG, 2002).

No material didático atribuímos o conceito de norma – $\| \quad \|$ – conforme descreve o artigo de Costa e Rosa, visto que a maior parte dos livros de Física representa a intensidade do vetor em módulo (COSTA; ROSA, 1996).

Figura 5 – Gráfico da velocidade constante em relação ao tempo. A área hachurada sob o gráfico indica o espaço percorrido pelo móvel.

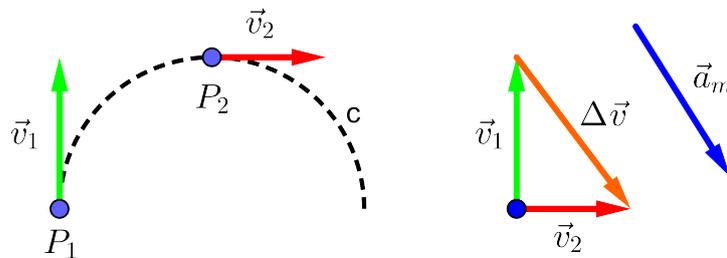


Fonte: Nussenzveig (2002).

4.2 Cinemática II - Movimento curvilíneo

Do mesmo modo que a posição pode variar de maneira uniforme a cada instante de tempo, seja numa trajetória retilínea ou curvilínea, podemos estudar de forma similar a situação em que a velocidade varia com o passar do tempo, seja um movimento linear ou curvilíneo. Na prática, quando alguém está dentro de um veículo, o indivíduo perceberá se ocorreu uma variação do movimento, seja na intensidade (acelerando ou desacelerando) ou na direção (fazendo uma curva). Note que o vetor aceleração média tem a mesma direção e o mesmo sentido da variação da velocidade vetorial, como está representado na Figura 6. É importante observar também que os vetores \vec{v}_1 e \vec{v}_2 são colocados na mesma origem.

Figura 6 – Representação do vetor aceleração ao variar uma das três condições do vetor: magnitude, direção ou sentido.



Fonte: Imagem do próprio autor.

Dessa forma, o vetor aceleração média pode ser definido como a variação do vetor velocidade instantânea no intervalo de tempo

$$\mathbf{a}_{\text{med}} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}. \quad (4.5)$$

De forma análoga a Eq. (4.2), a aceleração instantânea corresponde ao limite da aceleração média, quando o intervalo de tempo torna-se muito pequeno. Assim,

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \mathbf{a}_{\text{med}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}, \quad (4.6)$$

deixando a Eq. (4.6) na forma de derivada, temos

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}. \quad (4.7)$$

Quando aplicamos o conceito de derivada da Eq. (4.3) na Eq. (4.7), o resultado equivale a uma derivada de segunda ordem

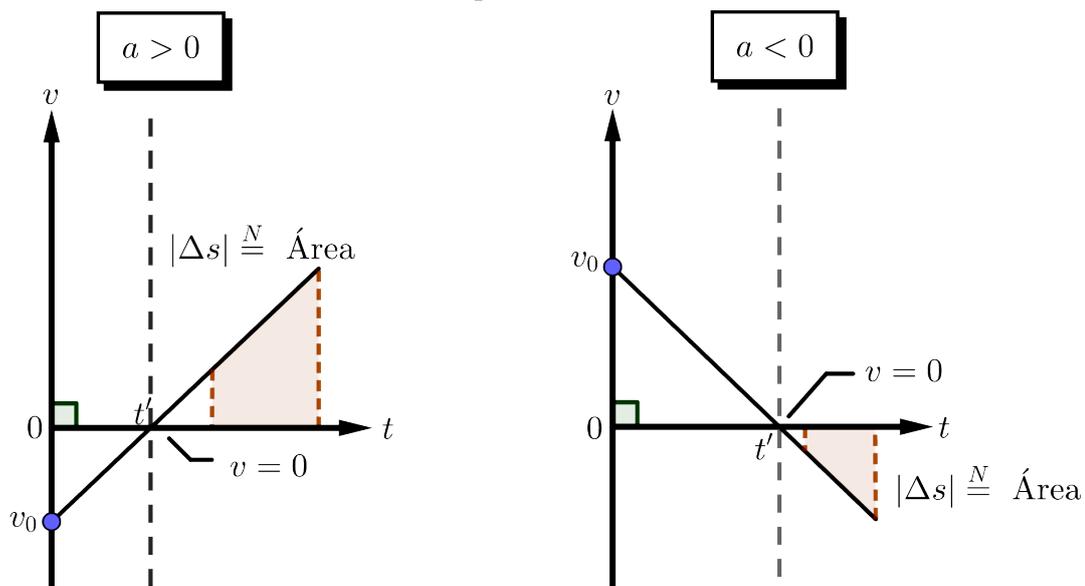
$$\mathbf{a} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\hat{\mathbf{x}} + \frac{d^2y}{dt^2}\hat{\mathbf{y}} + \frac{d^2z}{dt^2}\hat{\mathbf{z}}. \quad (4.8)$$

Se a aceleração for conhecida, a velocidade pode ser calculada pelo método do cálculo integral, usufruindo da Eq. (4.7) (ALONSO; FINN, 2014):

$$\int_{\mathbf{v}_0}^{\mathbf{v}} d\mathbf{v}' = \int_{t_0}^t \mathbf{a} dt' \therefore \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{a} dt', \quad (4.9)$$

que podemos interpretar que o termo $\mathbf{a} dt'$ é a variação da velocidade durante intervalos muito pequenos. Note que nas Eq. (4.4) e (4.9) pomos um apóstrofo “'” nos integrandos para diferenciar dos limites de integração. O gráfico da velocidade em função do tempo no MRUV quando a aceleração é constante é representado na Figura 7.

Figura 7 – Gráfico da velocidade em função do tempo no MRUV: à esquerda os valores da velocidade crescem no decorrer do tempo – movimento acelerado; à direita os valores da velocidade decrescem no decorrer do tempo – movimento retardado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Há outras relações importantes que serão demonstradas para o movimento retilíneo uniformemente variado; a primeira é quando combinamos a Eq. (4.7), que pode ser escrita $d\mathbf{v} = \mathbf{a} dt$, com a Eq. (4.3) (ALONSO; FINN, 2014),

$$d\mathbf{v} = \mathbf{a} dt \left(\frac{d\mathbf{r}}{dt} \right) = \mathbf{a} d\mathbf{r}$$

ao aplicar o cálculo integral, temos

$$\int_{\mathbf{v}_0}^{\mathbf{v}} \mathbf{v}' d\mathbf{v}' = \int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} \mathbf{a} d\mathbf{r}'$$

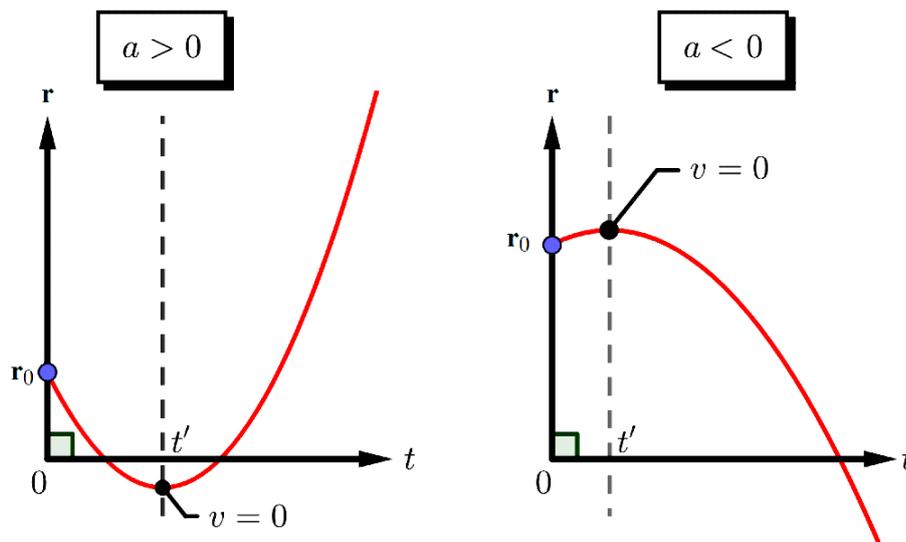
ou

$$\mathbf{v}^2 - \mathbf{v}_0^2 = 2 \int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} \mathbf{a} d\mathbf{r}'. \quad (4.10)$$

Veja que a Eq. (4.10) não depende do tempo, o que se torna eficaz quando conhecemos a relação entre a posição e a aceleração. Aplicaremos a condição para aceleração constante no MRUV. Por fim, a outra equação é obtida quando combinamos a Eq. (4.4) com a Eq. (4.9)

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \int_{t_0}^t \left(\mathbf{v}_0 + \int_{t_0}^{t'} \mathbf{a} dt' \right) dt' \quad \therefore \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0(t - t_0) + \frac{1}{2} \mathbf{a}(t - t_0)^2. \quad (4.11)$$

Figura 8 – Gráfico da posição em função do tempo no MRUV da Eq. 4.11. O sinal da aceleração indica a direção da concavidade do gráfico do deslocamento como função do tempo. Veja que a velocidade atinge o ponto mínimo no gráfico da esquerda, e o ponto máximo no gráfico da direita, nas duas situações é definida como ponto de inflexão.



Fonte: Imagem do próprio autor.

As equações do MRUV, Eqs. (4.9), (4.10) e (4.11), também são aplicadas no movimento de corpos na vertical como no lançamento e a queda dos corpos, lembrando que até o momento estamos falando de sistemas conservativos, ou seja, sem qualquer tipo de dissipação. No início do estudo desse movimento, a física aristotélica influenciava alguns pensadores, por exemplo Leonardo Da Vinci (1452-1519). Esse não foi tão promissor quanto aos conceitos de gravidade, no entanto contribuiu significativamente nos estudos do movimento de um objeto num plano inclinado e o lançamento de projéteis, chegou a indicar que a trajetória de uma bala de canhão seria uma curva contínua sem, no entanto, fornecer a forma desta curva (CHERMAN; MENDONÇA, 2012).

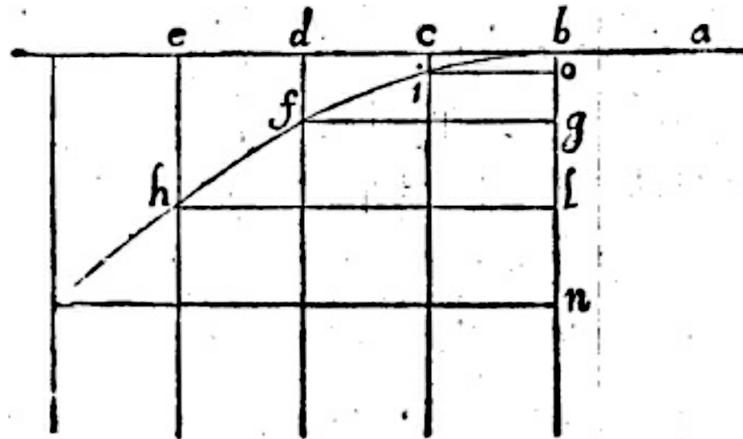
Por volta do século XVI, o matemático e engenheiro italiano Niccolò Fontana (c.1499-1557) foi responsável por uma abordagem mais profunda sobre o movimento de projéteis (CHERMAN; MENDONÇA, 2012). De maneira experimental, concluiu que o ângulo de inclinação de 45° faz com que a bala de canhão atinja o alcance máximo. Contudo, ele não se limitou simplesmente a essa informação. Em seu tratado *Nova ciência de balística*, cuja segunda edição (revista e ampliada) foi publicada em 1550, ele forneceu uma análise bastante interessante sobre a trajetória dos projéteis, que resultou na confecção da primeira tabela de balística da história. Contudo, tanto Da Vinci como Niccolò Fontana não conseguiram descrever que tipo de forma curva da trajetória dos corpos em lançamento oblíquo, deixando para Galileu decifrá-lo (CHERMAN; MENDONÇA, 2012; ROSSI, 2017; WALLEY, 2018).

Galileu Galilei, foi um astrônomo, físico e engenheiro florentino, e com frequência é referenciado como “pai da física moderna”. Um dos seus trabalhos se compromete em descrever os movimentos dos graves, e diferente das diversas opiniões de filósofos daquela época, ele não investiga a causa da aceleração natural. Um trecho do livro *Por que as coisas caem?* descreve o seguinte:

Em uma primeira etapa, Galileu introduz como teorema a já apresentada regra da velocidade média aplicada aos graves cadentes, que, de acordo com ele, executariam um movimento “continuamente acelerado”. Por esse nome, entende-se que em intervalos de tempos iguais, os corpos sofreriam aumentos iguais em suas velocidades. Para chegar a tal conclusão, Galileu analisou em queda livre diversos corpos, compostos de materiais diferentes, como ferro, madeira ou chumbo. E variou ainda os meios em que este movimento descendente ocorria, variando suas densidades, fazendo testes em meios como ar, água doce e salgada, vinho. Enfim, tudo para chegar a uma lei que explicasse o comportamento dos objetos em queda livre. Seus resultados não foram bons o suficiente, devido à dificuldade de se medir a velocidade de queda dos graves, mas mesmo assim foi possível concluir definitivamente que, diferentemente do que defendia Aristóteles, os corpos, independentemente de seus pesos, caem da mesma forma. Galileu chegou a acreditar que, se fosse possível eliminar a resistência do ar, uma pena e um martelo soltos simultaneamente de uma mesma altura, tocariam o chão ao mesmo tempo (CHERMAN; MENDONÇA, 2012, p. 87).

A forma da trajetória do lançamento de projéteis foi concluída depois de toda análise do movimento uniformemente acelerado, quando Galileu compreende que, segundo Cherman e Mendonça (2012, p. 89) “[...] um projétil cujo movimento é composto por um movimento horizontal uniforme e por um movimento descendente naturalmente acelerado descreve em sua trajetória uma linha semiparabólica”.

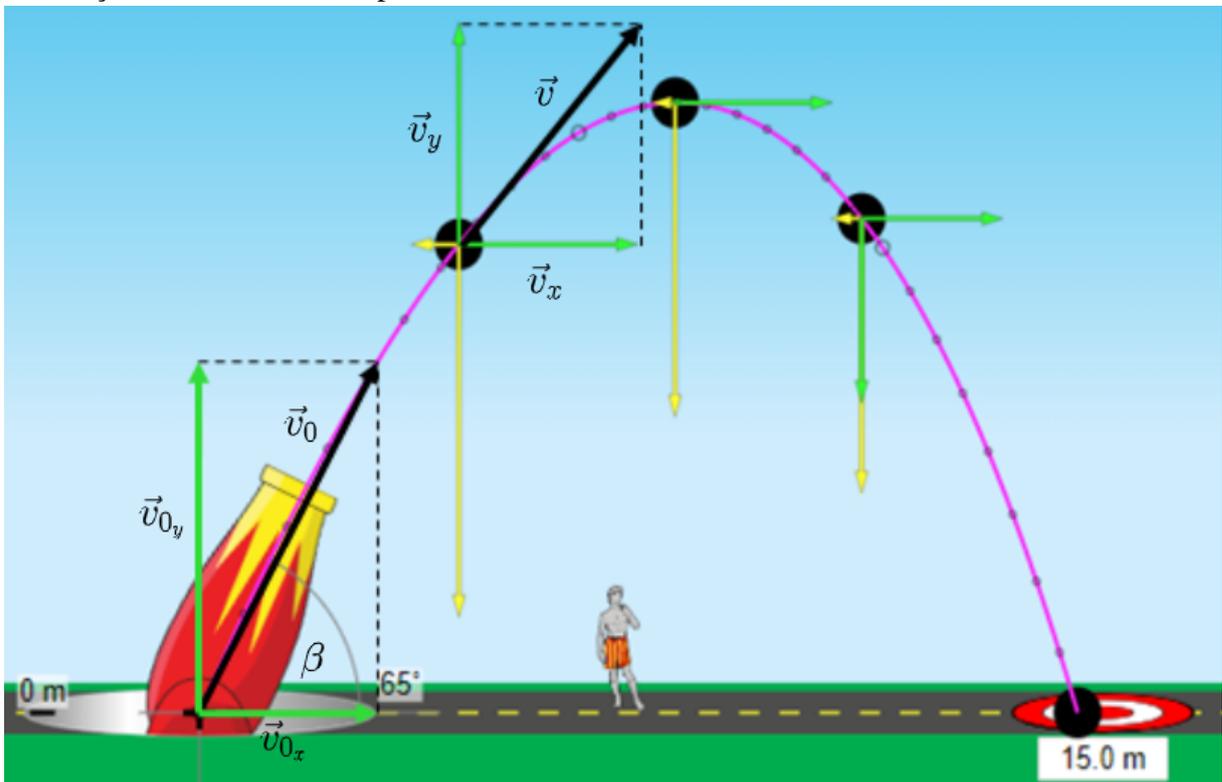
Figura 9 – Gráfico original de Galileu sobre o movimento oblíquo.



Fonte: Cherman e Mendonça (2012)

Demonstrando o caso do movimento de projéteis lançados obliquamente, basta combinar as equações do MRU, Eq. (4.4) e MRUV, Eqs. (4.9), (4.10) e (4.11), aplicada num sistema livre de energia dissipativa. Quando o projétil é lançado na superfície do planeta, que neste caso é a Terra, a aceleração é a aceleração da gravidade, cujo movimento natural é radial em sentido ao centro de massa do planeta.

Figura 10 – Trajetória de um projétil, mostrando como as componentes da velocidade e da aceleração em diferentes tempos.



Fonte: PhET (2002)

A Figura 10 mostra uma partícula lançada com rapidez inicial \vec{v}_0 a um ângulo β acima da horizontal. Orientando esse sistema conforme as coordenadas cartesianas (x_0, y_0) o ponto de lançamento, ou seja eixo x apontando para a direita e o eixo y para cima, de modo que a aceleração da gravidade é negativa, e descrevendo as componentes do vetor velocidade de lançamento \vec{v}_0 , temos (NUSSENZVEIG, 2002; TIPLER; MOSCA, 2011)

$$\|\vec{v}_{0x}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \quad \|\vec{v}_{0y}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta.$$

O projétil não tem aceleração horizontal e está num sistema ausente de resistência do ar, portanto a única aceleração corresponde ao eixo vertical, que é a aceleração de queda livre $\|\vec{g}\|$, que aponta para baixo:

$$\|\vec{a}_x\| = 0 \quad \text{e} \quad \|\vec{a}_y\| = -\|\vec{g}\|.$$

Considerando o início do movimento $t_0 = 0$, no eixo horizontal é atribuída a Eq. (4.4), no qual o vetor \mathbf{r} que representa as dimensões no espaço cartesiano será substituído pela norma da componente horizontal $\|\vec{x}\|$

$$\|\vec{x}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \cdot t \tag{4.12}$$

enquanto a componente na vertical da velocidade varia com o tempo de acordo com a Eq. (4.9), substituindo pela norma da aceleração gravitacional, tem-se

$$\|\vec{v}_y\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta - \|\vec{g}\| \cdot t \tag{4.13}$$

As componentes da velocidade do movimento de projéteis são independentes. De mesmo modo que obtemos o resultado acima, faremos para as outras equações do MRUV a substituição da aceleração pela norma da gravidade,

$$\|\vec{y}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{1}{2} \cdot \|\vec{g}\| \cdot t^2 \tag{4.14}$$

$$\|\vec{v}_y\|^2 = \|\vec{v}_0\|^2 \cdot \sin^2 \beta - 2 \cdot \|\vec{g}\| \cdot \|\vec{y}\| \tag{4.15}$$

Já que a magnitude da velocidade no ponto mais alto é zero, $\|\vec{v}_y\| = 0$, logo, o **tempo de subida** t_s é definido por

$$t_s = \frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \quad (4.16)$$

Como o sistema é conservativo, o tempo de subida é equivalente ao tempo de descida, logo o **tempo de alcance** é $\Delta t = 2 \cdot \frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|}$. Através da Eq. (4.16) e da equação da posição em função do tempo do MRUV, a **altura máxima** $\|\vec{y}_{\text{máx}}\|$ tem a seguinte forma

$$\begin{aligned} \|\vec{y}_{\text{máx}}\| &= \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{1}{2} \cdot \|\vec{g}\| \cdot t^2 \\ &= \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta \cdot \left(\frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \right) - \frac{1}{2} \cdot \|\vec{g}\| \cdot \left(\frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \right)^2 \\ &= \frac{\|\vec{v}_0\|^2 \cdot \sin^2 \beta}{2 \cdot \|\vec{g}\|} \end{aligned} \quad (4.17)$$

Quando o corpo atinge o solo, medindo do ponto de lançamento até o ponto de chegada temos o **alcance máximo** $\|\vec{x}_{\text{máx}}\|$:

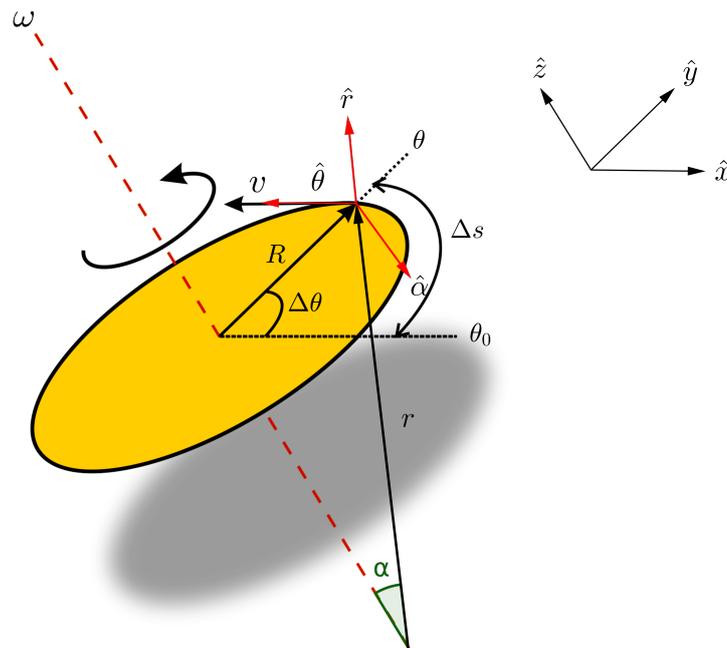
$$\begin{aligned} \|\vec{x}_{\text{máx}}\| &= \|\vec{v}_x\| \cdot \Delta t \\ &= \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \cdot \Delta t \\ &= \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \cdot 2 \cdot \frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \\ &= \frac{\|\vec{v}_0\|^2 \cdot \sin 2\beta}{\|\vec{g}\|} \end{aligned} \quad (4.18)$$

onde usamos a conhecida relação trigonométrica: $\sin 2\beta = 2 \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta$. As equações descritas nessa seção só valem quando o movimento é completo, ou seja, do chão ao chão. Quando o movimento é incompleto é necessário aplicar as equações tradicionais do MRU e MRUV. Note que as equações de movimento não dependem da massa. Por outro lado, Galileu percebeu que estes resultados sobre o movimento de projéteis são bastante idealizados, visto que não foi levado em conta a resistência do ar, no que dependeria da aerodinâmica do projétil e da magnitude da velocidade instantânea $\|\vec{v}\| = \sqrt{\|\vec{v}_x\|^2 + \|\vec{v}_y\|^2}$. Entretanto, ainda é um resultado bem aproximado para projéteis de boa aerodinâmica e lançados em altas velocidades (NUSSENZVEIG, 2002).

4.3 Cinemática III - Movimentos gerais

Uma partícula ou um corpo adotado como um ponto material que se move arbitrariamente no espaço, em um instante de tempo, em um plano circular sobre um determinado eixo, é mais conveniente outros tipos de sistemas de coordenadas como do tipo cilíndrica e esférica (THORTON; MARION, 2011; WATARI, 2004).

Figura 11 – Partícula se movendo no sentido anti-horário sobre um eixo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como a partícula se move no caminho circular, a taxa de variação da posição angular é denominada velocidade angular

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}. \quad (4.19)$$

O movimento é representado na Figura 11, com disco de raio \vec{R} , note que o vetor \vec{r} está no eixo de rotação (posição arbitrária) até a localização da partícula. A variação do vetor posição no intervalo de tempo corresponde ao vetor velocidade linear, \vec{v} da partícula. Imaginando o disco no plano xy fazendo uma trajetória curva Δs , quando s varia, o ponto $[x(s), y(s)]$ desenha a curva. O parâmetro s pode, por exemplo, ser a distância medida ao longo da curva a partir de um ponto fixo. A equação do círculo pode ser expressada, em termos de um parâmetro θ , como

$$x = R \cdot \cos \theta = r \cdot \sin \alpha \cdot \cos \theta, \quad y = R \cdot \sin \theta = r \cdot \sin \alpha \cdot \sin \theta \quad \text{e} \quad z = r \cdot \cos \alpha$$

nas quais θ é o ângulo formado pelo eixo x e o vetor radial \vec{R} até o ponto (x,y) sobre o disco. Expressando as coordenadas em termos do parâmetro s

$$x = R \cdot \cos \frac{s}{R} \quad \text{e} \quad y = R \cdot \sin \frac{s}{R}.$$

Acontece que a partícula quando apresenta um movimento, usualmente o parâmetro é o tempo. Caso a velocidade linear seja constante em sua magnitude ao descrever a trajetória circular, ou seja Movimento Curvilíneo Uniforme (MCU), a posição em qualquer tempo t tem a seguinte forma (SYMON, 1971)

$$x = R \cdot \cos \frac{v \cdot t}{R} \quad \text{e} \quad y = R \cdot \sin \frac{v \cdot t}{R}.$$

No plano do disco a velocidade linear, Eq. (4.3) tem como componentes

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \frac{dx}{dt} \hat{\mathbf{x}} + \frac{dy}{dt} \hat{\mathbf{y}} + \frac{dz}{dt} \hat{\mathbf{z}} \\ &= \mathbf{v}_x + \mathbf{v}_y + \mathbf{v}_z \end{aligned} \quad (4.20)$$

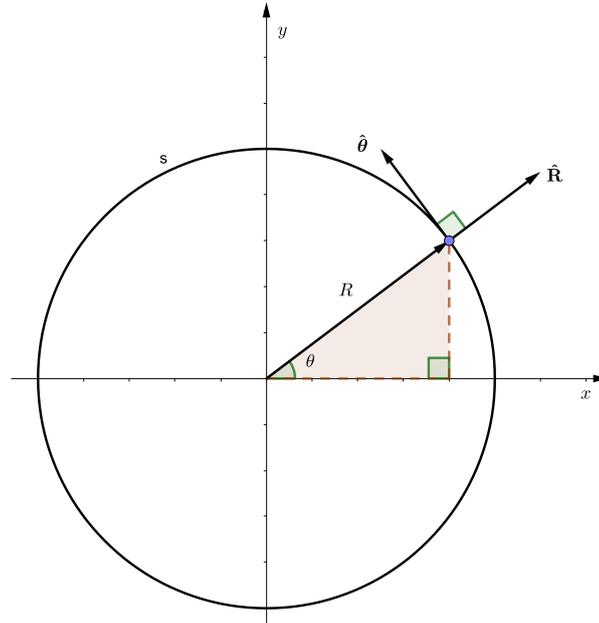
derivando pela segunda vez

$$\begin{aligned} \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} &= \frac{d^2x}{dt^2} \hat{\mathbf{x}} + \frac{d^2y}{dt^2} \hat{\mathbf{y}} + \frac{d^2z}{dt^2} \hat{\mathbf{z}} \\ &= \mathbf{a}_x + \mathbf{a}_y + \mathbf{a}_z \end{aligned} \quad (4.21)$$

Nas coordenadas cartesianas, quando fizemos as componentes vetoriais, definimos os vetores unitários como sendo o vetor de magnitude equivalente a um, e que aponta na direção crescente. Da mesma forma, na Figura 12, definimos $\hat{\mathbf{R}}$ como o vetor unitário que aponta na direção que a magnitude do raio cresce com θ fixo; aplicando a mesma ideia para $\hat{\theta}$, sendo este o vetor unitário que aponta na direção em que a partícula se move quando θ cresce com R fixo. Veja na Figura 12 que os vetores unitários $\hat{\mathbf{R}}$ e $\hat{\theta}$ são perpendiculares no plano do disco (TAYLOR, 2013). A Figura 11 demonstra que o vetor unitário $\hat{\alpha}$ está perpendicular aos vetores unitários $\hat{\mathbf{R}}$ e $\hat{\theta}$, e explicitando-os, temos

$$\hat{\mathbf{R}} = \cos \theta \hat{\mathbf{x}} + \sin \theta \hat{\mathbf{y}}$$

Figura 12 – Coordenadas polares no plano - o vetor unitário $\hat{\mathbf{R}}$ aponta na direção de crescimento R com θ ; $\hat{\theta}$ aponta na direção de crescimento de θ com R fixo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

$$\begin{aligned}
 \hat{\mathbf{r}} &= \sin \alpha \cos \theta \hat{\mathbf{x}} + \sin \alpha \sin \theta \hat{\mathbf{y}} + \cos \alpha \hat{\mathbf{z}}, \\
 \hat{\alpha} &= \cos \alpha \cos \theta \hat{\mathbf{x}} + \cos \alpha \sin \theta \hat{\mathbf{y}} - \sin \alpha \hat{\mathbf{z}}, \\
 \hat{\theta} &= -\sin \theta \hat{\mathbf{x}} + \cos \theta \hat{\mathbf{y}}.
 \end{aligned} \tag{4.22}$$

Acontece que ao observarmos a Figura 11 podemos verificar que a variação de α , fixando os outros termos (θ e r) derivando a Eq. 4.22:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \hat{\mathbf{r}}}{\partial \alpha} &= \hat{\alpha}, & \frac{\partial \hat{\mathbf{r}}}{\partial \theta} &= \sin \alpha \hat{\theta}, \\
 \frac{\partial \hat{\alpha}}{\partial \alpha} &= -\hat{\mathbf{r}}, & \frac{\partial \hat{\alpha}}{\partial \theta} &= \cos \alpha \hat{\theta}, \\
 \frac{\partial \hat{\theta}}{\partial \alpha} &= 0, & \frac{\partial \hat{\theta}}{\partial \theta} &= -\hat{\mathbf{R}},
 \end{aligned} \tag{4.23}$$

em que $\hat{\mathbf{R}} = \sin \alpha \hat{\mathbf{r}} + \cos \alpha \hat{\alpha}$ e o vetor posição em coordenadas esféricas é

$$\vec{r} = r \hat{\mathbf{r}}(\alpha, \theta). \tag{4.24}$$

Usufruindo dos vetores unitários das coordenadas esféricas e da Eq. 4.24, derivando-a em relação ao tempo, conseguimos obter os vetores velocidade e aceleração

$$\vec{v} = v \hat{\mathbf{r}} + r \frac{d\alpha}{dt} \hat{\alpha} + r \omega \sin \alpha \hat{\theta}, \tag{4.25}$$

$$\begin{aligned}
\vec{a} &= \left(a - r \left(\frac{d\alpha}{dt} \right)^2 - r\omega^2 \sin^2 \alpha \right) \hat{\mathbf{r}} \\
&+ \left(r \frac{d^2\alpha}{dt^2} + 2v \frac{d\alpha}{dt} - r\omega^2 \sin \alpha \cos \alpha \right) \hat{\alpha} \\
&+ \left(r\gamma \sin \alpha + 2v\omega \sin \alpha + 2r\omega \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt} \right) \hat{\theta}
\end{aligned} \tag{4.26}$$

A Eq. 4.26 representa um vetor, denotado por \vec{a} , em coordenadas cartesianas tridimensionais. Pode ser expressa como a soma de três componentes: uma na direção $\hat{\mathbf{r}}$, uma na direção $\hat{\alpha}$ e uma na direção $\hat{\theta}$.

As componentes da aceleração vetorial são as seguintes:

- componente em $\hat{\mathbf{r}}$: Este termo representa a aceleração na direção radial e depende da posição e do quadrado da velocidade angular. Isso significa que a partícula está acelerando ou desacelerando em relação ao centro de rotação. Se o termo em parenteses for positivo, indica uma aceleração na direção do centro de rotação (em direção ao ponto de referência). Se for negativo, indica uma desaceleração ou uma aceleração em direção oposta ao centro de rotação.
- componente em $\hat{\alpha}$: Este termo representa a aceleração na direção azimutal e depende da segunda derivada do ângulo, da primeira derivada do ângulo, da posição radial, da velocidade linear e da velocidade angular. Dependendo do valor dessas derivadas e dos outros termos envolvidos, a aceleração na direção azimutal pode indicar uma mudança na velocidade angular, uma aceleração tangencial ou uma aceleração centrípeta.
- componente em $\hat{\theta}$: Este termo representa a aceleração na direção vertical. Essa componente está relacionada à inclinação do movimento em relação ao plano horizontal. Se γ for zero, o termo não terá influência na aceleração vertical. Caso contrário, o termo $(r\gamma \sin \alpha)$ irá contribuir para a aceleração vertical. Além disso, os termos envolvendo v , ω e α também podem contribuir para a aceleração vertical, dependendo de seus valores.

Essas interpretações podem ser aplicadas em um contexto específico de movimento, dependendo das variáveis e constantes envolvidas. É importante analisar as condições e as características do movimento para uma interpretação mais precisa do vetor aceleração em cada direção.

5 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO

Por se tratar de um livro, a proposta de aplicação do produto educacional optou por utilizá-lo durante o processo de ensino, em particular para o treinamento de estudantes para a OBFEP.

Durante o período em que o projeto foi desenvolvido e aplicado, as aulas presenciais foram interrompidas, temporariamente, durante o pico de contaminação relativo à pandemia Covid-19. Por esse motivo, o projeto foi aplicado de duas maneiras distintas, a saber: I) Uma das aplicações foi feita com um grupo de estudantes que estava classificado para a 2ª fase da OBFEP, através de um projeto de extensão que ocorreu em parceria com professores da UFC, Universidade Estadual do Ceará (UECE) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) como parte das atividades da coordenação local da OBFEP no estado do Ceará. ii) A outra aplicação ocorreu de forma híbrida, como parte da preparação para a OBFEP os estudantes tiveram contato com atividades de laboratório realizadas na escola.

5.1 Projeto de preparação para a OBFEP

Durante os períodos com picos de contaminação pela Covid-19, foi de suma importância adaptar as estratégias de ensino para atender as particularidades das aulas remotas, como o uso de plataformas de videoconferência, recursos online interativos e atividades que estimulassem a participação ativa dos alunos, mesmo à distância. Para isso, foi essencial fornecer *feedback* regular e estar disponível para esclarecer dúvidas e auxiliar os alunos no processo de aprendizagem.

Pensando nessas estratégias, foi elaborado um projeto de extensão com foco na preparação de estudantes para a 2ª fase da OBFEP, esta era composta, em sua essência por: aulas gravadas, materiais de exercícios (produto educacional e listas de questões), encontros de monitoria e *feedback* na plataforma *Google classroom* (veja a Figura 13).

O projeto foi conduzido por professores da UFC, UECE e do IFCE que já possuíam experiência com a preparação de estudantes e organização de olimpíadas científicas. A minha participação se deu de forma assíncrona na preparação de material de apoio e de forma síncrona nos encontros com os estudantes do projeto, na discussão de problemas e conteúdos característicos da competição.

Durante o primeiro ano de execução do projeto (em 2021) foi iniciada a elaboração

Figura 13 – Banner utilizado na sala de aula do Google Classroom no projeto de Preparação para a OBFEP em 2021.



Fonte: elaborado pelo autor.

do produto educacional. Essa etapa foi fundamental para a seleção de temas, questões e definição de formato adequado para atender às necessidades específicas desse público. Nesse ano, foram convidados os estudantes aprovados para a 2ª fase da OBFEP através de seus professores, mas o projeto esteve aberto a todos os estudantes interessados na temática.

A primeira aplicação integral de forma remota do produto educacional desenvolvido neste trabalho ocorreu na segunda edição do projeto de preparação, durante o ano de 2022. O público alvo foi selecionado com os mesmos critérios adotados no ano anterior e foi possível ainda observar a participação de estudantes que haviam presenciado a primeira edição do projeto. Nessa edição, o material serviu de apoio principalmente para a seleção de problemas e discussão de conteúdos da olimpíada.

Durante o período em que essa dissertação foi produzida, já estava em andamento, no ano de 2023, a terceira edição que está utilizando o produto educacional de maneira integral. Nessa edição, na qual os estudantes estão participando desde a preparação para a 1ª fase da OBFEP, estão sendo seguidos os conteúdos e estão sendo utilizados os exercícios da mesma maneira que aparecem dispostos no produto educacional.

Por fim, a aplicação do produto educacional nessas edições do projeto teve grande importância por permitir que houvesse contato com uma grande quantidade de estudantes (cerca de 230 no ano de 2021, 200 no ano de 2022 e 250 no ano de 2023), através do qual foi possível diagnosticar em quais conteúdos eles costumam apresentar maior dificuldade de entendimento. Acreditamos que isso permitiu desenvolver um material mais adequado ao amplo espectro de estudantes participantes da OBFEP.

5.2 Modelo híbrido de aplicação

O outro grupo que foi acompanhado era composto de alunos do 1º ano do Ensino Médio com os quais foram realizados encontros na forma híbrida, no ano de 2021, na Escola de Ensino Médio Liceu de Messejana, e na forma presencial, ano de 2022, na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Padre Marcelino Champagnat.

Durante a preparação para a 2ª fase da OBFEP de 2021, dois estudantes da EEM Liceu de Messejana participavam do projeto do primeiro grupo aqui mencionado. Com o reforço nos conteúdos para a preparação para a OBFEP, esses dois alunos foram classificados para a 2ª fase da prova, que ocorreu próximo ao Departamento de Física, no campus da UFC em Fortaleza (veja a Figura 14); foi a primeira vez que um deles visitou o local. A 2ª fase ocorreu ao sábado, e um dos alunos precisou faltar porque é sabatista. Aqui, deixo esse relato para mostrar que mesmo sendo um projeto de grande abrangência nacional, ainda assim, devido às peculiaridades de cada estudante, é possível que alguns não possam participar da competição. Esse é o caso, também, de estudantes com dificuldades de transporte até os locais de prova.

Figura 14 – Página restrita ao professor credenciado. Indicação dos estudantes participantes da prova da 2ª fase da OBFEP no ano de 2021.



Olimpiada Brasileira de Física das Escolas Públicas 2021

940 LICEU DE MESSEJANA DENNY ROGGER DE FRANÇA SOUSA FRANCISCO OÉLIO PINHEIRO FORTALEZA CE Principal Voltar Sair

Resultados da 2ª fase

Id	Nome	Série	Prêmio
4078		1	Certificado
27239		1	FALTOU

voltar

Fonte: SBF (2021)

Como dito anteriormente, no ano de 2022 o produto educacional estava concluído. Diferente da situação inicial, no qual as aulas foram remotas, foi possível acompanhar a aplicação do produto com o auxílio de encontros presenciais. Dessa vez, o produto foi aplicado utilizando os seguintes elementos:

- O público-alvo consistiu de alunos do 1º ano do Ensino Médio e regime de período integral (EEMTI Padre Marcelino Champagnat);
- Aulas para discussão de conteúdos totalmente presenciais;
- Aplicação utilizando o Novo Ensino Médio (NEM), ou seja, alguns alunos do 1º ano

estavam matriculados na Eletiva de Laboratório de Física;

- Foi utilizada uma abordagem envolvendo o Laboratório Virtual, principalmente o da UFC, e os materiais disponíveis no Laboratório de Ciências.

Antes de convidar os alunos para participarem do projeto da OBFEP, primeiramente tivemos que acolhê-los, pois estavam voltando ao modo presencial depois de um período que as escolas estavam fechadas. A próxima ação foi tentar nivelar as turmas, dedicando em média dois meses aos conceitos básicos em todas as disciplinas. Ao mesmo tempo que estavam ocorrendo essas ações, o Laboratório do colégio estava sendo preparado para receberem os alunos, mas enquanto não tínhamos acesso, uma das alternativas foi o Laboratório Virtual da UFC (<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/>), no qual o site também fornece modelos de roteiro de experimentos, e das simulações dos sites PhET e Vascak.

A aplicação do produto ocorreu da seguinte forma na EEMTI Padre Marcelino Champagnat, no ano de 2022: os alunos do 1º ano do Ensino Médio eram contemplados com as disciplinas regulares e com duas aulas (50 min/aula) correspondente ao Catálogo de Unidades Curriculares Eletivas do Estado do Ceará (SEDUC.CE, 2023). Os alunos tinham que escolher cinco eletivas, uma para cada dia da semana, no período de seis meses. Uma das eletivas ofertadas do catálogo de 2022 foi a CNT004 - PRÁTICAS LABORATORIAIS DE FÍSICA.

Os professores dessa instituição tiveram uma semana para apresentar as eletivas que iriam ministrar. Tomei como referência o livro “Teorias de Aprendizagem” (MOREIRA, 1999) no intuito de identificar as abordagens no decorrer da aplicação do produto educacional. Como a maioria dos alunos tinham uma aversão por cálculo, a fase inicial da apresentação do projeto, durante a eletiva CNT004 - PRÁTICAS LABORATORIAIS DE FÍSICA, dedicou-se à motivação e, ao todo, 20 alunos se matricularam.

Como o objetivo era preparar os alunos da eletiva para a OBFEP, o roteiro das aulas foi desenvolvido da seguinte maneira:

- **Aula introdutória** de modo expositivo tratando dos conceitos básicos. Nesse momento os alunos faziam anotações, mapas mentais e rodas de conversa para troca de ideias.
- **Aula experimental** no Laboratório de Ciências e virtual. Os alunos ficavam em grupos para realizar cada etapa proposta pelo roteiro. Usufruímos, em alguns momentos, dos roteiros e da caixa de experimentos da 2ª fase da OBFEP de anos anteriores, assim como dos laboratórios virtuais da UFC. Nessas aulas a interação dos alunos era maior porque eles gostavam do ambiente do laboratório e dos trabalhos fora da sala de aula regular.

- **Aula de exercícios** do produto educacional. Eram selecionados alguns problemas do produto para os alunos responderem em sala de aula. Quando eles dominavam bem um assunto, eu os convidava para responder no quadro, com isso, eu percebi que parte deles perdeu o medo de errar. Entretanto, conseguíamos responder um maior número de questões quando eram feitos grupos. Numa ideia de competição, o grupo que conseguisse entregar a atividade conforme os critérios, recebia uma premiação.

Figura 15 – 2ª fase da OBFEP de 2022 na UFC com os alunos do 1º ano do colégio EEMTI Padre Marcelino Champagnat. Os rostos dos estudantes foram parcialmente cobertos para proteger as suas imagens.



Fonte: elaborada pelo autor.

A inscrição para a 1ª fase da OBFEP de 2022 contou com a participação de 21 alunos do 1º ano do Ensino Médio da EEMTI Padre Marcelino Champagnat. Como a 1ª fase ocorre na própria instituição que os alunos estudam, preparamos o ambiente da biblioteca para acomodar os alunos e, ao final da prova, fizemos um lanche. Desse grupo, tivemos cinco estudantes classificados para a 2ª fase, que ocorreu na UFC (Figura 15). Chegando ao local, o coordenador do colégio e eu mostramos o ambiente da UFC para os alunos. Foi a primeira vez que eles visitaram o local, e ao final da prova eles exploraram o espaço, trazendo com eles algumas mangas. Segundo relatos dos mesmos "Foi um dia incrível".

Atualmente, no ano de 2023, esses alunos estão no 2º ano do Ensino Médio. Embora nenhum deles tenha conseguido ser medalhista na edição de 2022, ainda há uma satisfação por terem vivenciado a experiência de participar de uma prova externa do colégio, a OBFEP de 2022. A maioria deles faz parte do bloco de Ciências da Natureza e Matemática, conforme o Novo Ensino Médio, e dessa vez, alguns deles estão organizando grupos de estudos para se preparar para a OBFEP de 2023. O grupo de estudos atua no colégio com a resolução de questões do produto educacional e práticas laboratoriais, os alunos do 2º ano fazem o papel de monitores dos alunos do 1º ano.

6 PRODUTO EDUCACIONAL

Para iniciar a confecção do produto educacional proposto neste trabalho, foi importante observar a metodologia que os professores do programa de mestrado abordavam nas aulas. Ao final do primeiro semestre, motivado pela vivência com a escola pública, encontrei uma problemática: não há muitos materiais confeccionados como livros, cartilhas, apostilas, entre outros, que auxiliassem tanto os discentes como os docentes das escolas públicas no preparatório para a OBFEP.

6.1 A proposta de um livro como produto educacional

Acontece que a minha experiência como professor de Física, ao preparar os alunos das escolas públicas em olimpíadas, não era tão vasta. O que eu posso afirmar é que, enquanto eu era aluno do Ensino Médio, o que me levou a estudar Física foi justamente o desafio de participar de uma olimpíada, não pelo motivo de saber do conteúdo, e sim pela vontade de conseguir fazer uma boa pontuação e melhorar o conhecimento por essa ciência. Lembrando de todo esse sentimento é que veio a ideia de confeccionar um material, sem fins lucrativos, para as escolas públicas prepararem os alunos.

A etapa inicial se baseou na coleta das provas das edições anteriores da OBFEP. A maioria das provas foi obtida no site da OBFEP, as mais difíceis de encontrar foram dos anos de 2010 e 2011, quando a OBFEP ainda era um projeto piloto que foi aplicado só em algumas regiões no Brasil. Essas eu consegui com colegas da área que também se interessaram pela ideia do produto educacional.

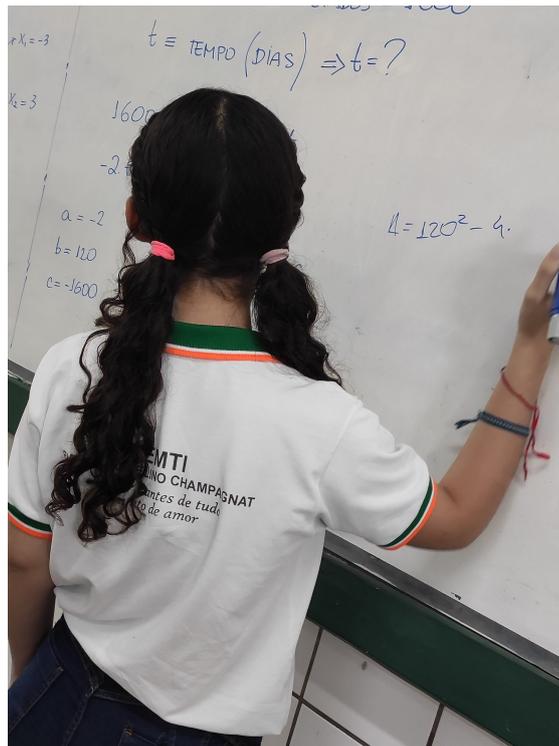
A fase seguinte se baseou em estabelecer qual seria o público alvo para o qual o produto seria confeccionado. A motivação inicial foi a de confeccionar um material para os três níveis da OBFEP, entretanto escolhi elaborar somente o material para o nível B, pois tinha algumas barreiras, como:

- Os alunos que foram mais propícios a se interessarem pela OBFEP eram da turma do 1º ano do Ensino Médio. A vantagem disso é que a escola pode acompanhar e analisar a evolução dos alunos que participaram e dos que não participaram da OBFEP.
- O projeto começou em um período bastante conturbado, pois era início de uma pandemia e, como consequência, as escolas estavam fechadas.
- As aulas eram remotas e, nesse período, nem todos os alunos da rede pública onde lecionava

tinham acesso a esse tipo de aula, pelas mais diversas situações.

- Os alunos que ficavam conectados, pouco interagiam. Uma maneira encontrada para esse problema foi o oferecimento de “pontos” como avaliações e prêmios para os alunos que participassem das aulas.
- Professores desacreditados nos projetos de olimpíadas científicas, o que dificultou a montagem de uma equipe e o incentivo dos alunos.
- A carga horária dos alunos do período integral que participaram do projeto teve que ser adaptada para que eles pudessem assistir as aulas, dessa forma, alguns professores cederam determinadas aulas. Observação: essas aulas ocorreram para os que ingressaram na 2ª fase.

Figura 16 – Aplicação da metodologia ativa *flipped classroom*, conhecida também como sala invertida, no colégio EEMTI Padre Marcelino Champagnat nas aulas preparatórias para olimpíadas durante a disciplina eletiva.



Fonte: elaborada pelo autor.

Ao convidar os alunos para participarem do projeto, foi possível observar que a maioria deles compreendia que a Física e a Matemática eram a “mesma coisa”. Para enfrentar essa concepção equivocada, algumas das aulas planejadas foram mais lúdicas, como assistir a filmes e documentários que continham conceitos dessas disciplinas. A partir dessas aulas, foi possível propor alguns debates sobre as temáticas dos filmes, sempre conectando-os com os

conteúdos de física. Assim, alguns debates foram realizados, sem o uso de equações, mas apenas os conceitos que eles conseguiram perceber ou que já tinham vivenciado.

Com todos esses registros, analisamos que a abordagem de ensino teria que ser diferente do tradicional para que o produto desenvolvido pudesse ser aplicado, mas reforçamos a necessidade de ter um material específico que pudesse ser acompanhado pelos discentes e pelos professores no processo de preparação para a olimpíada.

O objetivo primordial do projeto de preparação não era conseguir medalhas na competição, mas resgatar os alunos que se distanciaram do ambiente escolar e permitir que os mesmos pudessem se integrar à sociedade com outra visão crítica e científica, através de um ambiente saudável e desafiador.

O projeto também estimula o aluno a ingressar em universidades, a responder questões (veja a Figura 16), a experimentar laboratórios presenciais e virtuais (veja a Figura 4), a tornar-se protagonista no processo de ensino e aprendizagem, ao ajudar os outros colegas de sala de aula, e a perder o “medo” pelas disciplinas de ciências, especificamente de Física.

Logo, como produto educacional que servirá como material para mais implementações futuras, confeccionamos um livro que aborda a área de Mecânica da Física, especificamente o assunto de Cinemática. Apesar do foco em cinemática, por se tratar de material voltado para a preparação de estudantes do nível B, foram inseridas também as demais questões dos outros assuntos, com o intuito de auxiliar o professor na busca por outros exercícios (Figura 17).

Figura 17 – Capa do produto educacional com questões do nível B da OBFEP distribuídas por assunto e desenvolvido para auxiliar estudantes e professores na preparação para a olimpíada.



Fonte: elaborado pelo autor.

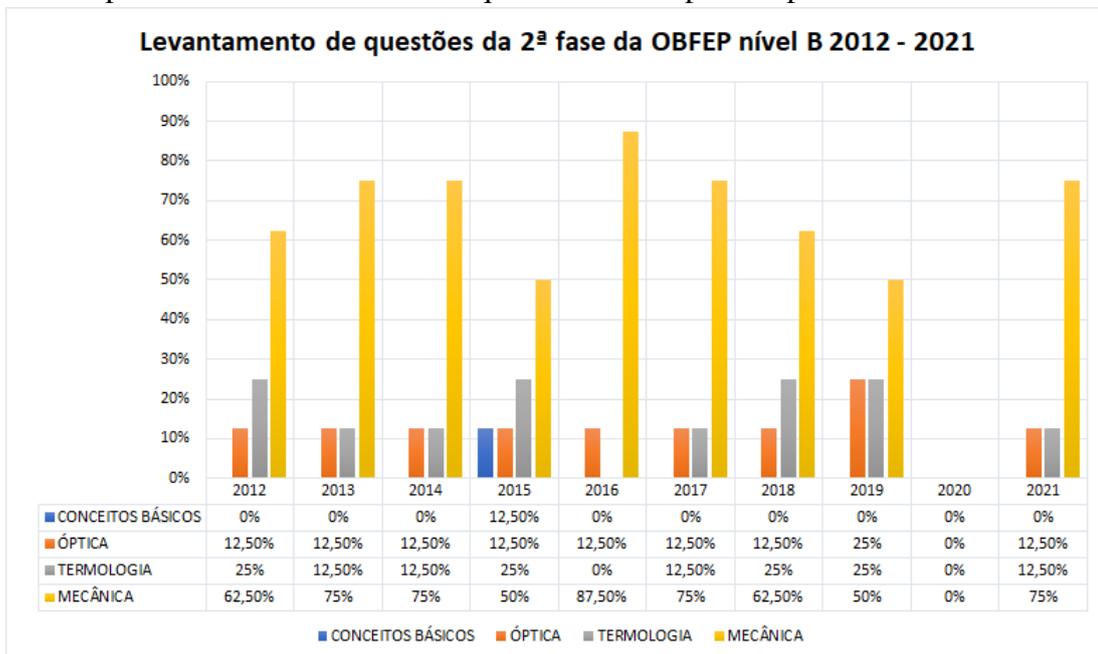
6.2 Relatos do desenvolvimento do produto

A motivação de confeccionar um material que auxilie estudantes e professores no processo de preparação para a OBFEP no Nível B, com predominância de conteúdos de cinemática, provém da análise de dados dos assuntos que foram mais abordados nas provas anteriores, conforme a referência (ERTHAL; LOUZADA, 2016).

6.2.1 Categorização dos problemas da OBFEP

De acordo com Erthal e Louzada (2016) conforme pode ser visto na Figura 2, na distribuição de conteúdos das provas de 2012 a 2015, no Nível B, foram recorrentes as questões dos assuntos de Mecânica.

Figura 18 – Gráfico com o levantamento dos conteúdos das provas para o 1º e 2º anos do ensino médio da OBFEP de 2012 a 2021. A barra em amarelo indica a porcentagem de questões de Mecânica, aquela em cinza indica a porcentagem de questões de Termodinâmica, em laranja é indicada porcentagem de questões de Óptica e em azul a porcentagem de questões de Conceitos Básicos. A prova da 2ª fase contém oito questões mais a parte experimental.



Fonte: elaborado pelo autor.

Atualizamos os dados para a composição deste trabalho, separando as questões por assuntos das provas dos anos de 2012 a 2021, da 2ª fase da OBFEP nível B (Figura 18), com exceção do ano de 2020, quando a prova da OBFEP foi cancelada, devido a pandemia Covid-19. Nessa atualização, as questões foram categorizadas em 04 (quatro) grandes áreas:

- i) Conceitos básicos: fundamentos matemáticos básicos;
- ii) Mecânica: cinemática e dinâmica;
- iii) Termologia: leis da termodinâmica;
- iv) Óptica: leis da reflexão e da refração.

Essa categorização seguiu o programa da OBFEP para o nível B, que discrimina os conteúdos acima. Para a sua confecção considerou-se uma lógica de hierarquia baseada na escala anterior, e.g. caso um problema apresente conceitos das áreas I) e II) ele é categorizado como Mecânica, caso englobe conceitos das áreas I), II) e III) ele é categorizado como Termologia, ou seja, o maior índice é que determina o conteúdo.

Portanto, nessa categorização, os problemas interdisciplinares são contabilizados dentro de apenas uma área. No entanto, é necessário ressaltar que os conteúdos de Mecânica, além de ser aquele que mais figura nas provas (mais de 50% em todas as provas de 2012 a 2021), aparece, ainda, em situações que envolvem as áreas de Termologia e Óptica.

Apesar de, em princípio, essa concentração de exercícios numa mesma área parecer empobrecer os conteúdos abordados na prova de maneira geral, estudar os conteúdos de Mecânica da OBFEP pode trazer benefícios para o desenvolvimento do estudante na disciplina de Física. Abaixo estão elencados alguns desses benefícios:

1. Desenvolvimento do pensamento físico: A Mecânica é uma das áreas fundamentais da Física, que aborda os princípios e leis que regem o movimento dos corpos. Ao estudar o conteúdo de Mecânica da OBFEP, o estudante estará desenvolvendo seu pensamento físico, ou seja, a habilidade de entender e aplicar conceitos físicos para resolver problemas relacionados ao movimento. Como consequência, outros exercícios que também envolvam movimento, de maneira geral, precisarão dos conceitos adquiridos ao estudar mecânica.
2. Aprendizado prático da Física: A OBFEP tem uma proposta geral de apresentar questões desafiadoras para que os estudantes desenvolvam uma compreensão profunda dos conceitos abordados, mesmo que a linguagem matemática esteja restrita àquela utilizada no Ensino Médio. Ao estudar o conteúdo da competição, o estudante estará se engajando em um aprendizado prático da Física, uma vez que as situações que envolvem Mecânica costumam ser interpretadas mais facilmente pelos estudantes, o que os ajuda a aplicar os conhecimentos teóricos em situações reais, desenvolvendo suas habilidades para a resolução de problemas. Além disso, os problemas que envolvem situações experimentais também costumam explorar os conceitos de mecânica.

3. Preparação para exames e vestibulares: Da mesma maneira que ocorre na OBFEP, os conteúdos de Mecânica costumam figurar com grande incidência em provas de exames vestibulares, concursos públicos e demais olimpíadas científicas que envolvem componentes de Física. Especialmente para aqueles estudantes que desejam desenvolver suas habilidades e seguir carreiras científico-tecnológicas, esse conteúdo tem abrangência em diversas áreas do conhecimento.

6.2.2 Caracterização do produto

O produto educacional produzido é composto por (Figura 19): a) Uma apresentação dos conteúdos de cinemática mais comuns na OBFEP, b) questões resolvidas da OBF e questões propostas da OBFEP e, c) questões dos demais conteúdos para servirem de base para os professores.

Figura 19 – Ilustração do produto educacional. (a) Apresentação dos conteúdos. (b) Modelo de exemplo resolvido. (c) Modelo de exercícios propostos.

(a)

12 Capítulo 1. Conceitos

- Os símbolos representativos das unidades também são letras minúsculas. Entretanto, serão maiúsculas quando estiverem se referindo a nomes de pessoas. Ex: ampère (A), newton (N), pascal (Pa), metro (m) etc.
- Os símbolos não se flexionam quando escritos no plural. Assim, para indicarmos 10 newtons, por exemplo, usamos 10 N e não 10 Ns.

Existem alguns múltiplos das unidades fundamentais, que não pertencem ao SI, mas têm uso permitido. São eles:

- minuto (min): 1 min = 60 s;
- hora (h): 1 h = 60 min = 60 · 60 s = 3 600 s;
- dia (d): 1 d = 24 h = 24 · 3 600 s = 86 400 s;
- tonelada (t): 1 t = 1 000 kg;
- litro (L): 1 L = 1 dm³ = 1 000 cm³

Para a medição de ângulos planos o SI estabelece a unidade radiano (rad), mas permite o uso do grau (°), do minuto (') e do segundo (").

Obs Alguns múltiplos e submúltiplos do metro são convertíveis ao metro por meio de potências de dez. Por esse motivo, fazem parte do Sistema Métrico Decimal, introduzido por Napoleão Bonaparte no século XIX, do qual o Brasil é um dos primeiros signatários. Para medidas muito pequenas, em escala atômica, usa-se a unidade angström (Å): 1 Å = 10⁻¹⁰ m, ou seja, 1 Å = 0,0000000001 m (um décimo de bilionésimo de metro). Já em medidas de distâncias astronômicas, isto é, na escala cósmica, usa-se o ano-luz, unidade que equivale à distância percorrida pela luz no vácuo, em um ano: aproximadamente 9,46 trilhões de quilômetros (confira a Tabela 1.4).

1.2.1 Prefixos usados no SI

Com o estabelecimento do SI foram adotados alguns prefixos para representar algumas potências de dez. Após a 19ª CGPM, realizada em 1991, os prefixos adotados são os relacionados na Tabela 1.3; nela estão destacados os prefixos mais usados e que, assim, devem ser memorizados [4].

Fator	Prefixo	Símbolo	Fator	Prefixo	Símbolo
10 ⁻²⁴	yocto	y	10 ¹	deca	da
10 ⁻²¹	zepto	z	10 ²	hecto	h
10 ⁻¹⁸	atto	a	10 ³	quilo	k
10 ⁻¹⁵	femto	f	10 ⁶	mega	M
10 ⁻¹²	pico	p	10 ⁹	giga	G
10 ⁻⁹	nano	n	10 ¹²	tera	T
10 ⁻⁶	pico	μ	10 ¹⁵	peta	P
10 ⁻³	mili	m	10 ¹⁸	exa	E
10 ⁻²	centi	c	10 ²¹	zetta	Z
10 ⁻¹	deci	d	10 ²⁴	yotta	Y

Tabela 1.3: Prefixos do SI.

Exemplo 1.1 Verifique a Tabela 1.3 para converter as unidades:

(b)

Exemplo 2.1 (OBF 2005) Um avião parte de uma cidade A para outra cidade B, mantendo a velocidade constante igual a 250 km/h. Ao alcançar a metade do caminho é forçado a diminuir a velocidade, mantendo a constante em 200 km/h; consequentemente, chega ao destino com 15 minutos de atraso. Considerando que o tempo de mudança de velocidade é desprezível, qual a distância entre as cidades A e B?

Resposta: Chamando de Δs a distância entre as cidades, o problema diz que o avião anda $\frac{\Delta s}{2}$ com velocidade de 250 km/h e anda a outra metade com velocidade de 200 km/h. Se ele não tivesse mudado a velocidade, ele faria um tempo t , tal que, usufruindo da equação 2.1:

$$t = \frac{\Delta s}{250}$$

Na situação em que ele muda a velocidade, vamos chamar de t_1 o tempo em que ele anda a 250 km/h e t_2 o tempo em que ele anda a 200 km/h. Então:

$$t_1 + t_2 = \frac{\Delta s}{250} + \frac{\Delta s}{200} \therefore t_1 + t_2 = \frac{9\Delta s}{2000}$$

A questão fala que teve um atraso de 15min, que é equivalente a $\frac{1}{4}$ h, ou 0,25h. Portanto,

$$\Delta t + \frac{1}{4} = t_1 + t_2 \Rightarrow \frac{\Delta s}{250} + \frac{1}{4} = \frac{9\Delta s}{2000} \therefore \Delta s = 500 \text{ km}$$

(c)

Exercício 5.16 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) Vemos uma foto da polonesa Anita Włodarczyk antes de conseguir seu recorde mundial. O martelo olímpico feminino é uma bola de ferro de 4 kg presa a um fio de aço de 1,2 m. A atleta gira algumas vezes antes de lançar o martelo. Imediatamente antes de lançar, Anita girava o corpo forçando a bola a descrever um movimento circular de 1,8 m de raio a uma velocidade de 30 m/s. Desprezando o efeito gravitacional, qual a intensidade da tração exercida pelo fio na esfera, imediatamente antes de ser lançada?



Figura 5.5: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

A) 1800 N.
B) 1900 N.
C) 2000 N.
D) 2400 N.

Fonte: elaborado pelo autor.

Como mostrado na figura 19, o livro que constitui o produto educacional desenvolvido neste trabalho, conta com seções de apresentação do conteúdo. Nessas seções é feita uma

revisão de matemática básica, conforme consta no programa da OBFEP, e que representa um elemento em que os estudantes costumam apresentar maiores dificuldades.

Em geral, a experiência com esses estudantes tem demonstrado que na transição do Ensino Fundamental para o Ensino Médio, os estudantes apresentam dificuldades com vários dos conteúdos que já deveriam dominar, e.g. conceitos básicos de álgebra e aritmética, como soma de frações e potenciação. Por esse motivo, o primeiro capítulo do livro se baseia na apresentação desses tópicos, ficando os assuntos de cinemática para os três capítulos seguintes.

Como dito, no livro há exercícios resolvidos. Buscou-se resolver exercícios da OBF e propor exercícios da OBFEP para que os estudantes fossem incentivados a se desafiar com exercícios nos mesmos níveis que devem encontrar nas fases da OBFEP.

Por fim, exercícios dos demais conteúdos de Mecânica, e.g. Leis de Newton, Gravitação e Hidrostática, foram deixados como exercícios propostos em capítulos subsequentes, cujos conteúdos poderão ser adicionados no futuro.

7 RESULTADOS DA APLICAÇÃO

De maneira geral, a aplicação do produto nos projetos de preparação, que ocorreram via *Google Classroom* com estudantes de todo o estado do Ceará, contribuiu de maneira mais significativa para a produção do livro. No entanto, a avaliação da aplicação do produto nesses projetos não pode ser realizada por envolver diversas atividades que não tinham apenas o livro como norteador.

Por essa razão a avaliação do produto, mostrada no texto a seguir, será baseada em um *relato da experiência* de aplicação do produto educacional e das atividades que foram desenvolvidas paralelamente à sua aplicação nas turmas híbridas e presenciais.

7.1 Aplicação do produto

Nas primeiras aulas eram perceptíveis as dificuldades que as turmas, naquele período, tinham com a base matemática e as disciplinas de ciências. A proposta da equipe docente da área de Ciências da Natureza e Matemática foi nivelar os alunos do Ensino Médio e implementar um reforço para cada disciplina nos contraturnos.

Portanto, foi realizado um levantamento de materiais preparatórios para a OBFEP, e foi observado que, para organizar uma aula por assuntos de Física, seria necessário catalogar cada questão de acordo com o assunto e o nível da prova. Uma estratégia que foi utilizada para conquistar a turma foi a aplicação das aulas no Laboratório de Ciências. Em uma das aulas, foi realizado um evento de lançamento de foguetes, aproveitando, dessa forma, os recursos de outros ambientes da escola (SOUSA, 2023).

De início, os alunos aderiram ao projeto porque eles ficavam no contraturno, e assim, conseguiam ter alguma refeição no colégio, outro motivo foi a atribuição de nota na matéria de Física, ao participarem das aulas e das provas. Embora o interesse inicial dos estudantes não fosse o de desenvolver o raciocínio necessário para a resolução dos problemas da olimpíada, foi possível observar que um grupo de alunos começou a desenvolver um crescente interesse pelos conhecimentos científicos, fato que contribuiu para torná-los monitores do laboratório.

Após o meu ingresso no MNPEF, no ano de 2020, iniciei a confecção do material didático apresentado neste trabalho. Ao ministrar as aulas para os alunos do Ensino Médio, foi observado que a maioria dos estudantes do 1º ano enfrentava dificuldades, uma vez que estavam sendo expostos aos conceitos de Física pela primeira vez, após a integração da disciplina

com Ciências, no Ensino Fundamental II. Com base nisso, surgiu a ideia de produzir um livro com questões, organizadas por assunto, referentes às provas do nível B, da OBFEP. Devido à baixa qualidade dos arquivos encontrados de algumas provas antigas, foi necessário refazer determinadas figuras. Além disso, com o intuito de buscar uma maior aceitação do livro (produto) foi necessário buscar um formato mais agradável.

A fase inicial de elaboração do produto foi no início da pandemia da Covid-19, ou seja, não estavam ocorrendo aulas presencialmente, apenas de forma remota, assim, não conseguimos aplicar o projeto, pois a OBFEP de 2020 foi cancelada. Então, esse período foi dedicado apenas para buscar, na literatura, as abordagens mais comuns para treinamento de olimpíadas e compilar as questões da OBFEP para serem incluídas no produto.

A aplicação da primeira versão foi no ano seguinte, 2021. As escolas estavam no modo híbrido, ou seja, semipresencial (parte das aulas eram presenciais e outras eram remotas). A turma olímpica de 2021 participou de um projeto de preparação, realizado em formato remoto, através da plataforma *Google meet*.

Nesse ano, foram inscritos nesse projeto 09 (nove) estudantes da EEM Liceu de Messejana. De maneira geral, os estudantes desta escola apresentavam baixo desempenho nas disciplinas de Matemática e Física, o que atuava como elemento de desmotivação para a participação em olimpíadas científicas, motivo esse para a baixa adesão (veja a Figura 20). Dentre os que participaram da prova da 1ª fase, 02 (dois) estudantes foram classificados para participarem da prova da 2ª fase.

7.2 Avaliação da aplicação do produto

Como descrito anteriormente, a aplicação do produto educacional se deu com os estudantes matriculados na disciplina eletiva de Laboratório de Física. Além disso, a elaboração do produto, desde a sua concepção, com a definição do teor dos conteúdos abordados até sua formatação final, teve grande influência do projeto de preparação que ocorreu com estudantes de todo o estado do Ceará.

Não foi o objetivo deste trabalho avaliar a aplicação do produto de maneira quantitativa, se restringindo a quantidade de estudantes aprovados para a segunda fase da OBFEP ou, até mesmo, de estudantes medalhistas. Pelo contrário, a proposta foi elaborar um texto que tivesse uma linguagem adequada para a preparação para a OBFEP.

De maneira geral, como foi percebido no relato de experiência, a participação dos

Figura 20 – Página restrita ao professor credenciado.



940 LICEU DE MESSEJANA DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA FRANCISCO OÉLIO PINHEIRO FORTALEZA CE Principal Voltar Sair

Alunos inscritos

9º Ano			
Id	Nome	Professor	Acertos
1ª Série			
Id	Nome	Professor	Acertos
27207		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
4078		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
4090		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
27233		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
27226		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
27239		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
4096		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
27219		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
27222		DENNYS ROGGER DE FRANÇA SOUSA	Certificado
2ª Série			
Id	Nome	Professor	Acertos
3ª Série			
Id	Nome	Professor	Acertos
4ª Série			
Id	Nome	Professor	Acertos

[voltar](#)

Fonte: SBF (2021)

estudantes tende a aumentar com o passar dos anos e espera-se que, à medida que estudantes talentosos(as) participem do projeto de preparação, as primeiras medalhas surjam.

Com o objetivo de avaliar o andamento da disciplina, na qual o projeto foi desenvolvido e o produto foi aplicado, e com o intuito de apresentar uma avaliação do produto sob uma perspectiva diferente daquela apresentada pelos relatos de experiência anteriores, foi aplicado um questionário na turma dessa disciplina eletiva. Os enunciados estão demonstrados na Tabela 1.

Para auxiliar na análise das respostas dadas pelos estudantes foi criada uma nuvem de palavras (Figura 21). Essa figura é um gráfico de similitude, que apresenta, aninhados, os termos que costumam aparecer com maior frequência (similares) juntos, e delimita alguns termos chave que se conectam entre si para formar uma imagem que busca ilustrar como as informações conversam entre si.

Na Figura 21, a palavra mais frequente é FÍSICA, e dela se ramificam alguns grupos. A área central, destacada em vermelho, mostra as palavras que surgiram em comum sobre as opiniões dos alunos sobre o uso do livro durante a eletiva. Observe que a maioria dos alunos acharam o livro BOM, e que eles indicariam para outros ALUNOS, pois tiveram uma melhor EXPERIÊNCIA com questões dessa MATÉRIA porque passaram a CONHECER algumas formas de interpretar os problemas de olimpíadas.

Na Figura 21, cada área colorida representa um campo com respostas similares, as

Tabela 1 – Questionário aplicado aos estudantes matriculados na eletiva de Laboratório de Física que participaram da preparação para a OBFEP.

Pergunta	Enunciado
01	Você se considerava um estudante bom no assunto de física?
02	Qual foi a motivação em escolher esta eletiva?
03	Você acha que a escolha da eletiva fez com que melhorasse as competências e habilidades na disciplina?
04	Descreva o que achou das aulas lúdicas, como assistir os filmes:
05	Qual o seu ponto de vista no que diz respeito a influência da sua turma em relação a sua aprendizagem?
06	Você prefere fazer trabalho em equipe ou individual?
07	Como você descreveria a melhor forma de aprender física?
08	Prefere responder as questões no caderno ou responder no quadro? Tente descrever a dificuldade em cada uma das situações.
09	Você gostou das aulas na sala de laboratório de ciências e do laboratório virtual? Diga a sua visão crítica e/ou sugestões.
10	Qual foi a maior dificuldade ao fazer a eletiva?
11	Diga a sua visão crítica e/ou sugestões para o professor que ministrou a disciplina.
12	Para você, o que melhoraria a eletiva?
13	O que você acha dos alunos do ensino médio participarem da OBFEP?
14	Você participaria da OBFEP? Descreva suas razões.
15	O que você acha que aprendeu ou mais se interessou após participar da eletiva? Descreva a sua experiência do projeto da OBFEP, caso tenha participado.

Fonte: elaborada pelo autor.

palavras mais destacadas indicam maior intensidade com a qual foram encontradas dentro do contexto. Dentro do campo verde está representado o que levou a escolha da eletiva. O ramo inicial, que está no campo em vermelho, provém da palavra ENTENDER e APROFUNDAR a disciplina de Física, veja que surgem, em seguida, palavras como FOCAR, VONTADE, QUERER, entre outras, dentro deste campo.

Assim, a concepção, de acordo com as respostas obtidas, é que eles apenas se viam parte do PROJETO se eles tivessem foco, vontade de aprender e querer TENTAR, pois a maioria tinham MEDO e, neste caso, cada um tinha um motivo de aderir, ou não, a eletiva focada na aplicação do produto educacional. Quanto ao campo azul, podemos interpretar que a aplicação do produto educacional durante a eletiva poderia MELHORAR os alunos que estavam com DIFICULDADE em CÁLCULO, seria então necessária uma MOTIVAÇÃO para prepará-los para PROVAS como a da OBFEP e a do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

apareceu mais vezes, e os alunos relataram que sentiam VERGONHA e TENSÃO. Ainda no mesmo campo, temos uma parcela de alunos que preferem responder em EQUIPE, que está no campo rosa, enquanto um outro grupo achava melhor de forma INDIVIDUAL, pois algumas vezes eles não conseguiam interagir bem em equipe, isso porque nem sempre tinham afinidade com o grupo, visto que as turmas de 1º ano estavam misturadas.

No campo rosa, as palavras estão relacionadas ao trabalho em equipe, aparecendo na Figura 21, como a palavra central: AJUDAR. Durante a resolução de questões, tanto no caderno como no quadro, as TURMAS que tinham melhores resultados na troca de IDEIAS e APRENDIZAGEM tinham, em comum, um laço de amizade entre seus integrantes, aparecendo a palavra AMIGO. Assim, os alunos relataram que, tanto a escolha da eletiva como a participação da OBFEP com a resolução de questões do produto educacional, deve-se à INFLUÊNCIA dos amigos.

Com relação aos estudantes que se opunham ao trabalho em equipe, justificaram que alguns integrantes não se comprometiam em ajudar e às vezes faltavam às aulas, principalmente quando era dia de realizar práticas experimentais no LEC ou no Laboratório Virtual.

No ponto de vista das respostas coletadas, os alunos gostaram mais das aulas que tinham FILME, campo amarelo da Figura 21. Esse ramo não está relacionado ao ramo CONTA, MATEMÁTICA e APROFUNDAR.

Nos dias das aulas lúdicas, a interação era bem maior do que nos dias que os alunos usavam o produto educacional. Percebi que eles gostavam de DEBATER os temas, um exemplo foi o filme “Interestelar”. Ressalto que os alunos são matriculados no regime de período integral e, às vezes, no mesmo dia da aplicação do produto, eles já tinham visto aulas das disciplinas de Ciências da Natureza, o que resultava na redução do comprometimento, ao responderem as questões do produto educacional.

Por outro lado, como podemos ver na área em verde, a palavra LABORATÓRIO está em destaque, remetendo ao Laboratório de Ciências e o Laboratório Virtual da UFC. Nesta mesma área, temos as palavras INTERESSADO e PRESTAR ATENÇÃO e, de fato, os alunos gostavam quando saíam da sala de aula regular e mudavam de ambiente. A psicologia ambiental mostra que “o ambiente afeta o comportamento, assim como o comportamento afeta o ambiente” (BRASIL, 2023, on-line).

Para finalizar, a maioria dos alunos dessa turma demonstrou um sentimento de evolução nos conteúdos de Física e Matemática, mesmo que no início a realização da matrícula

tenha ocorrido por falta de opção de outra eletiva. A aplicação do produto foi vista de forma positiva, quando a proposta é dar um reforço na resolução de problemas. É importante que o docente que for aplicar este produto educacional conheça bem o seu público alvo, começando com poucas questões e no nível mais básico. Em vista disso, o primeiro capítulo aborda problemas com Conceitos Básicos e, em seguida, aborda os demais assuntos da Mecânica, de modo que auxilia também o professor na preparação das aulas, já que este não precisará catalogar as questões das provas anteriores da OBFEP. Ressalto que este produto educacional tem a proposta de atualizar as questões e permitir o acesso em plataforma digital.

7.3 Evidências de aprendizado em Física: A metodologia de Paulo Freire e a participação na OBFEP

Considerando a metodologia de Paulo Freire e a BNCC é possível identificar algumas evidências da aprendizagem dos alunos das escolas públicas que participam da OBFEP nas aulas de eletivas em uma escola de tempo integral. Para os alunos do período regular, a utilização da cartilha, composta por questões abordadas nas provas da competição, é realizada no contraturno. As evidências dessa aprendizagem estão relacionadas aos seguintes aspectos:

- Projeto conceitual: Ao trabalharem com a cartilha e participarem da OBFEP, os alunos tiveram a oportunidade de aprofundar seu domínio conceitual em física. Eles adquiriram conhecimentos específicos relacionados aos conteúdos abordados nas questões da OBFEP, demonstrando aprendizado na compreensão e aplicação desses conceitos, ao resolver os referidos problemas. O uso da cartilha também contribuiu para que alguns alunos chegassem até a última fase da OBFEP, assim como, foi um material de apoio para a eletiva do Laboratório de Ciências.
- Desenvolvimento de habilidades cognitivas: A resolução de questões da OBFEP envolve o uso de habilidades cognitivas, como pensamento lógico, análise, síntese, dedução e aplicação de conceitos. Os estudantes são desafiados a pensar criticamente, identificar padrões, formular estratégias de resolução de problemas e comunicar suas ideias. O desenvolvimento dessas habilidades cognitivas foi uma evidência de aprendizado significativo.
- Autonomia e protagonismo: A abordagem de Paulo Freire valoriza a autonomia e o protagonismo dos estudantes. Mesmo trabalhando com uma cartilha como ferramenta de ensino, os alunos podem ser incentivados a explorar diferentes estratégias de resolução, bem como buscar informações adicionais, formular hipóteses e investigar problemas

relacionados à física. Esse engajamento ativo e a tomada de decisões em relação ao seu próprio aprendizado demonstram evidências de autonomia e protagonismo. Esse protagonismo também foi perceptível na atitude dos discentes, ao chamarem outros alunos a participarem das aulas preparatórias e fazerem grupos de estudos. Essa ação proativa demonstra como os estudantes foram capazes de entender o processo de ensino como um processo de evolução pessoal e, ao apresentarem a proposta para os colegas, demonstraram como os instrumentos aqui utilizados contribuem para a prática social como um elemento de transformação da sociedade em geral.

- Diálogo e interação: Embora a cartilha seja um recurso individual, é fundamental promover o diálogo e a interação entre os alunos durante as aulas de eletivas e nos contraturnos de sala de aula. Os estudantes puderam discutir as questões, compartilhar estratégias, apresentar suas soluções e debater conceitos. Essa interação social promove a construção coletiva do conhecimento, permitindo que os alunos aprendam uns com os outros.
- Contextualização: A BNCC enfatiza a importância de relacionar os conteúdos escolares com a realidade dos alunos. Durante a preparação para a OBFEP, foi possível estabelecer conexões entre os conceitos de física abordados nas questões da competição e situações do cotidiano dos alunos. Essa contextualização promove um aprendizado mais significativo e relevante para os estudantes.

É importante mencionar que, além da cartilha, é essencial complementar o processo de aprendizagem com práticas pedagógicas que promovam a problematização da realidade, o diálogo crítico, a reflexão sobre as questões sociais e a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento, conforme preconizado por Paulo Freire e pela BNCC. A cartilha pode ser utilizada como um recurso, mas é fundamental considerar a diversidade de abordagens pedagógicas para promover uma educação mais libertadora e emancipatória.

8 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Este trabalho de dissertação destacou a importância de aplicar um produto educacional que preparasse os estudantes para a prova da OBFEP nas escolas públicas, ressaltando seus benefícios para o ensino de Física e o desenvolvimento dos estudantes. A OBFEP proporciona uma oportunidade valiosa para avaliar o conhecimento dos alunos, identificar talentos e despertar o interesse pela Física.

Além disso, discutiu-se a finalidade de desenvolver um produto educacional que promova a colaboração na aprendizagem. Através da colaboração, os estudantes têm a oportunidade de compartilhar ideias, trocar conhecimentos e construir um aprendizado significativo em conjunto. Essa abordagem fortalece a interação entre os alunos, promove o aprimoramento de habilidades sociais e incentiva a participação ativa na sala de aula.

Ao desenvolver um produto educacional que fomente a colaboração na aprendizagem, os professores podem proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizado mais envolvente, estimulante e significativo. Através dessa abordagem, os estudantes são incentivados a trabalhar em equipe, aprimorar habilidades de comunicação e desenvolver a capacidade de resolver problemas de forma colaborativa.

Ao aplicar a prova da OBFEP nas escolas públicas e ao desenvolver um produto educacional que promova a colaboração na aprendizagem, estamos contribuindo para a melhoria do ensino de Física e para o desenvolvimento integral dos alunos, preparando-os para enfrentar desafios futuros e incentivando o amor pela ciência e pelo aprendizado ao longo da vida.

Por fim, espera-se que este trabalho seja continuado com a elaboração de textos das demais áreas da Física não abordadas aqui, bem como materiais para os demais níveis de ensino (A e C) da OBFEP.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física: um curso universitário-mecânica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 1. ISBN 978-85-212-0831-0.
- BARROWS, H. S. Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. **New directions for teaching and learning**, Wiley Online Library, v. 1996, n. 68, p. 3–12, 1996.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom: reach every student in every class every day**. Estados Unidos: International society for technology in education, 2012.
- BRASIL. Lei nº 13.415. **Portal da Legislação**. Brasília: 16 fev., 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113415.htm. Acesso em: 20 jun. 2023.
- BRASIL, W. **Ruas completas e psicologia: como o ambiente influencia nosso comportamento**. 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/ruas-completas-e-psicologia-como-o-ambiente-influencia-nosso-comportamento>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CEARÁ (ESTADO). Secretaria da Educação do Estado do Ceará. **Catálogo Unidades Curriculares Eletivas**. 2023. Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2023/03/catalogo_unidades_curriculares_eletivas_2023.pdf. Acesso em: 23 maio 2023.
- CENTRO DE REFERÊNCIAS EM EDUCAÇÃO INTEGRAL. **Quem são os pensadores sobre inovação em educação**. 2019. Disponível em: <https://educacaointegral.org.br/reportagens/pensadores-inovacao-educacao/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- CGEE. **Avaliação do impacto da Olimpíada brasileira de matemática nas escolas públicas – Obmep 2010**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2011.
- CHERMAN, A.; MENDONÇA, B. R. **Por que as coisas caem?: uma história da gravidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2012. ISBN 978-85-378-0486-5.
- CNE/CPNº11/2009. **Proposta de experiência curricular inovadora do Ensino Médio**. 2018. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_PAR_CNECPN112009.pdf?query=M%C3%89DIO. Acesso em: 20 jun. 2023.
- CORTELLA, C. do. **Produção de Excluídos - Baú do Cortella #36**. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NVX6VrsNyG0>. Acesso em: 24 out. 2022.
- CORTELLA, M. S. **Pensar bem nos faz bem!** 5. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2015. v. 1. ISBN 9788532646552.
- CORTELLA, M. S. **A escola e o conhecimento: fundamentos epistemológicos e políticos**. São Paulo: Cortez Editora, 2017.
- COSTA, A. J.; ROSA, A. M. O módulo e a norma. **Gazeta de Física**, Sociedade Portuguesa de Física, v. 19, n. fasc. 1, p. 11–12, 1996. Disponível em: <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/414/1278>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- COSTA, L. G.; BARROS, M. A. O ensino de física no brasil: problemas e desafios. **Matemática, Química, Física**, 2019.
- ERTHAL, J. P. C.; CAMPOS, R. G.; SOUZA, T. F.; OLIVEIRA, J. S. Análise e caracterização das questões das provas da Olimpíada Brasileira de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Edição Especial, 2015. 142-156. doi: 10.1590/1677-2204

ERTHAL, J. P. C.; LOUZADA, M. D. O. Olimpíada Brasileira de Física das escolas públicas: uma análise dos conteúdos e da evolução do exame em todas suas edições. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Santa Catarina, v. 33, n. 3, p. 927–942, dez. 2016. ISSN 1677-2334.

FRANCO, M. A. d. R. S. Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, SciELO Brasil, v. 97, p. 534–551, 2016.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança**: um reencontro com a pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2014.

FUVESTIBULAR. **Telecurso 2000 Apostila 1 de Física**. 2017. Disponível em: <https://fuvestibular.com.br/apostilas/telecurso-2000/ensino-medio/fisica/apostila-1/>. Acesso em: 26 out. 2022.

GADOTTI, M. **Paulo Freire**: uma biobibliografia. São Paulo: Cortez, 1996. ISBN 8524906103.

GOIÁS, U. F. de. **IF - Olimpíada Brasileira de Física - Goiás História**. 1999. Disponível em: <https://obf.if.ufg.br/p/99-historia>. Acesso em: 11 jun. 2023.

HERREID, C. F.; SCHILLER, N. A. Case studies and the flipped classroom. **Journal of college science teaching**, JSTOR, v. 42, n. 5, p. 62–66, 2013.

LIMA, L. B. P. P. **Olimpíadas de Física e o ensino de Física experimental**. 2017. 248 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/23547>. Acesso em: 11 jun. 2023.

LOPES, A. C. Políticas de currículo: mediação por grupos disciplinares de ensino de ciências e matemática. **Currículo de ciências em debate**, Campinas, SP: Papyrus, p. 45–75, 2004.

MARIN, L. R.; PINTO JÚNIOR, A. D. **Olimpíada Paulista de Física**: questões resolvidas e comentadas. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008. v. 1.

MARIUZZO, P. Olimpíadas científicas estimulam estudantes e valorizam a atuação de professores na pesquisa. **Ciência e Cultura**, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, v. 62, n. 2, p. 12–13, 2010.

MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999. ISBN 8512321407.

NAKAMURA, O.; MARTINS, M. G. R.; GUTMANN, F. W. **Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas**: problemas e resoluções 2010 – 2011. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2012. ISBN 8589064230.

NEVES, B. **Quais faculdades aceitam as Olimpíadas do Conhecimento como forma de ingresso?** 2022. Disponível em: <https://viacarreira.com/quais-faculdades-aceitam-as-olimpiadas-do-conhecimento/>. Acesso em: 18 out. 2022.

NUNES, A.; SILVEIRA, R. d. N. **Psicologia da aprendizagem**: processos, teorias e contextos. Brasília: Liber Livro, 2009. 192 p.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Mecânica**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2002. v. 1. ISBN 978-85-212-0298-1.

OBF. **Olimpíada Brasileira de Física**. 2021. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2021/images/arquivos/regulamento_obf_2021.pdf. Acesso em: 04 jan. 2022.

OBFEP. **Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas**. 2021. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/~obfep/sobre-2021/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

PHET, I. S. **Movimento de Projétil**. 2002. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion. Acesso em: 31 out. 2022.

PRINCE, M. Does active learning work? a review of the research. **Journal of engineering education**, Wiley Online Library, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004.

ROSSI, R. La nova scientia: Rewriting the history of operational research. **arXiv pré-impressão arXiv:1703.03005**, 2017.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2006. ISBN 978-85-438-0258-9.

SANTOS, E. L. N. dos; LEITE, F. L. A distinção entre reforçamentos positivo e negativo em livros de ensino de análise do comportamento. **Perspectivas em análise do comportamento**, v. 4, n. 1, p. 9–18, 2013.

SAVIANI, D. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. Campinas, SP: Autores Associados, 2019.

SAYÃO, B. **Proposta Pedagógica**. 2020. Disponível em: https://www.educacao.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/pp_caic_bernardo_sayao_ceilandia.pdf. Acesso em: 23 set. 2023.

SBF. **Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas 2021**. 2021. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/olimpiadas/obfep2021/forms/>. Acesso em: 17 maio 2023.

SILVA, G. **Vagas olímpicas: oportunidade de entrar na universidade sem vestibular**. 2020. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/dicas/vagas-olimpicas-oportunidade-de-entrar-na-universidade-sem-vestibular>. Acesso em: 03 jan. 2022.

SILVA, R. *et al.* O estado da arte das publicações sobre as olimpíadas de ciências no brasil. Universidade Federal de Goiás, 2016.

SOUSA, D. R. de F. **Lançamento de foguete**. 2023. Disponível em: https://www.instagram.com/p/B2gzhX5n6xTQlzOOSyOXLMXa-_yPeQaEnwzPzw0/. Acesso em: 23 maio 2023.

SYMON, K. **Mechanics**. 3. ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1971. ISBN 0201073927,9780201073928.

TAYLOR, J. R. **Mecânica Clássica**. Porto Alegre: Bookman, 2013. ISBN 978-85-8260-087-0.

- THOMAS, M. S.; ROGERS, C. Education, the science of learning, and the covid-19 crisis. **Prospects**, Springer, v. 49, n. 1, p. 87–90, 2020.
- THORTON, S. T.; MARION, J. B. **Dinâmica clássica de partículas e sistemas**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. ISBN 8522109060, 9788522109067.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 1. ISBN 978-85-216-1710-5.
- VALLA, D. F.; ROQUETTE, D. A. G.; GOMES, M. M.; FERREIRA, M. S. Disciplina escolar ciências: inovações curriculares nos anos de 1950-1970. **Ciência & Educação (Bauru)**, SciELO Brasil, v. 20, p. 377–391, 2014.
- VIANNA, J. D. M. *et al.* Olimpíadas de Física. **Revista Física na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 1, 2000.
- WALLEY, S. M. Aristotle, projectiles and guns. **arXiv preprint arXiv:1804.00716**, 2018.
- WATARI, K. **Mecânica Clássica**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. v. 1. ISBN 8588325020.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

Este livro tem o objetivo de auxiliar o professor de Física do Ensino Médio na preparação de estudantes para o nível B das provas da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP).

Neste material, estão inclusos capítulos que versam sobre:

- i) Conceitos básicos: unidades de grandeza, potências de dez e notação científica, ordem de grandeza, Algarismos significativos;
- ii) Cinemática I: medidas de tempo e espaço, movimento uniforme;
- iii) Cinemática II: movimento uniformemente variado, movimento parabólico;
- iv) Cinemática III: movimento curvilíneo, aceleração centrípeta.

Além disso, há exemplos de problemas resolvidos, retirados de edições anteriores da Olimpíada Brasileira de Física e exercícios propostos que fizeram parte de edições anteriores da OBFEP.

Por fim, estão ainda propostos problemas das demais áreas de mecânica nos capítulos subsequentes do livro.



OBFEP NÍVEL B

MECÂNICA

CONCEITOS BÁSICOS E CINEMÁTICA

Rogger França/Fernando Wellysson

Copyright © 2018 Dennys Rogger de França Sousa

PUBLISHED BY SBF - UFC

dennys@fisica.ufc.br

Esta obra é um produto educacional que deu início no estudo de Mestrado Nacional Profissional de Ensino em Física (MNPEF) na Universidade Federal do Ceará no ano de 2020 durante um ano de pandemia. Com o objetivo em orientar os alunos do ensino médio no âmbito da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas, juntamente com o Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira, produzimos este conteúdo sem fins lucrativos.

Primeira impressão, Outubro de 2022

Sumário

I INTRODUÇÃO

1	Conceitos	9
1.1	Introdução	9
1.2	Unidades e grandezas	10
1.2.1	Prefixos usados no SI	12
1.2.2	Comprimento	13
1.2.3	Área e volume	14
1.2.4	Tempo	16
1.2.5	Massa	17
1.2.6	Densidade	17
1.2.7	Vazão	17
1.3	Potência de dez e notação científica	18
1.4	Ordem de grandeza	19
1.4.1	Critério para determinar a ordem de grandeza	19
1.5	Algarismos significativos	20
1.6	Problemas	21
1.7	Exercícios	22

II**CINEMÁTICA**

2	Cinemática I	35
2.1	Introdução	35
2.2	Medidas de tempo e espaço	35
2.3	Movimento uniforme linear	37
2.4	Exercícios	40
3	Cinemática II	47
3.1	Introdução	47
3.2	Movimento variado linearmente	47
3.3	Lei de Torricelli	51
3.4	Movimento Parabólico	51
3.5	Exercícios	53
4	Cinemática Angular	63
4.1	Introdução	63
4.2	Movimento uniforme: curvilíneo	63
4.3	Aceleração centrípeta	65
4.4	Movimento uniformemente variado: curvilíneo	66
4.5	Exercícios	66

III**QUESTÕES DE DINÂMICA**

5	Leis de Newton	75
5.1	Exercícios	75
6	Trabalho e energia	91
6.1	Exercícios	91
7	Impulso e quantidade de movimento	109
7.1	Exercícios	109

IV**QUESTÕES DE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL**

8	Noções básicas de gravitação	115
8.1	Exercícios	115

V**QUESTÕES DE ESTÁTICA**

9	Equilíbrio	125
9.1	Exercícios	125

VI**QUESTÕES DE HIDROSTÁTICA**

10	Hidrostática	129
10.1	Exercícios	129

VII**REFERÊNCIAS**

	Bibliografia	137
	Livros	137



INTRODUÇÃO

1	Conceitos	9
1.1	Introdução	
1.2	Unidades e grandezas	
1.3	Potência de dez e notação científica	
1.4	Ordem de grandeza	
1.5	Algarismos significativos	
1.6	Problemas	
1.7	Exercícios	



1. Conceitos

1.1 Introdução

A História descreve que o ser humano associava os **fenômenos naturais** a influências divinas, e outras respostas eram baseadas em conceitos filosóficos de pessoas que tinham alguma credibilidade. A palavra “fenômeno” vem do grego *phainómenon*, cujo significado é “aquilo que parece”. Etimologicamente, podemos dizer então que fenômenos são aquelas coisas que nos apresentam. Então, a Física é a ciência que trata de descrever e explicar os fenômenos naturais. É importante indagar que “nem tudo que se parece é”, e por algum tempo, isso pode acontecer ainda hoje, as definições de modelos, em que apenas os fatores que interessam são considerados, resultam na falsa ciência [3].

E tão fundamental quanto descrever um fenômeno é poder descrever uma medida, e quem deixou isso bem claro foi o físico Lord Kelvin, no século XIX: “Digo frequentemente que, quando se pode medir algo e expressá-lo em números, alguma coisa se conhece sobre ele. Quando não se pode medi-lo, quando não se pode expressá-lo em números, o conhecimento que se tem dele é estéril e insatisfatório. Ele pode até ser um início para o conhecimento, mas ainda se avançou muito pouco em direção ao estágio da ciência, seja ele qual for.” As medidas científicas não são algo novo, mas remetem aos tempos antigos. No terceiro século a.C., por exemplo, foram feitas medidas bastante precisas dos tamanhos da Terra, da Lua e do Sol, bem como das distâncias entre eles [1].

Obs Menosprezar a importância de novas descobertas é o caminho mais curto para um país se tornar dependente econômico de outros.

Os fenômenos não se produzem ao acaso: entre eles existe uma interdependência. Tais relações de interdependência constituem as leis. Quando é possível medir algo e exprimir essa medida por números, estabelecemos uma *lei física* [3].

Definição 1.1.1 — Lei física. É a relação matemática entre as grandezas que participam de um mesmo fenômeno.

1.2 Unidades e grandezas

Quando se enfrenta um problema é importante fazer bastantes observações, ou de modo contrário o menosprezo deste nos leva a conclusões precipitadas, ou a situações que desejamos encontrar, o que foi comentado anteriormente de falsa ciência. Na Pré-história o problema era a comunicação e a forma de obter os alimentos, no qual a solução tomada foram às pinturas em paredes e a invenção de armas como lanças, arcos e materiais cortantes. Com a evolução econômica e desenvolvimento do comércio o problema era as unidades de medidas, pois não havia um padrão pelos países, na realidade, não havia uniformidade nem dentro de um mesmo país: as unidades usadas em uma cidade poderiam ser diferentes das usadas em outra cidade. Para tais exemplos e entre outras situações que implicaram na evolução tecnológica, a Física utiliza-se de dois processos: a observação e a experimentação.

A **observação** consiste no exame atento de um fenômeno e na pesquisa das circunstâncias que o envolvem. Nesse caso, podemos utilizar os nossos sentidos ou instrumentos que aumentem o seu alcance (microscópio, luneta, telescópio, satélite, balança, amperímetro etc.). A **experimentação** consiste em produzir o fenômeno artificialmente, em condições ideais para a observação. Nesse caso, fazemos variar as circunstâncias que cercam o fenômeno para verificar quais delas influem nele. Quando os fatores que intervêm direta ou indiretamente numa lei física podem ser avaliados quantitativamente, isto é, podem ser medidos, passam a constituir uma **grandeza física**, como exemplos: tempo, distância, massa, velocidade, força etc [3]. Quanto aos tipos de grandezas, podemos citar: a **grandeza física escalar** e a **grandeza física vetorial**.

Definição 1.2.1 — Grandeza física escalar. Grandezas físicas que são perfeitamente caracterizáveis tão somente por um valor numérico e uma unidade de medida, isto é, pela sua intensidade. São exemplos: tempo, massa, comprimento, temperatura, pressão etc.

Definição 1.2.2 — Grandeza física vetorial. São aquelas que contam, além da intensidade, com uma orientação espacial (direção e sentido) para estarem plenamente caracterizadas. **Vetor** é o ente matemático que permite a representação da orientação espacial. São exemplos de grandezas físicas vetoriais: aceleração, velocidade, força, impulso, quantidade de movimento etc.

Circunstancialmente, essa orientação espacial poderá ser desconsiderada, como ocorre com a velocidade e a aceleração, quando se aborda a Cinemática Escalar, caso em que ambas serão consideradas como grandezas físicas escalares [6].

Voltando a situação das unidades sem qualquer padrão, isso começou a mudar durante a Revolução Francesa (1789-1799). Em 1790, um dos membros da Assembleia Constituinte apresentou uma proposta de reforma das unidades de medida baseado numa constante “natural”, a qual foi aceita. Então, a Assembleia pediu à Academia Francesa de Ciências que fizesse um projeto. A academia nomeou um comitê formado por grandes cientistas da época. Assim, foi criado o sistema métrico decimal, constituído de três unidades básicas:

- **metro** (m): foi a unidade escolhida para medir comprimentos. Na época foi definida

como “a décima milionésima parte da quarta parte do meridiano terrestre”, ou seja, dividiu-se um meridiano em 40 000 000 de partes iguais. Como esse padrão não é mais utilizado, ele é conhecido como “metro arquivo”.

- **litro** (L): unidade escolhida para medir volumes. Definida como “o volume de um décimo cúbico”. Apesar de não ser mais considerado uma unidade de base, o litro permanece bastante usado na prática, como a medida de capacidade para líquidos.
- **quilograma** (kg): unidade para medir massa. Definida como “a massa de 1 litro de água na temperatura de 4°C”. Para torná-lo visível, constituiu-se em 1799 um cilindro de platina iridiada, de diâmetro e altura iguais a 39 milímetros.

Em 1971, na 14ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), as **unidades de base** passaram a ser relacionadas na Tabela 1.1.

Grandeza	Nome	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
intensidade de corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Tabela 1.1: Unidades de base no SI.

As **unidades suplementares** estão relacionadas na Tabela 1.2. Todas as outras unidades são **derivadas**, isto é, podem ser obtidas a partir das unidades de base e das unidades suplementares, como por exemplo: se multiplicarmos metro por metro obteremos a unidade metro quadrado (m^2), para medir a grandeza derivada área, e para volume no SI é atribuído o metro cúbico (m^3).

Grandeza	Nome	Símbolo
ângulo plano	radiano	rad
ângulo sólido	esterorradiano	sr

Tabela 1.2: Unidades suplementares no SI.

Obs

Em 1960, a 11ª CGPM estabeleceu uma nova reforma nas unidades, e o Sistema Métrico Decimal (SMD) passou a ser chamado **Sistema Internacional de Unidades**, com abreviatura internacional **SI**. Este também é denominado MKS, em que as letras M, K e S correspondem às unidades iniciais do: metro (m), quilograma (kg) e segundo (s).

Observe a seguir algumas regras para a escrita das unidades:

- Quando escritas por extenso, as iniciais das unidades devem ser sempre minúsculas, mesmo que sejam nomes de pessoas: metro, newton, quilômetro, pascal etc.
- A unidade de temperatura da escala Celsius, o grau Celsius, é a única exceção à regra. Nesse caso utilizamos a letra maiúscula.

- Os símbolos representativos das unidades também são letras minúsculas. Entretanto, serão maiúsculas quando estiverem se referindo a nomes de pessoas. Ex: ampère (A), newton (N), pascal (Pa), metro (m) etc.
- Os símbolos não se flexionam quando escritos no plural. Assim, para indicarmos 10 newtons, por exemplo, usamos 10 N e não 10 Ns.

Existem alguns múltiplos das unidades fundamentais, que não pertencem ao SI, mas têm uso permitido. São eles:

- minuto (min): $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$;
- hora (h): $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 60 \cdot 60 \text{ s} = 3\,600 \text{ s}$;
- dia (d): $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 24 \cdot 3\,600 \text{ s} = 86\,400 \text{ s}$;
- tonelada (t): $1 \text{ t} = 1\,000 \text{ kg}$;
- litro (L): $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 1\,000 \text{ cm}^3$

Para a medição de ângulos planos o SI estabelece a unidade radiano (rad), mas permite o uso do grau ($^\circ$), do minuto ($'$) e do segundo ($''$).



Alguns múltiplos e submúltiplos do metro são convertíveis ao metro por meio de **potências de dez**. Por esse motivo, fazem parte do Sistema Métrico Decimal, introduzido por Napoleão Bonaparte no século XIX, do qual o Brasil é um dos primeiros signatários. Para medidas muito pequenas, em escala atômica, usa-se a unidade angström (Å): $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$, ou seja, $1 \text{ Å} = 0,0000000001 \text{ m}$ (um décimo de bilionésimo de metro). Já em medidas de distâncias astronômicas, isto é, na escala cósmica, usa-se o ano-luz, unidade que equivale à distância percorrida pela luz no vácuo, em um ano: aproximadamente 9,46 trilhões de quilômetros (confira a Tabela 1.4).

1.2.1 Prefixos usados no SI

Com o estabelecimento do SI foram adotados alguns prefixos para representar algumas potências de dez. Após a 19ª CGPM, realizada em 1991, os prefixos adotados são os relacionados na Tabela 1.3; nela estão destacados os prefixos mais usados e que, assim, devem ser memorizados [4].

Fator	Prefixo	Símbolo	Fator	Prefixo	Símbolo
10^{-24}	yocto	y	10^1	deca	da
10^{-21}	zepto	z	10^2	hecto	h
10^{-18}	atto	a	10^3	quilo	k
10^{-15}	femto	f	10^6	mega	M
10^{-12}	pico	p	10^9	giga	G
10^{-9}	nano	n	10^{12}	tera	T
10^{-6}	pico	μ	10^{15}	peta	P
10^{-3}	mili	m	10^{18}	exa	E
10^{-2}	centi	c	10^{21}	zetta	Z
10^{-1}	deci	d	10^{24}	yotta	Y

Tabela 1.3: Prefixos do SI.

■ **Exemplo 1.1** Verifique a Tabela 1.3 para converter as unidades:

- A) $2 \text{ kg} = 2 \underbrace{\text{quilo grama}}_{\substack{k=10^3 \\ g}} = 2 \cdot 10^3 \text{ g} = 2\,000 \text{ g};$
- B) $1 \text{ Mm} = 1 \underbrace{\text{mega metro}}_{\substack{M=10^6 \\ m}} = 1 \cdot 10^6 \text{ m} = 1\,000\,000 \text{ m};$
- C) $3 \text{ nm} = 3 \underbrace{\text{nano metro}}_{\substack{n=10^{-9} \\ m}} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ m} = \frac{3}{1000000000} = 0,000000003 \text{ m};$
- D) $180 \text{ cm} = 180 \underbrace{\text{centi metro}}_{\substack{c=10^{-2} \\ m}} = 180 \cdot 10^{-2} \text{ m} = \frac{180}{100} = 1,8 \text{ m};$

Obs

Na forma oral, os nomes dos múltiplos e submúltiplos decimais das unidades são pronunciados por extenso, prevalecendo a sílaba tônica da unidade. As palavras quilômetro, decímetro, centímetro e milímetro, consagradas pelo uso com o acento tônico deslocado para o prefixo, são as únicas exceções a esta regra; assim sendo, os outros múltiplos e submúltiplos decimais do metro devem ser pronunciados com o acento tônico na penúltima sílaba (mé), por exemplo, megametro, micrometro (distinto de micrômetro, instrumento de medição), nanometro etc. Assim, por exemplo, nanometro é pronunciado "nanométrô", e não "nanômetro", como erroneamente apresentam alguns dicionários [4].

■ **Exemplo 1.2** Um coração bate 120 000 vezes por dia. Determine o número de vezes que, desde o nascimento, já bateu o coração de uma pessoa ao completar 50 anos.

Resposta:

$$\frac{1}{50} = \frac{365}{x} \Rightarrow x = 18250 \text{ dias}$$

Se o coração bate, em média, 120 000 vezes por dia, temos:

$$\frac{1}{18250} = \frac{120000}{y} \Rightarrow y = 2190000000 \text{ vezes}$$

1.2.2 Comprimento

Na busca de maior precisão, a 11ª CGPM, realizada em 1960, adotou como base o **comprimento de onda** no vácuo (medida do metro) de uma raia vermelha do criptônio 86, correspondente à transição entre os estados dubleto p10 e o quinteto d5 [4].

Em determinadas situações, o padrão que havia sido estabelecido, deixou de oferecer a precisão exigida em algumas experiências mais sofisticadas. Desse modo houve nova mudança de padrão, passando-se a usar a velocidade da luz no vácuo, a qual pode ser medida com muita precisão. A 17ª CGPM, realizada em 1983, estabeleceu que: o **metro** é o comprimento da trajetória percorrida pela luz, no vácuo, durante um intervalo de tempo de $\frac{1}{299792458}$ de segundos. Em outras palavras, a cada segundo, a luz percorre no vácuo exatamente 299792458 metros que é aproximadamente $3 \cdot 10^8 \text{ m}$ [4].

O metro é, em alguns casos, uma medida muito pequena ou, em outras ocasiões, muito grande para determinadas medições. Por este motivo e entre outros, foram criados os

Nome	Símbolo	Valor em unidades do SI
angström	Å	10^{-10} m
unidade astronômica	UA	$1,49597870 \cdot 10^{11}$ m
parsec	pc	$3,0857 \cdot 10^{16}$ m
ano-luz	AL	$\sim 9,46 \cdot 10^{15}$ m
milha marítima		1852 m
milha terrestre	mi	~ 1609 m
jarda	yd	0,9144 m
pé	ft	0,3048 m
polegada	in	0,0254 m

Tabela 1.4: Algumas unidades de comprimento não pertencentes ao SI.

múltiplos do metro (veja a Tabela 1.3) e outras unidades de medida. Vejamos algumas unidades de comprimento não pertencentes ao SI (Tabela 1.4):

O **angström**, que é usado na área de Física Atômica, é aproximadamente igual ao diâmetro do átomo de hidrogênio. A **unidade astronômica**, o **ano-luz** e o **parsec** são usados na Astronomia. A unidade astronômica (UA) é igual à distância média entre o centro do Sol e o da Terra, e o ano-luz é a distância percorrida pela luz, no vácuo, em um ano. Depois do Sol, a estrela mais próxima da Terra é **Próxima Centauro**, que está a uma distância da Terra de cerca de 270 000 UA. Para lidar com essas enormes distâncias, os astrônomos criaram a unidade de comprimento denominada **parsec**. Ela foi definida de modo que a distância entre o centro da Terra e o centro da Próxima Centauro tenha a ordem de grandeza de 1 parsec [4].

1.2.3 Área e volume

As unidades de área são quadrados cujos lados são tomados como unidades de comprimento. A unidade principal de área é o **metro quadrado** (m^2), ou seja, a área de um quadrado cujo lado mede um metro de comprimento. Na proposta inicial do Sistema Métrico Decimal foi estabelecida como unidade de área o **are** (a), que era a área de um quadrado cujos lados mediam 10 metros:

$$1 \text{ a} = 1 \text{ are} = (10 \text{ m})^2 = 100 \text{ m}^2 = 10^2 \text{ m}^2$$

Por razões históricas, na medida de grandes extensões de terra, até hoje é usado como unidade de área o **hectare**, que equivale a 100 ares. Na realidade, o nome deveria ser **hectoare**, pois o prefixo correspondente a cem é hecto; no entanto, o costume consagrou a palavra **hectare**. É importante destacar que o hectare não pertence ao SI.

■ **Exemplo 1.3** (OBF 2015) “O Radar Fixo, é um equipamento eletrônico, computadorizado, que visa monitorar um determinado ponto da rodovia ou toda ela, estabelecendo uma rotina de fiscalização, objetivando através dessas ações a redução das estatísticas de acidentes com vítimas fatais nas rodovias e disciplinando a curto e médio prazo o motorista no que se refere ao controle de velocidade”.

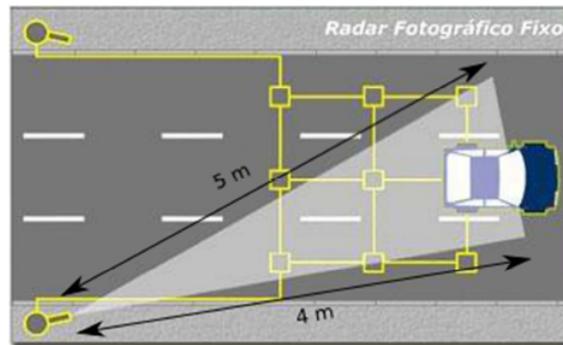


Figura 1.1: Departamento de Estradas e Rodagens do Rio de Janeiro.

Na Figura 1.1, considere que o radar detecta veículos dentro do triângulo retângulo em destaque. Qual a área da estrada, em m^2 coberta pelo feixe?

Resposta: Aplicando o teorema de Pitágoras para encontrar a altura do triângulo

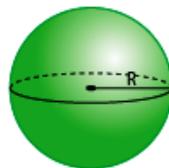
$$h^2 = c^2 - b^2 \Rightarrow 5^2 = 4^2 + c^2 \Rightarrow c^2 = 5^2 - 4^2 \Rightarrow c^2 = 25 - 16 \Rightarrow c = \sqrt{9} \therefore |c| = 3 \text{ m}$$

Para calcular a área do feixe basta aplicar a equação

$$A = \frac{4 \cdot 3}{2} \Rightarrow A = 6 \text{ m}^2$$

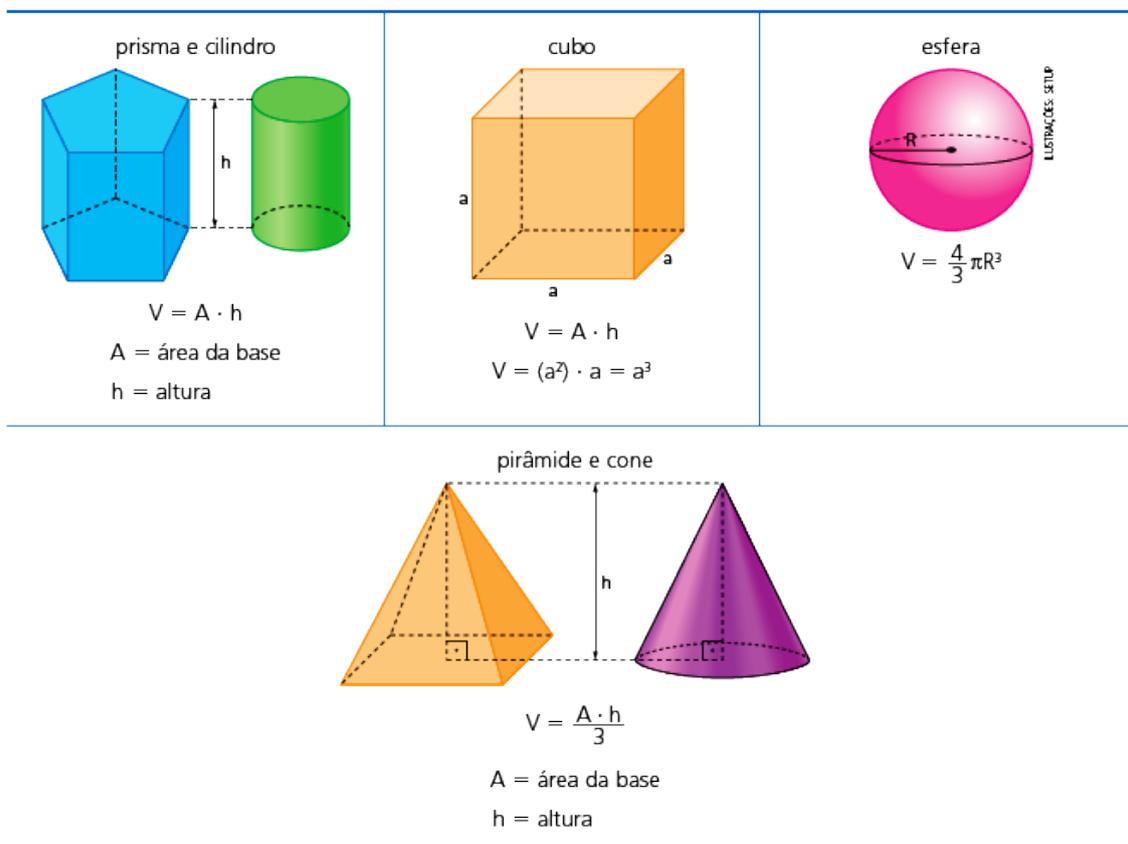
<p>paralelogramo</p> <p>$A = b \cdot h$</p>	<p>retângulo</p> <p>$A = b \cdot h$</p>	<p>quadrado</p> <p>$A = b \cdot b = b^2$</p>
<p>trapézio</p> <p>$A = \frac{(b + B)h}{2}$</p>	<p>triângulo</p> <p>$A = \frac{b \cdot h}{2}$</p>	<p>círculo</p> <p>$A = \pi \cdot R^2$ ($\pi \cong 3,1416$)</p>

superfície externa da esfera



$$A = 4 \pi R^2$$

As unidades de volume são cubos cujas arestas são tomadas como unidade de comprimento. A unidade principal de volume é o **metro cúbico** (m^3), ou seja, o volume de um cubo cuja aresta mede um metro de comprimento.



1.2.4 Tempo

A visão clássica sobre tempo é a de que ele é um parâmetro universal único t no qual todos os observadores estão de acordo, ou seja, se todos os relógios estivessem ajustados, então todos poderiam ver o mesmo evento acontecendo num tempo sincronizado.

Não entrando no assunto, mas só pra deixar claro, que a visão de um tempo absoluto não é verdadeira, e essa conclusão foi possível através da teoria da relatividade de Albert Einstein.

No SI a unidade de tempo é o **segundo**, cujo o símbolo é s . No entanto, frequentemente, usamos outras unidades não pertencentes ao SI, como, por exemplo, o minuto, a hora, o dia, a semana, o ano, o século etc [4].

Os primeiros povos tiveram a necessidade de medir o tempo, isso partiu de observações como a duração do dia, o tempo da colheita ou até mesmo a mudança das estações do ano; em outras palavras, medir a duração ou a separação das coisas mutáveis. A maneira que usavam para medir era diversa: relógio de sol, relógio de água (clepsidra), relógios de areia (ampulheta), relógio de pêndulo, enfim..., até chegar nos modelos que conhecemos hoje, como os digitais.

Em 1967, a unidade de tempo *segundo* foi definida em função de uma frequência característica de uma espécie particular de transição do átomo de césio, que passou a ser o “relógio de frequência” e, hoje, o segundo é a duração de 9192631770 períodos da

oscilação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio-133 ($^{133}_{55}\text{Cs}$) em repouso.

1.2.5 Massa

Como já descrevemos antes, a massa tem como unidade padrão o **quilograma** (kg). No cotidiano usamos a palavra peso com o mesmo significado de massa, e saiba que esse termo está errado. A massa de um corpo é nada mais do que a quantidade de matéria, onde as partículas estão estruturadas nas condições pressão, volume e temperatura.

Há duas unidades de massa que não pertencem ao SI, mas que são usadas com frequência: a tonelada (t) e a unidade de massa atômica (u). Estes têm o valor, respectivamente, de: 10^3 kg e $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg. A unidade de massa atômica é usada na Física Atômica e é aproximadamente igual à massa do próton e à do nêutron [4].

Alguns físicos se empenham em encontrar outro padrão de massa que seja mais preciso e menos sujeito a variações, já que o cilindro de platina iridiada, padrão que temos hoje, apresentou uma pequena diminuição de massa.

1.2.6 Densidade

É comum quando você vai tomar uma bebida o garçom lhe servir um copo com gelo, e ao colocar o líquido você nota que parte do gelo está submerso. Esse fenômeno acontece com boa parte dos materiais, outros, por exemplo, quando colocados num líquido acabam afundando, como seria um caso se você fizesse, no lugar do gelo, um prego num copo d'água.

Não significa que o prego é mais “pesado” do que o gelo, pois o fato de ser considerado está na massa e volume do corpo. Em outras palavras, para comparar massas ou pesos de substâncias diferentes, devemos comparar corpos com volumes iguais. Logo, isso é feito por meio da massa específica.

Definição 1.2.3 — Densidade (d). É a razão entre a massa (m) e o volume ocupado (V).

$$d = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de massa específica ou densidade é o kg/m^3 , mas frequentemente são usadas as unidades g/cm^3 e kg/L .

Obs

O conceito de **massa específica** é aplicado a uma substância enquanto a **densidade** se aplica a um corpo. Exemplo: de posse de determinada quantidade de ferro, você pode moldar vários tipos de corpos; um deles pode ser todo maciço enquanto outro pode ter deixado em seu interior espaços vazios. Assim, um deles talvez flutue enquanto o outro afunda.

1.2.7 Vazão

Suponhamos que um líquido esteja escoando por um cano cilíndrico cuja seção reta é A (Figura 1.2). Sendo V o volume do líquido que passa por A no intervalo de tempo Δt , a vazão ϕ do líquido através de A é definida por:

Definição 1.2.4 — Vazão (ϕ). É a razão entre o volume (V) e a variação do tempo Δt .

$$\phi = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1.2)$$

No SI a unidade de vazão é m^3/s .

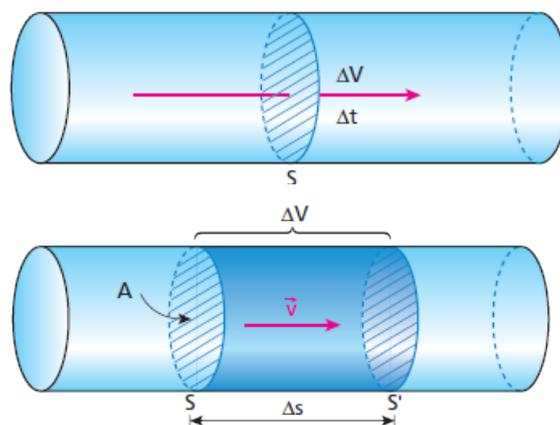


Figura 1.2: Seção transversal de uma mangueira.

1.3 Potência de dez e notação científica

Sobretudo nas Ciências Naturais – Física, Química e Biologia – é comum termos de lidar com quantidades muito grandes ou muito pequenas.

Por exemplo, a distância (D) da Terra à Lua é aproximadamente igual a 380 milhões de metros:

$$D \cong 380000000 \text{ m}$$

enquanto o raio (r) de um átomo de hidrogênio é dado aproximadamente por:

$$r \cong 0,00000000005 \text{ m}$$

Para trabalhar de maneira mais rápida iremos contabilizar o número de casas em que a vírgula irá deslocar, e o número compreendido será o expoente no qual a base é 10, veja a situação a seguir com D e r :

■ **Exemplo 1.4** Escreva os valores correspondentes de D e r em potência na base 10.

Resposta:

$$D \cong 380000000 \text{ m} \Rightarrow D \cong \underbrace{380000000}_{7 \text{ casas}} \therefore D \cong 38 \cdot 10^7 \text{ m}$$

$$r \cong 0,00000000005 \text{ m} \Rightarrow r \cong 0,\underbrace{00000000005}_{11 \text{ casas}} \therefore r \cong 5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Uma forma de padronizar cientificamente é representar em **notação científica**. ■

Definição 1.3.1 — Notação científica. Na prática representamos uma grandeza N com um número compreendido entre 1 e 10, multiplicada pela potência de 10 conveniente.

$$N = x \cdot 10^n \quad (1.3)$$

- $1 \leq |x| < 10$; $|x|$ é a representação do valor absoluto ou do módulo de a (chamado de coeficiente de potência da base 10).
- $n \in \mathbb{Z}$; \mathbb{Z} é o conjunto dos números inteiros, ou seja, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$

Portanto, no caso da distância D quando em notação científica, obviamente temos: $38 \cdot 10^7 = 3,8 \cdot 10^8$.

Alguns valores que são representados em notação científica na Física, por exemplo:

- carga elétrica elementar: $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb;
- ano-luz: $9,46 \cdot 10^{15}$ metros;
- número de Avogadro: $6,02 \cdot 10^{23}$;
- massa da Terra: $5,983 \cdot 10^{24}$ quilogramas.

1.4 Ordem de grandeza

Alguns casos na ciência em que não é possível obter um valor exato, ou às vezes só nos interessamos em resultados aproximados. Na mecânica quântica não é possível conseguir o tamanho de um elétron ou a sua posição, mas há indícios que mede menos de 10^{-16} m [5].

Se pegarmos uma trena podemos medir o valor exato do comprimento de uma porta, que é aproximadamente 2,10 m. Observe as potências de dez em que cada valor está em centímetros: $2 \cdot 10^{-2}$, $2 \cdot 10^{-1}$, $2 \cdot 10^0$, $2 \cdot 10^1$, $2 \cdot 10^2$, $2 \cdot 10^3$ e $2 \cdot 10^4$; qual desses valores melhor representa o comprimento da porta?

Sabendo que 1 metro é igual a 100 cm, certamente a resposta que *mais se aproxima* é $2 \cdot 10^2$, logo, a ordem de grandeza é a potência de dez 10^2 . A ordem de grandeza, apesar de ser uma “aproximação da aproximação”, é importante em todas as ciências naturais [5].

1.4.1 Critério para determinar a ordem de grandeza

Vimos algumas constantes representadas em notação científica na seção anterior: carga elétrica elementar, ano-luz, massa da Terra etc; e nesta mesma seção vimos que a ordem de grandeza é a expressão da potência de 10 mais próxima a determinada medida. Entretanto, entre os valores de 1 a 10, há valores que se aproximam mais de um do que do outro, logo as ciências naturais estabelece um critério, veja um exemplo:

■ **Exemplo 1.5** Sendo x um valor que pertence aos conjuntos dos reais (\mathbb{R}) e que compreende qualquer valor entre $1 \leq |x| < 10$, então:



conforme é representado na imagem e aplicando a proporção,

$$\frac{x}{1} = \frac{10}{x} \Rightarrow x^2 = 10 \Rightarrow x = \sqrt{10} = 10^{\frac{1}{2}} \cong \mathbf{3,16}.$$

Portanto:

- Se $1 \leq |x| < \sqrt{10}$, então a ordem de grandeza é 10^n .
- Se $\sqrt{10} \leq |x| < 10$, então a ordem de grandeza é 10^{n+1} .

■

1.5 Algarismos significativos

Quando se trabalha com medidas quase sempre aparece uma dúvida: com quantos algarismos se escreve uma medida?

Tente medir o diâmetro do seu lápis. Que resultado você obteve?

7 mm? 7,1 mm? 7,15 mm?

Essa pergunta tem **inúmeras respostas**, e **todas podem estar certas!**

Se você mediu com uma régua comum, provavelmente achou 7 mm, ou talvez 7,5 mm ou ainda 0,7 cm. Se você dispõe de um instrumento mais preciso, como um micrômetro ou um paquímetro, pode ter achado 7,34 mm ou 7,4082 mm. Se você repetir a medida várias vezes pode ser que em cada uma ache um valor diferente! Como saber qual é o valor correto? Como escrever esse valor?

Na verdade, nem sempre existe um valor correto nem uma só forma de escrevê-lo; há sempre uma **incerteza**. O valor de uma medida depende do instrumento utilizado, da escala em que ele está graduado e, às vezes, do próprio objeto a ser medido e da pessoa que faz a medida.

Por exemplo, a medida do diâmetro do lápis com uma régua comum será feita na escala em que ela é graduada (centímetros ou milímetros) e dificilmente alguém conseguirá expressá-la com mais de dois algarismos. Nesse caso, certamente o segundo algarismo é avaliado ou **duvidoso**.

Se for utilizado um instrumento mais preciso, é possível fazer uma medida com um número maior de algarismos e, ainda, acrescentar mais um, o duvidoso. Todos os algarismos que se obtêm ao fazer uma medida, incluindo o duvidoso, são **algarismos significativos**. Se outra pessoa fizer a mesma medida, talvez encontre um valor um pouco diferente mas, ao escrevê-lo, deverá utilizar o número correto de algarismos significativos.

Tente fazer com um colega! Suponha que, ao medir o diâmetro desse lápis com um paquímetro, o *aluno A* encontre o valor 7,34 mm e o *aluno B* 7,37 mm. Pelo resultado, percebe-se que ambos têm certeza do 7 e do 3, mas o último algarismo é incerto.

Imagine agora que eles resolvam entrar num acordo e considerar, como melhor medida, um valor que seja igual à média aritmética dos seus resultados.

Qual será esse valor?

Para achar a média aritmética **m** basta somar as medidas de cada um e dividir por 2 (que é o número total de medidas). Assim teremos:

$$m = \frac{7,34 + 7,37}{2} \Rightarrow m = \frac{14,71}{2} = 7,355 \text{ mm.}$$

Será correto expressar o diâmetro do lápis com tantos algarismos?

É claro que não! Se cada aluno só teve certeza de dois algarismos e avaliaram, discordando, mais um, não tem sentido dar uma resposta com quatro algarismos!

Nesse caso, para manter a coerência e expressar a medida com o número correto de algarismos significativos, deve-se desprezar o último algarismo obtido no cálculo da média aritmética.

Obs É comum utilizar a seguinte regra: quando esse algarismo (o que deve ser desprezado) for maior ou igual a 5 acrescenta-se 1 ao último algarismo que restou.

Teremos então $7,355 \text{ mm} = 7,36 \text{ mm}$, que é a melhor forma de expressar a média aritmética das medidas dos dois alunos: mantêm-se os mesmos dois algarismos dos quais têm certeza, o 7 e o 3, mas o algarismo duvidoso passa a ser o 6. É provável que esse valor seja, provisoriamente, o melhor valor dessa medida. Se outras pessoas participarem e fizerem outras medidas, a média aritmética terá um número muito maior de parcelas e o seu valor representará melhor o diâmetro do lápis.

Talvez não haja um só dia em nossas vidas em que não se conviva com alguma forma de medida. Ao nascer ganham-se os primeiros números: altura e peso (seria melhor, comprimento e massa). A partir de então, as grandezas e as medidas povoam nosso dia-a-dia, tornando-se cada vez mais variadas e complexas. Temos que nos familiarizar com novos instrumentos de medida, relógios, balanças, termômetros, medidores de combustível, de pressão, de consumo de água ou energia elétrica e o que mais o progresso exigir. No entanto, mais importante que tudo isso, é entender que toda medida resulta de um esforço do homem para compreender e interpretar a natureza. Fomos nós, seres humanos, que criamos as grandezas, os padrões, as unidades e os instrumentos de medida. Portanto, nenhuma medida é a expressão da verdade, independentemente do número de algarismos significativos que possua. Há, certamente, medidas e instrumentos mais confiáveis, processos de medição mais adequados a determinados fins. E é importante distinguir uns dos outros. A vida tem mais barreiras do que parece e é preciso ser capaz de perceber se elas estão à distância correta, se o juiz mediu corretamente os passos regulamentares, se os jogadores não avançaram. Caso contrário, como dizem os jogadores, fazer um gol fica muito difícil!

1.6 Problemas

Problema 1.1 O que é uma grandeza física?

Problema 1.2 Nas palavras a seguir, procure distinguir quais são, ou não, grandezas físicas: cansaço, calor, energia, rapidez, curiosidade, trabalho, honestidade, pontualidade, temperatura, força, aceleração e coragem.

Problema 1.3 Escreva em notação científica os números abaixo.

- A) $567 =$
- B) $80000 =$
- C) $156000 =$
- D) $98700000 =$
- E) $256 \cdot 10^8 =$
- F) $0,00005 =$
- G) $0,000068 =$

H) $0,005 \cdot 10^{-4} =$

Problema 1.4 Dê a ordem de grandeza das seguintes medidas:

A) $3 \cdot 10^8 =$

B) $6 \cdot 10^9 =$

C) $18 \cdot 10^{11} =$

D) $4,2 \cdot 10^4 =$

E) $5,1 \cdot 10^7 =$

F) $3 \cdot 10^{-8} =$

G) $8 \cdot 10^{-3} =$

H) $2,6 \cdot 10^{-5} =$

Problema 1.5 Escreva os seguintes numerais na notação de potência de 10.

A) mil =

B) cem mil =

C) um milhão =

D) um centésimo =

E) um décimo de milésimo =

F) um milionésimo =

Problema 1.6 Coloque em ordem crescente os números: $3 \cdot 10^{-6}$, $5 \cdot 10^{-7}$ e $8 \cdot 10^{-4}$.

Problema 1.7 Efetue:

A) $3,54 \cdot 10^5 + 2,3 \cdot 10^5 =$

B) $8 \cdot 10^6 - 7,2 \cdot 10^6 =$

C) $3,16 \cdot 10^4 - 2,17 \cdot 10^3 =$

D) $8,54 \cdot 10^8 + 9,2 \cdot 10^7 =$

E) $10^3 \cdot 10^5 =$

F) $10^{-4} \cdot 10^7 =$

G) $10^{15} \div 10^8 =$

H) $10^{-6} \div 10^{-4} =$

I) $(10^3)^2 =$

J) $\frac{6,4 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^4} =$

Problema 1.8 Qual é a ordem de grandeza do número de segundos de 20 anos?

1.7 Exercícios

LEIA ATENTAMENTE O TEXTO ABAIXO QUE SERÁ UTILIZADO COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

O futebol (do inglês *football*) é um esporte de equipe jogado entre dois times de 11 jogadores cada um. É considerado o esporte mais popular do mundo, praticado por cerca de 270 milhões de pessoas de, praticamente, todas as nacionalidades. Uma partida de futebol é realizada num campo retangular gramado, cujas dimensões utilizadas na copa do

mundo na África do Sul foram de 110 metros de comprimento por 75 metros de largura. Em cada lado do campo (nas linhas chamadas “linhas de fundo”) existem balizas que delimitam uma área denominada “gol”. Os “gols” são constituídos de dois postes verticais (conhecidos como traves) de 2,40 metros de altura, localizados a 7,30 metros de distância um do outro e sobre o centro de cada linha de fundo. As partes superiores dos postes são unidas por outro poste horizontal, conhecido como travessão. O objetivo é deslocar uma bola através do campo para colocá-la dentro do “gol” adversário, ação que se denomina “gol”. A equipe que marca mais “gols” ao término da partida é a vencedora. O futebol é jogado com uma bola de forma esférica que deve ser de couro ou outro material adequado. Sua circunferência é de 70 centímetros, sua massa de 450 gramas e sua pressão de 1,0 atmosfera ao nível do mar. Os jogadores podem tocar e mover a bola com qualquer parte de seu corpo, exceto com os membros superiores. O goleiro tem a vantagem de poder utilizar qualquer parte de seu corpo para isto, mas somente dentro de uma área delimitada denominada de grande área. As grandes áreas são áreas retangulares localizadas no centro dos “gols” e adentrando-se no campo. As linhas que delimitam a grande área são traçadas a 16,5 metros dos postes verticais, adentrando-se também 16,5 metros ao interior do campo, e unidas por outra linha maior. O traçado da pequena área é semelhante, porém com uma medida de 5,5 metros. Uma partida de Futebol tem duração total de 90 minutos, divididos em tempo iguais de 45 minutos e separados por um intervalo de 15 minutos.

(adaptado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Futebol>)

Use se necessário $g = 10 \text{ m/s}^2$ (aceleração gravitacional local); $\pi = 3$; 1 caloria = 4,2 J.

Exercício 1.1 (OBFEP 2010) Qual das alternativas abaixo apresenta o número de praticantes de futebol no mundo, como indicado no texto?

- A) $2,7 \cdot 10^2$.
- B) $2,7 \cdot 10^3$.
- C) $2,7 \cdot 10^4$.
- D) $2,7 \cdot 10^6$.
- E) $2,7 \cdot 10^8$.

Exercício 1.2 (OBFEP 2010) Qual a massa da bola em kg?

- A) 450.
- B) 0,45.
- C) 0,045.
- D) 45,0.
- E) 4,5.

Exercício 1.3 (OBFEP 2010) Considerando a massa da bola e seu volume podemos afirmar que ao ser mergulhada num tanque com água a bola irá: (considere a densidade da água como sendo 1 g/cm^3 e a do ar como 1 kg/m^3)

- A) Como a densidade do ar é menor que a da água a bola irá flutuar.
- B) Como a densidade do ar é maior que a da água a bola irá afundar.

- C) A bola irá flutuar totalmente submersa na água.
- D) Como a densidade do ar é maior que a da água a bola irá flutuar.
- E) Como a densidade do ar é menor que a da água a bola irá afundar.

Exercício 1.4 (OBFEP 2011) Considere que a massa de um grão de feijão seja aproximadamente 1 g. Assinale a alternativa abaixo que melhor se aproxima do número de grãos de feijão que se encontra em um saco de 60 kg:

- A) 10^3 grãos.
- B) 10^6 grãos.
- C) 10^2 grãos.
- D) 10^5 grãos.
- E) 10^1 grãos.

Exercício 1.5 (OBFEP 2011) O coração humano bate, em média, 70 vezes por minuto. Se uma pessoa viver 60 anos, assinale a alternativa que corresponde à ordem de grandeza do número de batidas de seu coração durante sua vida:

- A) 10^2 .
- B) 10^6 .
- C) 10^5 .
- D) 10^3 .
- E) 10^9 .

Exercício 1.6 (OBFEP 2011) Considere que a massa de 2 grãos de milho para fazer pipoca seja aproximadamente 1 g. Se $\frac{1}{4}$ dos grãos viram pipocas, quantas pipocas serão produzidas por 1 kg deste milho? Justifique sua resposta apresentando os cálculos.

Exercício 1.7 (OBFEP 2012) Uma gincana escolar chega à última tarefa: descobrir a altura de um enorme pinheiro plantado no centro do pátio da escola, sem nele subir. Foi fornecido a cada equipe uma fita métrica. Vence a turma mais rápida. A equipe vencedora deveria explicar como resolveu o desafio. Venceu a equipe da Mariana! Como? Eis a explicação dada: medimos a altura do Pedro (1,8 m) e sua sombra (1,2 m). Medimos a seguir o comprimento da sombra do pinheiro (10 m) e, finalmente utilizamos a geometria. O resultado corretamente obtido foi:

- A) 12 m.
- B) 15 m.
- C) 18 m.
- D) 20 m.

Exercício 1.8 (OBFEP 2012) Tem-se uma placa metálica de densidade $d = 8,0 \text{ g/cm}^3$ e espessura $0,50 \text{ cm}$. A placa tem o formato de um trapézio reto, sendo sua base maior $B = 30 \text{ cm}$, base menor $b = 20 \text{ cm}$ e seu lado perpendicular às duas bases $h = 50 \text{ cm}$. Esta placa é repartida em um retângulo e em um triângulo retângulo. Sabendo que a densidade de um corpo de massa m e volume v é dada pela expressão $d = m/v$, pode-se afirmar que a massa da parte triangular da placa vale:

- A) $m = 4000 \text{ g}$.
- B) $m = 8000 \text{ g}$.
- C) $m = 1000 \text{ g}$.
- D) $m = 2500 \text{ g}$.

Exercício 1.9 (OBFEP 2012) Um tambor de forma cilíndrica, com a parte superior aberta, tem por dimensões o diâmetro da base $d = 1,0 \text{ m}$ e a altura $h = 1,6 \text{ m}$. O tambor está cheio de água e possui uma torneira próxima à base que, aberta, verte água com uma vazão média de 1 litro a cada 10 segundos. Nessas condições, sabendo que o volume de um cilindro é $V = \pi r^2 h$ quantos aquários de forma retangular e volume 16.000 cm^3 podem ser preenchidos em 2 horas e 30 minutos, e quantos litros de água sobram no tambor, aproximadamente? (considere $\pi = 3$)

- A) 90 aquários e 120 litros.
- B) 56 aquários e 300 litros.
- C) 100 aquários e 0 litros.
- D) 75 aquários e 300 litros.

Exercício 1.10 (OBFEP 2012) Um recipiente vazio à pressão ambiente é colocado em uma balança que indica 112 g sendo 12 g de ar. Em seguida ele é preenchido, completamente, com água. Depois é colocado novamente na balança, que agora indica $12,100 \text{ kg}$. Sabendo-se que 1 kg de água ocupa o volume de 1 litro, pode-se afirmar que a quantidade de ar, contida no recipiente vazio, é de:

- A) 12 litros.
- B) 1,2 litro.
- C) 11 litros.
- D) 10 litros.

Exercício 1.11 (OBFEP 2012) Em um balão de borracha (bexiga) há $6 \cdot 10^{22}$ átomos de hélio. Sabendo-se que a massa de um átomo de hélio é $6,65 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, pode-se afirmar que a massa do gás hélio no interior do balão é aproximadamente:

- A) 6 g .
- B) $0,6 \text{ g}$.
- C) $0,4 \text{ g}$.
- D) 4 g .

Exercício 1.12 (OBFEP 2012) Há na natureza espécies de formigas com capacidade de transportar folhas de até 15 vezes seu peso. Caso um adulto de 60 kg, tivesse esta capacidade, ele poderia transportar uma carga de:

- A) 900 kg.
- B) 600 kg.
- C) 4 kg.
- D) 15 kg.

Exercício 1.13 (OBFEP 2013) Atualmente é comum utilizar filmes de PVC transparente para embalar alimentos e guardá-los na geladeira. Um rolo de PVC à venda apresenta a gramatura do produto igual a $12,50 \text{ g/m}^2$, e as dimensões de $28 \text{ cm} \times 30 \text{ m}$. A massa do filme deste produto, em gramas, é de:

- A) 12,5.
- B) 37,5.
- C) 90.
- D) 105.

Exercício 1.14 (OBFEP 2013) Índice pluviométrico indica a quantidade de chuva por metro quadrado que cai em um determinado local, num certo período. Por exemplo, se o índice pluviométrico for de 30 mm, o volume de água será $1 \text{ m}^2 \times 0,030 \text{ m}$. Entre as 19 horas do dia 01 de abril até a madrugada do dia 03 de abril, o Serviço de Meteorologia computou na cidade de La Plata – província de Buenos Aires - um índice pluviométrico de 450 milímetros. Se a área total da cidade de La Plata é da ordem de 840 km^2 , quantos litros de água desabaram no período citado?

- A) $3,8 \times 10^{11} \text{ L}$.
- B) 3.800.000 L.
- C) $3,8 \times 10^5 \text{ L}$.
- D) $3,8 \times 10^9 \text{ L}$.

Exercício 1.15 (OBFEP 2013) Uma esfera oca, de raio interno $R = 5,0 \text{ cm}$ está com metade de seu interior com água que é vertida para um tubo cilíndrico. O tubo possui raio interno $r = 4,0 \text{ cm}$. Sabendo que o volume de uma esfera é $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ e o volume de um cilindro é $V = \pi r^2 h$, o líquido atinge aproximadamente a altura h de (considere $\pi = 3,14$):

- A) 5,2 cm.
- B) 20,8 cm.
- C) 15,6 cm.
- D) 31,2 cm.

Exercício 1.16 (OBFEP 2013) Um tubo tem paredes internas espelhadas e a sua seção transversal é uma elipse, mostrada na Figura 1.3, com seus focos F_1 e F_2 . Considere um laser-pointer situado no foco F_1 . Ligando o laser e apontando-o para a superfície interna refletora do tubo o raio refletido, para passar por F_2 , deve atingir o ponto:

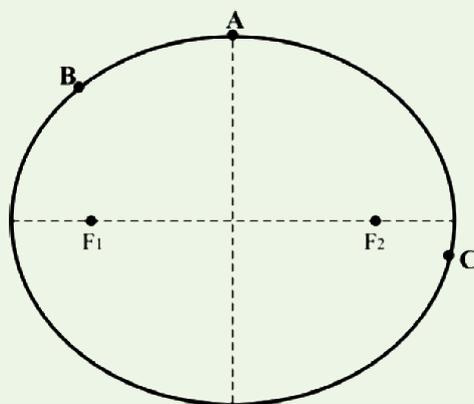


Figura 1.3: Seção transversal de um tubo elíptico.

- A) A.
- B) B.
- C) C.
- D) Qualquer um dos pontos.

Exercício 1.17 (OBFEP 2013) Uma caixa d'água cilíndrica tem 1,4 m de diâmetro e 80 cm de altura. A caixa está com $2/3$ de sua capacidade com água. Uma análise revelou que cada litro da água da caixa possui 78 miligramas de minerais. Sabendo que o volume do reservatório é dado por $V = \pi R^2 h$, pode-se afirmar que a quantidade de minerais existentes na água da caixa é (considere $\pi = 3$):

- A) 16 g.
- B) 64 g.
- C) 180 g.
- D) 320 g.

Exercício 1.18 (OBFEP 2013) Estima-se que cada gota de água que pinga de um torneira possui 10^{21} moléculas de água. Podemos afirmar que em cada gota existe:

- A) 2×10^{21} átomos de oxigênio.
- B) 10^{21} átomos de hidrogênio.
- C) 5×10^{20} átomos de oxigênio.
- D) 2×10^{21} átomos de hidrogênio.

Exercício 1.19 (OBFEP 2014) Bisnaga sentou ao lado do professor, atraído pelas descobertas que poderia experimentar com essa tal de Física. Além disso, desta vez ele conseguiu acertar o desafio proposto pelo professor Arquimedes.

- Bisnaga, qual o estádio mais famoso do Brasil?

- O Maracanã, é claro!

O Professor desenhou o campo do estádio do Maracanã com suas dimensões atuais e pintou de um tom mais escuro alguns lugares conforme Figura 1.4. Depois disse:

- O projeto da cobertura de grama do campo do Maracanã usava grama São-Carlos nas partes que estão pintadas em um tom mais escuro e grama Esmeralda no resto da área. A grama São-Carlos tem uma cor mais intensa e incomoda menos quando a tocamos. A grama Esmeralda, além de ser mais barata, é resistente ao pisoteio e tem ótima recuperação. Quantos metros quadrados seriam ocupados pela grama Esmeralda? Use $\pi = 3$.

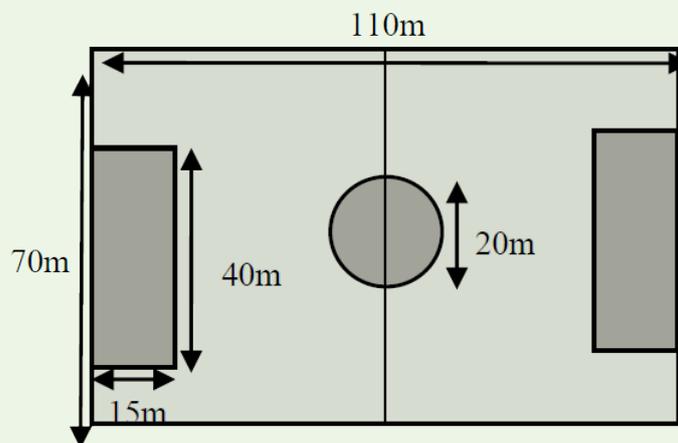


Figura 1.4: Campo do estádio do Maracanã com suas dimensões.

- A) 4.800 m^2 .
- B) 5.600 m^2 .
- C) 6.200 m^2 .
- D) 7.400 m^2 .

Exercício 1.20 (OBFEP 2014) Depois que respondeu a pergunta anterior, Bisnaga indagou ao professor Arquimedes:

- Porque é importante calcular essas áreas, professor?

- Toque nessas duas chuteiras. Seus solados são feitos de materiais diferentes. No meu laboratório de Física, verifiquei que a chuteira “pistola” possui mais aderência à grama Esmeralda, e a “faísca” possui mais aderência à grama São-Carlos; como você sabe, o jogador não deve ficar escorregando em campo.

- Então, a Física vai ajudar o jogador a escolher qual a melhor chuteira para jogar no Maracanã?

- Exatamente. Mas, essa escolha, que servirá para o campo do Maracanã, pode não

servir para outro campo. Bisnaga, responda-me: qual chuteira um jogador deve escolher para jogar no Maracanã?

- A) Se for goleiro, deve escolher a “pistola”. Se for jogador de linha, deve escolher a “faísca”.
- B) Se for goleiro, deve escolher a “faísca”. Se for jogador de linha, deve escolher a “pistola”.
- C) Em qualquer posição, deve escolher a “pistola”.
- D) Em qualquer posição, deve escolher a “faísca”.

Exercício 1.21 (OBFEP 2014) Um dia, Bisnaga não se segurou e perguntou:

- De onde vem o nome “Arquimedes”, professor? Ele é muito estranho. Sem querer te ofender.

- Tudo bem, Bisnaga. Meu pai me deu o nome de um grande inventor. Arquimedes viveu há muitos séculos atrás, em um lugar bem distante daqui. Foi considerado o maior inventor de sua época. O rei de Siracusa confiava muito nele. A história mais famosa de Arquimedes é aquela que ele correu nu pela rua gritando “Eureka!!!”, quando descobriu uma maneira de solucionar um grande desafio. Sua ideia surgiu em um banheiro público, quando mergulhou em uma banheira cheia de água e parte da água derramou.

- Nu! Que vergonha! E o que é “Eureka”? É uma deusa grega?

- Bisnaga, na sociedade que Arquimedes vivia, a nudez pública não era considerada uma ofensa. “Eureka” significa “achei”.

- Ah!... e qual foi essa descoberta fantástica, professor?

- Ele descobriu como verificar se a coroa que o rei de Siracusa comprou era feita totalmente de ouro em seu interior, sem danificá-la. Ele pediu ouro em pó para o rei. Depois, colocou a coroa em um prato de uma balança e foi jogando ouro em pó no outro prato, até que a balança estivesse equilibrada.

- Neste caso, tanto a coroa, quanto o ouro puro teriam a mesma massa, não é professor?

- Muito bem, Bisnaga. Ele encheu um recipiente com água até a boca e colocou a coroa. Depois, encheu o mesmo recipiente com água novamente e colocou o ouro de mesma massa que a coroa. Se os dois fossem de ouro, deveriam derramar a mesma quantidade de água, pois ocupariam o mesmo volume.

- Hummm... Mas, será que derramou muita água?

- Boa pergunta. Vamos fazer a experiência?

Professor Arquimedes tinha um coroa de madeira semelhante à que os reis da antiga Siracusa usavam. Ele a mergulhou em um recipiente cheio de água. A água que derramou foi colocada em um béquer, conforme Figura 1.5. Se a base do béquer tinha 5 cm de raio e a altura da água era 4 cm, qual o volume da coroa? Use $\pi = 3$.



Figura 1.5: Esquematização de um béquer.

- A) 150 cm^3 .
- B) 200 cm^3 .
- C) 250 cm^3 .
- D) 300 cm^3 .

Exercício 1.22 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B)

Em 1997, Gilberto Gil lançou o álbum “Quanta” com músicas que tratavam da física quântica e da revolução da informática. Ao lado, vemos um trecho da música “Pela Internet” que foi muito tocada nas rádios na época.

Criar meu web site
Fazer minha home-page
Com quantos gigabytes
Se faz uma jangada
Um barco que veleje

O termo “gigabytes” significa giga de bytes, ou, bilhões de bytes, ou ainda, 10^9 bytes. Vemos o prefixo giga usado pela informática para medir a quantidade de bytes (unidade de informação). Este prefixo pode ser usado para expressar bilhões de qualquer unidade: gigawatts (bilhões de watt), gigmetro (bilhões de metros), etc. O giga pertence a uma grande lista de prefixos utilizados no Sistema Internacional (SI), todos representando potências de 10. Você já utilizou alguns deles junto às unidades metro (m), litro (L) e grama (g) como no centímetro (centi + metro), no mililitro (mili+litro) e no quilograma (quilo+grama).

Determine qual a ordem crescente das quantidades representadas pelos prefixos abaixo

- A) mega - giga - tera.
- B) mega - tera - giga.
- C) giga - mega - tera.
- D) tera - giga - mega.

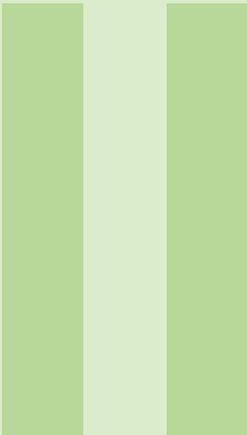
Exercício 1.23 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) **UNIDADES DE MEDIDA**

No Rio de Janeiro (RJ), a família Almeida foi em busca de uma raridade que veio do espaço: o meteorito de Bendegó, o maior do Brasil. Foi encontrado no sertão da Bahia e hoje se encontra no Museu Nacional acional da Quinta de Boa Vista. As medidas das suas dimensões (largura, altura e comprimento) foram feitas por três equipes diferentes de pesquisadores (tabela abaixo). A média das medidas de uma dimensão é chamada de valor mais provável (Vmp), considerada a medida oficial daquela dimensão. O Vmp é mais confiável quanto menor for a média dos desvios das medidas em comparação ao próprio Vmp. Mediante essas informações, qual a dimensão do meteorito de Bendegó possui o Vmp mais confiável?

Dimensão	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Vmp
Comprimento	1,9 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,5 m	2,2 m
Largura	1,2 m	1,3 m	1,6 m	1,7 m	1,7m	1,7 m
Altura	0,5 m	0,6 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,7 m

- A) O comprimento.
- B) A largura.
- C) A Altura.
- D) O comprimento e a altura.





CINEMÁTICA

2	Cinemática I	35
2.1	Introdução	
2.2	Medidas de tempo e espaço	
2.3	Movimento uniforme linear	
2.4	Exercícios	
3	Cinemática II	47
3.1	Introdução	
3.2	Movimento variado linearmente	
3.3	Lei de Torricelli	
3.4	Movimento Parabólico	
3.5	Exercícios	
4	Cinemática Angular	63
4.1	Introdução	
4.2	Movimento uniforme: curvilíneo	
4.3	Aceleração centrípeta	
4.4	Movimento uniformemente variado: curvilíneo	
4.5	Exercícios	



2. Cinemática I

2.1 Introdução

Em Física, a palavra movimento, como todas as palavras, adquire significado mais preciso e restrito: movimento é sempre um conceito relativo; só faz sentido falar em movimento de um corpo em relação a outro corpo. Em outras palavras, um corpo está em movimento quando a sua posição, em relação a determinado corpo de referência, varia com o decorrer do tempo.

2.2 Medidas de tempo e espaço

Quando algo pode ser medido, então pode-se analisar o que está sendo colocado em estudo. Na Mecânica Clássica, a Cinemática descreve o movimento dos corpos sem se preocupar com o **por que** do movimento do que está sendo analisado. Um discurso pertinente é que pode ocorrer a situação de observadores descreverem para o mesmo objeto o estado de repouso ou de movimento. Logo, ao iniciar o estudo de medidas de tempo e espaço, determina-se o marco referencial, ou seja, de onde iremos começar a medida.

Em uma partida de futebol, por exemplo, pode começar em algum horário marcado, digamos que seja às 15h, e tem no primeiro tempo a duração de 45min. Veja que o marco referencial, que iremos definir como t_0 é de 15h, e que a variação do tempo é 45min, logo, representando o tempo final como t , a equação é

$$t = t_0 + \Delta t \Rightarrow t = 15h + 45min$$

nesta equação, deve-se ter atenção com as unidades. Embora, ambas estão relacionadas à grandeza temporal, veja que uma está em horas e enquanto a outra está em minutos. Dessa forma, há algumas maneiras de representar o tempo t :

- $t = 15h45min$
- $t = 15h + 45min \cdot 1h \div 60min \Rightarrow t = 15h + 0,75h \Rightarrow t = 15,75h$

Há outras opções de determinar a unidade quando fazemos a conversão; aconselho que você pratique as formas de conversão de unidades se caso ainda não tenha o domínio.

Independentemente da unidade que for trabalhada para o tempo, esta grandeza é bem definida por um número e uma unidade. Esse tipo de característica refere-se a **grandeza escalar** (veja a **Definição 1.2.1**).

Ainda usando o exemplo do jogo de futebol, digamos que um jogador baterá uma cobrança de falta. Como o jogo é registrado, pode-se analisar a posição inicial da bola e determinar um referencial, assim como é possível dizer em qual região do espaço, em um dado tempo, em que a bola está localizada. Tente imaginar a seguinte situação: durante a cobrança de falta, a bola estava localizada a 8 m da bandeirinha, do lado direito do goleiro do time rival, a 3 m de distância da lateral direita e a 0 m de altura.

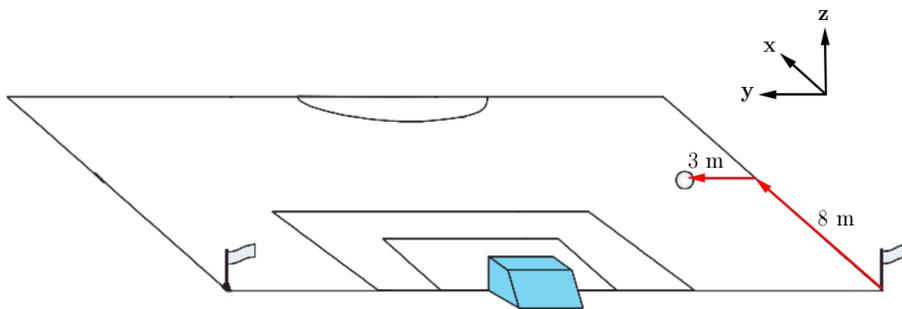


Figura 2.1: Representação das coordenadas da posição inicial da bola.

Esta situação é bem parecida com os jogos que usam coordenadas. Veja que temos um referencial como a bandeirinha, entretanto, num campo de futebol há quatro bandeirinhas, por isso é preciso determinar mais um referencial como o lado que esta se encontra (lado direito do goleiro rival). Determinado o referencial, agora pode-se examinar as medidas, que nesse caso é compreendido pelo comprimento no **espaço cartesiano** (eixo x, y e z). Definindo a posição inicial como \mathbf{r}_0 , podemos escrever as informações de acordo com o espaço cartesiano:

$$\mathbf{r}_0 = (8 \text{ m})\hat{x} + (3 \text{ m})\hat{y} + (0 \text{ m})\hat{z}$$

\hat{x}, \hat{y} e \hat{z} é definido como **versor**, é considerado um vetor unitário que apresenta a mesma orientação de um eixo, sendo que a direção e o sentido são os mesmos do eixo (veja a **Definição 1.2.2**). Na grandeza vetorial informamos a dimensão, e a orientação no eixo x, y e z através dos versores. As formas de escrever um vetor são: \mathbf{r}_0, \vec{r}_0 e r_0 .

Quando o vetor posição variar em magnitude e/ou geometria, podemos calcular a variação da posição, mas se caso não variar nenhuma dessas condições podemos dizer que a variação corresponde ao **vetor nulo**.

Imaginemos a situação em que a bola está em uma nova posição: $\mathbf{r} = (12 \text{ m})\hat{x} + (5 \text{ m})\hat{y} + (2 \text{ m})\hat{z}$. Observe que todas as componentes estão na mesma unidade, e para calcular a variação da posição ($\Delta\mathbf{r}$) basta subtrair os valores da seguinte maneira

$$\begin{aligned} \Delta\mathbf{r} &= \mathbf{r} - \mathbf{r}_0 \\ &= [(12 \text{ m}) - (8 \text{ m})]\hat{x} + [(5 \text{ m}) - (3 \text{ m})]\hat{y} + [(2 \text{ m}) - (0 \text{ m})]\hat{z} \\ &= (4 \text{ m})\hat{x} + (2 \text{ m})\hat{y} + (2 \text{ m})\hat{z} \end{aligned}$$

Enquanto a magnitude do vetor posição, faremos

$$\begin{aligned}\|\Delta\mathbf{r}\| &= \sqrt{[(4\text{ m})\hat{x}]^2 + [(2\text{ m})\hat{y}]^2 + [(2\text{ m})\hat{z}]^2} \\ &= \sqrt{(16\text{ m}^2) + (4\text{ m}^2) + (4\text{ m}^2)} \\ &= 2\sqrt{6}\text{ m}\end{aligned}$$

Ao analisarmos as duas situações note que a grandeza vetorial determina a valor do deslocamento para cada eixo e a orientação. Quando o valor é positivo corresponde o mesmo sentido do versor correspondente na figura, se caso o valor for negativo significa que está na mesma direção só que no sentido contrário do versor. Para a segunda equação, perceba que não há informação da orientação, e somente da intensidade da variação da posição.

Essas duas grandezas fundamentais, tempo e espaço, quando combinadas no estudo da Cinemática resultam em uma grandeza derivada que é o movimento. Estudaremos a seguir alguns casos.

2.3 Movimento uniforme linear

Um corpo estará em repouso quando ocupar sempre o mesmo lugar no espaço. Quando mudar continuamente de posição estará em movimento.

A maneira de verificar se um corpo está em movimento ou em repouso é pela posição dos objetos que o cercam. Se a posição se conservar constante, o corpo estará em repouso. Se, pelo contrário, a posição entre ele e o(s) referencial(is) que o cercam variar, o corpo estará em movimento. A linha que um corpo em movimento descreve, chama-se **trajetória**. Dependendo da trajetória em linha reta ou curva, ele será **retilíneo** ou **curvilíneo**.

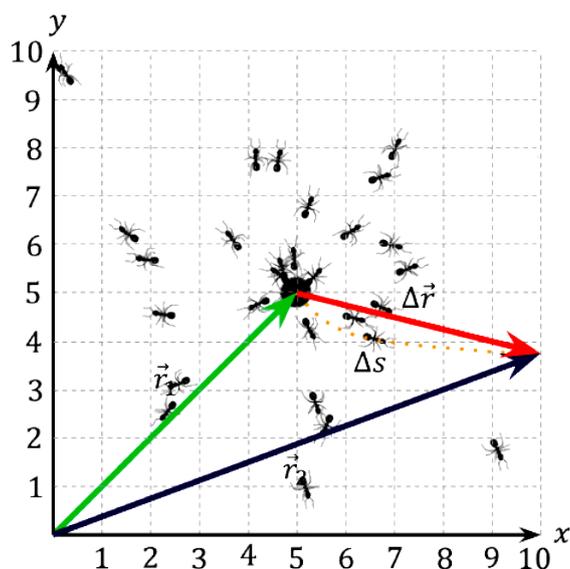


Figura 2.2: Uma das formigas faz a trajetória que é representada pela linha pontilhada, esta definimos como **distância percorrida** Δs . Perceba que o **deslocamento** $\Delta\vec{r}$ conecta as duas posições consideradas (final e inicial), e desempenha o papel de um *atalho*.

Observando a Figura 2.2 percebe-se que Δs nem sempre pode ser uma linha reta, como neste caso é uma curva, logo $\|\Delta\vec{r}\| \leq \|\Delta s\|$. Nesta figura o sistema está no plano cartesiano; quando temos a informação do tempo relacionada a posição, podemos calcular a velocidade média na forma vetorial e escalar.

Obs Pelo fato de não existir pontos fixos no sistema do mundo, as noções de repouso e movimento são concepções teóricas.

Quando um **móvel** (qualquer corpo em movimento) percorre espaços iguais em tempos iguais, ou seja, quando a velocidade for constante e a trajetória uma linha reta, definimos como **Movimento Retilíneo e Uniforme – M.R.U.**

Definição 2.3.1 — Velocidade média vetorial (\vec{v}_m). É a razão do deslocamento $\Delta\vec{r}$ do móvel, pelo tempo Δt gasto no percurso. O vetor \vec{v}_m é a reta secante à trajetória.

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Portanto, pode-se afirmar que a unidade de medida da velocidade corresponde a razão entre a unidade de medida da posição e a unidade de medida de tempo. É comum observarmos a unidade em km/h, embora esta unidade não é padrão no SI, no qual a unidade padrão é o m/s. Para adequar a unidade de medida de km/h para m/s ou vice-versa:

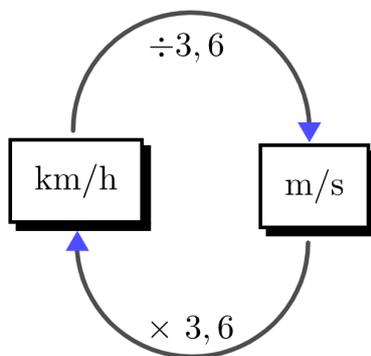


Figura 2.3: Conversão de unidade de medida de km/h em m/s ou vice-versa.

Quando $\vec{v}_m > 0$ a velocidade tem a mesma direção e sentido do que o vetor deslocamento, então definimos o movimento como **progressivo**. Enquanto, para $\vec{v}_m < 0$, a velocidade tem a mesma direção e sentido oposto do que o vetor deslocamento, então definimos o movimento como **retrógrado**. Da mesma maneira que a equação 2.1 podemos determinar a velocidade média escalar quando fazemos a razão da distância percorrida pelo tempo. Pesquise depois o que é **velocidade vetorial instantânea** e verifique como podemos representar um gráfico da velocidade em função do tempo no MRU.

GRÁFICO DA POSIÇÃO EM RELAÇÃO AO TEMPO

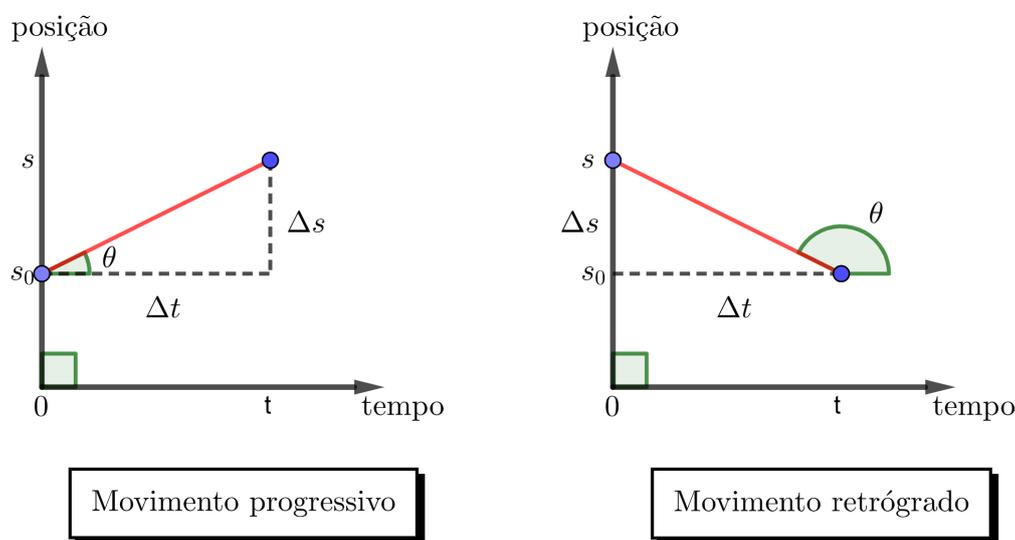


Figura 2.4: O gráfico da posição em função do tempo tem a forma de uma função afim não linear, isso quando $s_0 \neq 0$, se caso a posição inicial for zero, o gráfico será uma função afim linear. À esquerda o gráfico é crescente, enquanto o da direita é decrescente.

■ **Exemplo 2.1** (OBF 2005) Um avião parte de uma cidade A para outra cidade B, mantendo a velocidade constante igual a 250 km/h. Ao alcançar a metade do caminho é forçado a diminuir a velocidade, mantendo a constante em 200 km/h; conseqüentemente, chega ao destino com 15 minutos de atraso. Considerando que o tempo de mudança de velocidade é desprezível, qual a distância entre as cidades A e B?

Resposta: Chamando de Δs a distância entre as cidades, o problema diz que o avião anda $\frac{\Delta s}{2}$ com velocidade de 250 km/h e anda a outra metade com velocidade de 200 km/h. Se ele não tivesse mudado a velocidade, ele faria um tempo t , tal que, usufruindo da equação 2.1:

$$t = \frac{\Delta s}{250}$$

Na situação em que ele muda a velocidade, vamos chamar de t_1 o tempo em que ele anda a 250 km/h e t_2 o tempo em que ele anda a 200 km/h. Então:

$$t_1 + t_2 = \frac{\Delta s}{250} + \frac{\Delta s}{200} \therefore t_1 + t_2 = \frac{9\Delta s}{2000}$$

A questão fala que teve um atraso de 15min, que é equivalente a $\frac{1}{4}$ h, ou 0,25h. Portanto,

$$\Delta t + \frac{1}{4} = t_1 + t_2 \Rightarrow \frac{\Delta s}{250} + \frac{1}{4} = \frac{9\Delta s}{2000} \therefore \Delta s = 500 \text{ km}$$

■

2.4 Exercícios

LEIA ATENTAMENTE O TEXTO ABAIXO QUE SERÁ UTILIZADO COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

O futebol (do inglês *football*) é um esporte de equipe jogado entre dois times de 11 jogadores cada um. É considerado o esporte mais popular do mundo, praticado por cerca de 270 milhões de pessoas de, praticamente, todas as nacionalidades. Uma partida de futebol é realizada num campo retangular gramado, cujas dimensões utilizadas na copa do mundo na África do Sul foram de 110 metros de comprimento por 75 metros de largura. Em cada lado do campo (nas linhas chamadas “linhas de fundo”) existem balizas que delimitam uma área denominada “gol”. Os “gols” são constituídos de dois postes verticais (conhecidos como traves) de 2,40 metros de altura, localizados a 7,30 metros de distância um do outro e sobre o centro de cada linha de fundo. As partes superiores dos postes são unidas por outro poste horizontal, conhecido como travessão. O objetivo é deslocar uma bola através do campo para colocá-la dentro do “gol” adversário, ação que se denomina “gol”. A equipe que marca mais “gols” ao término da partida é a vencedora. O futebol é jogado com uma bola de forma esférica que deve ser de couro ou outro material adequado. Sua circunferência é de 70 centímetros, sua massa de 450 gramas e sua pressão de 1,0 atmosfera ao nível do mar. Os jogadores podem tocar e mover a bola com qualquer parte de seu corpo, exceto com os membros superiores. O goleiro tem a vantagem de poder utilizar qualquer parte de seu corpo para isto, mas somente dentro de uma área delimitada denominada de grande área. As grandes áreas são áreas retangulares localizadas no centro dos “gols” e adentrando-se no campo. As linhas que delimitam a grande área são traçadas a 16,5 metros dos postes verticais, adentrando-se também 16,5 metros ao interior do campo, e unidas por outra linha maior. O traçado da pequena área é semelhante, porém com uma medida de 5,5 metros. Uma partida de Futebol tem duração total de 90 minutos, divididos em tempo iguais de 45 minutos e separados por um intervalo de 15 minutos.

(adaptado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Futebol>)

Use se necessário $g = 10 \text{ m/s}^2$ (aceleração gravitacional local); $\pi = 3$; 1 caloria = 4,2 J.

Exercício 2.1 (OBFEP 2010) Qual a velocidade média que um jogador deve manter para cruzar um campo de futebol em linha reta e em 22 segundos?

- A) 10 m/s.
- B) 10 km/h.
- C) 5 m/s.
- D) 3 km/h.
- E) 3 m/s.

Exercício 2.2 (OBFEP 2010) Informações obtidas das estatísticas de uma partida de futebol mostram que um atacante correu um total de 10 km durante toda a partida de futebol. Usando este resultado responda:

- A) Qual é a sua velocidade média em km/h?
- B) Durante o 1° tempo o atacante percorreu 6 km e no 2° tempo 4 km. Calcule a velocidade média do atacante no 1° e 2° tempos respectivamente em km/h?

A média das velocidades do 1° e 2° tempos é igual a obtida no item anterior? (justifique a sua resposta) ■

Exercício 2.3 (OBFEP 2010) Considere um goleiro posicionado sobre a linha de fundo no meio do seu gol. O árbitro está exatamente no meio do campo e apita o final do jogo. Quanto tempo é necessário para que o som do apito chegue ao goleiro? Assuma que a velocidade do som no ar é de 300 m/s. ■

Exercício 2.4 (OBFEP 2010) Um atacante ao cobrar um pênalti anota um gol, chutando a bola exatamente no centro do gol. A bola atinge uma velocidade média de 100 km/h. Qual o tempo (em segundos) entre o momento do chute e o gol? ■

Exercício 2.5 (OBFEP 2011) Três objetos têm velocidades cujos módulos valem:

i) $v_1 = 1,3 \cdot 10^4$ cm/s.

ii) $v_2 = 9,5$ km/dia.

iii) $v_3 = 0,6 \cdot 10^5$ m/semana.

Então, é correto afirmar que:

A) $v_1 < v_2 < v_3$.

B) $v_1 = v_2 = v_3$.

C) $v_1 < v_2 < v_3$.

D) $v_1 = v_3$ e $v_1 < v_2$.

E) $v_3 < v_2 < v_1$. ■

Exercício 2.6 (OBFEP 2011) Na madrugada do dia **11 de março de 2011**, a costa nordeste do Japão foi atingida por um forte terremoto de **8,9 graus de magnitude**, segundo o Instituto Geológico dos Estados Unidos (USGS). O abalo provocou um tsunami que chegou a **dez metros** de altura e devastou cidades na região norte do país. O tremor principal aconteceu com epicentro a **130 quilômetros** da costa japonesa. As estimativas, por enquanto, são de que mais de mil pessoas morreram e pelo menos 100 mil estão desaparecidas. O portal iG publicou que o tsunami correu através do Oceano Pacífico a uma velocidade de **800 km/h**. Países banhados pelo Pacífico e que fazem parte da região conhecida como Círculo do Fogo foram alertados sobre o tsunami, mas nenhum foi seriamente atingido. Considerando corretas as informações contidas no texto, calcule o tempo (em **segundos**) transcorrido desde o momento em que ocorreu o tremor principal até o momento em que o tsunami atingiu a costa japonesa. ■

ENUNCIADO PARA AS DUAS PRÓXIMAS QUESTÕES

Um motorista apressado foi de carro de Brasília a Goiânia em **duas horas**. Sabendo que a distância entre estas cidades é de cerca de **216 km** e assumindo que o trajeto é retilíneo, responda:

Exercício 2.7 (OBFEP – 2011) Calcule a velocidade média do veículo em m/s. ■

Exercício 2.8 (OBFEP – 2011) Se o motorista parou por **20 minutos** para lanchar então, necessariamente, em algum momento da viagem o motorista ultrapassou o limite máximo de velocidade na estrada que é de 110 km/h? Justifique sua resposta. ■

Exercício 2.9 (OBFEP 2012) Um helicóptero está em busca de um barco recém-naufragado no mar. Ele utiliza um sonar (dispositivo que emite sons que, ao atingirem um obstáculo, nele se refletem e retornam ao aparelho emissor, registrando o tempo de ida e volta). A equipe do helicóptero, supondo ter localizado o barco, permanece a 170 m da superfície do mar exatamente sobre a região onde deve estar o barco. O tempo registrado pelo sonar, do instante da produção do som até o retorno depois de ter atingido o barco, foi de 1,25 segundos. Com estes dados, e sabendo que a velocidade do som no ar é 340 m/s e a velocidade do som na água é 1.400 m/s, podemos afirmar que a profundidade do ponto onde o barco se encontra é:

- A) 680 m.
 - B) 425 m.
 - C) 1.750 m.
 - D) 175 m.
-

Exercício 2.10 (OBFEP 2012) A velocidade média de uma molécula de hidrogênio a 25 °C vale aproximadamente 1.800 m/s. Supondo essa temperatura constante, na hipótese de uma molécula de hidrogênio movimentar-se, sem encontrar nenhum obstáculo, de Brasília para Manaus que estão separadas por cerca de 2.934 km, ela levaria um tempo aproximado de:

- A) 18 minutos.
 - B) 27 minutos.
 - C) 45 minutos.
 - D) 1 hora.
-

Exercício 2.11 (OBFEP 2013) Nas corridas de bicicletas, os ciclistas se curvam sobre a direção, com a finalidade de:

- A) Melhorar a visibilidade das condições da pista.
 - B) Poder pedalar com maior intensidade.
 - C) Diminuir os efeitos da resistência do ar.
 - D) Diminuir o centro de gravidade do conjunto.
-

Exercício 2.12 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) A prova de 100 metros rasos é considerada a rainha de todas as provas. O seu record foi conquistado pelo jamaicano Usain Bolt, em 2009, na Alemanha: 9,58 segundos. Muitos jornais da época o chamaram

de homem-luz. É claro que sua velocidade não chegou perto dos 300.000 km/s, que a luz desenvolve, mas já faz 6 anos que ele é o homem mais rápido do mundo. A velocidade média de Bolt nesta corrida é melhor representada por:

- A) 35 km/h.
- B) 38 km/h.
- C) 40 km/h.
- D) 43 km/h.

Exercício 2.13 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) Um mosquito estava voando próximo de um mata-insetos elétrico quando foi atraído pela luz violeta emitida por este equipamento, conforme representado na figura abaixo. O mosquito voou diretamente para o mata-insetos com velocidade vetorial v cujo módulo é igual a 2,5 cm/s. Quanto tempo levou para o inseto tocar neste equipamento?

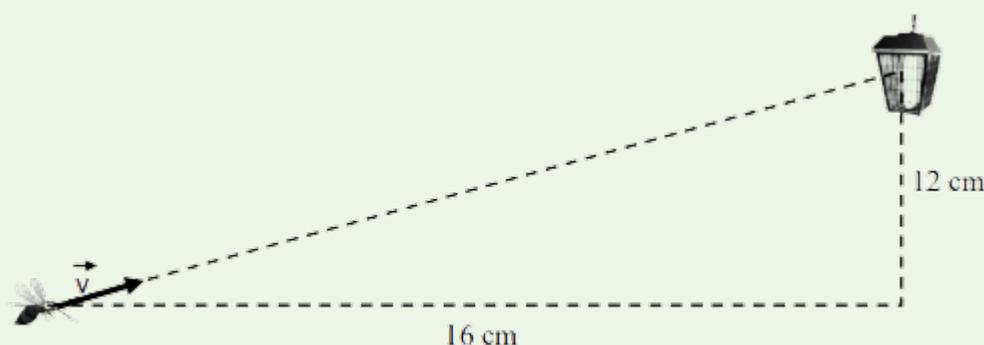


Figura 2.5: Imagem retirada da prova OBFEP 2015 - Nível B.

- A) 4 s.
- B) 6 s.
- C) 8 s.
- D) 10 s.

Exercício 2.14 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) Vinícius e Tom estão constantemente trocando ideias sobre esportes. Desta vez, era sobre velocidade na corrida de 100 m rasos. Eles sabem que o homem mais rápido do mundo é o Usain Bolt, com a marca de 9,58 s. Já a melhor marca sul-americana foi a de 10,00 s de Robson Caetano, em 1988. Dessa vez, foi Vinícius que perguntou a Tom: - Será que Robson Caetano, quando fez sua melhor marca, ultrapassou os 40 km/h de velocidade em algum instante?

Qual seria a resposta correta?

- A) Não. Se ele percorreu 100 m durante 10 s, ele percorreria 36.000 m (ou 36 km) em 3.600 s (ou 1 h), o que corresponde à velocidade exata de 36 km/h, menor que 40 km/h.
- B) Sim. Se ele partiu do repouso ($v = 0$) e sua velocidade média foi 36 km/h, é

muito provável que sua velocidade instantânea tenha atingido 4 km/h acima da velocidade média.

- C) Não. Ele não chegou a percorrer 1 quilômetro, nem gastou 1 hora, portanto, é incoerente apresentar sua velocidade em quilômetros por hora.
- D) Sim. Se a maratona possui uma distância um pouco maior que 42 km um bom atleta, como Robson, conseguiria percorrer mais que 42 km; portanto, sua velocidade ultrapassou os 40 km/h.

Exercício 2.15 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) ENCONTRO ENTRE DOIS CORPOS

Atualmente, aumentou o número de pessoas que adotam animais de estimação, principalmente cães e gatos. Esse é o caso de dona Filermina, que possui um gato e um cachorro muito ciumento. Quando a comida do gato era colocada, o cachorro corria para chegar primeiro até a comida. Em $t = 0$ s de um certo dia, na busca por chegar primeiro, o gato estava a 24 cm/s e o cachorro estava a 120 cm/s, ambos desenvolvendo movimento uniforme, conforme imagem abaixo. Se o gato possui 40 cm de comprimento e o cachorro possui 60 cm de comprimento, em que instante o cachorro ultrapassou o gato totalmente?

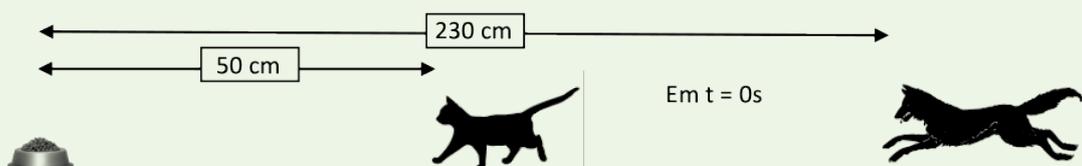


Figura 2.6: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

- A) 2,5 s.
- B) 2,8 s.
- C) 3,0 s.
- D) 3,2 s.

Exercício 2.16 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) ENCONTRO ENTRE DOIS CORPOS

Você sabe qual o maior edifício do Brasil? É a torre 1 do Yachthouse Residence Club, localizada no balneário Camboriú, em Santa Catarina, com 276 m de altura e 81 andares. Carlos escolheu essa parada por adorar construções, o que levou a família Almeida pernoitar lá. Ele descobriu que os elevadores desse prédio sobem com 5 m/s e descem com 7 m/s. Se dois elevadores partissem simultaneamente, um deles partindo do ponto mais alto e o outro do ponto mais baixo desse prédio, em que altura eles iriam se encontrar? Despreze tanto as dimensões dos elevadores, quanto as distâncias percorridas para ganhar velocidade.

- A) 108 m.

- B) 115 m.
- C) 126 m.
- D) 138 m.



3. Cinemática II

3.1 Introdução

A rapidez é medida pela variação da posição por um intervalo de tempo, entretanto, sabe-se que nos movimentos que observamos diariamente, as velocidades na maioria das vezes não permanecem constantes, variando portanto no decorrer da trajetória. Nesta seção estudaremos algumas situações com a variação da velocidade, seja com relação ao tempo ou da posição.

3.2 Movimento variado linearmente

Do mesmo modo que a grandeza espacial pode variar de maneira uniforme a cada instante de tempo, seja numa trajetória retilínea ou curvilínea, assim, podemos estudar de forma similar a situação em que a velocidade varia com o passar do tempo, seja um movimento linear ou angular. Na prática, quando alguém está dentro de um veículo, o indivíduo perceberá se ocorreu uma variação do movimento, seja na intensidade (acelerando ou desacelerando) ou na direção (fazendo uma curva).

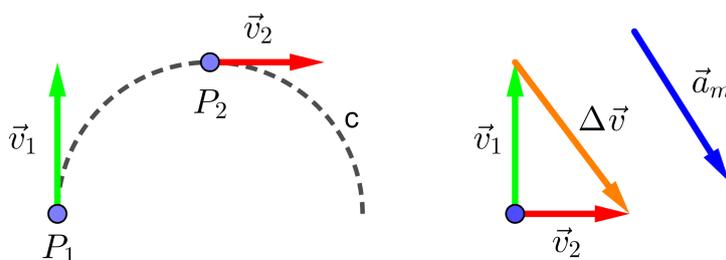


Figura 3.1: Vetor aceleração média.

Definição 3.2.1 — aceleração média vetorial (\vec{a}_m). É a razão da velocidade $\Delta\vec{v}$ pelo tempo Δt gasto no percurso. O vetor \vec{a} é a combinação do vetor aceleração centrípeta $\vec{a}_{cp} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$ (associada a mudanças na direção do movimento) e a aceleração tangencial \vec{a}_T (associada a variações na intensidade do vetor velocidade), portanto

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \quad (3.1)$$

$$\vec{a} = \vec{a}_{cp} + \vec{a}_T \quad (3.2)$$

Note que o vetor aceleração média tem a mesma direção e o mesmo sentido da variação da velocidade vetorial como está representado na Figura 3.1. É importante observar também que os vetores \vec{v}_1 e \vec{v}_2 são colocados na mesma origem. Sugiro que o professor mostre o vetor aceleração instantânea e suas componentes na posição P_1 e P_2 na Figura 3.1.

Obs O vetor aceleração tangencial é sempre paralelo ao vetor velocidade instantânea, e o vetor aceleração centrípeta é sempre perpendicular ao vetor velocidade instantânea. Em todo movimento circular, tem-se, no mínimo, a componente centrípeta da aceleração, pois nesse movimento, sempre há mudança de direção.

As equações do movimento variado linearmente, mais conhecido como MRUV - movimento retilíneo uniformemente variado - representam três tipos de situações para a aceleração média na reta tangente, que também podem ser aplicadas para o movimento de queda livre, e o lançamento vertical, próximo à superfície.

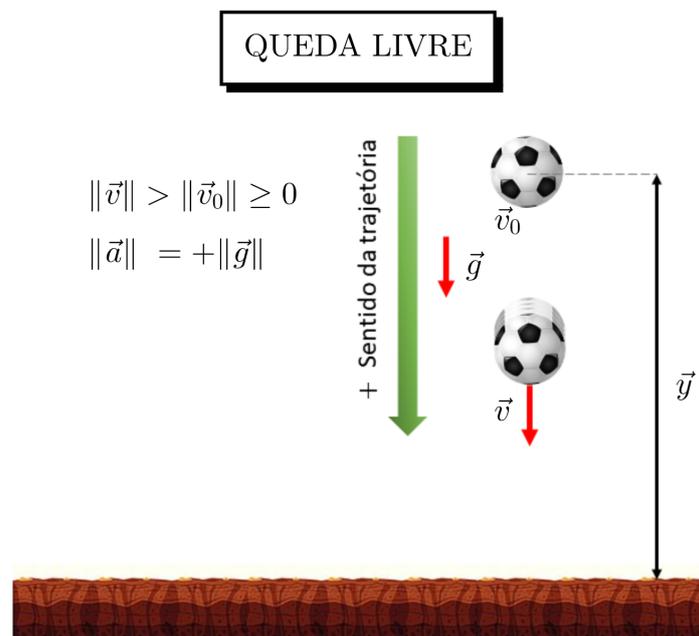


Figura 3.2: Representação do movimento variando linearmente no eixo y de um corpo em queda livre num sistema conservativo.

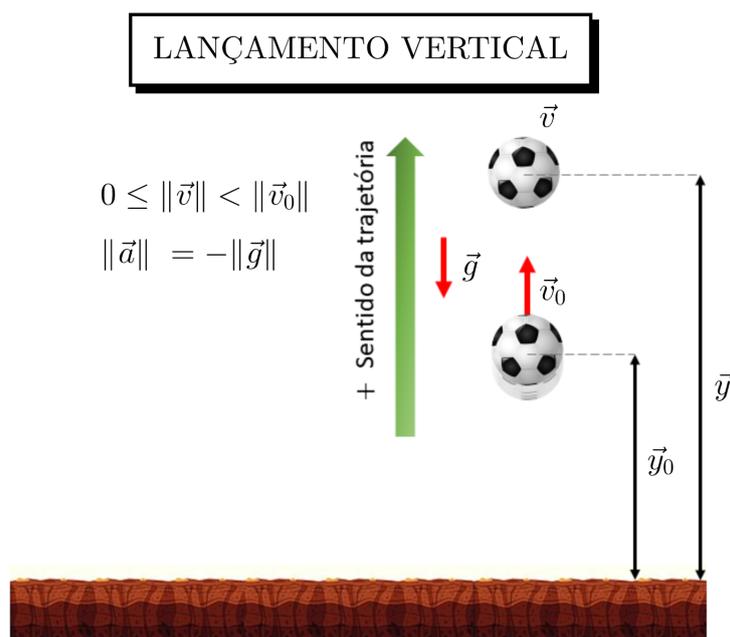


Figura 3.3: Representação do movimento variado linearmente no eixo y de um corpo em lançamento vertical num sistema conservativo.

Para esses dois casos citados, é tomado o valor da aceleração da gravidade daquele local. Para o planeta Terra o módulo da gravidade é aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$, no qual em algumas questões é aproximado para $10,0 \text{ m/s}^2$. Lembro que estamos trabalhando com grandezas vetoriais, logo o primeiro passo de suma importância na resolução de um problema é a escolha do referencial, pois não é possível escolher mais de um referencial para um mesmo sistema. Dessa forma, há situações que um corpo pode apresentar um movimento acelerado ou retardado, que pode ser visto ao analisarmos os gráficos da Figura 3.4.

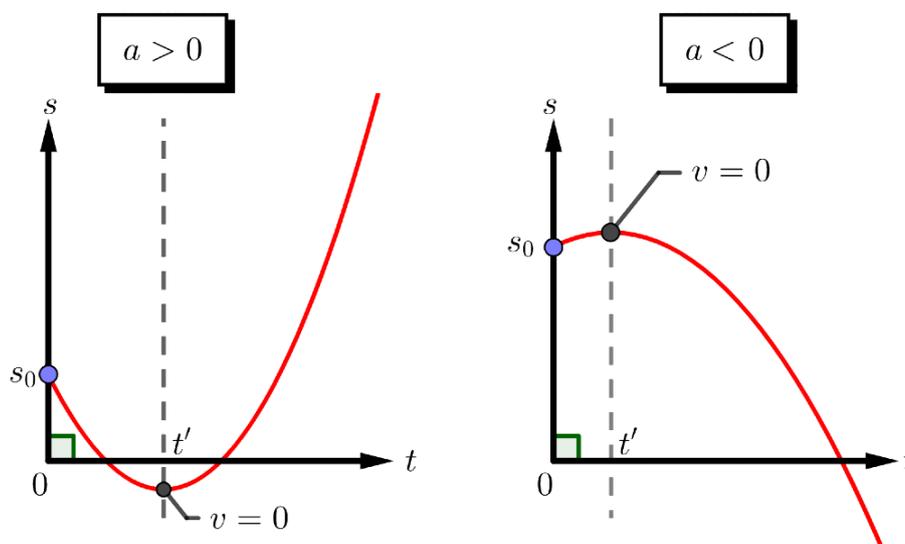


Figura 3.4: Gráfico da posição em relação ao tempo.

A Figura 3.4 representa o gráfico da função da posição do móvel em função do tempo ($s \times t$) no sistema cartesiano, no MRUV, que é uma função polinomial do 2º grau:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2.$$

Perceba que escrevemos a equação em módulo, ou seja, na sua forma escalar. Quando formos analisar o movimento em mais de uma direção é importante definir os eixos e orientações, logo, tente trabalhar quando possível na forma vetorial. Reveja seus estudos de vetores.

Quando $a > 0$, temos:

- Para $0 \leq t < t'$, a função $s = f(t)$ é decrescente, a velocidade escalar é negativa e o movimento é **retardado**.
- Para $t > t'$, a função $s = f(t)$ é crescente, a velocidade escalar é positiva e o movimento é **acelerado**.
- Para $t = t'$, ocorre a inversão no sentido do movimento, e a velocidade fica **nula**.

Quando $a < 0$, temos:

- Para $0 \leq t < t'$, a função $s = f(t)$ é crescente, a velocidade escalar é positiva e o movimento é **retardado**.
- Para $t > t'$, a função $s = f(t)$ é decrescente, a velocidade escalar é negativa e o movimento é **acelerado**.
- Para $t = t'$, ocorre a inversão no sentido do movimento, e a velocidade fica **nula**.

Obs Veja que ao estudar a equação da posição em função do tempo - $s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ chegamos a seguinte equação

$$\Delta s_n = (2 \cdot n - 1) \cdot \Delta s_1$$

onde $n \in \mathbb{Z}_+$.

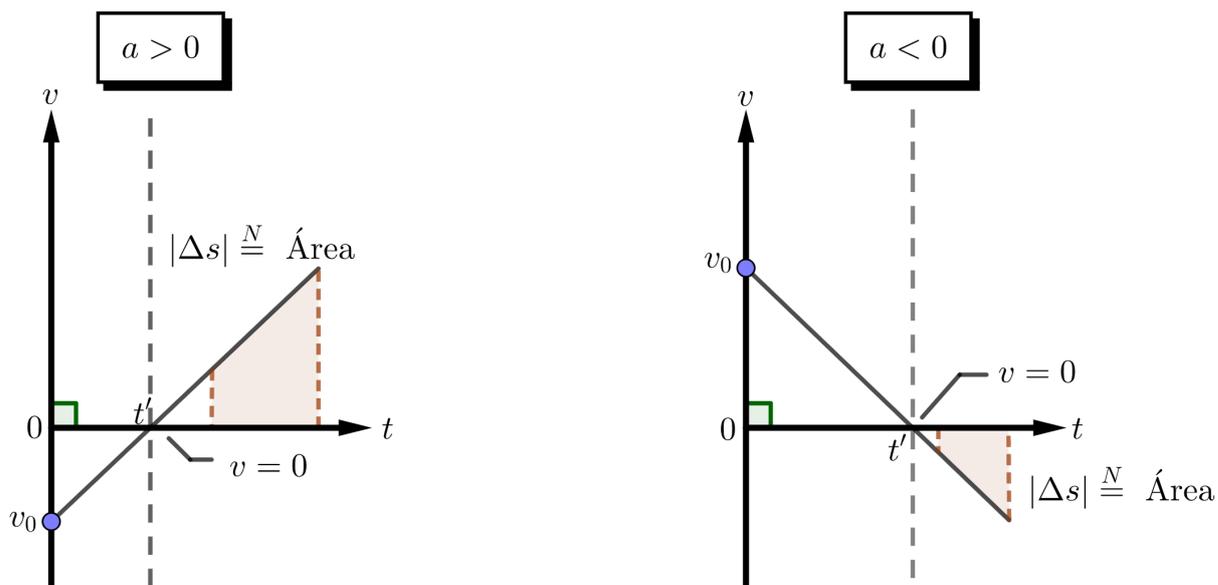


Figura 3.5: Gráfico da velocidade em relação ao tempo.

O gráfico da Figura 3.5 é uma função afim, ou função polinomial do 1º grau, que no sistema cartesiano representamos a velocidade em função do tempo ($v \times t$). A função horária da velocidade no MRUV, assim como os gráficos da Figura 3.5, é um caso particular da Eq. 3.1 em que o móvel percorre uma trajetória retilínea, logo esta equação também pode ser representada por: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot \Delta t$. Proponho que faça a análise do tipo de movimento (acelerado ou retardado) e da velocidade escalar assim como fizemos no gráfico da Figura 3.4. Verifique o gráfico da função no sistema cartesiano que representa a aceleração em função do tempo ($a \times t$).

3.3 Lei de Torricelli

As equações demonstradas até agora dependem da informação do tempo. A equação de Torricelli relaciona a velocidade com o espaço percorrido pelo móvel. Vejamos como obter quando usufruirmos das seguintes funções

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \text{①}$$

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \text{②}$$

Isolando o tempo t em ②: $t = \frac{v - v_0}{a}$, e substituindo em ①, temos

$$s = s_0 + v_0 \cdot \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2$$

$$s - s_0 = \frac{v_0 \cdot v - v_0^2}{a} + \frac{v^2 - 2 \cdot v_0 \cdot v + v_0^2}{2a}$$

Reduzindo-se ao mesmo denominador

$$2 \cdot a(s - s_0) = 2 \cdot v_0 \cdot v - 2 \cdot v_0^2 + v^2 - 2 \cdot v_0 \cdot v + v_0^2$$

$$2 \cdot a(s - s_0) = -v_0^2 + v^2 \quad \therefore$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \quad \text{③}$$

3.4 Movimento Parabólico

Considere um corpo (uma bala de canhão) lançado obliquamente, com velocidade inicial \vec{v}_0 e formando um ângulo β com o eixo x (eixo horizontal) como ilustra a Figura 3.6.

Orientando esse sistema conforme as coordenadas cartesianas, ou seja eixo x apontando para a direita e o eixo y para cima, de modo que a aceleração da gravidade é negativa, e descrevendo as componentes do vetor velocidade de lançamento \vec{v}_0 , temos

$$\|\vec{v}_{0x}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \quad \|\vec{v}_{0y}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta.$$

Considerando que o sistema é conservativo, desprezando por a resistência do ar ou de qualquer outro tipo de interação, a componente no eixo x não apresenta variação da velocidade, o que permite concluir que

$$\|\vec{v}_x\| = \|\vec{v}_{0x}\| = \frac{\Delta \|\vec{x}\|}{\Delta t} \quad (\text{MRU}).$$

Se colocarmos as condições que o corpo é lançado na origem igual a zero, $x_0 = y_0 = 0$, e que o tempo inicial é $t_0 = 0$, temos

$$\|\vec{x}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \cdot t \quad (3.3)$$

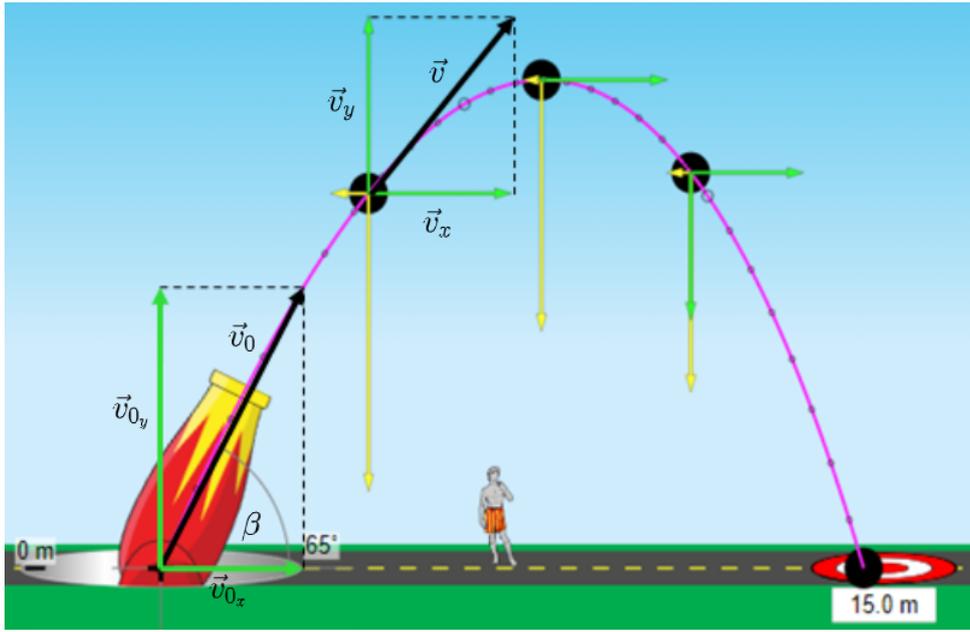


Figura 3.6: Página do simulador virtual Movimento de Projétil. Fonte: PhET.

Analisando o eixo y , note que a Figura 3.6 apresenta dois vetores: o verde representa a velocidade, e o amarelo representa a aceleração. Quando o corpo atinge uma altura máxima, a aceleração ainda permanece constante enquanto a velocidade no eixo y é nula, observe também que $\|\vec{v}_x\|$ permanece constante. Representando as equações da posição em função do tempo e da velocidade em função do tempo do MRUV, temos

$$\|\vec{y}\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{1}{2} \cdot \|\vec{g}\| \cdot t^2 \quad \|\vec{v}_y\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta - \|\vec{g}\| \cdot t$$

Já que a magnitude da velocidade no ponto mais alto é zero, $\|\vec{v}_y\| = 0$, logo, o **tempo de subida** t_s é definido por

$$\begin{aligned} \|\vec{v}_y\| = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta - \|\vec{g}\| \cdot t \Rightarrow 0 = \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta - \|\vec{g}\| \cdot t_s \therefore \\ t_s = \frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Como o sistema é conservativo, o tempo de subida é equivalente ao tempo de descida, logo o **tempo de alcance** é $\Delta t = 2 \cdot \frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|}$. Através da Eq. (3.4) e da equação da posição em função do tempo do MRUV, a **altura máxima** $\|\vec{y}_{\text{máx}}\|$ tem a seguinte forma

$$\begin{aligned} \|\vec{y}_{\text{máx}}\| &= \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{1}{2} \cdot \|\vec{g}\| \cdot t^2 \\ &= \|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta \cdot \left(\frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \right) - \frac{1}{2} \cdot \|\vec{g}\| \cdot \left(\frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \right)^2 \\ &= \frac{\|\vec{v}_0\|^2 \cdot \sin^2 \beta}{2 \cdot \|\vec{g}\|} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Quando o corpo atinge o solo, medindo do ponto de lançamento até o ponto de chegada temos o **alcance máximo** $\|\vec{x}_{\text{máx}}\|$:

$$\begin{aligned}
 \|\vec{x}_{\text{máx}}\| &= \|\vec{v}_x\| \cdot \Delta t \\
 &= \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \cdot \Delta t \\
 &= \|\vec{v}_0\| \cdot \cos \beta \cdot 2 \cdot \frac{\|\vec{v}_0\| \cdot \sin \beta}{\|\vec{g}\|} \\
 &= \frac{\|\vec{v}_0\|^2 \cdot \sin 2\beta}{\|\vec{g}\|}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

onde usamos a conhecida relação trigonométrica: $\sin 2\beta = 2 \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta$. As equações descritas nessa seção só valem quando o movimento é completo, ou seja, do chão ao chão. Quando o movimento é incompleto é necessário aplicar as equações tradicionais do MU e MUV. Agora, aplicando o simulador virtual PhET - Movimento de Projétil aplique as condições que atribuímos até agora, $\|\vec{v}_0\|$ e $\|\vec{g}\|$ constantes num sistema conservativo, veja que o projétil terá alcance máximo quando $\beta = 45^\circ$ e que é possível dois lançamentos distintos terem o mesmo alcance se seus ângulos de tiro forem complementares: $\beta_1 + \beta_2 = 90^\circ$.

Obs Note que as equações de movimento não dependem da massa. Por outro lado, Galileu percebeu que estes resultados sobre o movimento de projéteis são bastante idealizados, visto que não foi levado em conta a resistência do ar, no que dependeria da aerodinâmica do projétil e da magnitude da velocidade instantânea $\|\vec{v}\| = \sqrt{\|\vec{v}_x\|^2 + \|\vec{v}_y\|^2}$. Entretanto, ainda é um resultado bem aproximado para projéteis de boa aerodinâmica e lançados em alta velocidades [2].

3.5 Exercícios

LEIA ATENTAMENTE O TEXTO ABAIXO QUE SERÁ UTILIZADO COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

O futebol (do inglês *football*) é um esporte de equipe jogado entre dois times de 11 jogadores cada um. É considerado o esporte mais popular do mundo, praticado por cerca de 270 milhões de pessoas de, praticamente, todas as nacionalidades. Uma partida de futebol é realizada num campo retangular gramado, cujas dimensões utilizadas na copa do mundo na África do Sul foram de 110 metros de comprimento por 75 metros de largura. Em cada lado do campo (nas linhas chamadas “linhas de fundo”) existem balizas que delimitam uma área denominada “gol”. Os “gols” são constituídos de dois postes verticais (conhecidos como traves) de 2,40 metros de altura, localizados a 7,30 metros de distância um do outro e sobre o centro de cada linha de fundo. As partes superiores dos postes são unidas por outro poste horizontal, conhecido como travessão. O objetivo é deslocar uma bola através do campo para colocá-la dentro do “gol” adversário, ação que se denomina “gol”. A equipe que marca mais “gols” ao término da partida é a vencedora. O futebol é jogado com uma bola de forma esférica que deve ser de couro ou outro material adequado. Sua circunferência é de 70 centímetros, sua massa de 450 gramas e sua pressão de 1,0 atmosfera ao nível do mar. Os jogadores podem tocar e mover a bola com qualquer parte

de seu corpo, exceto com os membros superiores. O goleiro tem a vantagem de poder utilizar qualquer parte de seu corpo para isto, mas somente dentro de uma área delimitada denominada de grande área. As grandes áreas são áreas retangulares localizadas no centro dos “gols” e adentrando-se no campo. As linhas que delimitam a grande área são traçadas a 16,5 metros dos postes verticais, adentrando-se também 16,5 metros ao interior do campo, e unidas por outra linha maior. O traçado da pequena área é semelhante, porém com uma medida de 5,5 metros. Uma partida de Futebol tem duração total de 90 minutos, divididos em tempo iguais de 45 minutos e separados por um intervalo de 15 minutos.

(adaptado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Futebol>)

Use se necessário $g = 10 \text{ m/s}^2$ (aceleração gravitacional local); $\pi = 3$; 1 caloria = 4,2 J.
A FIGURA 3.7 SERÁ UTILIZADA COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS TRÊS QUESTÕES.

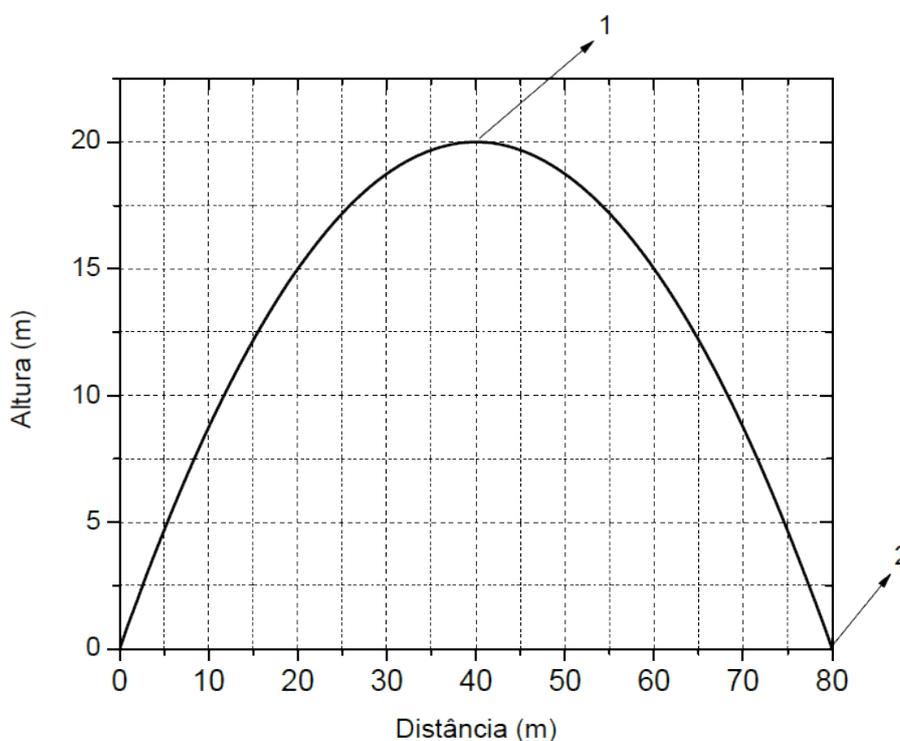


Figura 3.7: Trajetória de uma bola colocada em jogo num tiro de meta.

Exercício 3.1 (OBFEP 2010) Qual a altura máxima que a bola atingiu?

- A) 40 m.
- B) 20 m.
- C) 10 m.
- D) 15 m.
- E) 5 m.

Exercício 3.2 (OBFEP 2010) Qual a distância máxima alcançada pela bola?

- A) 20 m.
- B) 40 m.
- C) 80 m.
- D) 100 m.
- E) 120 m.

Exercício 3.3 (OBFEP 2010) Qual a componente vertical da velocidade da bola no ponto indicado por 1 e a componente horizontal no ponto 2, respectivamente.

- A) 10 m/s e 20 m/s.
- B) 20 m/s e 10 m/s.
- C) 0 e 20 m/s.
- D) 20 m/s e 80 m/s.
- E) 20 m/s e 0.

Exercício 3.4 (OBFEP 2010) Um goleiro sabe que para atingir o máximo alcance em seu chute ele deve chutar a bola com um ângulo com relação a horizontal de:

- A) 15° .
- B) 20° .
- C) 30° .
- D) 45° .
- E) 60° .

Exercício 3.5 (OBFEP 2011) Os motoristas quando veem obstáculos geralmente freiam o carro. O tempo que o motorista gasta entre ver obstáculo e pisar no freio, em geral, é o mesmo para todos, e de aproximadamente 0,6 s. Estamos falando de motoristas com alguns anos de carteira de habilitação para direção. Considerando que o velocímetro de um carro indica 72 km/h, e que o carro percorre em linha reta uma distância de 2 metros após o motorista pisar no freio, podemos afirmar que uma distância segura entre esse e outros veículos para evitar acidentes é, aproximadamente:

- A) maior que 14 metros.
- B) igual a 14 metros.
- C) menor que 14 metros.
- D) igual a 6 metros.
- E) menor que 6 metros.

TEXTO PARA OS PRÓXIMOS TRÊS PROBLEMAS

Um corpo move-se em linha reta e a sua posição (X) varia com o tempo conforme a Figura 3.8:

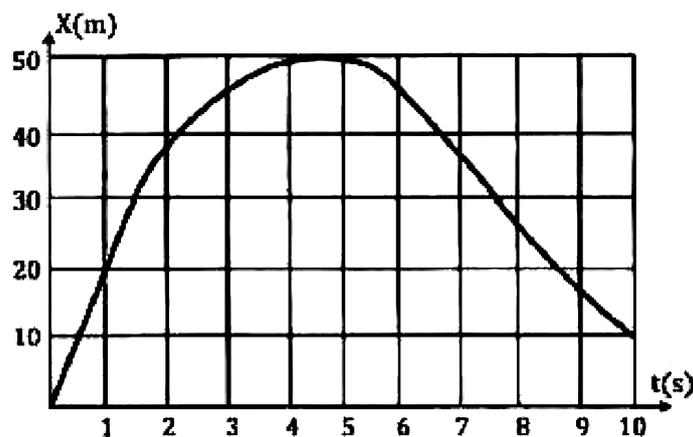


Figura 3.8: Posição em função do tempo.

Exercício 3.6 (OBFEP 2011) Assinale a alternativa abaixo que melhor corresponde ao instante no qual a velocidade do corpo será nula:

- A) 0 s.
- B) 2 s.
- C) 6 s.
- D) 5 s.
- E) 9 s.

Exercício 3.7 (OBFEP 2011) Assinale a alternativa abaixo que melhor se aproxima do valor do módulo da velocidade no instante $t = 1$ s:

- A) 10 m/s.
- B) 5 m/s.
- C) 20 m/s.
- D) 12,5 m/s.
- E) nenhuma das respostas acima.

Exercício 3.8 (OBFEP 2011) Assinale a alternativa abaixo que melhor se aproxima do valor da distância que o corpo se encontra, em relação ao ponto inicial, após um tempo de $t = 10$ s:

- A) 10 metros.
- B) 20 metros.
- C) 30 metros.
- D) 100 metros.
- E) nenhuma das respostas acima.

Exercício 3.9 (OBFEP 2011) A Figura 3.9 representa posições que um dado objeto circular ocupa ao mover-se em linha reta. O tempo transcorrido entre duas posições

sucessivas é sempre igual. Com base nessas informações, assinale a alternativa que melhor corresponde ao movimento que o desenho representa:

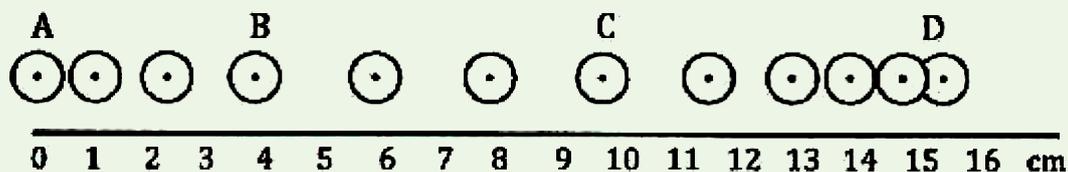


Figura 3.9: Posições que um dado objeto circular ocupa ao mover-se em linha reta.

- A) a velocidade foi sempre constante.
- B) o movimento foi sempre acelerado.
- C) entre A e B a velocidade foi constante, e entre B e C o movimento foi acelerado.
- D) entre B e C a velocidade foi constante, e entre C e D o movimento foi desacelerado.
- E) entre B e C o movimento foi desacelerado.

Exercício 3.10 (OBFEP 2012) A equação horária de um móvel que se desloca em uma trajetória retilínea é dada por $s = 20 + 5t - 2t^2$ (onde s representa a posição do móvel em metros e t corresponde ao tempo em segundos). A distância entre as posições do móvel nos instantes $t = 0$ e $t = 5$ segundos vale:

- A) 12 m.
- B) 20 m.
- C) 25 m.
- D) 50 m.

Exercício 3.11 (OBFEP 2013) As equações horárias de dois móveis A e B, que se deslocam numa trajetória retilínea com origem em $S = 0$, são expressas por $S_A = -20 + 5t$ e $S_B = 10 + 2t^2$, sendo S dado em metros e t em segundos. A distância entre os móveis no instante 10 s é de:

- A) 30 m.
- B) 180 m.
- C) 200 m.
- D) 210 m.

Exercício 3.12 (OBFEP 2013) Um objeto desloca-se numa trajetória retilínea durante 18 segundos. O gráfico ilustra (Figura 3.10) as posições em função do tempo deste objeto. A análise deste movimento nos permite concluir que:

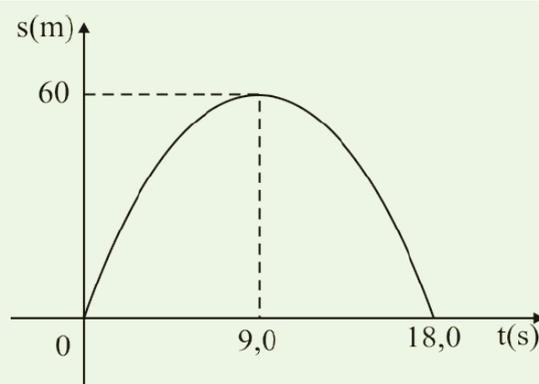


Figura 3.10: Posições em função do tempo.

- A) Trata-se de um movimento uniformemente acelerado.
- B) A velocidade do objeto no instante $t = 9,0$ s é zero.
- C) Trata-se do movimento do objeto lançado verticalmente para cima.
- D) O objeto somente é acelerado entre os instantes 0 e 9,0 s.

Exercício 3.13 (OBFEP 2014) Bisnaga se surpreendeu com o resultado da experiência de queda livre e tirou o boné sem reclamar. Depois da aula, ele foi jogar futebol com seus colegas. Quando parou um pouco para respirar, viu o professor Arquimedes na arquibancada rabiscando em um caderno. Depois do jogo, foi perguntar ao professor o que estava fazendo e ele lhe mostrou dois desenhos (Figura 3.11):

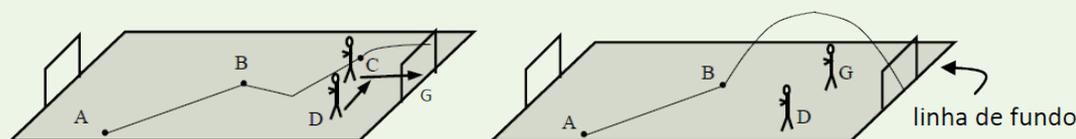


Figura 3.11: Modelo de jogada.

- Bisnaga, eu estava esquematizando uma jogada sua. Enquanto você andava do ponto A ao ponto B, os seus oponentes não mudaram de lugar. Mas, quando se dirigiu de B para C, de onde chutou a bola para o gol, deu tempo para o defensor D ficar na sua frente e o goleiro G retornar para a linha de fundo podendo agarrar a bola. Você tem força no pé para dar um chute direto do ponto B, surpreendendo os adversários e encobrindo o goleiro antes que ele retorne à linha de fundo. Usando Física, estava calculando em que direção você deveria chutar.

- Essa tal de Física é muito inteligente. O senhor pode dizer para mim o resultado dos seus cálculos?

- Que tal um desafio? Vou descrever 4 trajetórias que a bola poderia descrever a depender da direção do chute e de sua intensidade. Eu darei três características de cada trajetória: (I) altura máxima; (II) tempo total (subida + descida) e (III) a altura que a bola teria ao cruzar a linha de fundo. Quero que você escolha a trajetória com mais

chance para fazer o gol, sabendo que o goleiro tinha 1,8 m de altura (do pé até o final da cabeça), que ele gastaria 3,8 s para retornar à linha de fundo e que a altura da trave é 2,2 m.

- A) (I) 2,9 m (II) 4,1 s (III) 1,9 m.
- B) (I) 2,0 m (II) 2,2 s (III) 0 m.
- C) (I) 3,7 m (II) 1,5 s (III) 3,5 m.
- D) (I) 3,2 m (II) 2,9 s (III) 1,7 m.

Exercício 3.14 (OBFEP 2014) No dia da filmagem, o professor Arquimedes verificou que o goleiro, com o paraquedas aberto, desceria com a velocidade de 5 m/s. Bisnaga tinha um chute certeiro que imprimia 40 m/s de velocidade na bola. O professor Arquimedes calculou que Bisnaga deveria chutar a bola exatamente quando o goleiro estivesse a 90 m de altura. A partir desse momento, $t = 0$ s, a altura h do goleiro em relação ao solo mudaria com o decorrer do tempo obedecendo a equação $h = 90 - 5t$ e a bola subiria alterando sua altura h conforme a equação $h = 40t - 5t^2$. Essas equações foram construídas com os parâmetros no SI (Sistema Internacional de Unidades). Se tudo ocorrer como o professor Arquimedes imaginou, determine a altura exata em que o goleiro agarrará a bola.

- A) 30 m.
- B) 45 m.
- C) 60 m.
- D) 75 m.

Exercício 3.15 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) O tcheco Jan Železný é a única pessoa no mundo a lançar um dardo olímpico a mais que 94 m de distância. Certamente, a influência do ar reduz as marcas obtidas nesse esporte que nunca ultrapassaram os 100 m. Em um desses eventos, Železný lançou o dardo com 35 m/s formando um ângulo de 37° em relação à horizontal. Se o ar não influenciasse este movimento, qual o alcance conseguido por este atleta? Desconsidere a altura inicial do lançamento.

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 ; $\sin 37^\circ = 0,6$ e $\cos 37^\circ = 0,8$.

- A) 104,2 m.
- B) 109,4 m.
- C) 117,6 m.
- D) 121,0 m.

Exercício 3.16 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) O segundo brasileiro a ganhar uma medalha olímpica de ouro foi Joaquim Cruz, em 1984, na prova de 800 m. Ele ficou no segundo lugar por quase toda a prova, mantendo a velocidade de 7 m/s, a 4 m do queniano Edwin Koech. Ao entrar na última reta, Joaquim imprimiu uma aceleração de $0,5 \text{ m/s}^2$ enquanto o queniano só conseguiu manter a velocidade. Com que velocidade Joaquim ultrapassou Edwin?



Figura 3.12: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 8 m/s.
- B) 9 m/s.
- C) 10 m/s.
- D) 11 m/s.

Exercício 3.17 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) MRU E MRUV

A rede hidrográfica projetada para a transposição do rio São Francisco é composta por dois eixos: norte e leste. A primeira etapa do eixo norte começa por uma estação de bombeamento em Cabrobó (PE), elevando o rio a uma altura de 39,2 m em relação ao reservatório de Tucutú.

Esse primeiro trecho é uma enorme ladeira de 7 km inclinada constantemente de $3,2^\circ$. As águas descem esse caminho com uma velocidade constante de 1,4 m/s de acordo com as leis da hidráulica. Se essas águas apostassem corrida com uma esfera partindo do repouso e descendo a mesma ladeira sem qualquer atrito, qual seria a diferença entre os tempos da descida que levariam para percorrer esse percurso?



Figura 3.13: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

- A) 4.500 s.
- B) 4.800 s.
- C) 5.200 s.
- D) 5.600 s.

Exercício 3.18 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) **QUEDA LIVRE**

O teto do quarto de João Paulo tinha um furo que só incomodava quando chovia. Quando isso acontecia, gotas caíam de 0,2 s em 0,2 s. Quando uma gota atingia o chão, outra gota estava sempre a 1,0 m de altura. Qual a altura do quarto de João Paulo? Considere a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e despreze a força de resistência do ar.

- A) 1,8 m.
- B) 2,0 m.
- C) 2,2 m.
- D) 2,4 m.

Exercício 3.19 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) **LANÇAMENTO HORIZONTAL**

Saindo de Manaus, a família Almeida contratou um helicóptero para conhecer a Cachoeira do El Dourado, a maior queda d'água do Brasil, no extremo norte do estado. A água inicia a queda com uma velocidade horizontal de $3,0 \text{ m/s}$ e desce por $361,25 \text{ m}$ de altura até chocar-se com o lago formado na sua base. Se as porções de água tivessem o mesmo comportamento de pontos materiais e a resistência do ar fosse desprezível, qual seria o alcance descrito pela água nesse lançamento horizontal?



Figura 3.14: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2

- A) 18,6 m.
- B) 22,4 m.
- C) 25,5 m.
- D) 28,0 m.

Exercício 3.20 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) **COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTO**

No século VI João Filoponos, inspirado nos princípios aristotélicos, sugeriu que uma flecha subia em linha reta até o momento que a força motriz própria, cedida pelo arco, acabava. Logo após, a flecha caía naturalmente, ou seja, na direção vertical. A Trajetória 1 da figura anexa representa essa descrição. Na mesma figura, vemos a Trajetória 2, construída conforme orientações de Galileu Galilei (século XVII), as quais adotamos até hoje ao desprezarmos a influência do ar.

Digamos que uma flecha tenha sido lançada com velocidade horizontal igual a 10 m/s e velocidade vertical igual a 60 m/s, o que corresponde à direção do trecho ascendente da Trajetória 1. Qual a diferença entre as alturas máximas das duas trajetórias?

Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

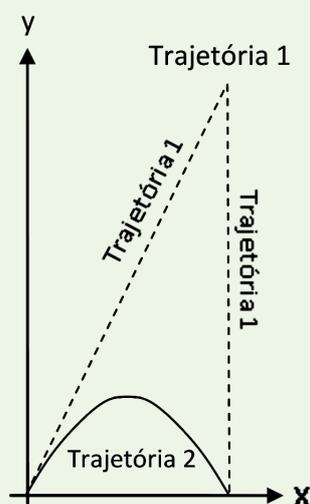


Figura 3.15: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) 390 m.
- B) 420 m.
- C) 480 m.
- D) 540 m.



4. Cinemática Angular

4.1 Introdução

Há situações que são fáceis de estudar nas coordenadas cartesianas, como os sistemas lineares que vimos no MRU e MRUV. Quando um corpo apresenta uma trajetória curvilínea como nos casos estudados no movimento dos corpos celestes, a rotação dos planetas e dos discos em seu próprio eixo, o giro de um pião, movimento de engrenagens na mecânica (conectadas: ao eixo, acopladas por uma correia ou encaixadas), ou até mesmo o desrosquear de uma tampa de garrafa, são situações que aplicamos o estudo da Cinemática Angular, e perceberemos que a aplicação das coordenadas cartesianas não é a melhor opção, embora é possível encontrar o resultado. Assim, neste capítulo aplicaremos as coordenadas angulares de uma forma concisa, as equações são similares ao que vimos até agora nos Capítulos 2 e 3.

4.2 Movimento uniforme: curvilíneo

Em comparação com o MRU, que ocorria uma variação da posição pela variação do tempo, aplicaremos os mesmos conceitos, entretanto não esqueça que a variação da posição agora corresponde a grandezas angulares. Portanto, a relação da grandeza linear com a grandeza angular é a seguinte

Grandezas	
Lineares	Angulares
s (m)	θ (rad)
v (m/s)	ω (rad/s)

Tabela 4.1: Relação entre grandezas angulares e grandezas lineares no SI.

Obs É comum associarmos a medida de um ângulo em graus ($^\circ$), entretanto outra unidade que iremos trabalhar é o radianos (rad). Um radiano é igual a um arco de medida R de uma circunferência cujo raio mede R .

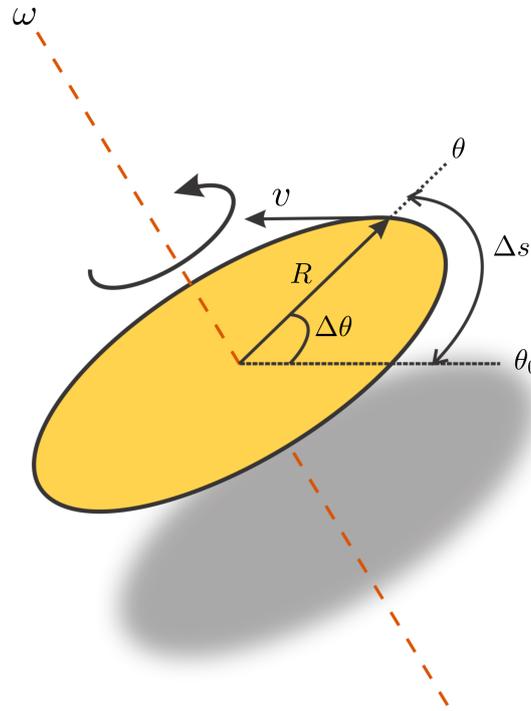


Figura 4.1: Relação entre grandezas angulares e grandezas lineares.

Ao escrevermos a equação do movimento curvilíneo e uniforme iremos apenas substituir as letras,

Definição 4.2.1 — Velocidade média angular (ω_m). É a razão do deslocamento angular $\Delta\theta$ pelo tempo Δt gasto no percurso.

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (4.1)$$

Note que, da mesma forma que a velocidade linear, a velocidade angular também é uma grandeza vetorial no qual pode tomar o sentido horário, ou anti-horário. Em algumas situações também é definida como frequência angular quando o movimento for repetitivo.

Obs Proponho que seja explicado depois para a equação 4.1 sobre a regra da mão direita, abordando também o que é o produto escalar e o produto vetorial.

Outra relação que podemos retirar da Figura 4.1; em uma volta completa, tem-se $\Delta s = 2\pi R$ e $\Delta\theta = 2\pi$ rad, ou seja, ao realizar a regra de três simples obtemos que $\Delta s = \Delta\theta R$. Note que se todos os termos forem divididos por Δt e definindo que não há variação do raio a cada intervalo de tempo, resultará em $v = \omega R$. Para uma revolução completa, o tempo é definido por **período** (T), quando contamos o número de revoluções completas em relação ao tempo temos o valor da **frequência** (f). Matematicamente escrevemos,

Definição 4.2.2 — Frequência (f). É a razão de uma revolução pelo período T .

$$f = \frac{1}{T} \quad (4.2)$$

As unidades mais usuais são

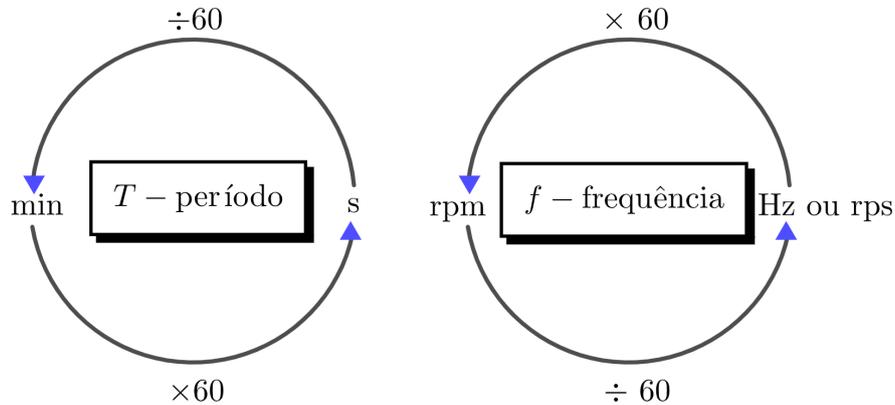


Figura 4.2: Conversão de unidades - frequência e período.

4.3 Aceleração centrípeta

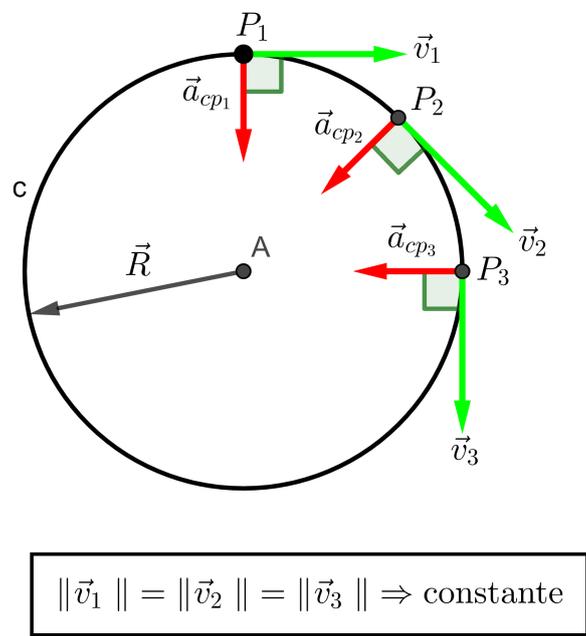


Figura 4.3: Movimento circular uniforme.

Conforme descreve a Eq. (3.2), durante o movimento de um corpo, o vetor velocidade pode variar em magnitude, direção e/ou sentido, conforme ilustramos na Figura 4.3. Por essa razão é que decompomos a aceleração vetorial em dois componentes ortogonais. Nas

circunstâncias em que o vetor velocidade \vec{v} apresenta magnitude constante ($\vec{a}_T = 0$), mas varia em direção (trajetória curva mantendo o raio constante), temos que a aceleração resultante responsável por essa situação é a **aceleração centrípeta**:

$$\|\vec{a}_{cp}\| = \frac{\|\vec{v}\|^2}{\|\vec{R}\|} \quad (4.3)$$

Obs A aceleração centrípeta tem o sentido oposto ao crescimento do vetor \vec{R} , portanto a Eq. 4.3 na forma vetorial apresenta um sinal negativo. Sugiro que pesquise o que significa a **aceleração centrífuga**.

4.4 Movimento uniformemente variado: curvilíneo

A condição para esse tipo de movimento é que a velocidade vetorial \vec{v} tenha sua magnitude variando uniformemente no tempo, portanto, a aceleração tangencial é dada por $\|\vec{a}_T\| = \frac{\Delta\|\vec{v}\|}{\Delta t}$. Com a variação de $\|\vec{v}\|$, a aceleração centrípeta também pode variar, logo a direção e o sentido de $\|\vec{a}_{cp}\|$ também mudam.

Representaremos em tabela as equações do movimento uniformemente variado para as grandezas lineares e angulares

MRUV	MUV
$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$	$\theta = \theta_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2$
$v = v_0 + a \cdot t$	$\omega = \omega_0 + \gamma \cdot t$
$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta$

Tabela 4.2: Relação entre as equações do MRUV e MUV.

Mov \ Acel.	\vec{a}_{cp}	\vec{a}_T	\vec{a}
MRU	$\vec{0}$	$\vec{0}$	$\vec{0}$
MRUV	$\vec{0}$	\vec{a}_T	\vec{a}_T
MCU	\vec{a}_{cp}	$\vec{0}$	\vec{a}_{cp}
MUV	\vec{a}_{cp}	\vec{a}_T	$\vec{a}_{cp} + \vec{a}_T$

Tabela 4.3: Resumo do vetor aceleração: $\|\vec{a}\|^2 = \|\vec{a}_{cp}\|^2 + \|\vec{a}_T\|^2$.

4.5 Exercícios

Exercício 4.1 (OBFEP 2012) Um ciclista pedala em uma bicicleta cujas rodas possuem diâmetro de 80 cm. Ele pedala durante 16 minutos e 40 segundos com uma velocidade de 6,28 m/s. O número de voltas que cada roda dá é (considere $\pi = 3,14$):

A) 1.000.

- B) 1.500.
- C) 2.000.
- D) 2.500.

Exercício 4.2 (OBFEP 2012) Dois jovens, Mariana e Pedro, estão fazendo caminhada em uma pista circular de 100 m de raio. Mariana, mais ágil que Pedro, caminha de forma regular a 1,0 m/s e Pedro a 0,80 m/s. Mariana dá 120 m de vantagem para Pedro e ambos partem no mesmo instante. Após quantas voltas completas Mariana alcançará Pedro? (considere $\pi = 3$)

- A) 1 volta.
- B) 2 voltas.
- C) 3 voltas.
- D) 4 voltas.

Exercício 4.3 (OBFEP 2014) - Professor, qual o final da história da coroa do rei?

- O rei foi enganado e aquele que vendeu a coroa foi executado. Vamos mudar de assunto, Bisnaga. Você gosta de jogar futebol ao meio-dia ou no final da tarde?

- Eu adoro jogar futebol com um Sol forte. A gente sua mais e cansa mais rápido. É um desafio que eu me orgulho de enfrentar e vencer. Seria tão bom se o Sol permanecesse exatamente na vertical sobre a nossa cabeça como ao meio dia!!!!

- Lembre que você pode se mover indo para o próximo lugar que será meio dia com o Sol na vertical sobre a nossa cabeça.

- Nunca pensei nisso, professor. Espere um pouco. Para isso acontecer, eu deveria dar uma volta em torno da Terra em 1 dia?

- Sim. Muito bem, Bisnaga. Sempre me surpreendendo.

- E existe algo tão rápido?

- O avião mais rápido do mundo faz 2.100 km/h. Será que precisaríamos de mais velocidade? Lembrando que o raio da Terra mede cerca de 6.000 km, qual a velocidade que você deveria desenvolver para ter sempre o Sol na vertical sobre sua cabeça?

Use $\pi = 3$.

- A) 600 km/h.
- B) 750 km/h.
- C) 1.500 km/h.
- D) 3.000 km/h.

Exercício 4.4 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) A prova de perseguição em equipe é realizada por duas equipes de 4 ciclistas que tentam percorrer 16 voltas por uma pista de 250 m, no menor tempo possível. A Inglaterra detém o recorde desta competição com a marca de 3 min e 52 s, obtido na olimpíada de 2012. Nessa competição, a equipe norueguesa realizou a prova em 5 min e 0 s. Qual a velocidade média da equipe norueguesa na competição?



Figura 4.4: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 44 km/h.
- B) 48 km/h.
- C) 50 km/h.
- D) 52 km/h.

Exercício 4.5 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) Na olimpíada do Rio 2016, o ciclista masculino que participará da prova de estrada terá que percorrer 240 km, aproximadamente. Uma bicicleta olímpica possui rodas iguais de 25 cm de raio. Sabendo que um ciclista jamaicano completou esta prova em 4 horas, qual a velocidade angular média das rodas de sua bicicleta nesta corrida?

- A) 4000 rad/min.
- B) 4200 rad/min.
- C) 4600 rad/min.
- D) 5000 rad/min.

Exercício 4.6 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) **ACELERAÇÃO CENTRÍPETA**

A família Almeida seguiu mais para o norte até Alcântara, no Maranhão. Lá existe a melhor base de lançamentos de foguete do Brasil. Devido à sua localização, é possível lançar um foguete com 30% menos de combustível. Isso ocorre porque ela encontra-se praticamente na linha do Equador, o que lhe dá uma velocidade linear enorme por conta da rotação da Terra. O foguete já sai com parte da velocidade que precisa atingir para liberar um satélite. Sabendo que o raio da Terra mede 6.400 km, qual a aceleração centrípeta de Alcântara?

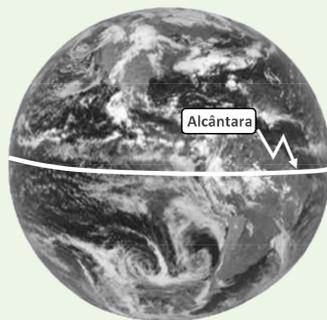


Figura 4.5: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

Use $\pi = 3$.

- A) 360 km/h^2 .
- B) 400 km/h^2 .
- C) 420 km/h^2 .
- D) 500 km/h^2 .

Exercício 4.7 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) VELOCIDADE ANGULAR

Nos séculos XVIII e XVII antes de Cristo (a.C.), os babilônicos desenvolveram a astronomia matemática para fazer previsões acerca dos movimentos dos corpos celestes, considerados divinos. A unidade grau nasceu nessa época para representar um dia de trabalho em um ano de 360 dias de trabalho e 5 dias de feriados. Seu modelo de universo colocava a Terra parada no centro. O limite do universo era uma esfera chamada de firmamento, onde as estrelas ficavam presas. O firmamento possuía uma velocidade angular um pouco maior que a do Sol e mesmo sentido de movimento, ambos uniformes. Uma determinada estrela, que se movimentava no mesmo plano do Sol, levava sempre o mesmo intervalo de tempo para cruzar com o Sol. Os astrônomos babilônicos foram capazes de verificar que esse intervalo de tempo é exatamente 365 dias e que o encontro ocorre sempre na mesma posição angular. Essa foi uma das formas que eles usaram para definir o ano. Com base no modelo geocêntrico e considerando que o Sol se movimenta em um plano perpendicular ao eixo de rotação do firmamento, podemos afirmar que a velocidade angular do firmamento é:

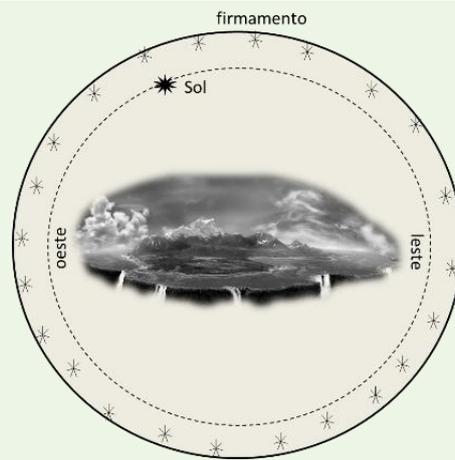


Figura 4.6: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) um pouco menor que $361^\circ/\text{dia}$.
- B) exatamente $361^\circ/\text{dia}$.
- C) um pouco maior que $361^\circ/\text{dia}$.
- D) exatamente $360^\circ/\text{dia}$.

Exercício 4.8 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) VELOCIDADE ANGULAR

Em 1656, o holandês Cristian Huygens sofreu uma grande decepção ao saber que o relógio que inventou mostrou-se ineficiente quando foi testado em uma viagem marítima. Na busca por respostas, criou a aceleração centrípeta. Sua hipótese era que a aceleração centrípeta produzida pela rotação da Terra diminuía a aceleração de queda dos corpos e o período do pêndulo de seu relógio, marcando tempos diferentes em lugares diferentes. Determine qual das grandezas abaixo não aumenta viajando de Paris (local onde o relógio foi construído) para as Guianas (na linha do equador) por culpa do movimento de rotação da Terra.

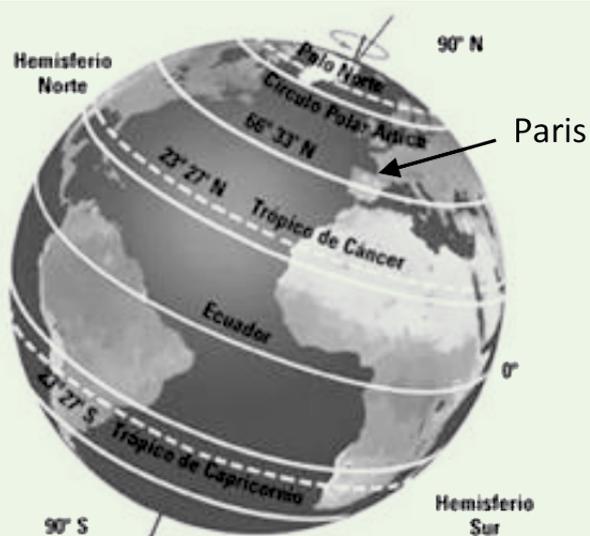
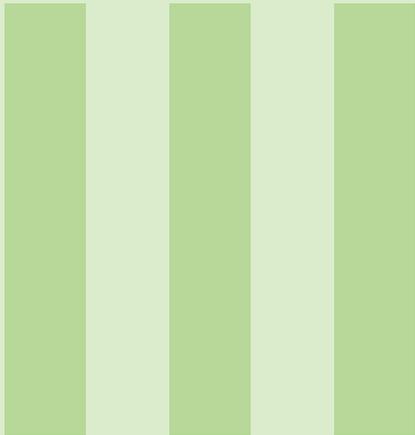


Figura 4.7: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) A velocidade angular.
- B) O raio da trajetória.
- C) A velocidade linear.
- D) A aceleração centrípeta.



QUESTÕES DE DINÂMICA

5	Leis de Newton	75
5.1	Exercícios	
6	Trabalho e energia	91
6.1	Exercícios	
7	Impulso e quantidade de movimento	109
7.1	Exercícios	



5. Leis de Newton

5.1 Exercícios

LEIA ATENTAMENTE O TEXTO ABAIXO QUE SERÁ UTILIZADO COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

O futebol (do inglês *football*) é um esporte de equipe jogado entre dois times de 11 jogadores cada um. É considerado o esporte mais popular do mundo, praticado por cerca de 270 milhões de pessoas de, praticamente, todas as nacionalidades. Uma partida de futebol é realizada num campo retangular gramado, cujas dimensões utilizadas na copa do mundo na África do Sul foram de 110 metros de comprimento por 75 metros de largura. Em cada lado do campo (nas linhas chamadas “linhas de fundo”) existem balizas que delimitam uma área denominada “gol”. Os “gols” são constituídos de dois postes verticais (conhecidos como traves) de 2,40 metros de altura, localizados a 7,30 metros de distância um do outro e sobre o centro de cada linha de fundo. As partes superiores dos postes são unidas por outro poste horizontal, conhecido como travessão. O objetivo é deslocar uma bola através do campo para colocá-la dentro do “gol” adversário, ação que se denomina “gol”. A equipe que marca mais “gols” ao término da partida é a vencedora. O futebol é jogado com uma bola de forma esférica que deve ser de couro ou outro material adequado. Sua circunferência é de 70 centímetros, sua massa de 450 gramas e sua pressão de 1,0 atmosfera ao nível do mar. Os jogadores podem tocar e mover a bola com qualquer parte de seu corpo, exceto com os membros superiores. O goleiro tem a vantagem de poder utilizar qualquer parte de seu corpo para isto, mas somente dentro de uma área delimitada denominada de grande área. As grandes áreas são áreas retangulares localizadas no centro dos “gols” e adentrando-se no campo. As linhas que delimitam a grande área são traçadas a 16,5 metros dos postes verticais, adentrando-se também 16,5 metros ao interior do campo, e unidas por outra linha maior. O traçado da pequena área é semelhante, porém com uma medida de 5,5 metros. Uma partida de Futebol tem duração total de 90 minutos, divididos em tempo iguais de 45 minutos e separados por um intervalo de 15 minutos.

(adaptado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Futebol>)

Use se necessário $g = 10 \text{ m/s}^2$ (aceleração gravitacional local); $\pi = 3$; 1 caloria = 4,2 J.

Exercício 5.1 (OBFEP 2010) Qual o peso da bola de futebol?

- A) 4,5 N.
- B) 45 N.
- C) 450 N.
- D) 10 N.
- E) 100 N.

Exercício 5.2 (OBFEP 2010) Um jogador recebe uma bolada quando esta posicionado na barreira após a cobrança de uma falta. Quando é dito que ele recebeu um impacto equivalente a 50 kg qual a força de reação que o corpo do jogador reagiu ao impacto?

- A) 100 N.
- B) 500 N.
- C) 50 N.
- D) 1.000 N.
- E) 5 N.

LEIA ATENTAMENTE O TEXTO ABAIXO QUE SERÁ UTILIZADO COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

Sem dúvida a grande polêmica da copa do mundo de 2010 foi a bola utilizada chamada de Jabulani. A bola tem 14 painéis (populares “gomos”) e ganhou sulcos aerodinâmicos. Quando a Jabulani se desloca em velocidade elevada, o ar próximo à superfície é afetado por esta, resultando em um fluxo assimétrico. Essa assimetria cria forças laterais que podem resultar em mudanças súbitas no percurso.

Exercício 5.3 (OBFEP 2010) Que tipos de forças atuam sobre a bola durante seu trajeto após esta ser chutada:

- A) Gravitacional e Elétrica.
- B) Gravitacional e Magnética.
- C) Elétrica e Magnética.
- D) Magnética e Atrito.
- E) Gravitacional e Atrito.

Exercício 5.4 (OBFEP 2010) Considerando o efeito aerodinâmico da bola que cria um fluxo assimétrico de ar nas superfícies da bola qual das afirmativas abaixo é correta:

- A) O mesmo efeito ocorre na asa de um avião.
- B) Só ocorrerá se a partida for realizada em cidades acima de 3.000 metros de altitude.
- C) Só ocorrerá se a partida for realizada em cidades ao nível do mar.
- D) Depende da massa da bola.

E) Não depende da velocidade da bola.

Exercício 5.5 (OBFEP 2011) Duas esferas, a primeira de massa m_A e a segunda de massa m_B , adquirem a mesma aceleração sobre uma linha reta horizontal quando se aplica sobre a primeira uma força de módulo F , e sobre a segunda uma força de módulo $5F$. Nessas condições, calcule a relação m_A/m_B e indique qual esfera tem maior massa.

Exercício 5.6 (OBFEP 2013) Um macaco esfomeado em cima de uma jaqueira, pula numa jaca de peso maior que o dele, para matar sua fome. Ao fazê-lo a jaca se solta da jaqueira, caindo em direção ao solo com ele em cima. Quando se aproximam do solo, o macaco esperto procura saltar verticalmente para cima a fim de evitar uma forte queda. Analisando o relato, conclui-se que:

- A) A pretensão do macaco não é possível porque viola a Lei da Inércia.
- B) Não é possível porque a jaca, tendo maior massa que o macaco, chega ao solo antes dele.
- C) É possível graças à Lei da Ação e Reação.
- D) Não é possível porque ambos caem com a mesma aceleração.

Exercício 5.7 (OBFEP 2014) Bisnaga era o garoto mais fascinado por futebol de sua escola. Morava em Mossoró (RN) e vivia com um boné do ABC, seu time do coração. Estava no 9º ano e, em sua primeira aula, o professor de Ciências Naturais se apresentou como Arquimedes de Freitas. Notando o valor que Bisnaga dava ao seu boné, o professor Arquimedes criou uma estratégia para que o jovem tirasse o boné sem criar muita polêmica. Levantou um livro bem grosso com uma mão e uma pequena moeda de 25 centavos com a outra mão. Em seguida, perguntou diretamente a Bisnaga qual dos dois corpos chegaria ao chão primeiro, caso fossem abandonados da mesma altura. Bisnaga respondeu, mesmo nunca tendo feito tal experiência. Como a altura da queda era pequena e os corpos eram muito mais densos que o ar, o professor Arquimedes sabia que a resistência do ar não iria interferir significativamente na queda; logo, fez uma aposta com Bisnaga que se ele estivesse errado, tiraria o boné. Caso estivesse certo, ganharia uma camisa oficial do ABC. Considerando que a observação seria feita a olho nu, qual dos dois objetos chegaria primeiro e por quê?

- A) O livro, pois é mais pesado que a moeda.
- B) A moeda, pois é mais leve que o livro.
- C) O livro, pois é menos denso que a moeda.
- D) Os dois chegam juntos.

Exercício 5.8 (OBFEP 2014) No outro dia pela manhã, quando o professor Arquimedes chegou no campinho de futebol da escola, uma equipe de filmagem estava na arquibancada analisando o local e os jogadores. Ele se aproximou do que julgou ser o diretor

e perguntou o que desejavam. Eles desejavam fazer um comercial de luvas de goleiro onde um goleiro desceria de paraquedas, após pular de um helicóptero, e agarraria uma bola que um garoto teria chutado para cima. O diretor queria um garoto bom de bola para isso. O professor Arquimedes disse que tinha o garoto ideal e apresentou Bisnaga para ele.

O Diretor de filmagem precisava fazer ajustes para que tudo desse certo e o professor Arquimedes ajudou nos cálculos físicos para isso.

Depois que a equipe de filmagem saiu com a promessa de voltar no dia seguinte para filmar, Bisnaga perguntou:

- Professor Arquimedes, como é que um helicóptero, um bicho tão pesado, consegue subir no ar?

- Ele empurra o ar para baixo com as suas hélices e recebe uma força de igual intensidade para cima, que supera o seu peso. Este mesmo princípio é usado por nós para andar: o nosso pé empurra o chão para trás e o chão aplica no pé uma força para frente. Quando nadamos, quando o carro se movimenta, quando o foguete sobe, sempre estamos usando o mesmo princípio, a mesma lei. Você sabe qual é o nome desta lei?

- A) Lei da ação e reação.
- B) Lei da Inércia.
- C) Lei da gravitação universal.
- D) Lei fundamental da mecânica.

Exercício 5.9 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) Ao lado você vê um peixe lanterna, morador das altas profundezas dos oceanos onde há baixas temperaturas. Ele emite luz produzida por reações químicas. Este fenômeno é chamado de bioluminescência; os vagalumes sofrem processos semelhantes. Caso esse peixe fique sem mexer o seu corpo, ele não sobe, nem desce. Baseado nesse fato, sobre as forças aplicadas no peixe, podemos concluir que o empuxo:



Figura 5.1: Imagem retirada da prova OBFEP 2015 - Nível B.

- A) é maior que o peso.
- B) é menor que o peso.
- C) tem a mesma intensidade que o peso.
- D) é indefinido.

Exercício 5.10 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) O homem produz artificialmente várias reações químicas que resultam em luz, cujo processo equivale à bioluminescência. Uma dessas reações envolve uma substância chamada luminol que, quando misturada a certas substâncias, resulta em emissão de luz. Esse fato é utilizado em criminalística para identificar evidências de sangue. Um químico da polícia técnica queria pesar a quantidade de luminol que havia no laboratório. Entretanto, a balança eletrônica estava quebrada. Ele pegou uma antiga balança cujos recipientes das extremidades, quando vazios, se equilibravam na situação mostrada na figura abaixo. De um lado, colocou todo o luminol. Do outro, colocou água em quantidade conhecida. O equilíbrio foi atingido quando foi usado 1 litro de água. Sabendo que a densidade da água é 1 kg/L, e considerando as alternativas abaixo, quantos gramas de luminol existiam no laboratório em questão e em que recipiente ele foi colocado?

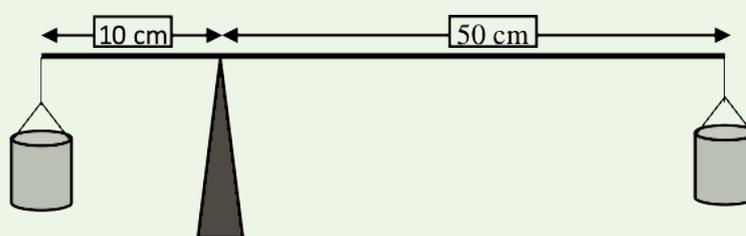


Figura 5.2: Imagem retirada da prova OBFEP 2015 - Nível B.

- A) 200 g no recipiente à direita.
- B) 400 g no recipiente à direita.
- C) 200 g no recipiente à esquerda.
- D) 400 g no recipiente à esquerda.

Exercício 5.11 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) Tanto planetas, quanto cometas orbitam em torno do Sol. A diferença entre cometas e planetas é que as trajetórias dos planetas são próximas de uma circunferência e não se cruzam. Já os cometas seguem trajetórias que cruzam as trajetórias dos planetas. É por isso que, às vezes, um cometa colide com um planeta.

A Terra possui uma velocidade média de 30 km/s. Se um cometa, com velocidade de 80 km/s e com um décimo da massa da Terra atingir a Terra no sentido oposto, qual a velocidade do corpo que se formará caso a colisão seja inelástica?

- A) 20 km/s.
- B) 18 km/s.
- C) 16 km/s.
- D) 12 km/s.

Exercício 5.12 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) O mascote da olimpíada do Rio de Janeiro de 2016 é Vinícius e o da paraolimpíada é Tom. Eles são fanáticos por esportes

e se arriscam na Física para compreendê-los. Certo dia, Tom fez a seguinte pergunta para Vinícius: - No levantamento de peso, quando o atleta ergue aquela barra cheia de anilhas, a barra exerce nas mãos do atleta o peso dela mais o das anilhas? Qual seria a resposta correta?



Figura 5.3: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) Sim, a barra exerce o peso dela e transmite o peso das anilhas que estão presas a ela.
- B) Não, a barra só exerce o peso dela. O peso das anilhas é intransferível.
- C) Não, a barra não exerce peso nas mãos do atleta. Ela exerce a reação à força que o atleta aplica nela.
- D) Não, a barra só exerce o peso das anilhas que estão presas a ela.

Exercício 5.13 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) O recorde de levantamento de peso em competições oficiais é do soviético Vassili Alekseiev, levantando 256 kg. Em julho do ano passado, um ciclista muito forte ergueu o fundo de um carro de 830 kg, tirando-o da ciclovia. Quantos newtons de força média este homem aplicou no carro, acima da força média aplicada por Alekseiev quando quebrou o recorde citado? Considere que o peso do carro está igualmente distribuído entre fundo e frente.

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 .



Figura 5.4: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 1590 N.
- B) 1610 N.
- C) 1670 N.
- D) 1730 N.

Exercício 5.14 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) O tênis foi um dos esportes escolhidos para fazer parte da primeira olimpíada moderna, em 1896. Atualmente, as bolas de tênis possuem uma massa de 60 g. André Sá é uma das promessas brasileira para essa categoria. Em seus saques, a força imprimida pela raquete nas bolas é muito superior ao peso das bolas. Caso, em um saque, esse tenista consiga imprimir uma força de 15 N em uma bola de tênis, a aceleração da bola terá um valor igual a:
Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 ; despreze a força peso da bola.

- A) 8 vezes o valor da aceleração da gravidade.
- B) 12 vezes o valor da aceleração da gravidade.
- C) 20 vezes o valor da aceleração da gravidade.
- D) 25 vezes o valor da aceleração da gravidade.

Exercício 5.15 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) A modalidade “canoagem velocidade” conta com vários tipos de provas. O brasileiro Ronilson de Oliveira é uma das nossas promessas na prova de canoa individual. Atualmente, Ronilson possui 78,70 kg e usa uma canoa de 14,12 kg. A água no estádio da lagoa Rodrigo de Freitas, sede das provas de canoagem, possui uma densidade de 1,02 kg/L. Qual o volume ocupado pela canoa, abaixo do nível da água, durante a competição?

- A) 90,0 L.
- B) 91,0 L.
- C) 92,0 L.
- D) 93,0 L.

Exercício 5.16 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) Vemos uma foto da polonesa Anita Wlodarczyk antes de conseguir seu recorde mundial. O martelo olímpico feminino é uma bola de ferro de 4 kg presa a um fio de aço de 1,2 m. A atleta gira algumas vezes antes de lançar o martelo. Imediatamente antes de lançar, Anita girava o corpo forçando a bola a descrever um movimento circular de 1,8 m de raio a uma velocidade de 30 m/s. Desprezando o efeito gravitacional, qual a intensidade da tração exercida pelo fio na esfera, imediatamente antes de ser lançada?



Figura 5.5: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 1800 N.
- B) 1900 N.
- C) 2000 N.
- D) 2400 N.

Exercício 5.17 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) A história das olimpíadas modernas possui algumas curiosidades. De 1900 a 1932, existia a prova da subida de corda. O atleta teria que subir 10 m de corda no menor tempo. Na última competição, um inglês de 82 kg subiu tal distância em 6,7 s. Nos primeiros segundos, ele aplicou uma força média de 943 N para baixo na corda. Qual o valor da aceleração média deste atleta nesses primeiros segundos?

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 .

- A) $0,8 \text{ m/s}^2$.
- B) $1,0 \text{ m/s}^2$.
- C) $1,2 \text{ m/s}^2$.
- D) $1,5 \text{ m/s}^2$.

Exercício 5.18 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) Robert Scheidt é o maior ícone do iatismo brasileiro, sendo bicampeão olímpico na classe laser. A figura ao lado mostra as duas forças principais que atuam em um barco a vela: a produzida pelo vento na vela, responsável por movimentar o barco para frente, e a produzida pela água na bolina (quilha do barco), responsável por reduzir o desvio lateral provocado pela primeira força. Existe uma terceira que anula totalmente essas forças quando o barco está em movimento retilíneo uniforme: a força produzida pela água contra o movimento do barco. Obedecendo a escala do quadriculado da figura determine, aproximadamente, o

valor da força resultante das duas forças apresentadas.

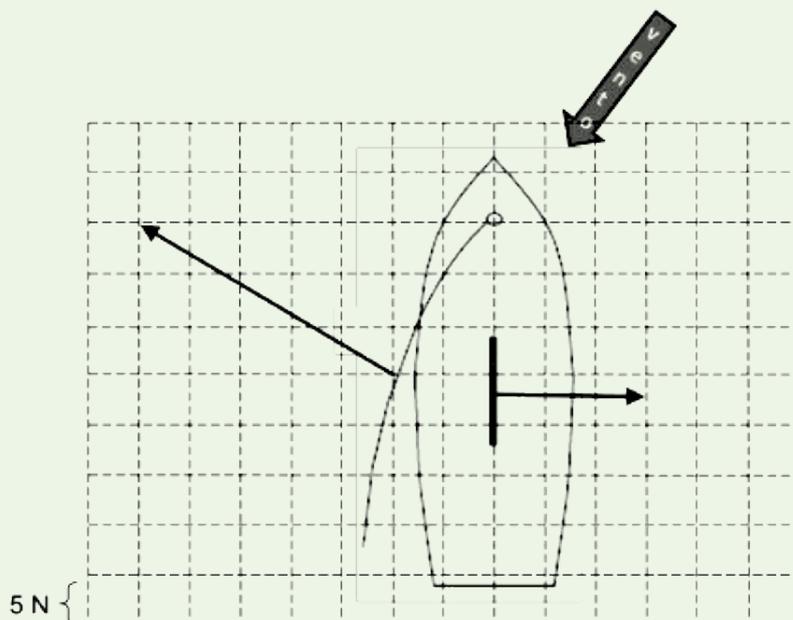


Figura 5.6: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 12 N.
- B) 15 N.
- C) 16 N.
- D) 18 N.

Exercício 5.19 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) TEOREMA DE STEVIN

Uma das obras brasileiras mais importantes de desenvolvimento sustentável no âmbito nacional é a transposição do rio São Francisco. Ela aproveita parte da água que seria despejada no mar para irrigar 390 municípios do semiárido, beneficiando 12 milhões de pessoas de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Vemos ao lado a construção de uma barragem que será responsável pela formação de um grande lago que fará parte do complexo relacionado à transposição do rio São Francisco. Essa parede de blocos de 25 m de largura foi planejada para segurar até 200 mil toneladas de água que terá 8m de altura nessa parede. Se o nível da água atingir o máximo, qual a força total que esta parede neutralizará? Sabe-se que a pressão no meio da coluna de água é igual à pressão média que essa parede estaria sofrendo.

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 , densidade da água = 1 kg/litro e prefixo “Mega” = 10^6 .



Figura 5.7: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

- A) 4 MN
- B) 6 MN.
- C) 8 MN.
- D) 10 MN.

Exercício 5.20 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) MOMENTO ANGULAR

Um próspero campo de produção de energia limpa está sendo explorado nos últimos anos: a energia marítima. O Brasil é um dos pioneiros nessa nova tecnologia. A 60 km de Fortaleza (CE) está sendo testada a primeira usina de ondas da América Latina, um projeto exclusivamente brasileiro. A extremidade de um braço mecânico de 24 m fica apoiada em um flutuador que sobe e desce de acordo com as ondas. Esse movimento é transmitido ao pistão de uma bomba hidráulica que fica a 2 m do eixo de rotação do braço mecânico. A bomba hidráulica movimenta um gerador de energia elétrica. Desprezando o peso do braço mecânico, quando o flutuador aplica na extremidade do braço uma força de 6.000 N, qual a intensidade de força que o pistão da bomba hidráulica sofre aplicado pelo braço mecânico? Considere que o sistema está em equilíbrio

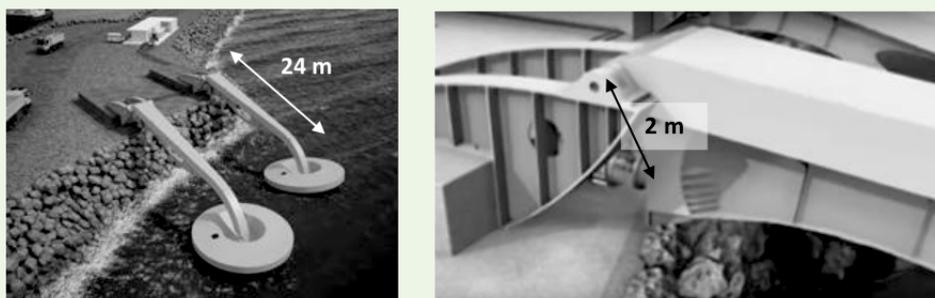


Figura 5.8: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

- A) 500 N.
- B) 800 N.
- C) 36 kN.
- D) 72 kN.

Exercício 5.21 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) **FORÇA CENTRÍPETA**

Ainda no campo da “energia limpa”, o Brasil experimentou um crescimento enorme na utilização da energia eólica, principalmente no Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará. Um aerogerador é um imenso cata-vento - como podemos notar na imagem em anexo, em que homens aparecem fazendo a manutenção desse equipamento.

Ao liberar a movimentação das hélices do aerogerador, demora um bom intervalo de tempo para que a força do vento faça a hélice ganhar velocidade de trabalho e assim desenvolver um movimento uniforme.

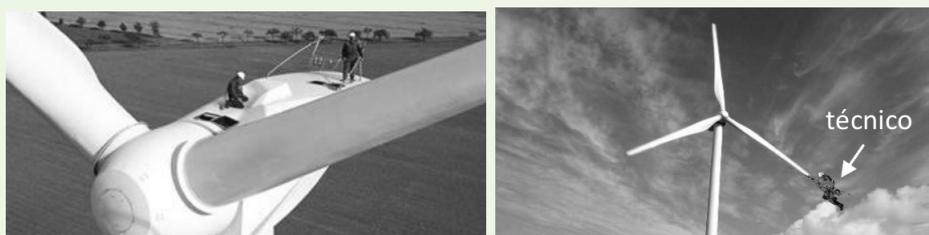


Figura 5.9: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

Um dos problemas para a implementação desses equipamentos é a mão de obra especializada e normas de segurança bem definidas para evitar acidentes como o que aconteceu em um aerogerador, onde um técnico subiu até o eixo da hélice com ela em movimento. Devido ao vento, esse técnico, que tinha 90 kg, acabou indo parar na extremidade de uma das pás da hélice preso a um cabo e descrevendo um MCU com aceleração centrípeta igual a 4 m/s^2 . A sorte do técnico é que o cabo não partiu. Qual a intensidade da força máxima que esse cabo suportou? Considere que a aceleração da gravidade mede 10 m/s^2

- A) 540 N.
- B) 860 N.
- C) 1260 N.
- D) 1340 N.

Exercício 5.22 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) **FORÇA DISSIPATIVA**

Um dos setores produtivos que mais libera gás carbônico na atmosfera é o automobilístico. No ano passado, o governo brasileiro retirou os impostos de importação de carros elétricos apostando que eles seriam uma boa solução para a sustentabilidade nesse setor. Entretanto, a utilização de usinas térmicas na matriz energética do Brasil aumentou. Se por um lado, os carros elétricos não liberam diretamente gás carbônico, pois não se movimentam através da queima de combustíveis, por outro eles vão aumentar o consumo de energia elétrica e a utilização de usinas térmicas. A substituição de carros que usam combustíveis para carros elétricos só será efetiva se a produção de energia elétrica limpa crescer mais que o consumo de energia elétrica. Por isso é tão necessário o estudo da eficiência de carros elétricos.

Imagine que certa distribuidora saiba que um carro popular em média sofra do ar

uma força de resistência R cuja intensidade obedece a relação $R = 5 \cdot v^2$, determinada para o SI, onde v é a velocidade. Um carro na cidade libera diariamente 1 kg de gás carbônico a cada 100 N de força motriz média para frente produzida pelo sistema de propulsão. Se, em Manaus, os carros desenvolvem uma velocidade média de 72 km/h, quantos créditos de carbono (veja questão ??) por carro essa distribuidora ganharia por mês quando deixasse de vender carros à combustão e passasse a vender carros elétricos?

Considere que a única força contra o movimento do carro seja produzida pela atmosfera.

- A) 0,6 créditos de carbono.
- B) 0,7 créditos de carbono.
- C) 0,8 créditos de carbono.
- D) 0,9 créditos de carbono.

Exercício 5.23 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) LEI DA INÉRCIA

Paulo decidiu arrastar uma mesa pela sala para mudar o seu local. Logo após a mesa sair do repouso, fez a mesa desenvolver um movimento retilíneo uniforme. Contrária ao movimento da mesa, só existia a força de atrito. Durante o MRU, podemos afirmar que:



Figura 5.10: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

- A) a força aplicada por Paulo é maior que a força de atrito.
- B) a força aplicada por Paulo tem a mesma intensidade que a força de atrito.
- C) a força aplicada por Paulo é menor que a força de atrito.
- D) a aceleração e a velocidade da mesa são constantes.

Exercício 5.24 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) FORÇA RESULTANTE - TRAÇÃO

Rodolfo queria pendurar um quadro pesado (peso = P) usando um pedaço de barbante e pregos. Os pregos que são presos à parede suportavam uma força intensa sem se desprender. Frágil, contudo, era o material do quadro, que não conseguia segurar fortemente os pregos ligados às extremidades do barbante no quadro. Por culpa disso, esses poderiam se desprender caso o barbante produzisse uma intensa tração.

Antes de colocar o quadro na parede, Rodolfo avaliou a tração nas duas configurações abaixo:

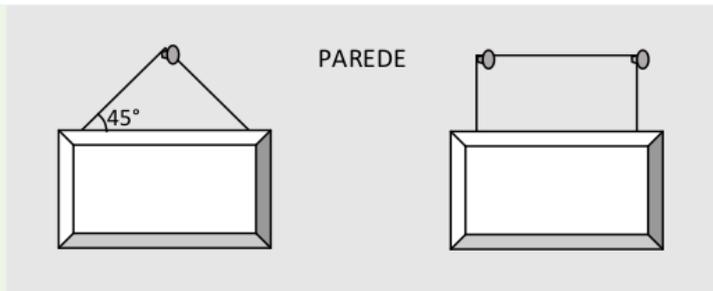


Figura 5.11: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

Determine a intensidade de tração da configuração que Rodolfo não deve escolher.

- A) $\frac{\sqrt{2}}{2}P$.
- B) $0,5P$.
- C) $\sqrt{2}P$.
- D) P .

Exercício 5.25 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) **FORÇA DE CENTRÍPETA, ATRITO ESTÁTICO E M.C.U.**

Ventilador de teto é algo comum nas casas brasileiras das regiões mais quentes, como na de Márcio. Ele colocou uma borracha sobre uma das pás do ventilador de teto de seu quarto. A pá do ventilador era de madeira e ficava na horizontal. A frequência do ventilador era controlada por Márcio através de um dispositivo eletrônico. A borracha foi colocada a 36 cm do centro do ventilador. Se os coeficientes de atrito que estão associados à borracha em contato com a madeira medem 0,9 e 0,7, determine a maior frequência angular que o ventilador pode assumir em movimento circular uniforme para que a borracha não deslize pela pá.

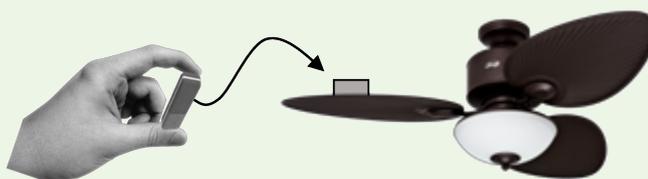


Figura 5.12: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

Dados: despreze a resistência do ar e desconsidere a fase de movimento acelerado.
aceleração da gravidade = 10 m/s^2

- A) 3 rad/s.
- B) 4 rad/s.
- C) 5 rad/s.
- D) 6 rad/s.

Exercício 5.26 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) **PLANO INCLINADO**

A família Almeida usou a estrada de ferro Carajás a fim de se locomover de São Luís a Parauapebas, no Pará. Com 892 km de extensão, Carajás é a maior ferrovia de passageiros em operação no Brasil. Em um trecho, um trem de 100 toneladas sobe, em movimento retilíneo uniforme, uma ladeira inclinada de 26° (conforme figura). Nessa situação, a força de atrito contrária ao movimento do trem possui um coeficiente de atrito de 0,2. Nesse trecho, qual o valor da força que aponta no sentido do movimento do trem (força motora)?

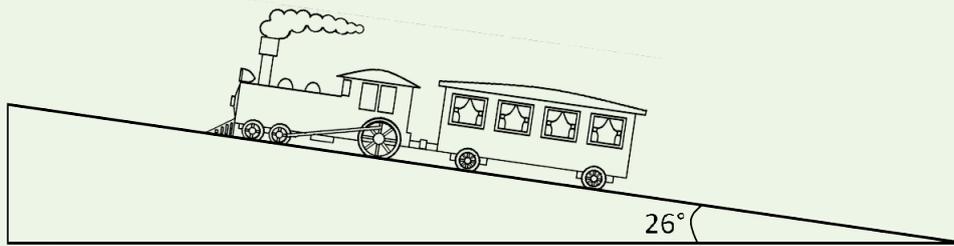


Figura 5.13: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

Dados: $\sin 26^\circ = 0,4$ e $\cos 26^\circ = 0,9$

- A) 38 toneladas-força.
- B) 44 toneladas-força.
- C) 52 toneladas-força.
- D) 58 toneladas-força.

Exercício 5.27 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) **TRAÇÃO**

A caminho para Manaus, a família Almeida cruzou a ponte Phelippe Daou, a maior ponte fluvial estaiada do Brasil. O trecho estaiado é suportado por cabos de aço distribuídos simetricamente em relação ao mastro que fica no centro, conforme figura. Em cada lado, o primeiro cabo está a 74° em relação à horizontal e o último está a 19° em relação à horizontal. De acordo com a pesquisa de Carlos, o primeiro cabo de cada lado teria uma tração de 200 kN. Como a força vertical exercida por cada cabo deve possuir a mesma intensidade, determine a tração do último cabo de cada lado.



Figura 5.14: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

Dados: $\sin 74^\circ = 0,96$ e $\cos 74^\circ = 0,28$; $\sin 19^\circ = 0,32$ e $\cos 19^\circ = 0,95$.

- A) 400 kN.
- B) 450 kN.
- C) 500 kN.
- D) 600 kN.

Exercício 5.28 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) COMPONENTE VETORIAL

No final do século XVI, o sueco Simon Stevin elaborou uma experiência mental envolvendo planos inclinados. Nela, uma corda de espessura uniforme estaria contornando um plano inclinado apoiada em três polias perfeitas (sem atrito) que dividiam a corda em três trechos, conforme figura abaixo. O trecho AB (cujo tamanho é igual à altura do plano inclinado) é o menor e seu peso tenta movimentar a corda no sentido anti-horário. O trecho AC é o maior (cujo comprimento é o do plano inclinado) e o seu peso tenta movimentar a corda no sentido horário. O peso do trecho BC não tenta movimentar a corda para o sentido horário, nem para o sentido anti-horário. A corda se movimentaria espontaneamente? Não, pois finalizaria em uma situação exatamente igual à anterior. Sendo assim, Stevin conclui que a trecho AC possui um “**peso efetivo**” igual ao “**peso efetivo**” do trecho AB que é o seu peso real (P_{AB}).

Isaac Newton reinterpretou essa situação dividindo o peso real do trecho AC (P_{AC}) em dois vetores componentes, P_X e P_Y : P_X é o vetor componente do peso na direção do plano inclinado e P_Y é o vetor componente do peso na direção perpendicular ao plano inclinado. Usando a linguagem e a compreensão newtoniana para essa situação, determine a proposição **falsa**.

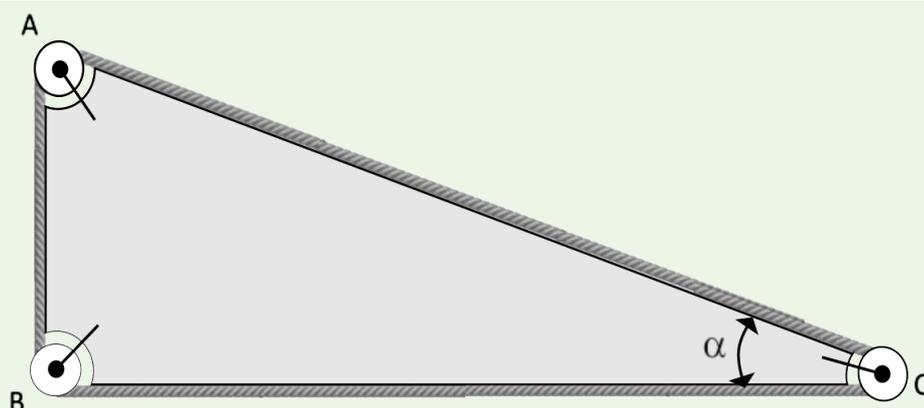


Figura 5.15: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) O “peso efetivo” do trecho AC é P_X .
- B) Comprimento do trecho $AB =$ Comprimento do trecho $AC \times \sin \alpha$.
- C) O peso do trecho AC é anulado pela normal exercida pelo plano.
- D) Como o peso real de cada trecho é proporcional ao seu comprimento e $P_X = P_{AB}$,
 $P_X = P_{AC} \cdot \sin \alpha$.

Exercício 5.29 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) PLANO INCLINADO

Em 1633 o italiano Galileu Galilei, aos 69 anos, dedicou-se a compreender a queda dos corpos. Para estudá-la, precisou amenizá-la em “quedas” de esferas por meio de planos inclinados. Seu problema era identificar se a velocidade crescia proporcionalmente ao deslocamento ou ao tempo, sem um equipamento que medisse a velocidade de cada instante, sem velocímetro. Com os equipamentos que tinha, ele verificou que os deslocamentos nessas situações, a partir do abandono, eram diretamente proporcionais ao quadrado do tempo. Com base nisso, determine a proposição **falsa**.

- A) A velocidade não pode ser proporcional ao tempo e ao deslocamento simultaneamente.
- B) Esse movimento é uniformemente variado já que se encaixa na função horária de espaço desse tipo de movimento.
- C) A velocidade é diretamente proporcional ao deslocamento.
- D) Sem as leis da dinâmica não podemos concluir que esse tipo de movimento será equivalente a uma queda-livre.



6. Trabalho e energia

6.1 Exercícios

LEIA ATENTAMENTE O TEXTO ABAIXO QUE SERÁ UTILIZADO COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

O futebol (do inglês *football*) é um esporte de equipe jogado entre dois times de 11 jogadores cada um. É considerado o esporte mais popular do mundo, praticado por cerca de 270 milhões de pessoas de, praticamente, todas as nacionalidades. Uma partida de futebol é realizada num campo retangular gramado, cujas dimensões utilizadas na copa do mundo na África do Sul foram de 110 metros de comprimento por 75 metros de largura. Em cada lado do campo (nas linhas chamadas “linhas de fundo”) existem balizas que delimitam uma área denominada “gol”. Os “gols” são constituídos de dois postes verticais (conhecidos como traves) de 2,40 metros de altura, localizados a 7,30 metros de distância um do outro e sobre o centro de cada linha de fundo. As partes superiores dos postes são unidas por outro poste horizontal, conhecido como travessão. O objetivo é deslocar uma bola através do campo para colocá-la dentro do “gol” adversário, ação que se denomina “gol”. A equipe que marca mais “gols” ao término da partida é a vencedora. O futebol é jogado com uma bola de forma esférica que deve ser de couro ou outro material adequado. Sua circunferência é de 70 centímetros, sua massa de 450 gramas e sua pressão de 1,0 atmosfera ao nível do mar. Os jogadores podem tocar e mover a bola com qualquer parte de seu corpo, exceto com os membros superiores. O goleiro tem a vantagem de poder utilizar qualquer parte de seu corpo para isto, mas somente dentro de uma área delimitada denominada de grande área. As grandes áreas são áreas retangulares localizadas no centro dos “gols” e adentrando-se no campo. As linhas que delimitam a grande área são traçadas a 16,5 metros dos postes verticais, adentrando-se também 16,5 metros ao interior do campo, e unidas por outra linha maior. O traçado da pequena área é semelhante, porém com uma medida de 5,5 metros. Uma partida de Futebol tem duração total de 90 minutos, divididos em tempo iguais de 45 minutos e separados por um intervalo de 15 minutos.

(adaptado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Futebol>)

Use se necessário $g = 10 \text{ m/s}^2$ (aceleração gravitacional local); $\pi = 3$; 1 caloria = 4,2 J.

Exercício 6.1 (OBFEP 2010) O que acontece com a pressão interna de uma bola se uma partida de futebol for realizada numa cidade a 3.000 metros de altitude e a pressão desta for calibrada em 1 atmosfera ao nível do mar. Considere que o volume da bola não sofre nenhuma modificação quando esta é transportada entre as duas cidades.

- A) Se a temperatura externa não variar a pressão irá aumentar.
- B) Se a temperatura externa não variar a pressão irá diminuir.
- C) Se a temperatura externa não variar a pressão irá permanecer a mesma.
- D) Se a temperatura externa diminuir a pressão irá aumentar.
- E) Se a temperatura externa aumentar a pressão irá diminuir.

Exercício 6.2 (OBFEP 2010) Qual a sequência correta de transformações de energia que ocorrem durante e após uma bola ser chutada por um goleiro no tiro de meta?

Considere a seguinte convenção:

$E1$ = Energia potencial muscular.

$E2$ = Energia cinética de movimento da bola.

$E3$ = Energia potencial gravitacional da bola.

$E4$ = Energia cinética de movimento da perna do goleiro.

- A) $E1 \rightarrow E2 \rightarrow E3 \rightarrow E4$
- B) $E2 \rightarrow E3 \rightarrow E4 \rightarrow E1$
- C) $E4 \rightarrow E3 \rightarrow E2 \rightarrow E1$
- D) $E1 \rightarrow E3 \rightarrow E2 \rightarrow E4$
- E) $E1 \rightarrow E4 \rightarrow E2 \rightarrow E3$

Exercício 6.3 (OBFEP 2010) A potência solar média que incide sobre o gramado de um campo de futebol é de 1 W/m^2 . Qual a energia que o gramado irá receber durante uma hora de exposição (expresse seu resultado em Joules J)?

- A) $3 \cdot 10^7$.
- B) 1.
- C) $1 \cdot 10^5$.
- D) 3.600
- E) 3.000

Exercício 6.4 (OBFEP 2010) Um jogador de futebol de 80 kg ingere o equivalente a 1000 calorias antes de uma partida de futebol. Com esta quantidade de energia, quantos saltos de 20 cm de altura, seriam possíveis realizar durante uma partida se toda esta energia armazenada fosse transformada integralmente em energia mecânica.

LEIA ATENTAMENTE O TEXTO ABAIXO QUE SERÁ UTILIZADO COMO BASE PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

No mundo de hoje as pessoas estão sempre preocupadas com o seu peso. A energia que utilizamos para fazer o nosso corpo funcionar é originada principalmente nos alimentos que ingerimos. A caloria (cal) é a unidade de medida dessa energia. Portanto, quando lemos nos rótulos dos alimentos a quantidade de calorias que ingerimos ao consumi-los, podemos saber a quantidade de energia que agregamos ao corpo. Quando ingerimos alimentos, a energia obtida nesse processo pode (i) ser convertida em trabalho e calor; ou (ii) ser armazenada. Neste último caso, nos tecidos adiposos. Considere que a energia acumulada é aproximadamente de $7,7 \cdot 10^6$ cal para cada quilograma do corpo da pessoa e que o organismo humano consome diariamente, em média, 33.000 calorias por cada quilograma para manter o corpo funcionando.

Exercício 6.5 (OBFEP 2011) Se a massa do corpo da pessoa é de 60 kg, então a energia armazenada no seu corpo será de:

- A) $3,3 \cdot 10^6$ cal.
- B) 330 kcal.
- C) $4,62 \cdot 10^8$ cal.
- D) 462 cal.
- E) 3300 cal.

Exercício 6.6 (OBFEP 2011) Se a massa do corpo da pessoa é de 60 kg, a sua necessidade diária de energia para manter-se é:

- A) $3,3 \cdot 10^6$ cal.
- B) 33 kcal.
- C) $1,98 \cdot 10^6$ cal.
- D) 550 cal.
- E) nenhuma das respostas acima.

Exercício 6.7 (OBFEP 2012) Uma experiência muito curiosa consiste em fazer uma caixa de papel, enchê-la de água, e colocá-la em contacto com uma chama até a água ferver, sem queimar a caixa. Para explicar o fenômeno, assinale a alternativa correta:

- A) certamente a água colocada na caixa estava gelada.
- B) certamente a chama não tem intensidade para queimar a caixa.
- C) a maior parte do calor da chama é transferida para a água e desta forma não se atinge a temperatura de combustão do papel.
- D) nenhuma das alternativas anteriores.

Exercício 6.8 (OBFEP 2013) Uma pessoa preocupada por estar com 77 kg e desejando atingir 75 kg que ela considera ideal, iniciou um treinamento intensivo de ciclismo. Orientada por nutricionista foi informada que, se pedalar a 18 km/h por 10 minutos ela perderá 80 cal. Além do mais, para perder 1 kg é necessário “queimar” 7.200 calorias. Decidida a recuperar os 75 kg, a pessoa programou-se para atingir seu intento em 10 dias usando uma pista circular de 100 m de raio. Pelos seus cálculos, ela deveria pedalar

com a velocidade citada, o seguinte número de voltas por dia:

- A) 86.
- B) 100.
- C) 128.
- D) 182.

Exercício 6.9 (OBFEP 2013) Um estudante de 70 kg assiste um programa de difusão científica na TV que relata a vida de ursos brancos nas regiões geladas. Num trecho do vídeo, no início do inverno é mostrado um urso gordo que entra numa caverna e, após o inverno, ele sai magro. Entusiasmado, o estudante pesquisa como emagrecer dormindo. Consultando bibliografia especializada, ele constata que uma pessoa dormindo “queima” 1 cal por minuto e que, para emagrecer 1kg deve-se perder 7.000 cal. Ele faz os cálculos e, querendo chegar a 60 kg, resolve dormir ininterruptamente. Coloca então um aviso na porta para sua mãe: favor me acordar daqui a:

- A) 7 dias.
- B) 12 horas.
- C) 24 dias.
- D) 48 dias.

Exercício 6.10 (OBFEP 2013) Um estudante brasileiro, fazendo intercâmbio nos Estados Unidos, envia um e-mail para sua mãe dizendo que fez um exame médico e que sua temperatura estava em torno de 98 °F. Pode-se dizer que:

- A) A temperatura do estudante na escala Celsius era de 37,5 °C.
- B) O estudante estava em estado febril.
- C) Sua temperatura era de 273 K.
- D) Nenhuma das alternativas anteriores.

Exercício 6.11 (OBFEP 2014) Bisnaga, você sabe que o motor de um carro esquenta enquanto funciona?

- Sim. Às vezes eu ajudava o meu tio, que é frentista, colocando água em dois recipientes que ficam na parte da frente dos carros. Um recipiente alimentava o jato de água do limpador de para-brisa e o outro alimentava o que meu tio chamava de radiador.

- Isso mesmo, Bisnaga. Quando o carro funciona, queima combustível e gera calor, o que faz a temperatura aumentar. O radiador faz parte do sistema de resfriamento do carro. Sem ele, o carro ficaria muito quente e pararia. O nosso corpo não é diferente.

- Já sei. A comida que ingerimos é o nosso combustível. Estamos queimando este combustível e gerando calor. E quando jogamos futebol, nosso corpo queima mais combustível e gera mais calor?

- Sim. Aliás, o nosso corpo já está mais quente que o ambiente, mas o corpo perde calor em um ritmo que não nos incomoda. Entretanto, quando você joga futebol, a queima do alimento fica mais intensa e se produz mais calor que o normal. Neste caso, o corpo precisa aumentar o ritmo do resfriamento. Você sabe qual o principal recurso

que o corpo utiliza para isso?

- A) Ele aumenta o ritmo do coração que consome calor.
- B) Ele molha nossa pele através do suor.
- C) Ele cria um hormônio que inibe a sensação térmica de calor.
- D) Ele aumenta a respiração, liberando calor ao expirar o ar quente.

Exercício 6.12 (OBFEP 2014) - Professor!!!! Então, ficamos com febre durante uma partida de futebol?

- De certa forma, sim. Porque não fazemos uma experiência? Seus amigos estão lhe chamando para jogar. Vá se divertir. No meio da partida, dê um pulo aqui para medirmos sua temperatura.

Bisnaga concordou com a proposta e foi jogar. Logo depois que fez o primeiro gol, correu para a arquibancada. O professor lhe deu um termômetro. Depois de um tempo, o próprio Bisnaga tirou o termômetro da axila para verificar a sua temperatura.

- 104 graus!!! O que é isso!!!! Estou fervendo por dentro, acima dos 100 graus???

Depois de sorrir pela reação espantada de Bisnaga, o professor Arquimedes explicou.

- Bisnaga, este termômetro veio direto dos Estados Unidos, onde se usa uma outra escala termométrica chamada de Fahrenheit. Nesta escala, o gelo derrete a 32 graus e a água entra em ebulição a 212 graus. Sendo assim, os 104 graus não significam 104 graus Celsius, mas, 104 graus Fahrenheit. Com essas informações, Bisnaga, qual seria a indicação de sua temperatura durante o jogo de futebol na escala Celsius, aquela que usamos no Brasil?

- A) 37 °C.
- B) 39 °C.
- C) 40 °C.
- D) 42 °C.

Exercício 6.13 (OBFEP 2014) Bisnaga não perdia as aulas do professor Arquimedes. Em uma delas ele falou dos tipos de energia, de como uma energia se transforma na outra e que toda a energia do Universo continua com a mesma quantidade até hoje e continuará assim para sempre. Bisnaga ficou impressionado com a grandiosidade desta ideia e foi pesquisar mais sobre energia na biblioteca do colégio. No outro dia, antes da aula, Bisnaga perguntou ao professor Arquimedes:

- Professor, quando chutei aquela bola para o goleiro, ocorreram uma série de transformações de energia, não foi?

- Sim, claro. Já que você estudou sobre o assunto, gostaria de testá-lo. Vamos definir como primeiro processo aquele que começou quando você pegou a bola e finalizou quando a chutou. Nosso segundo processo será a subida da bola até o instante em que é pega pelo goleiro. Qual foi a principal transformação de energia em cada um desses processos, respectivamente?

- A) De energia química para energia cinética e de energia cinética para energia potencial gravitacional.
- B) De energia cinética para energia térmica e de energia térmica para energia poten-

cial elástica.

- C) De energia cinética para energia potencial elástica e de energia potencial elástica para a energia cinética.
- D) De energia térmica para energia potencial gravitacional e de energia potencial gravitacional para energia cinética.

Exercício 6.14 (OBFEP 2014) - Energia é um tema muito importante, Bisnaga. Deixe verificar se você aprendeu seu principal conceito. Digamos que uma senhora de 80 anos estava descendo uma rampa de um mercado, guiando o seu carrinho de compras, quando parou para consertar os óculos. Ao parar, a senhora abandonou sem querer o carrinho de compras que já possuía 200 J de energia potencial gravitacional. Ao chegar no fim da ladeira, o carrinho colidiu com um garoto de patins que estava com 50 J de energia cinética. O garoto saiu da colisão com 130 J de energia cinética e o carrinho parou. Qual o valor da energia térmica produzida por causa da colisão entre o carrinho e o garoto?

- E a interferência do atrito nas rodas durante a descida, professor?

- Excelente percepção. Quero que despreze este efeito. Sendo assim, qual é a resposta?

- A) 20 J.
- B) 80 J.
- C) 120 J.
- D) 150 J.

Exercício 6.15 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) Carlos queria emagrecer e estava recebendo conselhos de Antônio, um grande amigo. Sem nenhuma recomendação médica, Antônio dizia que a melhor maneira de emagrecer é a sauna, pois aumenta a temperatura do ambiente forçando o corpo a suar mais. A ideia de Carlos para aumentar a temperatura do ambiente foi correr com uma roupa que absorva muito calor do Sol. Assim, ele foi pesquisar quais as características da roupa que deveria usar para conseguir o que desejava.

Dentre outras características, qual a cor da roupa que deve escolher para dar prosseguimento à ideia que teve?

- A) Branca.
- B) Cinza.
- C) Preta.
- D) Qualquer uma.

Exercício 6.16 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) A Assembleia Geral das Nações Unidas decidiu que o ano de 2015 seria considerado o ano internacional da luz. Entender a natureza da luz sempre foi um desafio para o homem. Depois dos trabalhos da relatividade de Albert Einstein e da física quântica, muito sobre a luz foi compreendido.

Um ponto interessante para esta prova é que a luz pode se comportar como um conjunto de partículas chamadas de fótons. Cada fóton carrega uma quantidade específica de energia e isso o identifica. Quando o olho humano recebe um conjunto de fótons iguais (cada um transporta a mesma energia), a visão “cria” uma cor específica conforme tabela abaixo. Os fótons que possuem uma energia menor que $2,55 \times 10^{-19}$ J (infravermelhos) ou maior que $5,10 \times 10^{-19}$ J (ultravioleta) representam luz invisível, pois não são convertidos pelo olho em impulsos nervosos. O laser é uma fonte de luz visível; logo, é um emissor de fótons visíveis. Se certo laser tem uma potência de 0,00168 W e emite 4×10^{15} fótons por segundo, qual será a cor de seu raio de luz?

cor	energia do fóton na ordem de 10^{-19} J
Vermelho	de 2,55 até...
Alaranjado	de 3,20 até...
Amarelo	de 3,33 até...
Verde	de 3,45 até...
Azul	de 4,04 até...
Anil	de 4,37 até...
Violeta	de 4,41 até 5,10

- A) vermelho.
- B) violeta.
- C) amarelo.
- D) azul.

Exercício 6.17 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) Geralmente, para a combustão (queima de um material) ocorrer, é necessário iniciar esse processo através de aquecimento ou de uma faísca. Muitos povos antigos usavam o atrito para dar início ao fogo. Para isto uma das formas usadas era esfregar a extremidade de uma vareta de madeira seca contra a casca de uma árvore, sendo a extremidade da vareta deslizada para frente e para trás. Suponha que o forte contato entre as superfícies gera uma normal de 50 N. O coeficiente de atrito de deslizamento (cinético) entre a madeira e a casca é 0,4. Sabe-se que, para iniciar a combustão da vareta, é necessário produzir 200 J de calor na sua extremidade. Considerando que todo calor produzido pelo atrito fica retido na extremidade da vareta, quantos metros a extremidade da vareta deve percorrer, em seu movimento de vai e vem, para que se incie a combustão?

- A) 10 m.
- B) 12 m.
- C) 14 m.
- D) 16 m.

Exercício 6.18 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) Uma das técnicas de guerra dos persas, na Antiguidade, era abandonar esferas feitas de gravetos secos e de fácil combustão no alto das montanhas. Por meio de flechas, ateavam fogo na parte mais

baixa da montanha para incendiar essas esferas antes delas atingirem os inimigos. Com o impacto, essas bolas de fogo se partiam em vários pedaços fazendo um bom estrago na área inimiga. Uma bola dessas de 80 kg está representada na figura abaixo, no momento em que é abandonada. Considerando que o sistema é conservativo, a esfera atingirá a base da montanha com que velocidade?

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 .

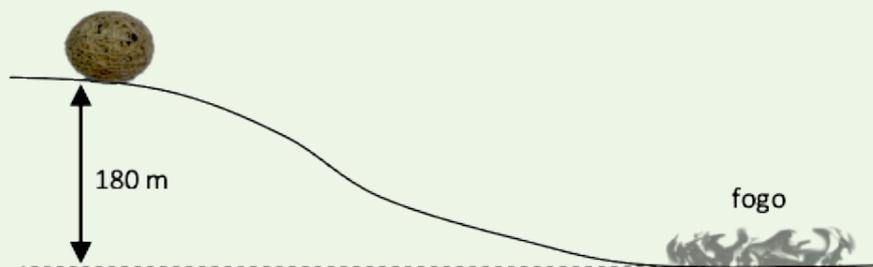


Figura 6.1: Imagem retirada da prova OBFEP 2015 - Nível B.

- A) 30 m/s.
- B) 40 m/s.
- C) 50 m/s.
- D) 60 m/s.

Exercício 6.19 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) No gráfico abaixo foi registrado o comportamento da velocidade escalar de um atleta em uma prova de salto em altura. O sentido do movimento foi usado como sentido da trajetória e a duração de todo o movimento, do impulso até o amortecimento no colchão, foi de 6,8 s. Qual o instante que o atleta atinge a altura máxima?

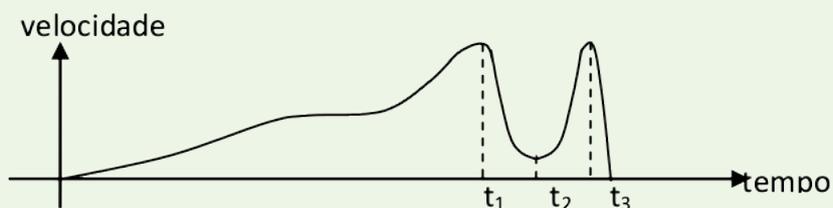


Figura 6.2: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) Apenas em t_1 .
- B) Em $t = 6,8$ s.
- C) Em t_1 e t_3 .
- D) Em t_2 .

Exercício 6.20 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) A bocha paralímpica é um esporte pouco conhecido. Introduzido em 1984, os competidores tentam colocar as 6 esferas iguais o mais próximo da esfera branca (alvo). Uma das estratégias utilizadas é, através de uma colisão, afastar uma esfera do adversário que esteja mais próxima do alvo. Em certa jogada, um atleta usou essa estratégia. A esfera do atacante atingiu a do adversário com a velocidade de 3 m/s. Imediatamente após a colisão, a esfera do atacante reduziu a velocidade para 0,6 m/s, mas não mudou o sentido, e a do adversário saiu na mesma direção da esfera do atacante. Qual o valor do coeficiente de restituição para esta colisão?



Figura 6.3: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 0,4.
- B) 0,5.
- C) 0,6.
- D) 0,7.

Exercício 6.21 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) Força, flexibilidade e muita calma são essenciais para um arqueiro acertar o alvo no tiro com arco. A flecha deve sair com grande velocidade para vencer os 70 m o mais rápido possível, reduzindo os efeitos da gravidade na trajetória. Para tal, usa-se um arco de grande constante elástica e exige-se muita força muscular para manter sua deformação enquanto o arqueiro mira o alvo. Usando seu arco de competição e uma flecha de 20 g, o medalhista brasileiro Marcus Vinicius consegue lançar esta flecha a 60 m/s (216 km/h) deformando seu arco de 60 cm para efetuar o lançamento. Determine a força que este arqueiro tem que manter enquanto mira no alvo.

Dados: considere que o arco obedece a lei de Hooke e despreze as forças dissipativas.



Figura 6.4: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 120 N.
- B) 124 N.
- C) 132 N.
- D) 136 N.

Exercício 6.22 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) A temperatura da água na competição de natação olímpica deve estar entre 25 °C e 28 °C. Como a olimpíada ocorrerá em agosto, em pleno inverno no Rio, foi instalado um sistema de aquecedor de água na piscina oficial. É previsto que, no Rio, a temperatura mínima para a época seja de 10 °C. A piscina oficial, cujas dimensões são 25 × 50 × 2, em metros, deve atingir a temperatura mínima para a competição em 50 min, no máximo. Qual a potência mínima que o sistema de aquecimento deve possuir? Despreze as perdas de calor.

Dados: calor específico da água = 4,2 kJ/(kg °C); Densidade da água = 1000 kg/m³

- A) 52.500 kW.
- B) 55.200 kW.
- C) 60.000 kW.
- D) 64.800 kW.

Exercício 6.23 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) O tiro olímpico usa armas cujo projétil é movido por expansão gasosa produzida por um gás inicialmente super comprimido ou superaquecido. A diferença p^* entre a pressão exercida pelo gás na base do projétil e a pressão atmosférica é o que impulsiona o projétil. No gráfico ao lado, vemos um exemplo do comportamento de p^* em função do volume V ocupado pelo gás, ao disparar um projétil de 2 g em uma competição olímpica. Desprezando o atrito entre o projétil e o cano da arma, com que velocidade este projétil é disparado?

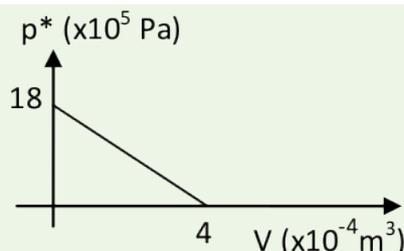


Figura 6.5: Imagem retirada da prova OBFEP 2016 - Nível B.

- A) 400 m/s.
- B) 500 m/s.
- C) 600 m/s.
- D) 800 m/s.

Exercício 6.24 (OBFEP 2016 - 1ª FASE NÍVEL B) Vitor Hugo é uma das promessas brasileiras nos 100 m rasos. Quando está dormindo, esse atleta mantém uma temperatura média de $40,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ na superfície interna da pele, e $35,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ na superfície externa da pele, o que provoca um fluxo térmico de 4 kW pela pele. Quando corre, as temperaturas médias das superfícies da pele alteram para $47,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $37,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Considerando que Vitor completará a prova de 100 m em 10 s, quantos gramas de gelo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ poderiam ser derretidos com o calor que passa pela pele de Vitor durante esta prova?

Dados: Calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g ; Equivalente mecânico do calor: $1\text{ cal} = 4\text{ J}$.

- A) 240 g.
- B) 250 g.
- C) 280 g.
- D) 300 g.

Exercício 6.25 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) **ESCALAS TERMOMÉTRICAS**

Um dos problemas mais graves que o desenvolvimento das atividades humanas trouxe é a falta de água potável. Um exemplo bem significativo disso é um dos piores desastres ambientais do planeta: a desertificação do mar de Aral; este já foi o quarto maior lago do mundo e hoje tem menos de 10% do volume de água que tinha há 50 anos atrás. Projetos russos de irrigação desviaram grande parte dos rios que alimentavam o mar de Aral. Sem a presença dessa massa de água, o clima da região está alterando com verões cada vez mais quentes e secos e com invernos cada vez mais frios e longos. Atualmente as temperaturas máximas e mínimas da região atingem valores desconfortantes: $5\text{ }^{\circ}\text{F}$ e $113\text{ }^{\circ}\text{F}$. Tendo como referência os dados acima e sabendo que a temperatura de fusão do gelo é igual a $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ e a temperatura de ebulição da água é igual a $212\text{ }^{\circ}\text{F}$, quais as indicações para as temperaturas $5\text{ }^{\circ}\text{F}$ e $113\text{ }^{\circ}\text{F}$, respectivamente, na escala Celsius?

Tendo como referência os dados acima e sabendo que a temperatura de fusão do

gelo é igual a 32 °F e a temperatura de ebulção da água é igual a 212 °F, quais as indicações para as temperaturas 5 °F e 113 °F, respectivamente, na escala Celsius?

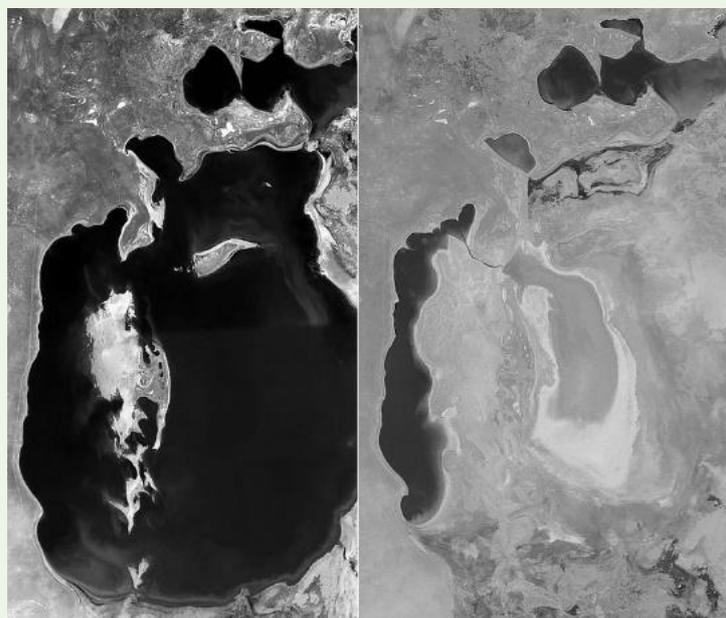


Figura 6.6: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

- A) -20 °C e 45 °C .
- B) -20 °C e 35 °C .
- C) -15 °C e 45 °C .
- D) -15 °C e 35 °C .

Exercício 6.26 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) DILATAÇÃO

O aquecimento global mexe com as correntes marítimas que podem interferir na dinâmica térmica de todo o planeta. Um exemplo disso é o da geleira PROT-C. Ela fica próxima à Antártica, no sul da Argentina e é dividida em dois pedaços, Oeste e Leste. O pedaço Leste fica sobre uma ilha oceânica mantendo toda a geleira fixa. As correntes que contornam essa geleira vinham da Antártica durante todo o ano, logo eram correntes de águas frias.

Nos últimos anos, devido às mudanças climáticas, no verão, passa uma corrente de água quente costeando o lado oeste. Nesse período, o lado Oeste varia de uma temperatura de -12 °C para -2 °C enquanto o lado Leste passa de uma temperatura de -12 °C para -10 °C . Os dois lados sofrem dilatações térmicas diferentes, o que produz uma rachadura na linha AB de 200 km que separa os dois lados. Isso acaba descolando o lado Oeste que se transformará em um grande Iceberg no verão e será levado para o Norte durante o inverno. Ao chegar em regiões mais quentes, esse Iceberg será derretido.

Considerando o texto acima, qual a diferença da dilatação do comprimento AB em cada lado dessa geleira durante o verão?

Dados: Coeficiente de dilatação volumétrica do gelo = $153 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

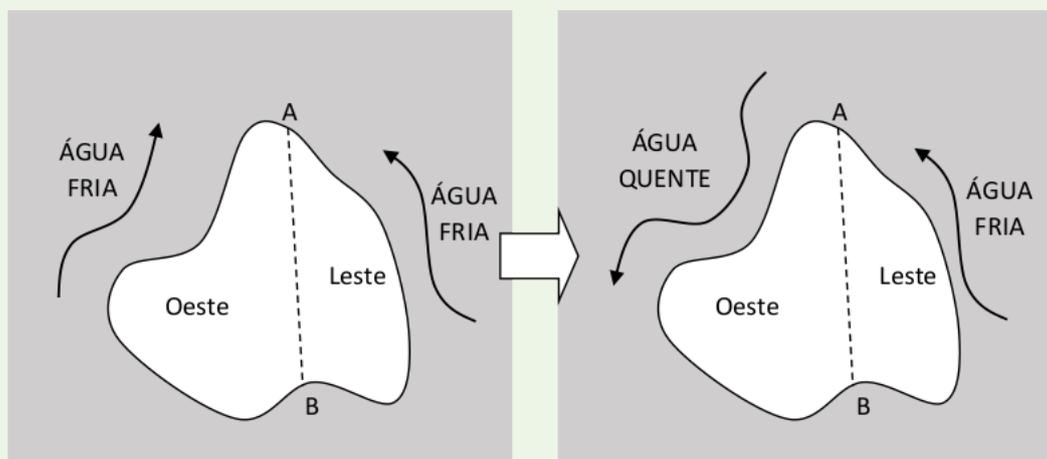


Figura 6.7: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

- A) 81,6 m.
- B) 82,5 m.
- C) 86,4 m.
- D) 88,2 m.

Exercício 6.27 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) SUSTENTABILIDADE E ENERGIA LIMPA

“Desenvolvimento sustentável”, “sustentabilidade”, “energia limpa”, “biocombustíveis” e “tecnologia sustentável” são alguns conceitos que surgiram nas últimas décadas após as fortes evidências do impacto produzido pela interferência da humanidade na natureza. Vivemos em uma balança desequilibrada que, de um lado pesa a preservação da natureza e do outro pesa (com mais intensidade) o desenvolvimento econômico. Contudo, muitos especialistas apostam que a tecnologia pode estabelecer um equilíbrio.

Concernente a isso, o Brasil teve um papel central nas discussões sobre o desenvolvimento sustentável no mundo, sendo sede das últimas conferências organizadas pela ONU sobre o tema: a RIO 92 e a RIO+20. Com a presença maciça dos países integrantes dessa organização, uma das resoluções esperadas para essas conferências é a definição de Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que para serem conquistados precisarão de toda a potencialidade criativa das ciências da natureza na produção de novas tecnologias. Existe um desses objetivos que dialoga mais diretamente com a Física e que está presente em uma das proposições abaixo. Identifique-o.

- A) Segurança sustentável da água. Acesso universal à água potável e saneamento básico; garantia de eficiência maior na gestão dos recursos hidrominerais.
- B) Energia limpa universal. Aumentar o acesso universal à energia limpa, minimizando a poluição e o impacto à saúde, além de reduzir o impacto do aquecimento global.
- C) Ecossistemas produtivos e saudáveis. Assegurar os serviços ecossistêmicos e da

- biodiversidade com uma melhor gestão, restauro e conservação do meio ambiente.
- D) Segurança alimentar sustentável. Fim da fome e alcance a longo prazo da segurança na produção de alimentos, com distribuição e consumo sustentáveis.

Exercício 6.28 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) CONVERSÃO DE ENERGIA, RENDIMENTO E VAZÃO

Cerca de 70% da matriz energética brasileira atual é hidroelétrica. Esse índice era bem maior graças ao modelo de usinas hidroelétricas acopladas a grandes reservatórios, adotado até a década de 90. Entretanto, as grandes áreas inundadas produziam um enorme impacto ambiental. Por essa razão, atualmente, o modelo usado abandona a construção de grandes reservatórios para preservar o curso do rio. Entretanto, o fluxo de água de um rio varia muito durante o ano. Na região amazônica, que guarda o maior potencial hidroelétrico não explorado do Brasil, existem rios cuja diferença entre a maior e a menor vazão chega a ser de 25 vezes. O reservatório serve para compensar essa diferença. Sem os reservatórios, o Brasil teria que acionar termoelétricas nos períodos de baixo fluxo de água. Porém as termoelétricas poluem o ar com a queima de combustível.

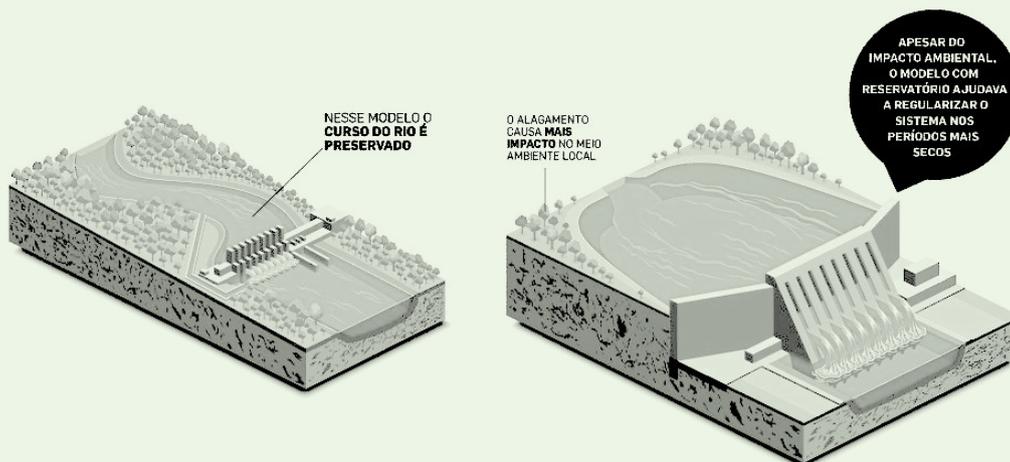


Figura 6.8: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

Considere que seja executado um empreendimento no rio Cana Brava, afluente do rio Tocantins, em que duas usinas, uma hidroelétrica e outra termoelétrica, sejam construídas para trabalharem em parceria. A hidroelétrica seria construída em um local desse rio onde existe uma queda d'água de 40 m. Esse rio possui vazão máxima de 2.000.000 kg/s e vazão mínima é 400.000 kg/s.

Digamos que:

- para cada 1 kg de gás carbônico liberado por essa termoelétrica, ela produza 64 MJ de energia;
- a vazão do rio não seja alterada para não inundar as margens originais;
- o processo de transformação de energia mecânica em energia elétrica tenha um rendimento 100%.

Quanto tempo levaria, no período de baixa vazão, para que esse empreendimento perdesse 1 crédito de carbono (veja questão ??) produzindo a mesma quantidade de energia que no período de alta vazão, quando a termoeletrica estaria desligada?

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 , Prefixo “Mega” = 10^6 .

- A) 1 min e 40 s.
- B) 2 min e 0 s.
- C) 2 min e 20 s.
- D) 2 min e 30 s.

Exercício 6.29 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) CONVERSÃO DE ENERGIA

Nosso apanhado sobre atividades que colaboram para o desenvolvimento sustentável não estaria completo se não falássemos de reciclagem. Dentre as técnicas de reciclagem, podemos incluir a utilização do metano (biogás) liberado pela decomposição de matéria orgânica com a construção de biodigestores. A produção de metano é um processo natural e mais abundante nos depósitos de lixo e nas atividades agropecuárias. Como o metano produz cerca de 20 vezes mais efeito estufa que o gás carbônico, a sua utilização como combustível reduz sua presença na atmosfera. Na combustão do metano, é gerada uma molécula de gás carbônico a partir de uma molécula de metano. Como a utilização de biogás como fonte de energia reduz o efeito estufa, ele é considerado uma forma de energia limpa, mesmo liberando gás carbônico na sua combustão.

Digamos que o dono de uma fazenda queira implementar uma fonte de energia limpa, mas não possui muito recurso financeiro para investir. Em sua pesquisa sobre o assunto, o dono decidiu usar seus recursos na construção de biodigestores. Entretanto, sua maior necessidade era a produção de energia elétrica para os diversos equipamentos elétricos que utilizava. Considere que a fazenda fique em uma região que possui um regime regular de vento, o que levantou a possibilidade de construir um aerogerador.

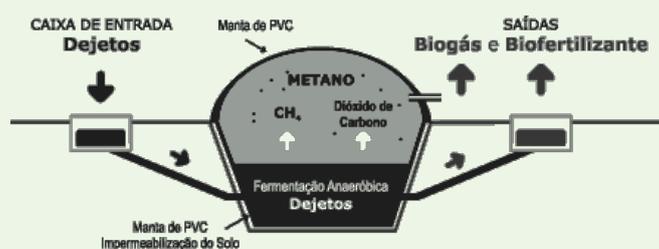


Figura 6.9: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

Identifique a proposição que **NÃO** é um argumento coerente para a escolha de uma dessas formas de energia em relação à outra:

- A) A queima do biogás não é muito eficiente na geração de energia elétrica porque os geradores precisam ser movimentados por motores térmicos que possuem baixo rendimento. Os aerogeradores já utilizam o movimento do vento.
- B) Com o custo de um aerogerador é possível construir vários biodigestores que poderão gerar a mesma quantidade de energia elétrica além de todos os demais benefícios.

- C) Os biodigestores precisam de uma constante introdução de dejetos e retirada de biofertilizantes para que o ritmo da reação química existente não diminua. Já os aerogeradores utilizam um processo autônomo.
- D) Acidentes com biodigestores são mais perigosos que com aerogeradores porque estes últimos estão no alto, longe do contato direto com as pessoas e os animais.

Exercício 6.30 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) **POTÊNCIA DE CONSUMO**

Roberto (90 kg) morava no décimo andar de um prédio. O peso do elevador de seu prédio era neutralizado por um contrapeso; desse modo, quando o elevador estava em movimento uniforme, o motor só exercia força para equilibrar o peso dos passageiros. A potência que alimenta o motor muda a depender do peso total dos passageiros, já que o rendimento do motor continua sendo de 60% e a velocidade do elevador em movimento uniforme permanece sempre igual a 5 m/s. Qual o valor da potência de consumo do motor desse elevador quando ele está subindo em movimento uniforme levando apenas Roberto? Despreze os atritos e considere que a aceleração da gravidade assume o valor de 10 m/s^2 .

- A) 6,2 kW.
 B) 7,5 kW.
 C) 7,8 kW.
 D) 8,2 kW.

Exercício 6.31 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) **CONSERVAÇÃO DE ENERGIA**

O jovem Tony gostava de brincar com uma grande pista de brinquedo que ficava montada na sala de sua casa. O carrinho que se movimentava por essa pista de início estava encostado a uma mola que, ao se puxar uma haste, era comprimida. Logo depois que perde o contato com a mola, o carrinho entra em um *loop* vertical cujo raio mede 40 cm, conforme indica a figura anexa que retrata o início dessa pista. Considerando o sistema como conservativo, qual a menor deformação inicial da mola para que o carrinho consiga descrever o *loop* sem perder o contato com o mesmo?

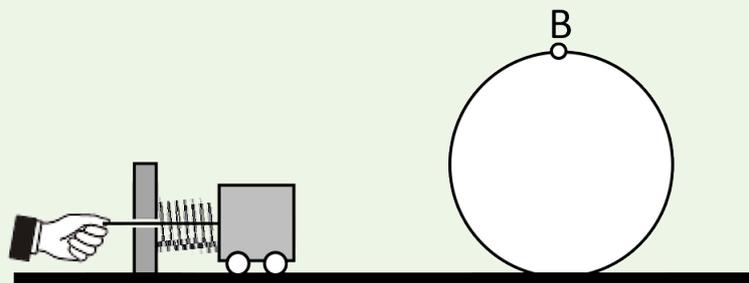


Figura 6.10: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 ; constante elástica da mola = 200 N/m ; massa do carrinho = $0,1 \text{ kg}$.

- A) 10 cm.
- B) 12 cm.
- C) 15 cm.
- D) 20 cm.

Exercício 6.32 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) CONVERSÃO DE ENERGIA

Seguindo sua viagem, a família Almeida seguiu para o Paraná no intuito de conhecer a maior hidroelétrica do Brasil e a segunda maior do mundo: Itaipu. Depois de ouvir as explicações de todo o processo de condução da água do reservatório até as turbinas e de como elas fazem o rotor do gerador se movimentar, Carlos fez questão de anotar as transformações de energia mencionadas.

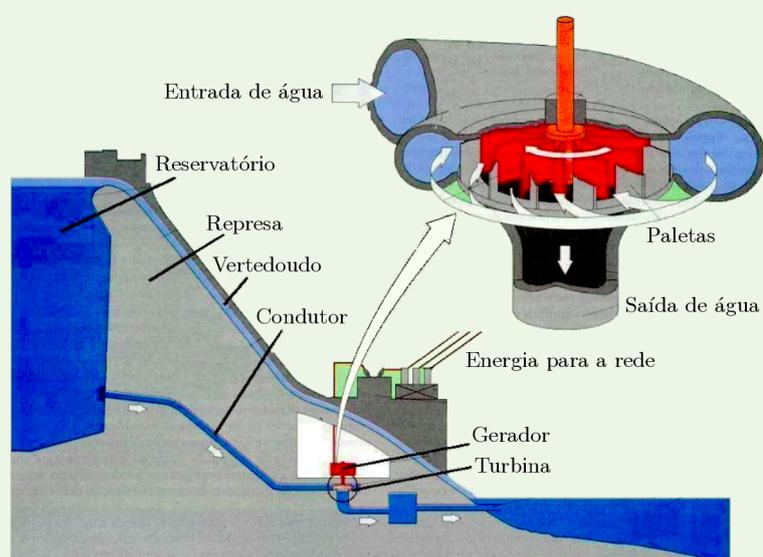


Figura 6.11: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

Identifique a transformação de energia que não ocorre nesse processo.

- A) O movimento da água produz transformação de energia térmica em energia cinética.
- B) Ao perder altura, a água sofre transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.
- C) O atrito com a tubulação produz transformação de energia cinética em energia térmica.
- D) O movimento do rotor do gerador ganha energia cinética a partir da energia cinética da água.

Exercício 6.33 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) RENDIMENTO

As fotos da Usina de Itaipu também foram muito admiradas pelos irmãos Almeida.

Adriana estava lembrando que os números desse monumento da engenharia moderna são impressionantes. Um exemplo é a vazão de água que atinge uma das vinte turbinas: $700 \text{ m}^3/\text{s}$. Essa água é represada (velocidade nula) a uma altura de 120 m acima da turbina. Sabendo que a potência de produção de energia elétrica em uma turbina de Itaipu mede 630 MW , qual o rendimento da transformação da energia mecânica em elétrica de Itaipu?

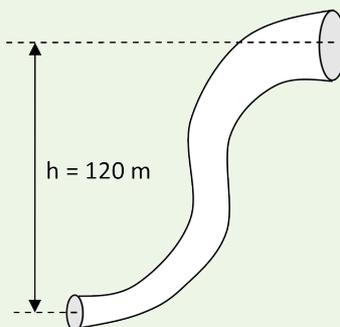


Figura 6.12: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 ; Densidade da água = 1000 kg/m^3
Adote o nível da turbina como referência para a energia.

- A) 75%.
- B) 65%.
- C) 60%.
- D) 50%.





7. Impulso e quantidade de movimento

7.1 Exercícios

Exercício 7.1 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR

Floro era tão fascinado por bilhar que colocou uma mesa de bilhar no meio da sala e decidiu jogar com o irmão. Em uma de suas tacadas, lançou a bola branca com velocidade de 12 cm/s em direção à bola preta em repouso. O impacto fez a bola branca reduzir sua velocidade para 4 cm/s e a bola preta ganhar movimento. Desprezando o atrito e sabendo que todos os movimentos ocorrem em uma mesma direção e em um mesmo sentido, qual a velocidade da bola preta imediatamente após o impacto com a branca?

Dados: considere que as massas das bolas são iguais

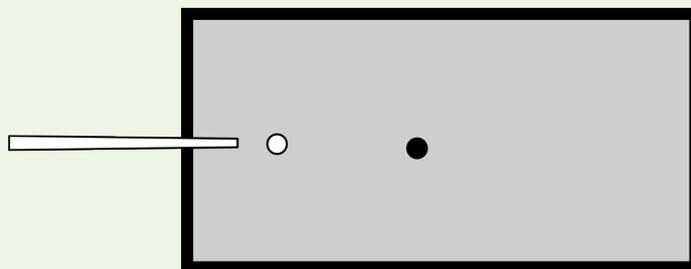


Figura 7.1: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

- A) 6 cm/s.
- B) 7 cm/s.
- C) 8 cm/s.

D) 9 cm/s.

Exercício 7.2 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR

Adriana, por sua vez, mostrou para Carlos as fotos do meteorito de Bendegó, o maior do Brasil, com 5 toneladas. Um físico, que estava apresentando esse meteorito no museu nacional, disse que a colisão sofrida com a Terra não alterou significativamente o movimento da Terra. Entretanto, se esse meteorito atingisse o menor satélite de Júpiter, Aegaeon, no sentido contrário ao seu movimento, teria alterado sua velocidade de 15,2357 km/s para 15,2356 km/s. Desprezando o aumento da massa desse satélite ao absorver o Bendegó, calcule a velocidade do Bendegó enquanto estava cruzando o espaço.

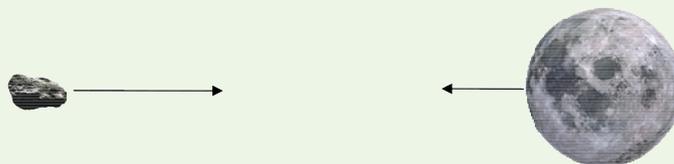


Figura 7.2: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

Dados: massa de Aegaeon = 10^8 toneladas; Massa do meteorito de Bendegó = 5 toneladas.

- A) 1×10^3 km/s.
- B) 2×10^3 km/s.
- C) 3×10^3 km/s.
- D) 4×10^3 km/s.

Exercício 7.3 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Saindo do Rio de Janeiro, a família Almeida voou para o oeste até o Pantanal do Mato Grosso. Essa região é uma das mais alagadas do planeta. Carlos era fascinado por um animal típico da região: a onça pintada. Ela é o maior felino do continente americano e gosta de nadar. A família Almeida visitou um centro de tratamento de animais e encontrou uma onça de 60 kg como paciente. O veterinário disse que era para tomar cuidado ao se aproximar da jaula porque a onça avança rapidamente. Ele chegou a mostrar um gráfico (anexo) da intensidade de força resultante F que consegue impulsionar seu corpo em um ataque, a partir do repouso. Carlos pegou esse gráfico e calculou a velocidade que a onça atingiria em 0,4 s de ataque. Qual o valor dessa velocidade?

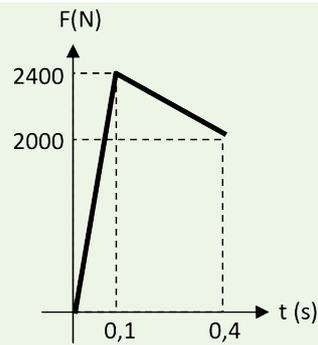


Figura 7.3: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

- A) 28,2 km/h.
- B) 36,8 km/h.
- C) 42,6 km/h.
- D) 46,8 km/h.

Exercício 7.4 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) COLISÃO

Em 1668, o inglês John Wallis apresentou a lei da conservação da quantidade de movimento como recurso teórico capaz de resolver situações de colisão. Você vai aplicar o princípio criado por Wallis na colisão de dois carrinhos de carvão, A e B, um vazio e outro com 60 kg de carga. Esses carrinhos movimentavam-se em sentidos opostos em uma mesma linha ferroviária, conforme figura. Sabe-se que, devido a esta colisão, o carrinho A inverteu o sentido do movimento e passou a se movimentar com 2 m/s, em módulo. Determine o módulo da velocidade do carrinho B imediatamente após essa colisão.

Dados: massa do carrinho de carvão vazio = 120 kg.

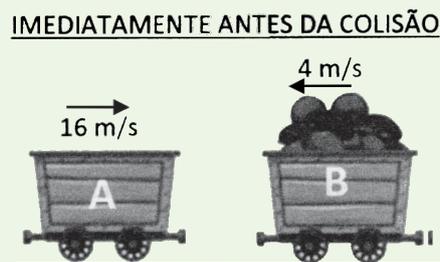


Figura 7.4: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) 8 m/s.
- B) 6 m/s.
- C) 10 m/s.
- D) 4 m/s.

QUESTÕES DE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL





8. Noções básicas de gravitação

8.1 Exercícios

TEXTO PARA RESOLUÇÃO NAS PRÓXIMAS DUAS QUESTÕES.

Dois movimentos da Terra são rotação e translação. O movimento de rotação refere-se ao movimento da Terra em torno de seu próprio eixo de rotação, e o movimento de translação refere-se ao movimento da Terra em torno do Sol. Se imaginarmos a Terra como uma esfera sobre uma superfície horizontal, o seu eixo de rotação é inclinado em relação à superfície. A luz solar que atinge a superfície da Terra é a principal causa do seu aquecimento; se o Sol apagar, a Terra irá esfriar tanto que a vida sobre ela será extinta. As outras causas de aquecimento, produzidas pelo crescimento e desenvolvimento das nações, são responsáveis pelo “efeito estufa”. Sabemos que a região polar é fria e a região equatorial é quente. Por exemplo, há neve no Estado do Rio Grande do Sul (cidade de Gramado) por localizar-se mais próximo da região polar ao Sul da Terra, enquanto no Estado do Amazonas (cidade de Manaus), mais próximo da região equatorial, nunca há neve.

Exercício 8.1 (OBFEP 2011) Considerando (i) que o Sol é a principal fonte de calor da Terra, e (ii) que a Terra é uniformemente iluminada pelo Sol, assinale abaixo a alternativa correta:

- A) a região equatorial é mais quente pois a quantidade de luz solar que incide sobre esta região é maior que a quantidade de luz solar que atinge a região polar.
- B) a região equatorial é mais quente, pois está mais próxima do Sol que a região polar.
- C) a quantidade de luz solar que incide na região polar é maior que na região equatorial, entretanto, a área atingida é maior, e a luz solar espalha-se mais aquecendo menos a região.
- D) a quantidade de luz solar incidente sobre a Terra no inverno é menor que no verão.

E) todas as alternativas estão incorretas.

Exercício 8.2 (OBFEP 2011) A luz propaga-se no vácuo com velocidade de aproximadamente $3 \cdot 10^5$ km por segundo. O Sol encontra-se a cerca de 150 milhões de quilômetros da Terra. Considerando que a velocidade da luz não se altera ao passar pela atmosfera terrestre, assinale a alternativa abaixo que melhor se aproxima do tempo que a luz emitida no Sol chegará à Terra:

- A) 1 segundo.
- B) 2 segundos.
- C) 1 dia.
- D) 6 horas.
- E) 8 minutos.

Exercício 8.3 (OBFEP 2012) Um projeto para explorar o planeta Júpiter, que está a uma distância média do Sol de $7,8 \cdot 10^{11}$ m, previu o lançamento de uma nave espacial da Terra, que se encontra a uma distância do Sol de $1,5 \cdot 10^{11}$ m. Programou-se como parte do projeto o envio de uma mensagem de rádio de Júpiter para a Terra na situação de maior aproximação dos dois planetas. Considerando a velocidade de propagação das ondas de rádio $c = 300.000$ km/s, o tempo gasto para a informação atingir a Terra foi de, aproximadamente:

- A) 1 ano-luz.
- B) 51 minutos.
- C) 35 minutos.
- D) 1 hora.

Exercício 8.4 (OBFEP 2012) A teoria da origem do universo atualmente aceita admite que toda a matéria estava concentrada em uma pequeníssima região de alta densidade quando ocorreu a grande explosão. Isso aconteceu há cerca de 15 bilhões de anos. Esta teoria tem o nome de:

- A) Teoria da gravitação.
- B) Teoria da evolução.
- C) Teoria da relatividade geral.
- D) Teoria do big bang.

Exercício 8.5 (OBFEP 2012) Grande parte dos recursos naturais do nosso planeta depende da energia proveniente do Sol. O principal processo de geração da energia emitida pelo Sol é:

- A) gravitacional.
- B) radiação.
- C) reações termonucleares.

D) energia cinética. ■

Exercício 8.6 (OBFEP 2013) A explosão de uma estrela supernova foi registrada por um telescópio, numa galáxia situada aproximadamente a $1,6 \times 10^{21}$ m. Considerando o valor de 1 ano-luz = 10^{13} km, pode-se dizer que o telescópio registrou um evento ocorrido no passado, há cerca de:

- A) 16 anos.
- B) 300.000 anos.
- C) 160.000 anos.
- D) 4.800.000 anos. ■

Exercício 8.7 (OBFEP 2013) As estações do ano primavera, verão, outono e inverno se sucedem durante o período de translação da Terra em torno Sol. Podemos afirmar que:

- A) No verão a Terra encontra-se mais próxima do Sol.
- B) A Terra durante o ano recebe praticamente a mesma quantidade de energia do Sol.
- C) A velocidade da Terra em torno do Sol aumenta durante o verão.
- D) Durante o verão a Terra encontra-se no ponto chamado de Afélio. ■

Exercício 8.8 (OBFEP 2014) - Bisnaga, não se iluda com o movimento aparente do Sol. Na verdade, o Sol está parado e a Terra está se movimentando.

Bisnaga ficou um pouco pensativo, pois pensava que era o contrário como mostra os seus olhos. Daí surgiu uma pergunta.

- Professor, como o Sol pode estar parado e sempre passar no mesmo lugar da Terra depois de 24 h?

- Isto acontece porque a Terra ...

- A) Gira em torno de si mesma (rotação).
- B) Contorna o Sol (translação).
- C) Age como um João teimoso (precessão dos equinócios).
- D) Possui um eixo que oscila (Nutação). ■

Exercício 8.9 (OBFEP 2014) - E a Lua, professor, está parada ou em movimento?

- A Lua está em movimento acompanhando a Terra, dando voltas em torno dela sem parar.

- Então, a Lua está mais perto da gente que o Sol.

- Como? Porque tem tanta certeza?

- É por causa de uma coisa que aconteceu aqui em Mossoró, há 3 anos atrás. A rádio que eu ouvia chamou esta coisa de eclipse solar. Professor, foi mágico. Às 10 h da manhã, uma bola escura começou a encobrir o Sol. Passou pelo Sol e foi embora. Disseram que era a Lua. Aí eu concluí que a Lua tem que estar mais perto da gente para

ficar na frente do Sol no eclipse solar.

- Excelente, Bisnaga. Você tem um espírito questionador científico. Sabia que existe o eclipse lunar? Tal fenômeno ocorre em noite de Lua cheia. Uma bola escura passa pela Lua como acontece no eclipse solar.

- É mesmo? E a Lua cheia volta a aparecer como acontece com o Sol no eclipse solar?

- Sim. Quero que pense um pouco e responda o que é essa bola escura que aparece na Lua?

- A) A sombra da Terra.
- B) O próprio Sol.
- C) O planeta Júpiter.
- D) O lado escuro da Lua.

Exercício 8.10 (OBFEP 2014) - Professor, se a Lua está tão longe, mais distante que as nuvens, e o Sol está mais distante ainda, imagine as estrelas que são como o Sol só que, de tão distantes, parecem pontinhos!!

- Muito bem Bisnaga. Só para você ter uma noção de como o espaço é grande a luz, que daria 7 voltas em torno da Terra em 1 segundo, leva cerca de 8 minutos para sair do Sol e chegar na Terra.

- Puxa, professor!!!

- Sim. É uma distância muito grande, chamada de unidade astronômica, ou 1 UA. Netuno, o último planeta do sistema solar, está a 30 UA do Sol. Mas, a distância entre estrelas é medida por uma unidade ainda maior chamada de ano-luz que é a distância que a luz percorre em 1 ano. A estrela mais perto do Sol está a 2 anos-luz de distância. A galáxia a qual o Sol pertence é a Via Láctea, que possui uma extensão de 100.000 anos-luz.

- Puxa, professor!!! A luz, um bicho tão rápido, demoraria 100.000 anos para atravessar a via Láctea?

- Sim, Bisnaga. E existe uma infinidade de galáxias no universo.

- O universo é algo bem grande!!!

- Sim. Mas, quero lhe fazer um novo desafio. Se considerarmos que 1 ano possui 8.640 horas, quantas unidades astronômicas possui 1 anos-luz?

(1 UA = distância percorrida pela luz em 8 minutos / 1 anos-luz = distância percorrida pela luz em um ano)

- A) 52.600 UA.
- B) 64.800 UA.
- C) 68.400 UA.
- D) 72.200 UA.

Exercício 8.11 (OBFEP 2015 - 1ª FASE NÍVEL B) Sabemos que a Terra orbita a mais importante fonte natural de luz e calor para a vida na Terra: o Sol. Sabemos também que a Lua orbita a Terra e deste movimento surgem as fases da Lua.

Sobre o movimento da Terra em torno do Sol (movimento 1), o movimento da Lua

em torno da Terra (movimento 2) e a natureza óptica desses astros, considerando esses movimentos circulares, qual a proposição **FALSA**?

- A) Tais movimentos são comandados principalmente pela aceleração centrípeta.
- B) A lei da gravitação universal é um dos pré-requisitos para compreender tais movimentos.
- C) Esses três astros são fontes primárias de luz.
- D) A velocidade angular do movimento 1 é menor que a do movimento 2.

Exercício 8.12 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) ECLIPSE

Um dos problemas ambientais vivenciados mundialmente é o aquecimento global. Muitos especialistas defendem que sua causa é o acelerado desenvolvimento humano estimulado pelo desenfreado crescimento econômico. Portanto, isso faz parte de um dos graves problemas que o desenvolvimento sustentável tem de resolver.

A Lua completa seu ciclo em 27 dias, mas o plano que contém a sua órbita não contém o Sol. É por isso que o eclipse solar é algo raro. Um aluno sugeriu, como uma ação para reduzir o aquecimento global, colocar a órbita da Lua no mesmo plano da órbita da Terra e reduzir o raio de sua trajetória, assim aumentaria a quantidade de eclipses solares e aumentaria o tamanho da sombra da Lua na Terra.

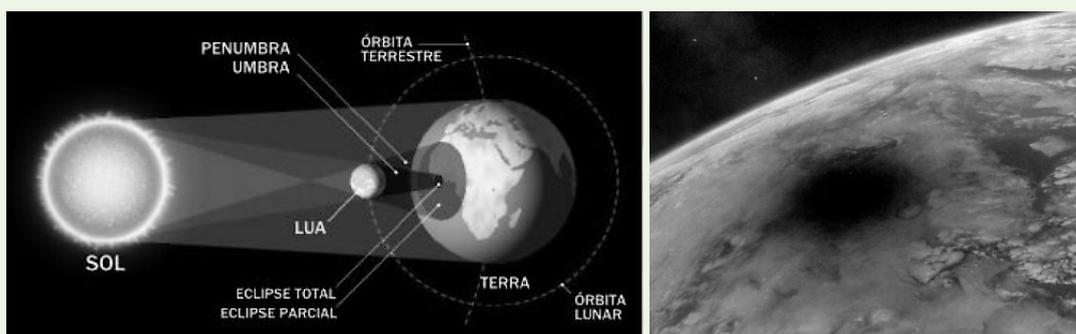


Figura 8.1: Imagem retirada da prova OBFEP 2017 - Nível B.

Se fosse possível fazer tais alterações, determine a proposição **falsa** caso elas fossem realizadas.

- A) Ocorreriam 13 eclipses solares durante o ano.
- B) A diferença entre a altura da maré cheia e a da maré vazia aumentaria.
- C) Seria necessário aumentar a velocidade da Lua para que ela descrevesse um MCU.
- D) O período de translação da Lua diminuiria.

Exercício 8.13 (OBFEP 2017 - 1ª FASE NÍVEL B) CORPO EM ÓRBITA

Além de promover a fotossíntese e acolher ecossistemas, uma floresta ajuda na evaporação, interferindo no controle de temperatura e no regime de chuvas de uma região. A exploração econômica desenfreada de uma floresta pode fazê-la desaparecer. Assim, o combate ao desmatamento ilegal na maior floresta tropical do mundo, a

Amazônica, é uma das mais importantes ações brasileiras para o desenvolvimento sustentável. Contudo, além do desmatamento destruir a floresta nativa, ele chegou a ser responsável por 60% da poluição anual que o Brasil lançou na atmosfera. Medidas relacionadas a isso foram tomadas e, nos últimos anos, o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal (PPCDAm), por exemplo, reduziu, em média, 75% a taxa de desmatamento anual.

O PPCDAm conta com um dos maiores sistemas de monitoramento do mundo, operando com ajuda de satélites equipados exclusivamente para esse fim. O CBERS-1 e o CBERS-2 são satélites que fazem parte desse sistema. Eles foram colocados em órbita por meio de foguetes chineses, pois não possuem sistemas de propulsão. Para que se tornassem geoestacionários, ficando sempre sobre a região amazônica e descrevendo MCUs, foram lançados com 12.000 km/h em um local cuja aceleração da gravidade mede 3.000 km/h^2 .

Obedecendo os dados oferecidos e considerando que o raio da Terra mede 6.000 km, qual a **altitude** das órbitas desses satélites?

- A) 36.000 km.
- B) 42.000 km.
- C) 46.000 km.
- D) 52.000 km.

Exercício 8.14 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) **FORÇA PESO**

Em sua casa, aqui na Terra, Wesley possui um peso de 800 N. Lendo uma reportagem em uma revista de divulgação científica muito conhecida, ele descobriu que a NASA queria construir uma base de pesquisa na superfície de uma das Luas de Júpiter no ano de 2040. Essa Lua tinha a mesma massa da Terra, mas seu raio era a metade do raio da Terra. Ao ter acesso a esses dados, Wesley se questionou: “Qual seria a intensidade do meu peso se vivesse em uma casa nessa Lua?” A resposta certa a essa pergunta é:

- A) 400 N.
- B) 800 N.
- C) 1600 N.
- D) 3200 N.

Exercício 8.15 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) **CONCEPÇÃO ARISTOTÉLICA**

Um dos pensadores mais importantes de toda a humanidade foi Aristóteles. Ele criou uma grande síntese para os movimentos naturais e forçados (não naturais) atrelada a um modelo de universo geocêntrico. Na região abaixo da Lua, os corpos eram formados pela mistura de terra, água, ar e fogo – as substâncias primordiais. Cada substância primordial possuía um lugar natural para o qual deseja se movimentar naturalmente. O lugar natural da terra era o centro do universo. Acima do lugar natural da terra existia o lugar natural da água, depois o do ar e por último o do fogo, que ficava logo abaixo do lugar da Lua. Ao chegar no seu lugar natural, a substância entra em repouso instantaneamente, pois perde o motivo (o motor) do seu movimento, exceto se existir

um agente externo para forçar o movimento. A substância primordial que estiver mais presente em um corpo, impõe a sua tendência natural. Na concepção aristotélica, os corpos celestes eram feitos exclusivamente de éter uma substância que, por ser divina, não se misturava com as demais e tinha o seu lugar natural acima de todos.

Abaixo são descritos alguns movimentos.

- I - Uma pedra, quando abandonada do alto de uma torre, cai verticalmente.
- II - Uma bola de boliche movimentando-se sobre um piso horizontal após ser lançada por uma pessoa.
- III - Bolhas subindo verticalmente após saírem da boca de uma pessoa localizada no fundo de uma piscina.
- IV - Um balão com ar quente subindo verticalmente após perder o contato com o solo.
- V - O constante movimento da Lua

Dois desses movimentos entram em contradição com as regras apresentadas no enunciado. Quais?

- A) Os movimentos I e II.
- B) Os movimentos III e IV.
- C) Os movimentos I e V.
- D) Os movimentos II e o V.

Exercício 8.16 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) **LEIS DE NEWTON E LEIS DE KEPLER**

Na obra “Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, Isaac Newton fundiu a terceira lei de Kepler (1609), a aceleração centrípeta, construída por Huygens, e a lei fundamental da mecânica para criar uma relação matemática para a força gravitacional. Vale ressaltar que as leis de Kepler tratavam do movimento dos planetas em torno do Sol. A sagacidade de Newton se manifestou ao enxergar que ele tinha ao seu alcance outra situação menos evidente que poderia aplicar essa fusão para validá-la: um corpo em queda livre e o movimento da Lua. Para Newton, os corpos aqui da superfície da Terra e a Lua faziam parte de um único sistema gravitacional regido por um astro de grande massa no seu centro, a Terra. Os planetas estudados por Kepler faziam parte de outro sistema gravitacional regido por um astro de grande massa no seu centro, o Sol. Se a relação para a força gravitacional pudesse ser aplicada nesse outro sistema, ela seria considerada uma lei da natureza. Newton tinha disponível a aceleração da gravidade dos corpos aqui da superfície da Terra, estudada a fundo por Galileu, em 1638, e a aceleração centrípeta da Lua, calculada com a distância da Lua até o centro da Terra R_L (Hiparco – 150 a.C.). A correlação prevista por aquela relação para os valores disponíveis dessas acelerações foi tão consistente que ela passou a ser chamada de lei da gravitação universal, tornando-se um ícone de sucesso científico e colocando Newton no patamar mais alto da Ciência.

Dados: aceleração da gravidade = $9,8 \text{ m/s}^2$; aceleração centrípeta da Lua = $0,0027 \text{ m/s}^2$; $R_L = 60 \times \text{Raio da Terra}$.

Sobre o relato descrito no enunciado e as leis de Newton, determine a proposição **verdadeira**:

- A) Newton fez experimentos precisos para comprovar a hipótese de que a força

gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros dos corpos.

- B) A lei fundamental da mecânica trata a relação entre a força e a aceleração centrípeta de forma diferente da relação entre força e a aceleração de queda dos corpos.
- C) Segundo esse desenvolvimento, não podemos usar as leis de Kepler para comparar os movimentos da Lua e de um satélite artificial já que tais leis são apenas aplicáveis aos planetas.
- D) O valor da aceleração da gravidade é aproximadamente 60^2 vezes o valor apresentado para a aceleração centrípeta da Lua, exatamente como prevê as leis criadas por Newton.



QUESTÕES DE ESTÁTICA



9. Equilíbrio

9.1 Exercícios

Exercício 9.1 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) MÁQUINA DE ATWOOD

Carlos também mostrou para Adriana uma foto da casa de máquinas dos elevadores da Torre Yachthouse Residence Club. O engenheiro que acompanhou Carlos nessa visita disse que o elevador possui um contrapeso, funcionando como uma “**máquina de Atwood**”. Carlos não sabia do que se tratava, mas anotou o nome. Pesquisando na internet, viu uma questão sobre essa máquina com a presença de um corpo de 2,4 kg e outro de 3,6 kg.

Considerando o sistema conservativo, qual a aceleração dos corpos na questão vista por Carlos quando os dois corpos se movimentam a partir do repouso?

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2

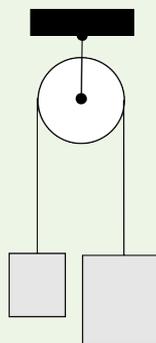


Figura 9.1: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

A) $1,0 \text{ m/s}^2$.

- B) $1,5 \text{ m/s}^2$.
- C) $2,0 \text{ m/s}^2$.
- D) $2,5 \text{ m/s}^2$.

Exercício 9.2 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) MÁQUINA DE ATWOOD

Newton apresentou as suas leis do movimento em 1687, validando-as a partir de resultados astronômicos que, para manipulá-los, envolviam conhecimentos específicos e um aprimorado domínio matemático. Existia a necessidade de uma demonstração mais acessível, a qual pudesse ser reproduzida em laboratório. Entretanto, na época, não existiam meios confiáveis que produzissem artificialmente uma força constante. Em 1784, George Atwood criou um mecanismo (Figura 9.2) que resolveria esse problema, pois as forças “motoras” eram os pesos cujas intensidades se mantêm naturalmente constante. Determine o valor da massa do bloco menor que corresponde a uma aceleração de 4 m/s^2 para os corpos desse mecanismo, considerando que a soma das massas dos corpos seja 10 kg .

Dados: Desconsidere atrito e considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

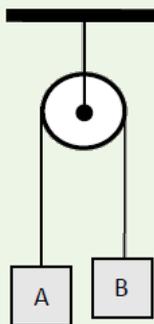


Figura 9.2: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) 4 kg .
- B) 3 kg .
- C) 2 kg .
- D) 1 kg .

QUESTÕES DE HIDROSTÁTICA

10	Hidrostática	129
10.1	Exercícios	



10. Hidrostática

10.1 Exercícios

Exercício 10.1 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) LEI DE STEVIN

Quando Flávio comprou sua primeira casa, queria arrumá-la em um dia. Organizou todos os móveis e arrumou todas as roupas e tudo mais que lhe pertencia. Entretanto, esqueceu-se de analisar a planta hidráulica da casa. Um dos furos que ele fez na parede atingiu uma tubulação diretamente ligada à caixa d'água, conforme figura ao lado. Imediatamente tentou tapar o furo com um dedo de uma das mãos enquanto ligava para um pedreiro conhecido usando a outra mão. Porém, essa tarefa era muito dolorida. Ele só conseguia suportar a dor no dedo que tapava o furo por poucos segundos.

Se o diâmetro da broca que fez o furo tinha 10 mm, qual a força que a água estava aplicando no dedo de Flávio durante os segundos que ele conseguia parar o vazamento?

Observação: A parte inferior da tubulação encontra-se a 2 m do furo e a 8 m do nível da água da caixa d'água, conforme Figura 10.1.

Dados: pressão atmosférica = 100 kPa; densidade da água = $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; aceleração da gravidade = 10 m/s^2 ; use $\pi = 3$.

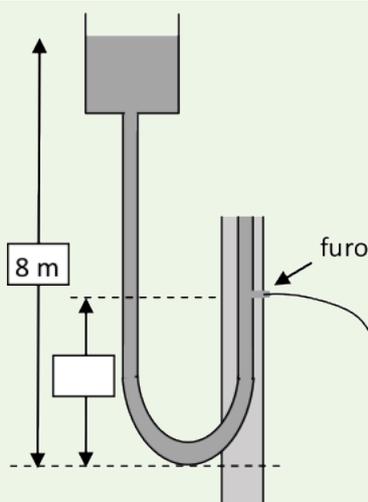


Figura 10.1: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

- A) 10 N.
- B) 12 N.
- C) 16 N.
- D) 20 N.

Exercício 10.2 (OBFEP 2018 - 1ª FASE NÍVEL B) EMPUXO E MOMENTO ANGULAR

A boia da caixa de descarga do vaso sanitário da casa de seu Antônio encontra-se na extremidade de uma haste que funciona como uma alavanca, conforme figura abaixo. A outra extremidade é ligada à tampa da torre (tubo grosso) por onde entra a água. Quando não tem água, a tampa sobe e a água entra. Quando o tanque está cheio, a boia fica com metade de seu volume imerso na água enquanto a tampa desce e impede a entrada de água pela Torre. Desprezando o peso da haste e da boia, determine a intensidade da força com a qual a tampa é pressionada pela haste contra a Torre.

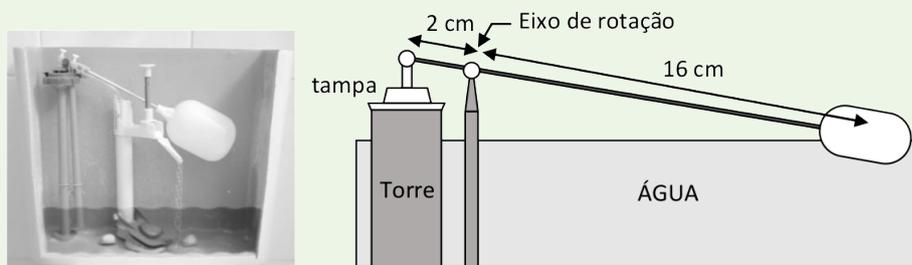


Figura 10.2: Imagem retirada da prova OBFEP 2018 - Nível B.

Dados: densidade da água = 1,05 kg/L; volume da boia = 0,4 L; aceleração da gravidade = 10 m/s².

- A) 12,2 N.
- B) 14,6 N.
- C) 15,4 N.
- D) 16,8 N.

Exercício 10.3 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) **PRESSÃO ATMOSFÉRICA**

“Olhe a foto do seu barômetro, Adriana”, disse Carlos apontando para o álbum. Em Campos de Jordão, Adriana quis medir a pressão atmosférica, já que se tratava de uma cidade que fica a 1628 m de altitude, logo deveria ter um valor menor que a pressão atmosférica ao nível do mar. Para isso, ela utilizou um barômetro de Torricelli que ganhou de aniversário. Como Adriana mediu um comprimento de 60 cm para a coluna de mercúrio dentro do barômetro, a pressão atmosférica de Campos de Jordão no momento da medição estava mais próxima do valor:

Dados: densidade do mercúrio = 13.600 kg/m^3 ; aceleração da gravidade = $9,8 \text{ m/s}^2$.

- A) 72 kPa.
- B) 78 kPa.
- C) 80 kPa.
- D) 82 kPa.

Exercício 10.4 (OBFEP 2019 - 1ª FASE NÍVEL B) **DENSIDADE**

Saindo de Goiás para a Minas Gerais, a família Almeida chega a Pirapora para navegar no Rio São Francisco. Alugaram uma lancha para seguir até Juazeiro na Bahia. Quanto mais próximo de Juazeiro, devido ao aumento da evaporação e da concentração de partículas sólidas provocada pelo assoreamento das margens, a água do rio São Francisco fica mais densa. Isso significa que, durante a viagem da família Almeida:



Figura 10.3: Imagem retirada da prova OBFEP 2019 - Nível B.

- A) O volume imerso da lancha aumenta.
- B) O peso da lancha aumenta.
- C) O volume emerso da lancha continua o mesmo.
- D) O volume emerso da lancha aumenta.

Exercício 10.5 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) **EMPUXO**

No século III a.C. Arquimedes, um dos maiores expoentes da ciência da Antiguidade, recebeu o desafio de verificar se uma coroa era de ouro puro sem danificar a coroa. Para resolver esse problema, Arquimedes criou o conceito de empuxo e como calculá-lo. Os 1,22 kg de ouro em pó equilibravam a coroa quando ambos estavam fora da água, mas não equilibravam a coroa quando ambos estavam dentro da água, conforme a figura. Por meio do empuxo Arquimedes concluiu que a coroa não era de ouro puro. Se metade do volume da coroa era de prata e a outra metade era de ouro, quanta massa de ouro em pó deveria ser retirada do prato para equilibrar a coroa, ambos dentro da água?

Dados: densidade do ouro = 20,0 kg/L; densidade da prata = 10,5 kg/L; densidade da água = 1,00 kg/L.

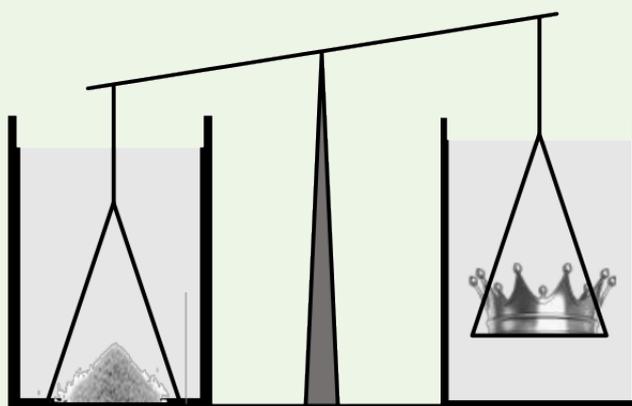


Figura 10.4: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) 20 g.
- B) 30 g.
- C) 40 g.
- D) 50 g.

Exercício 10.6 (OBFEP 2021 - 1ª FASE NÍVEL B) **PRESSÃO ATMOSFÉRICA**

Se Aristóteles (384-322 a.C.) fosse explicar por que conseguimos sugar um líquido por um canudo, ele diria que isso acontece porque ao sugar ar, para não surgir o vácuo, o líquido sobe o canudo. Aristóteles dizia que a natureza tem “**horror ao vácuo**”. Na Idade Média, ninguém conseguia explicar por que bombas manuais não conseguiam elevar água entre desníveis acima de um pouco mais que 10 m.

Em 1643 Torricelli, discípulo de Galileu, conseguiu produzir vácuo entornando uma longa ampola de vidro cheia de mercúrio com a boca mergulhada em mercúrio, conforme figura abaixo. O mercúrio, que ocupava toda a ampola, desce deixando um espaço vazio dentro da ampola acima de 76 cm além do nível do mercúrio no recipiente. Esse espaço era vácuo, pois o ar não poderia ter atravessado o vidro. A natureza não possui “horror ao vácuo”.

Para explicar os resultados desse experimento, Torricelli criou o conceito de pressão

atmosférica. Voltando ao problema do canudo ou dos tubos de água, sem a sucção o líquido não sobe porque a pressão do ar dentro do canudo ou tubo é igual à pressão externa. Quando a boca ou as bombas sugam o ar na região do canudo, reduzem a pressão nessa região. Assim, a pressão atmosférica externa “vence” e faz o líquido subir o canudo ou os tubos ligados às bombas.

Sabendo que o mercúrio possui uma densidade de $13,6 \text{ kg/L}$ e a água possui uma densidade de $1,00 \text{ kg/L}$, qual deveria ser o tamanho da coluna de água, que seria formada em uma ampola de vidro, que reproduzisse a experiência de Torricelli trocando mercúrio por água, no mesmo local?

Dados: desconsidere a mudança da água para vapor.

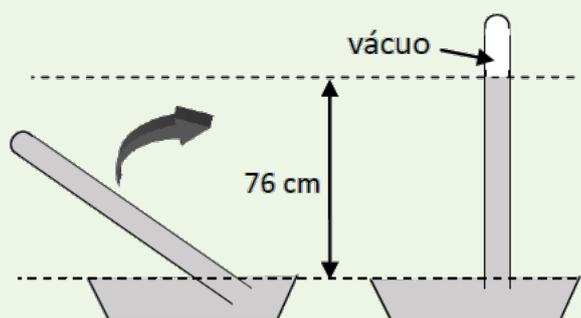


Figura 10.5: Imagem retirada da prova OBFEP 2021 - Nível B.

- A) 9,8 m.
- B) 10,0 m.
- C) 10,2 m.
- D) 10,3 m.

VII

REFERÊNCIAS

Bibliografia	137
Livros	



Referências Bibliográficas

- [1] Paul G. Hewitt. *Conceptual Physics*. Addison Wesley, Boston, 11 edition, 2009.
- [2] Herch Moysés Nussenzveig. *Curso de física básica: Mecânica (vol. 1)*, volume 394. Editora Blucher, 2013.
- [3] José Roberto Bonjorno and Clinton Márcio Ramos. *Física*, volume Único. FTD, São Paulo, 2 edition, 2005.
- [4] Caio Sérgio Calçada and José Luiz Sampaio. *Física Clásica*, volume 1. Atual, São Paulo, 1 edition, 2012.
- [5] Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca, and Gualter José Biscuola. *Tópicos de Física*, volume 2. Saraiva, São Paulo, 2012.
- [6] Kazuhito Yamamoto and Luiz Felipe Fuke. *Física para o ensino médio*, volume 1. Saraiva, São Paulo, 4 edition, 2016.

