



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG) /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT) em implantação
UNIDADE ACADÊMICA (UA): INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

RICARDO FERREIRA BASILIO

CURIOSIDADES DA FÍSICA:
ORGANIZADORES PRÉVIOS COMO UMA ESTRATÉGIA FACILITADORA
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE FÍSICA

CATALÃO

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

Ricardo Ferreira Basilio

3. Título do trabalho

CURIOSIDADES DA FÍSICA: Organizadores Prévios como uma Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Física

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo Gonçalves De Assis, Coordenador de Curso**, em 06/01/2022, às 13:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **RICARDO FERREIRA BASÍLIO, Discente**, em 13/01/2022, às 18:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543](#),



[de 13 de novembro de 2020.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2258084** e o código CRC **3473096F**.

Referência: Processo nº 23070.027491/2021-41

SEI nº 2258084

RICARDO FERREIRA BASILIO

CURIOSIDADES DA FÍSICA:

**ORGANIZADORES PRÉVIOS COMO UMA ESTRATÉGIA FACILITADORA
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE FÍSICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Unidade Acadêmica (UA) Instituto de Física, da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Educação básica. Linha de pesquisa: Ensino de Física

Orientador: Professor Doutor Paulo Eduardo G. de Assis

CATALÃO

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Basilio, Ricardo Ferreira
Curiosidades da Física : Organizadores Prévios como uma
Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Física /
Ricardo Ferreira Basilio. - 2021.
171, f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo Gonçalves de Assis.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto
de Física, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
em Rede, Catalão, 2021.
Bibliografia. Anexos. Apêndice.

1. Ensino de Física. 2. Organizadores Prévios. 3. Curiosidades da
Física. I. Assis, Paulo Eduardo Gonçalves de, orient. II. Título.

CDU 37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 07 da sessão de Defesa de Dissertação de **Ricardo Ferreira Basilio**, que confere o título de Mestre(a) em **Ensino de Física**, na área de concentração em **Física na Educação básica**.

Aos **vinte e um de junho de dois mil e vinte e um**, a partir das **quatorze hora**, por vídeo conferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“CURIOSIDADES DA FÍSICA: Organizadores Prévios como uma Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Física”**, nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Paulo Eduardo Gonçalves de Assis (UAEF/UFCat)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Ana Rita Pereira (UAEF/UFCat)**, membro titular interno; Professor Doutor **Eduardo Sérgio de Souza (UAEF/UFCat)**, membro titular interno; **Professora Doutora Marina Valentim Barros (UAEE/UFCat)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **(x) Aprovado (x) Reprovado ()** pelos membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Paulo Eduardo Gonçalves de Assis**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **trinta de março de dois mil e dois**. **OBS:** Devido ao acometimento de doença grave e posterior falecimento da Professora Doutora Ana Rita Pereira, integrante da banca e coordenadora do Programa de Pós-Graduação à época desta Defesa de Dissertação, este documento é assinado pelo coordenador atual.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo Gonçalves De Assis, Coordenador de Curso**, em 04/05/2022, às 14:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marina Valentim Barros, Professor do Magistério Superior**, em 04/05/2022, às 14:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denis Rezende De Jesus, Coordenador de Pós-graduação**, em 04/05/2022, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Sérgio De Souza, Professor do Magistério**



Superior, em 05/05/2022, às 08:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2847978** e o código CRC **3001E8C3**.

Referência: Processo nº 23070.027491/2021-41

SEI nº 2847978

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a minha família pela paciência e compreensão. O meu sincero agradecimento a meu orientador Dr. Paulo Eduardo Gonçalves de Assis pelo grande auxílio e por compartilhar seus conhecimentos. À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela oferta deste Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) na Regional Catalão e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro.

CURIOSIDADES DA FÍSICA: Organizadores Prévios como uma Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Física

Ricardo Ferreira Basilio

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Eduardo G. de Assis

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – da Regional Catalão da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

RESUMO

Nesse trabalho é proposta a utilização, em sala de aula, como complemento ao material já utilizado pelo professor, de uma coletânea de textos com curiosidades relacionadas à disciplina de Física. Os textos funcionam como organizadores prévios, estratégia apresentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel cuja função é manipular a estrutura cognitiva do aprendiz. A experiência pedagógica ocorreu de maneira remota devido à necessidade de isolamento social, medida indicada pela Organização Mundial de Saúde para o combate a Covid-19. Com as turmas de Segundo Ano do Ensino Médio em uma escola estadual na cidade de Patos de Minas foi possível analisar o aproveitamento do material a partir do interesse dos alunos. Houve muitos relatos de alunos que almejavam compreender mais sobre determinados fenômenos físicos e foram motivados a partir do material apresentado que foi finalizado como um livreto.

Palavras-chave: Curiosidades da Física, Organizadores Prévios, Ensino de Física

CURIOSITIES OF PHYSICS: Prior Organizers as a Strategy Facilitating Meaningful Learning in Physics

Ricardo Ferreira Basilio

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Eduardo G. de Assis

Master's thesis submitted to the Postgraduate Program - National Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF) – of Catalão Regional Office of the Federal University of Goiás, as part of the requirements for obtaining the Master's Degree in Physics Teaching.

ABSTRACT

This work proposes the use of a collection of texts with curiosities related to Physics in the classroom, as a complement to the material already used by the teacher. The texts serve as previous organizers, a strategy presented in David Ausubel's Meaningful Learning Theory, whose function is to manipulate the cognitive structure of the learner. The pedagogical experience occurred remotely due to the need for social isolation, a measure indicated by the World Health Organization to combat Covid-19. With the Second year high school classes in a state school in the city of Patos de Minas it was possible to analyze the use of the material based on the interest of the students. There were many reports from students who aspired to understand more about certain physical phenomena and were motivated by the material presented which was finalized as a booklet.

Key words: Curiosities of Physics, Previous Organizers, Physics Teaching

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Modelo simples da mente humana.....	17
Figura 2: As duas dimensões da aprendizagem	20
Figura 3: Condições para a aprendizagem	25
Figura 4: Definições das grandezas do SI.....	32
Figura 5: Calculando o torque de uma força aplicada em uma barra.....	40
Figura 6: Calculando o trabalho de uma força constante.	42
Figura 7: Comportamento do campo gravitacional de um corpo esférico de raio R. 46	
Figura 8: Reflexão regular ou especular	47
Figura 9: Imagem formada por um espelho plano.....	47
Figura 10: Elementos geométricos do espelho esférico	48
Figura 11: Elementos geométricos do espelho esférico.....	49
Figura 12: Refração.....	50
Figura 13: Efeito Magnus	52
Figura 14: Intensidade sonora em função da distância da fonte.	54
Figura 15: Respostas da pergunta 01 - Marque abaixo o que você acha sobre a disciplina de Física.	61
Figura 16: Respostas da pergunta 02 - Qual (is) texto (s) o vocabulário foi de difícil compreensão?.....	62
Figura 17: Respostas da pergunta 03 - Qual (is) texto (s) você compreendeu a relação com o conteúdo apresentado posteriormente?	63
Figura 18: Respostas da pergunta 04 - Você poderia afirmar que os textos apresentados:.....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. COMO FUNCIONA O PENSAMENTO	17
2.2. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	19
2.2.1. Organizadores prévios	22
2.2.2. Condições para a aprendizagem significativa	24
2.3. TRABALHOS COM O USO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS	25
2.4. A CURIOSIDADE COMO MOTIVAÇÃO	26
3. A FÍSICA DO PRODUTO EDUCACIONAL	29
3.1. GRANDEZAS E MEDIDAS	29
3.2. O NÚMERO DE AVOGADRO	32
3.3. DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS	33
3.3.1. Dilatação linear	34
3.3.2. Dilatação superficial	35
3.3.3. Dilatação volumétrica	35
3.4. INÉRCIA	36
3.5. IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO	38
3.6. MOMENTO DE UMA FORÇA E ALAVANCAS	39
3.7. POTÊNCIA, TRABALHO, ENERGIA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	41
3.8. CAMPO GRAVITACIONAL	44
3.9. ESPELHOS	46
3.9.1 Espelho Plano	47
3.9.2 Espelho Esférico	48
3.10. REFRAÇÃO DA LUZ	50
3.11. EFEITO MAGNUS	52
3.12. INTENSIDADE SONORA	53
3.13. ESPALHAMENTO DE RAYLEIGH	54
4. METODOLOGIA	55
4.2. MÉTODO DO ORGANIZADOR PRÉVIO	55
4.3. APLICAÇÃO EM SALA DE AULA	56
5. DISCUSSÃO	57

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICE A.....	74
APÊNCICE B.....	171

1. INTRODUÇÃO

A Física é uma das ciências que investigam os fenômenos da natureza, principalmente no que se refere à análise de aspectos da matéria, da energia e de movimento em fenômenos mecânicos, termodinâmicos, luminosos, elétricos e magnéticos. Como toda área do conhecimento, a Física foi construída à medida que novas descobertas eram feitas e antigas noções eram deixadas de lado. Em todas as épocas, seres humanos empregaram grandes esforços para atingir o objetivo de compreender o mundo que os cerca. Apesar de tudo isso, muitos alunos rejeitam essa importante disciplina.

Não é novidade que a Física é percebida por boa parte dos alunos como uma disciplina desinteressante e puramente matemática. Uma das justificativas está relacionada à forma como a Física é abordada em sala de aula: normalmente o foco ainda está na transmissão dos conteúdos com a aplicação de equações e repetitividade à exaustão de exercícios que não possuem nenhum vínculo com a realidade do aluno. Nesse contexto é excluída boa parte da interpretação física dos fenômenos estudados.

Parte do desinteresse está relacionada com a linguagem matemática da Física, por existir um grande percentual de alunos que possuem deficiências de séries anteriores. Contudo a linguagem matemática é necessária, Hewitt (2008) defende que:

Quando as ideias da ciência são expressas em termos matemáticos, elas não são ambíguas. As equações científicas proveem expressões compactas das relações entre os conceitos. Não possuem os duplos significados que frequentemente tornam confusa a discussão de ideias em linguagem comum. Quando as descobertas sobre a natureza são expressas matematicamente, é mais fácil comprová-las ou negá-las através de experimentos. (HEWITT, 2008 p. 33).

Assim, a linguagem matemática é importante, mas normalmente se enfatiza a utilização de fórmulas em situações artificiais, desvinculando o significado físico e efetivo que elas representam. Pietrocola (2002) enfatiza que, sendo a matemática uma linguagem que permite ao cientista estruturar seu pensamento para aprender o

mundo, o ensino de ciências deveria propiciar meios para os estudantes adquirirem esta habilidade.

Já a repetição de exercícios é um artifício muito utilizado principalmente em relação à memorização. Todavia, em sala de aula, não é possível colocar tal concepção em prática em todos os momentos. A repetição beneficia a aprendizagem de fatos ou habilidades que constituem conhecimento básico (um exemplo é decorar a tabuada), mas prejudica a motivação. Assim, o aluno cria uma resistência e nenhuma ou quase nenhuma aprendizagem se realiza.

É sempre válido ressaltar que o resultado almejado é uma aprendizagem crítica, reflexiva e investigativa na qual o professor tem papel importante e fundamental. Para alcançar esse objetivo o professor deve procurar compreender como ocorre a construção do conhecimento, a fim de tornar sua prática mais objetiva e prazerosa. O mesmo pensamento é compartilhado por Willingahn (2011 pág. 13) “[...] o ensino é baseado na mudança da mente dos alunos; certamente, então, compreender seu equipamento cognitivo deveria tornar o processo mais fácil ou mais efetivo.”

Em contraste com pensamento de uma Física desinteressante, no início de 2015 tive uma grata surpresa ao conhecer nas aulas de laboratório uma aluna do primeiro ano do ensino médio que é apaixonada pela disciplina de Física. Ao questionar a sua motivação e compromisso com os estudos obtive como resposta que ela queria compreender como funcionavam as “coisas” e que o ensino lhe proporcionava isso. Nesse momento ela me mostrou um de seus muitos cadernos de anotação que acumulava variadas informações e curiosidades que ela anotava durante as aulas, ao ler conteúdo na internet ou mesmo ao assistir alguma série, documentário e filme na televisão. Fiquei interessado e solicitei gentilmente para ver o material específico da área de Física, havia muitas perguntas do tipo: “Como parar um tsunami com ondas sonoras?”, “Qual o som mais alto do universo?”, “É possível existir a capa de invisibilidade de Harry Potter?”, “Do que é feito o fogo?”.

Esses questionamentos vinham ao encontro de uma percepção particular das aulas. Um dos momentos que mais conseguia a atenção dos alunos para a minha fala é quando respondia ou tentava responder as perguntas da aluna. A partir daí sempre inseri nas abordagens das minhas aulas histórias e relatos que normalmente envolviam curiosidades, estranhas e até bizarras sobre o assunto a ser trabalhado ou até mesmo consolidados.

Assim o pensamento do presente trabalho foi reunir textos e elaborar uma coletânea de curiosidades que envolvam a Física para ser eficaz quando é necessário atrair a atenção dos alunos no início de um conteúdo. Mais ainda, para o material ser um artifício importante para o processo de ensino-aprendizagem, foi definido que ele fosse uma conexão entre os conceitos prévios dos alunos e os conceitos a serem aprendidos. Essa forma de abordagem foi baseada no pensamento de David Ausubel e sua teoria da aprendizagem significativa, com ênfase no conceito de organizador prévio.

Então a proposta do produto final foi elaborar uma coletânea de organizadores prévios, com função motivadora e tema de curiosidades da Física, que funcionem como material didático facilitador da aprendizagem significativa, para que o professor interessado possa utilizar em sala de aula.

O produto educacional em sua fase inicial foi aplicado no colégio que leciono na cidade de Patos de Minas – MG, com os alunos do segundo ano do ensino médio. A metodologia de aplicação utilizado foi o Método Organizador Prévio sugerido por Joyce e Weil (2003) por se encaixar perfeitamente no trabalho. A partir das concepções dos alunos, o produto educacional foi se modificando, adquirindo características importantes como sugestão de textos, links de simuladores e vídeos. Importante salientar que devido à necessidade de isolamento social, medida considerada importante pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para combater a pandemia do Coronavírus, a aplicação do produto educacional ocorreu de forma remota.

Houve ainda uma preocupação com o formato do produto criado. Para expandir as possibilidades de utilização, a coletânea de textos se tornou livreto, com o título “Curiosidades da Física”, nos formatos PDF (*Portable Document Format*) e EPUB (*Electronic Publication*) e está apresentada no Apêndice A.

A teoria da aprendizagem significativa foi abordada no tópico 2.2 e os organizadores prévios foram analisados de forma detalhada no tópico 2.3. A curiosidade como motivação foi abordada no tópico 2.4, onde o efeito da motivação em sala de aula é analisado na perspectiva de Ausubel, Willingtán e outros autores e a física contida no produto educacional está detalhada no tópico 2.5.

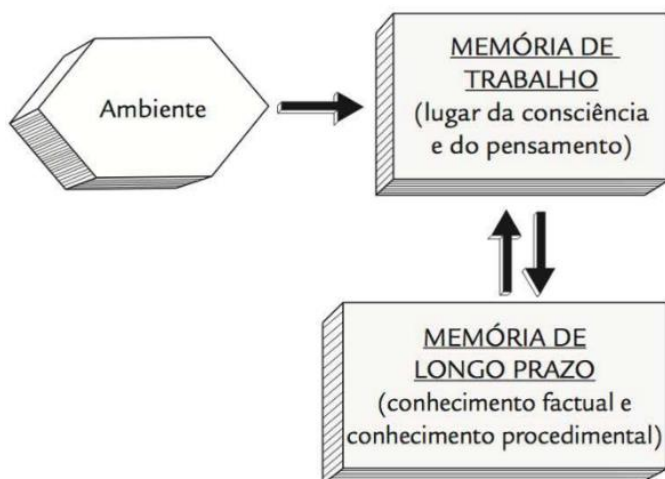
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. COMO FUNCIONA O PENSAMENTO

O desejo do professor em sala de aula é que seus alunos sintam a paixão por aprender. É seu dever inspirá-los, é seu dever motivá-los, mas o desânimo pode aparecer quando o professor encontra dificuldade nessas ações. Willingham (2011) inicia seu livro com uma pergunta: “Por que é complicado tornar a escola agradável aos alunos?” Sua resposta logo em seguida pode assustar alguns ao afirmar que apesar das pessoas serem naturalmente curiosas, a menos que as condições cognitivas sejam favoráveis nosso cérebro não foi projetado para pensar. Na verdade, o autor afirma que gostamos de pensar, mas apenas quando acreditamos que a atividade mental oferecerá em troca a sensação agradável que surge com a solução de qualquer tarefa cognitiva bem-sucedida.

Nessa perspectiva é papel do professor desenvolver uma prática que desperte o interesse dos alunos e que contribua efetivamente para a formação de cidadãos conscientes e capazes de assimilar criticamente os conhecimentos advindos das constantes transformações em todos os campos de conhecimento no mundo atual. Tendo esse objetivo, entender como funciona a formação do pensamento nos ajuda na perspectiva da consolidação da aprendizagem. No modelo de aprendizagem abaixo são definidos três importantes termos: ambiente, memória de trabalho e memória de longo prazo.

Figura 1: Modelo simples da mente humana



Fonte: Willingham, 2011 página 24.

Segundo Willingham (2011) o ambiente representa tudo que pode ser visto e ouvido pelo indivíduo, a memória de trabalho é um componente do intelecto que representa o pensamento e a memória ao longo prazo é onde se encontra todo o nosso conhecimento a respeito do mundo, desde informações ou procedimentos necessários para executar ações. As setas na figura 1 indicam a dependência entre eles demonstrando que o pensamento acontece com a combinação do ambiente e da memória ao longo prazo. Isso ocorre porque geralmente, a informação oferecida pelo ambiente não é suficiente, assim é preciso complementar com informação advinda da memória de longo prazo.

Ou seja, as pessoas aprendem à medida que buscam informações antigas (conhecimentos prévios) e as combina com informações novas. Casos os alunos não tenham o conhecimento prévio apropriado a aprendizagem não se realiza, pois ele esclarece detalhes normalmente necessários para que tudo não se torne confuso ou ambíguo.

Bransfor e Johnson (1972)¹ apud Willingham (2011) apresentam um experimento interessante que ilustra o efeito do conhecimento prévio na memória ao longo prazo. O experimento consistia em ler a seguinte passagem:

O procedimento é simples. Em primeiro lugar, você organiza itens em diferentes grupos. Uma pilha pode ser suficiente dependendo da quantidade. Se você precisar ir a algum outro lugar devido à falta de recursos, este é o próximo passo; caso contrário, você estará bem equipado. É importante não se exceder. Isto é, é melhor fazer poucas coisas por vez ao invés de muitas. (BRANSFOR e JOHNSON ,1972 apud WILLINGHAM, 2011 p. 41)

Ao ler o trecho acima, o texto nos mostra confuso e de difícil compreensão, mas ao adicionar o título “Lavando roupas” ao texto o mesmo se torna claro para o leitor. Isso acontece porque o conhecimento prévio nos permite preencher as lacunas necessárias para a interpretação, tornando seu entendimento possível.

Nas palavras de Ausubel (1980 p. 137): “Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo”. Fica então claro, que na perspectiva ausubeliana o

¹ Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 717-726.

conhecimento prévio é a variável crucial para a aprendizagem significativa. Para o autor, o conhecimento é organizado em estruturas cognitivas e que a organização dessas estruturas acontece quando elas interagem com novas informações dadas pelo ambiente. Podemos perceber assim que as informações transmitidas pela escola são fundamentais para desequilibrar as estruturas de conhecimento presentes e provocar sua reorganização.

2.2. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Ausubel ocupou-se dos processos ensino/aprendizagem de conceitos crescentemente complexos, a partir dos conhecimentos prévios dos indivíduos. Sua obra *Psicologia da Aprendizagem Verbal Significativa* de 1963 mais tarde se tornou um livro clássico na área de educação e uma alternativa para os educadores da época. Marco Antônio Moreira foi responsável em difundir a teoria ausubeliana no Brasil por perceber que essa abordagem poderia ser útil como sistema de referência teórico para o ensino.

O conceito mais importante da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Para ele aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (MOREIRA, 1999). Ou seja, ela refere-se a novos conteúdos relacionados a conceitos já assimilados. Esse conceito específico pré-existente, ou seja, já assimilado pelo indivíduo, é chamado de conceito subsunçor ou apenas subsunçor. O subsunçor é uma ideia, um conceito, uma condição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, capaz de “ancorar” uma nova informação de tal forma que esta adquira significado.

Mas caso não exista os conceitos subsunçores, ou seja, que os conceitos anteriores não tenham condições de atribuir significados a nova informação a fim de promover uma aprendizagem significativa, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são abordados no tópico 2.1.1.

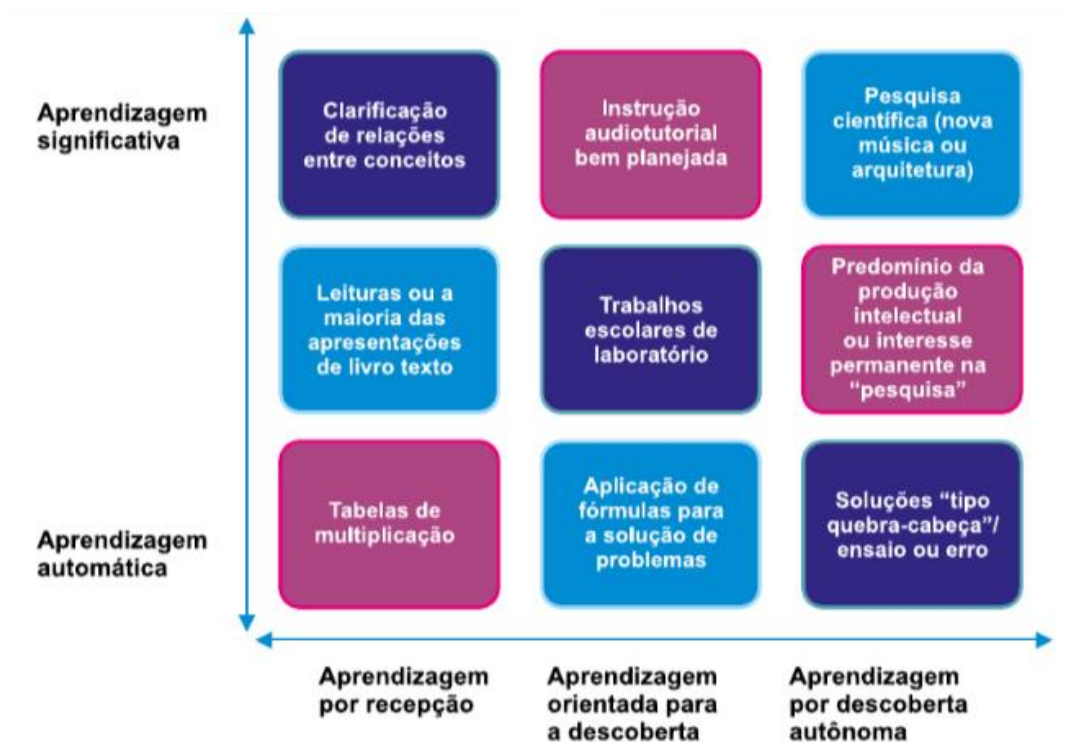
Diferente da aprendizagem significativa, é definida a aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes pré-existent na estrutura cognitiva (MOREIRA 2006). Ou seja, são conteúdos que se aprendem, mas não se relacionam com nenhuma experiência do indivíduo.

Há ainda a definição de outros dois tipos de aprendizagens: por recepção e por descoberta. Nas palavras de Moreira (1999):

Na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. (MOREIRA, 1999 p. 154).

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), existe uma confusão da natureza da aprendizagem devido à tentativa de classificar tipos qualitativamente diferentes de aprendizagem sob um modelo explicativo único. Assim, eles indicam distinguir dois processos decisivos que atravessam todos eles: um sendo a aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta e o outro sendo a distinção entre a aprendizagem automática (mecânica) e a significativa. A figura 2 abaixo mostra a ortogonalidade entre esses dois processos.

Figura 2: As duas dimensões da aprendizagem



Fonte: Ferro e Paixão (2017) página 53.

Observando a figura 2, podemos perceber alguns exemplos de atividades escolares e os processos de aprendizagens envolvidos. É interessante perceber, ao analisar a diferença entre os dois eixos, a evidência de uma aula expositiva

(aprendizagem por recepção) não resultar necessariamente em aprendizagem mecânica, note que ela fica em uma região intermediária.

Ferro e Paixão (2017) ressaltam a importância de compreender que para Ausubel:

[...]as aprendizagens mecânica e significativa não são completamente dicotomizadas, haja vista que mesmo senso qualitativamente descontínuas em face de processos psicológicos subjacentes a cada uma, não podem estar situadas em pólos opostos do mesmo continuum. Há propósito do continuum existente entre a aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, Ausubel esclarece que a primeira é inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, porém, posteriormente, essa aprendizagem se transformará em significativa. (FERRO e PAIXÃO, 2017 p. 52).

Ou seja, muitas aprendizagens podem ocorrer em uma região intermediária desse contínuo, podendo ser parcialmente significativas, parcialmente mecânicas, mais significativas, mais mecânicas. Ausubel e seus colaboradores estabelecem ainda a possibilidade de interações entre os tipos de aprendizagens, sendo a aprendizagem mecânica muitas vezes auxiliar da aprendizagem significativa.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) acreditam que tanto a aprendizagem receptiva como a aprendizagem por descoberta podem ser mecânicas ou significativas, vai depender das condições que ocorre a aprendizagem e da forma como a nova informação é incorporada à estrutura cognitiva do sujeito. Mas em ambos os casos:

[...] a aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, [...] Aprendizagem automática, por sua vez, ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias. (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980 p. 23).

Apesar de favoráveis à aprendizagem significativa por exposição oral (recepção):

A aprendizagem receptiva significativa é importante para a educação porque é o mecanismo humano por excelência de aquisição e armazenamento de uma vasta quantidade de ideias e informações representadas por algum campo de conhecimento. (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980 p. 33).

Os autores criticam o uso abusivo desse método em sala de aula e alertam para o fato de resultarem em expressões verbais decoradas pelo aluno.

Lembramos que o ensino que promove significado à vida do indivíduo é aquele que possibilita a pessoa efetuar sua transformação social. Ausubel apoia que os conhecimentos prévios dos alunos devem ser valorizados, para que possam construir estruturas mentais o que caracterizará uma aprendizagem prazerosa e eficaz. Assim a teoria fornece bastante contribuição no sentido de dar suporte para o professor em sala de aula.

2.2.1. Organizadores prévios

O organizador prévio consiste em informações amplas e genéricas, que servirão como ponto de ancoragem para ideias mais específicas. Ele é um material introdutório que é apresentado ao aluno antes do conteúdo ou conceito que será aprendido. A utilização dessa estratégia é sugerida por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) quando o aluno não dispõe de subsunçores ou quando os subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva não é suficientemente claro e estável para desempenhar as funções de ancoragem do novo conhecimento.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980) os motivos para a utilização de organizadores prévios se baseiam na importância de ter ideias estabelecidas relevantes e de forma apropriada já disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, nas vantagens de usar as ideias mais gerais de um determinado tema como âncora e no fato do próprio organizador tentar identificar um conteúdo importante pré-existente na estrutura cognitiva e se relacionar com o novo material de aprendizagem. De forma sintetizada, “a principal função do organizador está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta”. (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN ,1980 p. 144).

Os organizadores prévios podem ser apresentados de forma expositiva ou comparativa. No caso do novo material ser relativamente não familiar ao aprendiz, um organizador expositivo deve ser utilizado para fornecer subsunçores que sustentam uma relação com o novo material e fornecem ideias ou proposições já familiares ao aprendiz e que são relevantes à nova aprendizagem. No caso de o material de aprendizagem ser relativamente familiar, um organizador comparativo é usado para

integrar bem como diferenciar novas ideias com conceitos basicamente similares existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A ideia nova e a ideia já estabelecida não precisam necessariamente pertencer a uma mesma área de conhecimento ou disciplina (MOREIRA, 2006).

Os organizadores prévios são utilizados para tópicos específicos, por isso, introduções de capítulos em livros, que abordam várias ideias são consideradas pseudo-organizadores. Moreira (2006) destaca que diferente de comparações introdutórias, os organizadores devem:

1) identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do material; 2) dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes; 3) prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficiente, e ponham em melhor destaque, o conteúdo específico do novo material. (Moreira, 2006 p. 137)

Apesar das críticas relacionadas a definição dos organizadores prévios ser vaga e não apresentar nenhuma estrutura específica de sua construção, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) defendem que

[...]não se pode ser mais específico porque a construção de um dado organizador sempre depende da natureza do material de aprendizagem, da idade do aprendiz e do seu grau de familiaridade prévia com a passagem a ser aprendida. (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980 p. 147).

Para Moreira (2006), embora seja comum o uso de organizadores prévios na forma de texto, sua definição não implica que seja necessariamente um. Os organizadores prévios podem ser filmes, debates, frases, gravuras, mapas conceituais, dramatizações e demonstrações em geral. Mas “devem obviamente ser passíveis de apreensão e devem ser apresentados em termos familiares” (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN ,1980 p. 145).

Moreira (1999) ressalta que além da formulação familiar ao aluno, os organizadores prévios devem contar com boa organização do material de aprendizagem para terem valor de ordem pedagógica.

Resumindo, o organizador prévio é apenas uma estratégia proposta por Ausubel para manipular a estrutura cognitiva do aluno. Ele prepara o aprendiz para a chegada de novas informações, ativando memórias e conhecimentos prévios para

serem usadas como âncoras para novas informações com a finalidade de facilitar a aprendizagem.

2.2.2. Condições para a aprendizagem significativa

Ao analisar a obra de Ausubel, Moreira (2006) afirma que a aprendizagem significativa só acontece quando o material utilizado pelo professor e o aluno se encontram em determinadas condições:

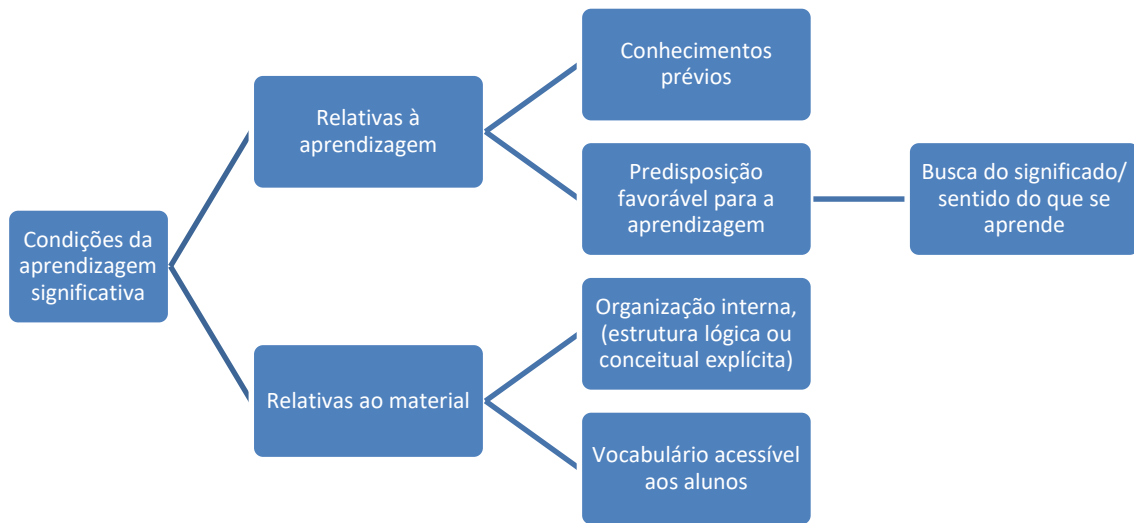
- O material deve ter significado e organização lógica.
- A organização do material e a apresentação devem conter ideias inclusivas, organizadores prévios.
- Os conhecimentos prévios dos alunos devem ser considerados e ativamente buscados.
- É necessária uma predisposição para a aprendizagem.

Independentemente do quão potencialmente significativo seja o material e abordagem pelo professor, se a intenção do aluno for simplesmente a memorização do conteúdo de forma arbitrária e não literal, a aprendizagem será mecânica ou não ocorrerá.

Podemos observar a importância da maneira com que o conteúdo é apresentado, trabalhado e discutido em sala de aula, mas apesar da influência do professor em mostrar a aplicabilidade e a relevância do conteúdo, Paulo (2011) afirma que a predisposição para aprender de forma significativa vai além daquilo que entendemos por motivação. Inclui também motivação, mas é, antes de tudo, uma intencionalidade, um esforço deliberado do aprendiz para relacionar o novo conhecimento a conhecimentos prévios mais inclusivos, diferenciados, claros e estáveis já existentes na sua estrutura cognitiva.

O mapa conceitual abaixo resume o que foi dito até aqui.

Figura 3: Condições para a aprendizagem



Fonte: Elaborado pelo autor

2.3. TRABALHOS COM O USO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS

A proposta da utilização de organizadores prévios como estratégia de facilitação da aprendizagem significativa, segundo a perspectiva de Ausubel e seus colaboradores, já foi utilizada e pesquisada por outros autores. Um exemplo é Silva e Buss (2019), que em sua pesquisa sobre a utilização de vídeos sobre ondas mecânicas concluiu que os vídeos, comportando-se como organizadores prévios podiam se tornar facilitadores da aprendizagem.

Andrade (2016) teve como foco tópicos no ensino de astronomia, onde construiu um espaço não formal como organizador prévio denominado “Espaço Astronômico” apresentando assim, segundo o autor ambiente de ensino-aprendizagem diferenciado que direciona a aula expositiva para uma formação educacional científica promovendo aos alunos à concepção de novos conceitos.

Pereira e Olenka (2016) incentivaram parte dos alunos a produção de tirinhas e histórias em quadrinhos (HQs) que explicavam conceitos físicos e que funcionaram, não apenas como fatores lúdicos para relaxamento e descontração, mas também como organizadores prévios.

Ribeiro, Silva e Koscianski (2012) criaram uma curta de animação com função de organizador prévio para o ensino do conceito momento de força. A pesquisa

contou com a aplicação em sala de aula em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio e segundo os autores a curta de animação cumpriu sua função como mecanismo pedagógico auxiliando na ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e o que precisa saber, havendo assim, aprendizagem significativa.

Uchoa (2003) partiu da utilização de um programa multimídia como organizador prévio para o ensino de cinemática. Em seus resultados observou que a utilização dos organizadores prévios auxiliou na apresentação do conteúdo aos alunos mostrando-se eficaz em sua proposta.

Moreira, Sousa e Silveira (1982) investigaram os efeitos dos organizadores prévios sobre a aprendizagem da Física em nível universitário básico. Apesar de não encontrar evidências mensuráveis nos resultados de aprendizagem, os autores destacaram o fato dos alunos considerarem os pseudo-organizadores como materiais úteis para a aprendizagem, podendo assim, justificar a sua utilização como recurso instrucional.

2.4. A CURIOSIDADE COMO MOTIVAÇÃO

No tópico 2.2 foi abordada uma análise cognitiva da natureza da aprendizagem. Neste momento a análise estará relacionada a fatores afetivos que influenciam na aprendizagem significativa. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) se dizem convencidos de que os fatores afetivos e sociais são menos decisivos em relação a estrutura cognitiva e variáveis instrucionais, mas são suficientemente importantes ao se desejar maximizar a influência da psicologia educacional na aprendizagem em sala de aula. Para eles:

A motivação, embora não indispensável à aprendizagem limitada a curto prazo, é absolutamente necessária para o tipo de aprendizagem envolvida na tarefa de dominar o tema de uma dada disciplina. Seus efeitos são amplamente mediados através de variáveis intervenientes tais como focalização da atenção, persistência e crescente tolerância à frustração. (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980 página 331).

Ao afirmar que a aprendizagem pode ocorrer na ausência de motivação, o autor não nega o fato que ela pode facilitar de modo significativo a aprendizagem quando presente. Podemos perceber esse efeito ao prestarmos mais atenção em eventos com estímulos que tenham uma carga emocional maior. Quando nossa

curiosidade é aguçada por algum impulso, a capacidade de absorver o conteúdo do tema apresentado é maior.

A curiosidade epistemológica representa a ânsia genuína pelo conhecimento. E a história nos ensina que grandes saltos na inovação humana acontecem principalmente como resultado básico de pura curiosidade. Podemos citar como exemplos a descoberta dos raios X pelo alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), Galileu Galilei ao aperfeiçoar a luneta e apontá-la para o céu, dentre outros.

A curiosidade nos induz a explorar novas ideias e novos problemas, ela exige que façamos perguntas e que tentemos reunir provas para compreender o que tanto nos aflige, é como se fosse uma compulsão que nos motiva a entender um fato e alavanca o processo de aprendizagem. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) listam algumas implicações práticas para aumentar a motivação em sala de aula a qual destacamos os itens 4 e 5:

4) Elevar ao máximo o impulso cognitivo por meio da ativação da curiosidade intelectual, usando material que atraia a atenção e organizando as aulas de modo a garantir uma aprendizagem bem sucedida. 5) Estabelecer tarefas que sejam apropriadas ao nível de habilidade de cada aluno. (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980 página 359).

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) afirmam que nada prejudica mais a motivação do que constantes fracassos e frustrações. O mesmo pensamento é compartilhado por Willingahn (2011 página 21): “trabalhar em um problema que não oferece a sensação de que está progredindo não é prazeroso – na realidade, é frustrante”. Na verdade, o extremo oposto também prejudica a aprendizagem: problemas, ao se apresentarem simples, podem tirar a motivação de alunos devido ao menor esforço mental, fazendo com que o aluno apresente disposição insuficiente para a aprendizagem significativa, não tendo o interesse em progredir.

O impulso cognitivo, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) é potencialmente mais importante entre as variáveis que compõe a motivação para a aprendizagem significativa em sala de aula, simplesmente por despertar a curiosidade intelectual do aluno. O autor ainda afirma que uma aprendizagem bem-sucedida por si só já constitui a recompensa ao aprendiz, à parte de qualquer consideração externa. Para ele, motivação e aprendizagem possuem uma relação causal recíproca, a partir da satisfação inicial em aprender, estudantes deveriam desenvolver retroativamente

a motivação em aprender cada vez mais. Todavia, devido às individualidades, alunos que exercem pequenos esforços não consolidam conhecimento suficiente para formar uma base para a próxima aprendizagem. Desse modo, é improvável que esses alunos consigam ter meios suficientes para buscarem interesses em aprender por vontade própria e posteriormente terem um suporte para dar prosseguimento no exercício de aprendizagem. Daí a importância do impulso cognitivo.

Vale ressaltar que houve uma grande mudança tecnológica nos últimos anos. A aprendizagem ser a própria recompensa do aprendiz faz sentido no âmbito de uma geração que via na escola a oportunidade de se chegar até o conhecimento. Atualmente, um grande número de informações está ao alcance das pessoas com extrema facilidade mas, infelizmente, por vezes sem qualidade. Em relação às diversas fontes de informação disponíveis nas sociedades modernas e ao impacto dessas tecnologias na educação, Cesar Coll (2003) afirma:

Os alunos, como todos nós, são “bombardeados” por diferentes fontes, que chegam inclusive a produzir uma saturação informativa. Eles nem ao menos devem buscar a informação; é ela em formatos quase sempre mais ágeis e atrativos, que os busca. Consequentemente, quando os alunos vão estudar História, Física ou Inglês, já têm os conhecimentos procedentes do cinema, das canções que ouvem ou da televisão. Porém, trata-se de uma informação desgastada, fragmentada e, às vezes, até mesmo deformada. O que os alunos necessitam da educação não é somente mais informação de que podem sem dúvida necessitar, mas, sobretudo, da incapacidade de organizá-la, de interpretá-la, de lhe dar sentido. (COLL, 2003, página 46).

Cabe então a todos os responsáveis pelo processo ensino-aprendizagem atrair os alunos para um conhecimento importante e indispensável para a sua formação como indivíduo para a sociedade.

A curiosidade é uma das maiores motivações humanas, a motivação nos direciona e intensifica nossos objetivos e se altera no decorrer das etapas de nossas vidas. Apesar de não poderem aprender a navegar intelectualmente pelos alunos, os professores, legitimamente responsáveis pelo ensino-aprendizagem, podem contribuir de forma direta para a melhoria desse processo através uma abordagem motivadora (estímulos cognitivos) dos conteúdos lecionados.

3. A FÍSICA DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional foi finalizado como um livreto com uma coletânea de organizadores prévios com o tema “Curiosidades da Física” (nome que dá o título ao produto) em dois formatos, PDF e EPUB. Os dois formatos foram pensados com a finalidade de possibilitar ao professor interessado ter mais liberdade durante a sua utilização. O formato PDF é semelhante a um material impresso por possuir um layout fixo, já o EPUB permite uma maior dinâmica ao aluno, pois possui links, vídeos e imagens não estáticas, além de possibilitar um maior conforto ao permitir que o *software* de leitura faça alterações no tamanho das letras, modifique fontes e faça a leitura do material (importante para alunos com deficiência visual).

O livreto “Curiosidades da Física” aborda diversos assuntos trabalhados no ensino médio e fundamental com uma forma diferente de analisar, interpretar e expor ideias para uma fácil compreensão dos fenômenos apresentados. O material é composto por textos principais, textos complementares que explicam com maiores detalhes conceitos e expressões matemáticas apresentadas e também sugestões de vídeos, obras, artigos e simulações que contribuem para o aprendizado. O material funciona como organizador prévio da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel.

A seguir é tratada a parte específica da Física dos temas do produto educacional.

3.1. GRANDEZAS E MEDIDAS

O texto “A revolta do Quebra-Quilos” contextualiza a importância da padronização de unidades e a necessidade de se utilizar um padrão único para todos ou que abranja a maior quantidade de pessoas do mundo. Também identifica aspectos históricos, sociais e culturais, mostra a dificuldade de sua implementação e o desconforto gerado no Brasil.

A necessidade de medir é muito antiga e provavelmente devido ao surgimento do controle de produção e troca de excedentes, a humanidade passou a ter de comparar de maneira mais precisa quantidades de alimentos, de volumes, comprimentos, etc. O estabelecimento de um padrão confiável para as medições foi

um processo lento e suas definições sofreram alterações determinadas pelo progresso da metrologia, decorrente dos avanços da ciência e da tecnologia.

Na Antiguidade partes do corpo humano serviram de inspiração para os primeiros padrões de medida usadas pelos egípcios e romanos. Os pés, dedos polegares, a palma da mão e os braços eram padrões naturais de medida, mas que geravam discordâncias e acarretava imprecisões que prejudicavam a relação de comércio. Somente com os movimentos sociais que desencadearam a Revolução Francesa, em 1798, foi possível criar um modelo de unidades universal: o Sistema Métrico Decimal. Mas com o alargamento das fronteiras da Física, os estudos dos fenômenos mecânicos, térmicos, acústicos, ópticos, magnéticos conduziram ao rápido número de grandezas não cogitadas quando da organização desse sistema (ROZENBERG, 2006). Surgiram então outros sistemas de medida como o LMT (comprimento, metro e tempo), LFT (comprimento, força e tempo), CGS (centímetro, grama e segundo), MKS (metro, quilograma e segundo), dentre outros, mas foi em 1960 que foi implantado o Sistema Internacional de Unidades (SI), aderido pelo Brasil em 1962.

O SI era um sistema coerente e absoluto e em 1971, na 14ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, foram selecionadas como fundamentais sete grandezas para constituir a base do Sistema Internacional de Unidades (SI), popularmente conhecido como sistema métrico (HALLIDAY, 2016). As unidades de medidas dessas sete grandezas (quadro 1) dão origem a todas as outras unidades, que são denominadas unidades derivadas.

Quadro 1: Unidades de Bases do SI

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Temperatura	kelvin	K
Corrente elétrica	ampere	A
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Fonte: Elaborada pelo autor com base em INMETRO (2013)

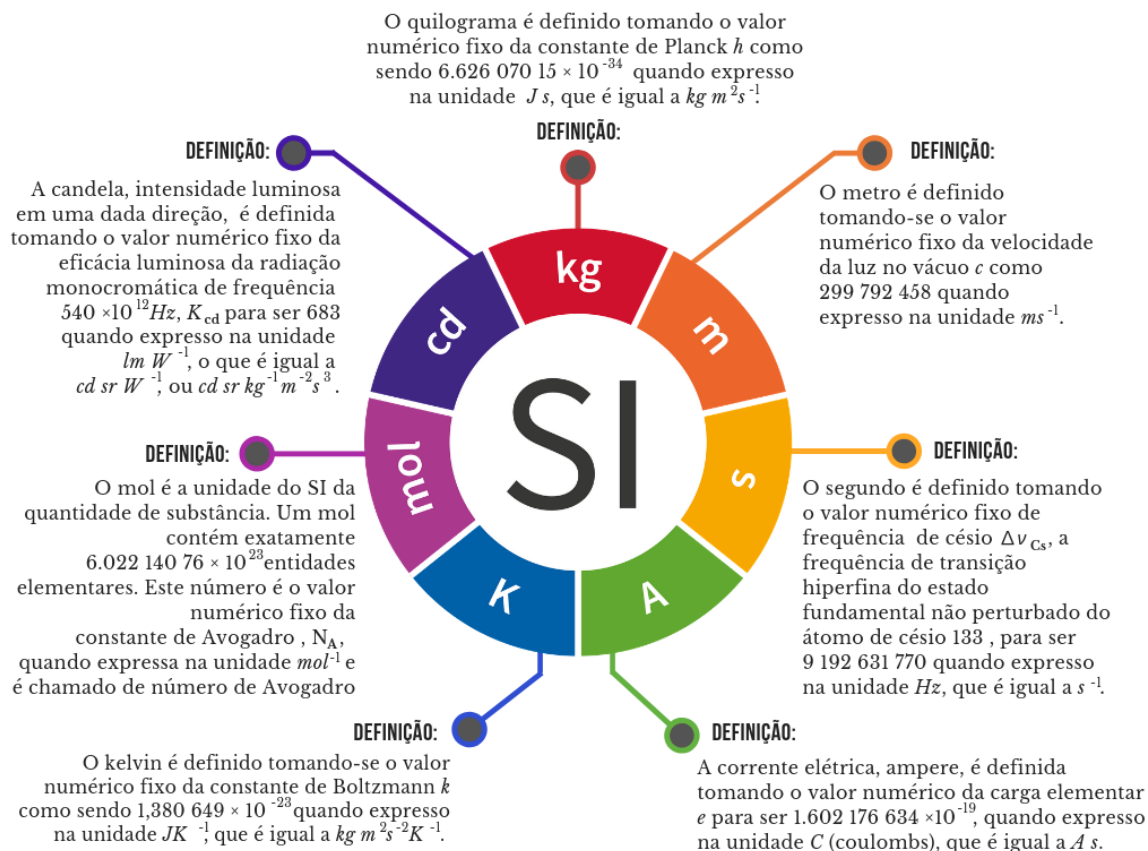
O SI tem o objetivo de universalizar a linguagem de medidas, facilitando a comunicação e comercialização. Poucas nações ainda não adotam oficialmente o SI. Estados Unidos, Libéria são alguns exemplos.

As definições das unidades de medidas sofreram várias alterações, dado o avanço da ciência e da tecnologia. O quilograma até o início de 2019, por exemplo, era definido como a massa contida em um pedaço de metal guardado em um cofre em Paris. Todavia não havendo garantia de estabilidade do valor dessa massa, foi necessária a busca de definições que não se alterariam com o tempo. Após anos de estudos, cientistas definiram o quilograma a partir de uma constante matemática, a constante de Planck. Esse mesmo pensamento foi precedido nas mudanças nas definições do metro e do segundo.

Inicialmente baseado nos movimentos de rotação e translação da Terra, o segundo passou a ser baseado na frequência de radiação eletromagnética necessária para efetuar a transição entre os estados hiperfinos do átomo de Césio-133. O metro, deixou de ser a distância entre duas marcas de um objeto de platina guardado em Paris para uma definição baseada no comprimento de onda de transição do átomo de Criptônio para, finalmente, ser definido em termos da velocidade da luz no vácuo (DAMACENO, 2018).

Atualmente todas as sete grandezas base do SI são definidas em termos de constantes da natureza imutáveis, garantindo a sua estabilidade. A figura 4 mostra um esquema adaptado do site do BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*) que mostra as novas definições.

Figura 4: Definições das grandezas do SI



Fonte: <<https://accmetrologia.com.br/redefinicao-do-sistema-internacional-de-unidades-si/>>

3.2. O NÚMERO DE AVOGADRO

Quando estamos lidando com átomos e moléculas, faz sentido medir o tamanho das amostras em mols. Fazendo isso, temos certeza de que estamos comparando amostras que contêm o mesmo número de átomos ou moléculas. O mol, unidade de quantidade de substância, uma das sete unidades fundamentais do SI, até início de 2019 era definido como a quantidade de substância que contém tantas entidades elementares quanto são os átomos contidos em 0,012 quilogramas de carbono-12. A nova definição de mol foi estabelecida fixando-se o valor numérico da Constante de Avogadro (N_A) - um mol contém exatamente $6,02214076 \times 10^{26}$ entidades elementares (BIPM, 2019).

Entende-se como entidade elementar um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, ou seja qualquer partícula ou grupo específico de partículas. O número N_A

é chamado de número de Avogadro em homenagem ao cientista italiano Amedeo Avogadro (1776 - 1856), um dos primeiros a concluir que todos os gases que ocupam o mesmo volume nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de átomos ou moléculas. Joseph Louis Gay-Lussac, chegou a uma conclusão semelhante em 1808 estudando reações químicas entre gases (NUSSENZVEIG, 2002).

O número de mols n contidos em uma amostra de qualquer substância é igual à razão entre o número de moléculas N da amostra e o número de moléculas N_A em 1 mol:

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

Esse número funciona como um número tradutor entre o que acontece no mundo microscópico e macroscópico de modo que no livroeto o texto “O valor de um mol” traz essa percepção para o aluno de uma forma diferente.

3.3. DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS

A dilatação térmica é uma das consequências da variação de temperatura dos corpos. Basicamente, se a temperatura aumenta, as partículas que constituem os corpos vibram mais, se diminui, vibram menos. Uma vez que existe um aumento de agitação, as partículas da maioria das substâncias têm uma tendência a ocuparem um espaço maior, aumentando assim as suas dimensões.

Vários profissionais como engenheiros, projetistas e escultores escolhem com cuidado os seus materiais de trabalho levando em consideração a dilatação térmica, porque a substância de que o material é feito influi na variação de dimensões sofridas com a mudança de temperatura. A propriedade de dilatação térmica de algumas substâncias tem aplicações práticas em termômetros, termostatos, vedação eficiente de blocos de motores de automóvel, dentre outros.

No estudo da dilatação, é importante definir como será a análise dos objetos. No caso de apenas uma dimensão ser considerada, a dilatação é dita como linear. É o caso de um fio fixado entre dois postes, normalmente somente a variação

do comprimento do fio é analisada, mesmo que seu diâmetro sofra também mudanças. No caso de verificação de duas dimensões, a dilatação será dita como superficial e em três dimensões, volumétrica.

3.3.1. Dilatação linear

A dilatação linear (ΔL) é diretamente proporcional ao comprimento inicial (L_0) e à sua variação de temperatura (ΔT), cuja constante de proporcionalidade é o coeficiente de dilatação linear (α).

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T.$$

Na equação ΔL e L_0 são medidos em metros (m), ΔT em kelvin (K) e o α com o inverso de kelvin (K^{-1}). Como a variação na escala Celsius é igual a variação na escala Kelvin, é comum os autores de livros didáticos utilizarem ΔT como o inverso de grau Celsius ($^{\circ}C^{-1}$). Embora α varie ligeiramente com a temperatura, na maioria dos casos pode ser considerado constante para um dado material (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). A tabela abaixo traz os valores de alguns coeficientes e dilatação dos materiais.

Tabela 1: Coeficientes de dilatação linear

Substância	α ($10^{-6} \text{ }^{\circ}C^{-1}$)
Chumbo	29
Alumínio	23
Latão	19
Cobre	17
Concreto	12
Aço	11
Vidro (comum)	9
Diamante	1,2

Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick, Walker, 2016.

O valor do coeficiente de dilatação linear do alumínio ($23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), por exemplo, nos diz que para cada variação de temperatura de $1 \text{ }^\circ\text{C}$, há uma variação de $0,000026 \text{ m}$ para cada metro de alumínio.

3.3.2. Dilatação superficial

Se quisermos avaliar a dilatação ocorrida somente por duas dimensões, estaremos analisando a dilatação superficial. Um bom exemplo é a dilatação de pisos e azulejos. A dilatação superficial dos sólidos segue as mesmas leis que regem a dilatação linear. A dilatação superficial (ΔA) é diretamente proporcional a área inicial (A_0) e à sua variação de temperatura (ΔT), cuja constante de proporcionalidade é o coeficiente de dilatação superficial (β).

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T.$$

Na equação ΔA e A_0 são medidos em metros quadrados (m^2), ΔT em kelvin (K) e o β com o inverso de kelvin (K^{-1}).

Podemos relacionar os coeficientes de dilatação linear e superficial pela seguinte expressão:

$$\beta = 2 \cdot \alpha.$$

3.3.3. Dilatação volumétrica

A dilatação volumétrica de todos os corpos sólidos obedece às mesmas leis das dilatações lineares e superficiais. Nessa análise as três dimensões do corpo são relevantes para o problema. A dilatação volumétrica (ΔV) é diretamente proporcional ao volume inicial (V_0) e à sua variação de temperatura (ΔT), cuja constante de proporcionalidade é o coeficiente de dilatação volumétrica (γ).

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T.$$

Na equação ΔV e V_0 são medidos em metros cúbicos (m^3), ΔT em kelvin (K) e o γ com o inverso de kelvin (K^{-1}). O coeficiente de dilatação volumétrica é uma característica do material e pode ser calculado como o triplo do coeficiente de dilatação linear.

$$\gamma = 3. \alpha.$$

No livreto a dilatação linear é exemplificada através do texto sobre a dilatação da Torre Eiffel. Ele possibilita com que os alunos percebam que a dilatação dos sólidos é pequena, normalmente imperceptível a olho nu, mas que não pode ser desconsiderada em algumas situações. O coeficiente de dilatação, o aumento da agitação com o aumento da temperatura também é abordado no texto.

3.4. INÉRCIA

No produto educacional, o texto “Se a Terra parar de girar” mostra uma forma diferente de abordar o conceito de inércia ao responder como ocorreria e quais seriam as consequências se isso acontecesse. Isaac Newton (1642 — 1727) desenvolveu uma completa formulação matemática da concepção mecanicista da natureza. Sua principal obra, o *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* — Princípios Matemáticos da Filosofia Natural (1687), deixou as famosas leis de Newton que fundamentam a base da física mecânica.

Antecedendo a formulação das suas leis, Newton define a *vis insita*, ou força de inata da matéria, ou força de inércia, como um poder de resistir a mudanças de estado, seja de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme. Também define o conceito de força imprimida como a ação exercida sobre um corpo, a fim de alterar seu estado, seja de repouso, ou de movimento retilíneo e uniforme (ASSIS, 1998). Força de inércia é uma força fictícia percebido por um observador estacionário (sem aceleração) a um sistema de referência não estacionário (acelerado). Já a força impressa é soma vetorial das forças, ou seja, uma força resultante.

Newton definiu em seu texto a distinção entre movimento verdadeiro ou absoluto e relativo. O verdadeiro ocorre em um referencial estacionário, e não pode ser criado ou modificado exceto pela a ação de forças. Já o movimento relativo ocorre

em um referencial não estacionário e pode ser criado ou modificado sem a ação de forças.

As definições de força impressa, força de inércia, movimento absoluto e relativo são importantes para entendermos as leis de movimento de Newton.

Lei I: Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele.

Lei II: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é aplicada. (ASSIS, 1998 p. 27).

A segunda lei de Newton não é apenas uma definição de força, pois não se refere a nenhum tipo de força em especial. Ela se refere à resultante das forças aplicada e afirma que a soma de todas as forças exercidas sobre um corpo é igual ao produto da massa desse corpo por sua aceleração.

Já a primeira lei de Newton, usualmente chamada de lei da inércia não é um caso particular da segunda lei. É fácil chegar a esse equívoco ao pensar que com uma força nula, teríamos uma aceleração nula. Ou seja, só existiria aceleração com uma força resultante e, portanto, a velocidade de um corpo é constante na ausência de forças. Contudo, Newton definiu cuidadosamente os conceitos que usaria nas suas leis, e da definição de movimento relativo ele abre a possibilidade de um corpo estar sim acelerado sem que o causador seja uma força. Se o seu sistema de referência do corpo estiver acelerado, o corpo estará acelerado.

Desde que não seja influenciado por uma força resultante, um corpo permanecerá em repouso, ou com velocidade constante em linha reta somente em uma estrutura estacionária ou com velocidade constante. Em qualquer outra estrutura, o corpo estará acelerado mesmo quando nenhuma força estiver presente. Ou seja, a primeira lei define para quais sistemas de referência o conceito de força de Newton pode ser aplicado, então a primeira lei define o comportamento natural dos corpos isolados e estabelece o referencial onde as leis da mecânica são válidas. Esses sistemas de referência são chamados de inerciais.

Contudo isso não significava que as leis de Newton não possam ser empregadas em referenciais não inerciais. Elas podem ser empregadas, mas forças fictícias não newtonianas (forças inerciais) devem ser inventadas para satisfazer as acelerações adicionais.

3.5. IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

A quantidade de movimento ou momentum de um corpo é definida pelo produto das variáveis massa e velocidade do corpo:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

A quantidade de movimento depende do sistema de referência do observador, possui a mesma direção e sentido do vetor velocidade e sua unidade de medida no SI é $kg \cdot \frac{m}{s}$. Newton, no seu famoso Principia, expressou a segunda lei do movimento em termos da quantidade de movimento (HALLIDAY, 2003). Em forma simbólica:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}.$$

Forças de grande intensidade, ainda que atuem por curtos intervalos de tempo, provocam grandes variações na quantidade de movimento dos corpos. A grandeza física definida como impulso \vec{J} , mede esse efeito da atuação de uma força durante um intervalo de tempo. Para uma força arbitrária, o impulso é definido como

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F} dt.$$

O impulso de uma força resultante que age sobre um corpo durante um intervalo de tempo é igual a variação de quantidade de movimento do corpo durante este intervalo. A expressão matemática abaixo é conhecida como teorema impulso-quantidade de movimento

$$\vec{J} = \Delta\vec{p}.$$

Esses conceitos estão presentes no nosso dia a dia. Os para-choques de automóveis são feitos de materiais que sofrem grandes deformações até o veículo parar totalmente durante uma colisão. Os prejuízos materiais podem ser grandes, contudo, a grande deformação das partes plásticas do carro, oferecem maior segurança aos usuários do automóvel por diminuir a força durante o impacto em um acidente. Como definido anteriormente, o impulso depende do produto da força pelo tempo, assim, forças diferentes aplicadas em intervalos de tempos diferentes podem produzir o mesmo impulso. Para um automóvel parar completamente durante uma colisão, ou seja diminuir sua quantidade de movimento para zero, um impulso é necessário. No caso, prolongando o tempo durante o qual a quantidade de movimento é levado a zero, a força é reduzida. Os *airbags*, são exemplos de dispositivos de segurança que foram pensados com base nesse princípio.

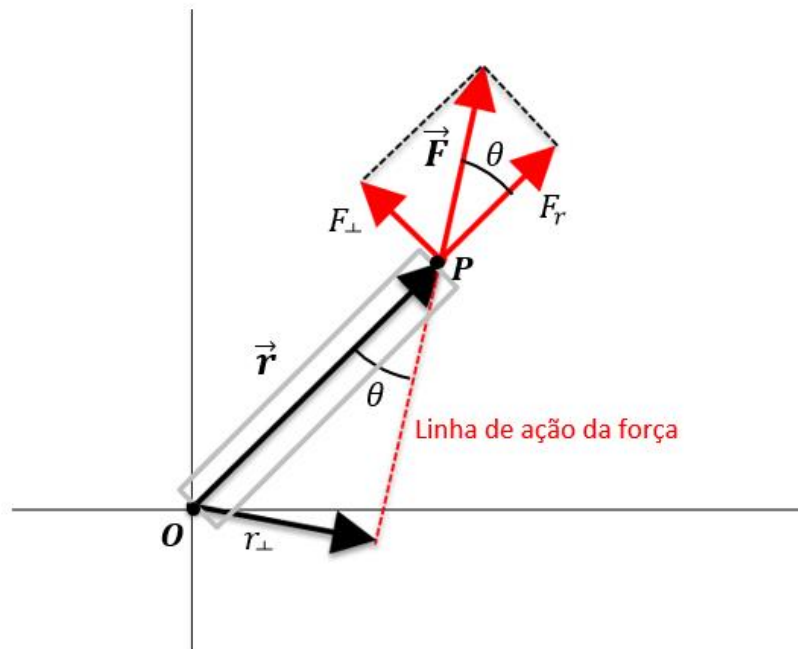
Os modelos das luvas de boxe e o próprio movimento de recuo ou giro de cabeça do pugilista são utilizados para diminuir o valor força exercida pelo adversário durante um golpe. Outro exemplo é quando pulamos de qualquer altura, é comum cairmos com as pernas esticadas e dobrarmos os joelhos quando nossos pés entram em contato com o chão. Isso faz com que o tempo de contato com o solo aumente e a força média exercida na queda diminua. Já no produto educacional o texto “A queda de um prédio” utiliza dos conceitos de impulso e quantidade de movimento em uma abordagem peculiar ao analisar a possibilidade de uma pessoa sair ilesa da queda de uma altura considerada.

3.6. MOMENTO DE UMA FORÇA E ALAVANCAS

Quem já passou pela experiência desagradável de trocar o pneu do carro já percebeu que segurando o cabo da chave de rodas na sua extremidade fica mais fácil girar o parafuso. O efeito de rotação que uma força produz em um corpo é quantificado por meio de uma grandeza física conhecida como momento de força ou torque.

O torque pode ser definido por duas maneiras equivalentes. Para isso, considere a figura 5:

Figura 5: Calculando o torque de uma força aplicada em uma barra



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Halliday, Resnick, Walker, 2003, página 199

Uma força \vec{F} é aplicada no ponto **P** de uma barra cujo eixo de rotação se encontra em **O**. Na figura, r representa a distância perpendicular do eixo de rotação. Considerando \vec{F} pertencente ao plano da barra e θ o ângulo entre \vec{F} e \vec{r} , podemos calcular o torque (τ) pelo produto da componente da força perpendicular à barra ($F_{\perp} = F \cdot \text{sen}\theta$) e a distância do ponto de aplicação dessa componente ao eixo de rotação r .

$$\tau = r \cdot F_{\perp} = r \cdot F \cdot \text{sen}\theta .$$

Ou pelo produto da força \vec{F} e o componente de \vec{r} equivalente o comprimento do segmento perpendicular à linha de aplicação da força ($r_{\perp} = r \cdot \text{sen}\theta$).

$$\tau = r_{\perp} \cdot F = r \cdot F \cdot \text{sen}\theta .$$

O torque possui dimensões de força vezes distância, assim sua unidade de medida no SI é newton-metro (N.m).

A componente radial F_r não colabora para a rotação da barra, da mesma maneira que uma força aplicada sobre o eixo de rotação **O**, sendo assim, em ambas

as situações o torque é nulo. É intuitivo notar que a força é mais eficaz quanto maior for a distância do eixo de rotação.

Um efeito prático do conceito de torque são as alavancas. Normalmente, esses dispositivos são constituídos por uma barra que pode girar em torno de um eixo (ponto fixo), uma força que provoca rotação (força potente) e outra força que se opõe à rotação (força resistente). As alavancas são consideradas máquinas simples usadas para multiplicar o efeito de uma força. Ela faz aparecer, em outra posição do sistema, uma força capaz de erguer, cortar, esmagar ou simplesmente sustentar um objeto.

No texto “Alavanca de Arquimedes” é trabalhado justamente esse efeito multiplicador de forças, mas em uma visão absurda contextualizando uma expressão célebre nos materiais didáticos de Física atribuída a Arquimedes: “Dai-me um ponto de apoio e moverei o mundo”. Outros exemplos estão atrelados e os conhecimentos prévios do aluno são alcançados a partir de exemplos simples como abrir de uma porta ou brincar de gangorra com uma pessoa com um peso diferente do seu.

3.7. POTÊNCIA, TRABALHO, ENERGIA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Energia é uma grandeza física de difícil definição a ponto de alguns autores preferirem defini-la apenas matematicamente quantificando suas diversas manifestações. Se formos procurar no dicionário esse termo possui vários significados:

Força física ou moral; vigor, ânimo.

[Figurado] Firmeza no modo de agir; rigor, determinação: agir com energia.

[Física] Faculdade que possui um sistema de corpos para fornecer trabalho mecânico ou seu equivalente; força, potência.

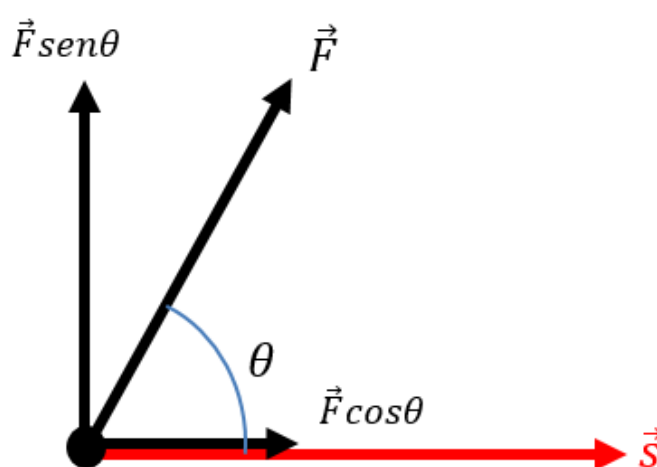
[Filosofia] Força física ou metafísica que, para filosofia aristotélica, é capaz de atualizar uma potencialidade (ENERGIA, 2020).

No geral o conceito de energia aparece nos livros didáticos como uma forma diferente e útil de resolver problemas de Mecânica. Um exemplo apresentado em Halliday (2003) é o movimento de um cadeirante subindo uma rampa. Nesse problema é possível analisar as forças usando as leis de Newton, mas estas não podem explicar o porquê da capacidade da pessoa de exercer uma força para se mover acaba se esgotando. Ou seja, não se pode considerar que o corpo da pessoa

contém uma quantidade de força que é liberada pelo esforço. Nesse caso precisamos de conceitos novos: trabalho e energia.

Trabalho em física significa uma forma de transferir energia através da aplicação de uma força. Matematicamente o trabalho W realizado por uma força constante \vec{F} que move um corpo através de um deslocamento \vec{s} pode ser obtido pelo produto da intensidade do deslocamento pela componente da força na direção do deslocamento.

Figura 6: Calculando o trabalho de uma força constante.



Fonte: Elaborado pelo autor

Em termos de simbologia:

$$W = (F \cos \theta) s .$$

Já a energia pode se apresentar de diversas formas: mecânica, térmica, elétrica, nuclear, dentre outras. No caso da energia mecânica, temos a energia cinética, potencial elástica e potencial gravitacional.

A energia cinética é a energia associada ao movimento de um corpo em relação a um referencial. Imagine a situação de um bloco inicialmente em repouso que que sofra a ação de uma força resultante \vec{F} . Uma maneira de analisar o problema é dizer que o bloco irá adquirir uma aceleração provocada pela ação de \vec{F} . Outra maneira é dizer que o bloco adquire energia cinética devido ao trabalho (w) realizado

pela força \vec{F} . A energia cinética (K) é uma grandeza escalar podendo assim ser definida

$$\begin{aligned}dK &= dW \\dK &= F dx \\dK &= m \frac{dv}{dt} dx \\dK &= m \frac{dv}{dt} v dt \\dK &= m v dv \\dK &= d\left(\frac{1}{2}mv^2\right) \\K &= \frac{mv^2}{2}.\end{aligned}$$

A energia potencial é a energia associada à configuração de um sistema. Por exemplo, a energia potencial elástica devido a deformação da mola em um sistema bloco-mola ou a energia potencial gravitacional de uma bola no sistema bola-planeta. De modo geral, a energia potencial associada a uma posição (x) em relação a um referencial particular (x_0) é dado por:

$$\begin{aligned}dU &= -dW \\dU &= -F dx \\U(x) - U(x_0) &= - \int_{x_0}^x F_x(x) dx .\end{aligned}$$

A partir dessa expressão a energia potencial elástica pode ser obtida por

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

A energia potencial gravitacional como

$$U(h) = mgh.$$

A soma das energias cinética e potencial de um sistema é chamada de energia mecânica:

$$E_{Mecânica} = K_{total} + U_{total}$$

Um fator importantíssimo na física é que em sistemas isolados em que atuam apenas forças conservativas, a energia mecânica permanece sempre constante. Esse fato é chamado de Lei de conservação da energia mecânica, contudo a lei de conservação não é restrita apenas a energia mecânica, na existência de forças não conservativas, a dissipação deve ser levada em conta para que a energia total seja conservada.

A rapidez com que se transfere, ou transforma energia é uma grandeza chamada potência, podendo ser definida como:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

No texto “Energia e os blocos” presente no produto educacional, temos um recorte do livro Física em seis lições de Richard Feynman (2008). Nele o autor apresenta a conceituação da energia por meio de uma metáfora, que implica, por sua vez, o uso de uma analogia para representar a conservação de energia. Nessa metáfora há uma quantidade que permanece constante, salvo se o sistema deixar de estar isolado. Há também uma dica de um simulador que demonstra em caráter conceitual as transformações de energia que ocorrem em diferentes sistemas.

Já no texto “Aquecer uma xícara de café com a voz”, também aparece o conceito de conservação de energia ao apresentar, de maneira absurda o aquecimento de um líquido com o poder da voz.

3.8. CAMPO GRAVITACIONAL

No livreto, o texto “O campo gravitacional dentro da Terra” trabalha o imaginário ao criar um super túnel que liga dois extremos do planeta passando pelo seu centro e analisar o comportamento da mudança do valor do campo gravitacional.

A grandeza física campo gravitacional é uma propriedade do espaço definido por um corpo ou sistema de corpos que possuem massa. Utilizando a Lei da Gravitação Universal e a segunda lei de Newton podemos encontrar uma equação simples para a aceleração gravitacional provocada pela Terra, em que d representa uma distância qualquer medida a partir do centro do nosso planeta.

$$g = \frac{G \cdot M}{d^2}.$$

Já no interior do planeta as coisas mudam um pouco, se considerarmos uma distância qualquer do centro do planeta, teremos um campo que se deve à massa interna (massa envolvida) do planeta de raio R .

$$g_{interna} = \frac{G \cdot M_{interna}}{d^2}.$$

Considerando a massa da Terra uniformemente distribuída, temos que a densidade será dada por

$$\rho = \frac{M_{total}}{\frac{4\pi R^3}{3}}$$

e a massa interna por

$$M_{interna} = \frac{M_{total} \cdot d^3}{R^3}.$$

Substituindo a equação da massa interna na equação do campo gravitacional interno

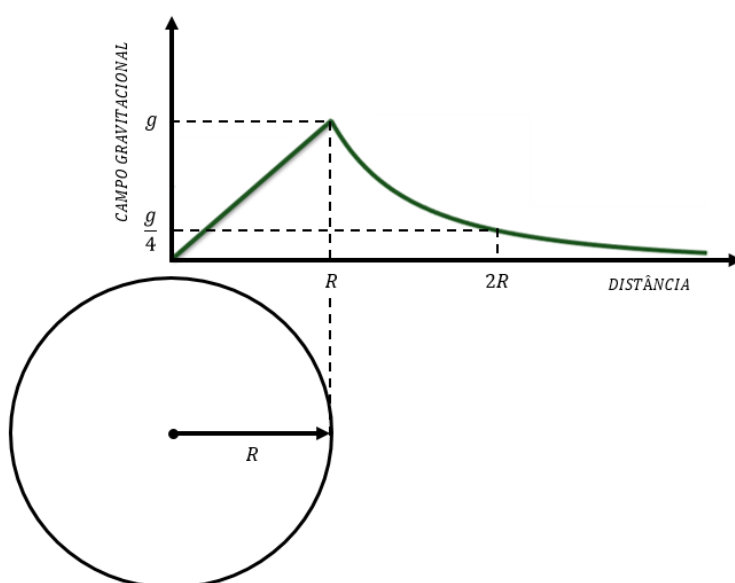
$$g_{interna} = \frac{\frac{M_{total}}{R^3} \cdot d^3}{d^2}.$$

e simplificando os termos

$$g_{interna} = \frac{G \cdot M_{total} \cdot d}{R^3}.$$

A figura 7 ilustra esse comportamento, fora do planeta o campo gravitacional cai com o inverso do quadrado distância e saindo do centro do planeta, dentro ele aumenta de forma linear, proporcional à distância analisada.

Figura 7: Comportamento do campo gravitacional de um corpo esférico de raio R.



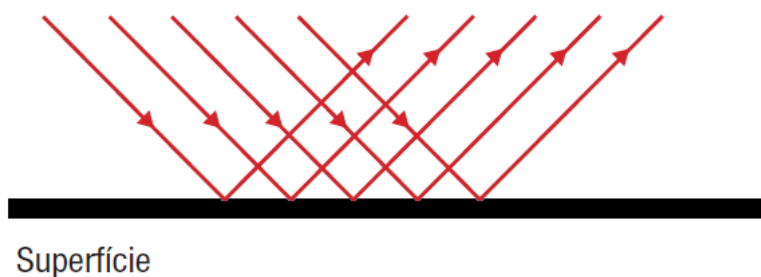
Fonte: Elaborado pelo autor

3.9. ESPELHOS

Quando a luz incide na superfície de um material, podem ocorrer três fenômenos, ou ela é reemitida sem que ocorra alteração na sua frequência, ou é absorvida por ele e o aquece ou ainda consegue se propagar no material. Dizemos que a luz é refletida quando ela retorna ao meio de onde veio.

O espelho é uma superfície em que ocorre a reflexão especular, também chamada de regular. Nesse caso um raio luminoso é refletido pelo espelho em uma direção bem definida em vez de espalhá-lo em todas as direções, conforme a figura 9 abaixo. Caso a luz se espalhe ao incidir no espelho, a reflexão é chamada de difusa.

Figura 8: Reflexão regular ou especular

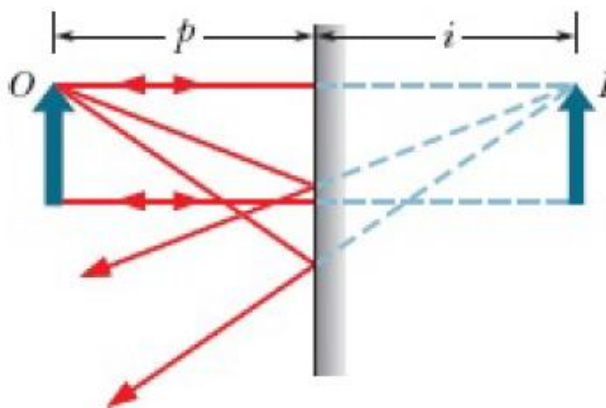


Fonte: Elaborado pelo autor

3.9.1 Espelho Plano

No caso do espelho plano, cuja superfície refletora é plana, a imagem formada possui as seguintes características: simétrica (mesmo tamanho e distância), direita (mesma orientação do objeto), enantiomorfa (figuras que não podem se sobrepor) e virtual. Para compreender o significado de virtual, considere a figura 9 abaixo:

Figura 9: Imagem formada por um espelho plano



Fonte: Halliday e Resnick , 2016 página 109.

Na figura vemos um objeto macroscópico **O** e sua imagem **I**. Para obter a imagem **I** poderíamos analisar o comportamento de todos os raios de luz que são refletidos ou emitidos pelo objeto **O** e incidem no espelho. Claro que essa tarefa não é necessária, podemos analisar apenas os extremos do objeto **O** e verificar que sua imagem é formada naquela posição. A imagem é dita como virtual quando é formada pelo cruzamento do prolongamento dos raios refletidos e isso é apresentado pelas linhas tracejadas da figura. Os raios de luz quando são refletidos pelos espelhos

divergem de um ponto e ao prolonga-los para dentro do espelho encontramos a possível “fonte” desses raios. Quando olhamos para um espelho plano nossos olhos recebem parte da luz refletida e temos a impressão que estamos olhando para o objeto virtual situado na interseção dos prolongamentos dos vários raios. Isso acontece porque nosso sistema olho-cérebro normalmente não consegue revelar a diferença entre um objeto e sua correspondente imagem refletida, criando uma ilusão da existência de um objeto atrás do espelho.

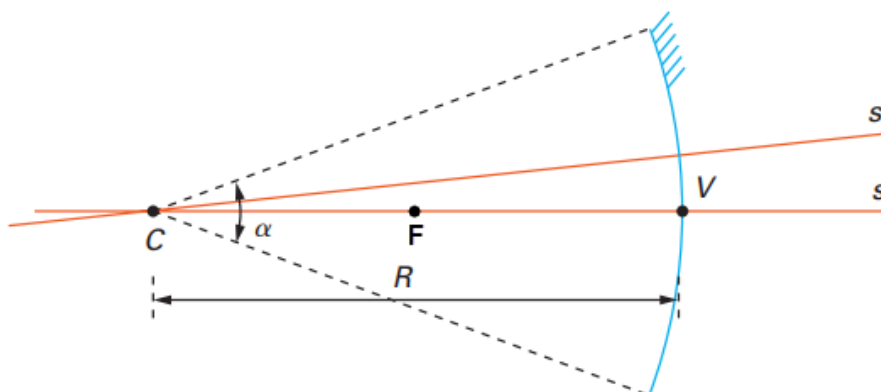
No produto educacional o texto “Um Bar e o espelho plano” aborda de forma criativa uma discussão de décadas sobre possíveis erros de perspectiva contidos na obra Um Bar no Folies-Bergère de Edouard Manet. Também traz o conceito de campo visual.

3.9.2 Espelho Esférico

Existem diversos formatos de espelhos curvos: como os esféricos, parabólicos, hiperbólicos, os quais, dependendo das características geométricas, podem produzir imagens mais ou menos distorcidas em relação aos objetos. O espelho curvo mais comum apresentado nos livros didáticos é o espelho esférico. Em síntese, um espelho esférico é qualquer superfície ou calota esférica espelhada. Se a parte espelhada for interna, o espelho é côncavo; se for externa, o espelho é convexo.

O estudo desses espelhos se baseia em alguns elementos importantes definidos a partir da geometria da calota esférica.

Figura 10: Elementos geométricos do espelho esférico



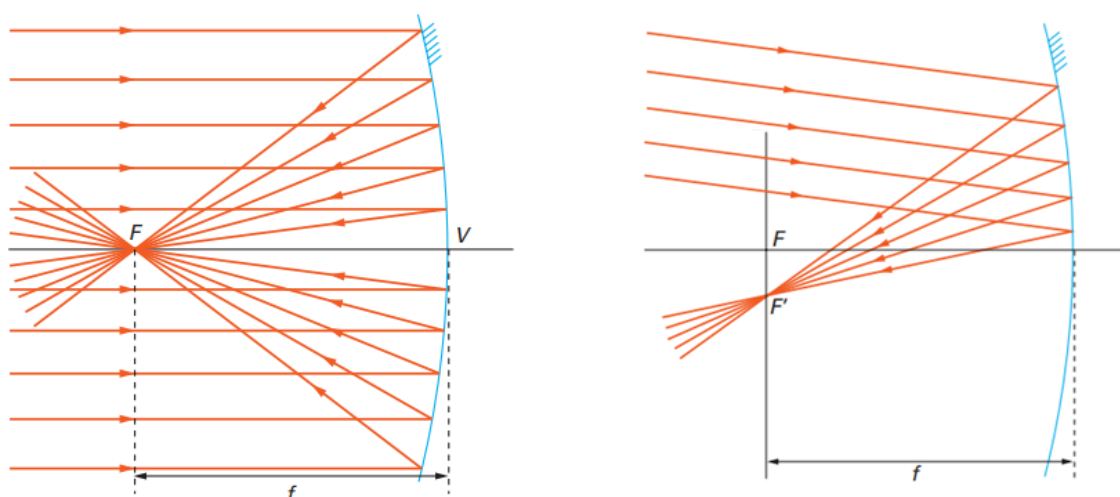
Fonte: Adaptado de Gaspar, 2013 página 91.

Na figura 10 temos:

- C (centro de curvatura) – centro da esfera da qual a calota do espelho foi produzida;
- R (raio de curvatura) – raio da esfera da qual foi recortada a calota esférica;
- V (vértice) – vértice da calota, ou posição central do espelho;
- s (eixo principal) – reta que contém C e V;
- s' (eixo secundário) – reta qualquer que contém C, mas não passa por V;
- α (abertura) – ângulo contido no plano que contém o eixo principal, formado pelas semirretas com origem em C e extremidades na borda da calota;
- F (foco) – ponto que encontra-se a metade da distância do seguimento \overline{CV} .

Quando raios paralelos são refletidos por um espelho côncavo os raios próximos do eixo central convergem para um ponto comum chamado foco principal ou simplesmente foco (**F**) localizado a uma distância (**f**) do espelho chamada de distância focal. Se o feixe não for paralelo ao eixo principal, esse ponto se localiza fora desse eixo e é chamado foco secundário F' .

Figura 11: Elementos geométricos do espelho esférico



Fonte: Adaptado de Gaspar, 2013 página 95.

Em “Edifício Côncavo”, texto presente no livreto, é apresentado um projeto falho de um edifício com um formato esférico, assim como a lenda de Arquimedes e os navios romanos. Há também o texto “Juiz em combustão” que faz um resumo do

conto de Arthur C. Clarke e um texto complementar que faz uma análise do formato dos refletores de antenas. Todos eles enfatizam os conceitos do ponto focal e distância focal.

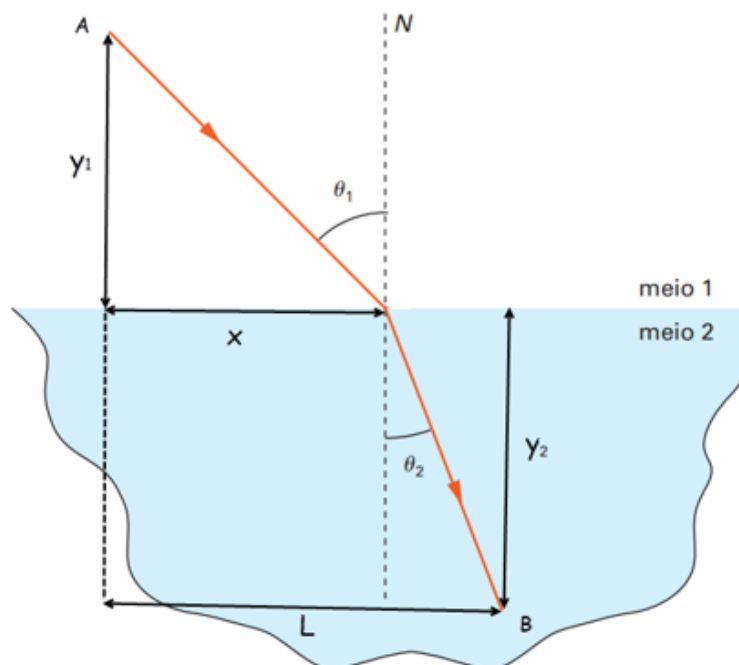
3.10. REFRAÇÃO DA LUZ

No texto “O Guarda-vidas” temos uma analogia da trajetória e velocidade de um Guarda-vidas prestando socorro a uma vítima de afogamento, com o comportamento da luz ao atravessar dois meios de características diferentes.

A primeira maneira de pensar que evidenciou a lei sobre o comportamento da luz foi descoberta por Fermat por volta de 1650, e é denominada o princípio do mínimo tempo, ou princípio de Fermat. Sua ideia é a seguinte: de todos os possíveis caminhos que a luz pode tomar para ir de um ponto a outro, a luz escolhe o caminho que requer o tempo mais curto (FEYNMAN, 2008).

Observe a figura 12:

Figura 12: Refração



Fonte: Elaborado pelo autor

Como os índices de refração dos meios 1 e 2 são diferentes, as velocidades são diferentes, mas constantes em cada meio, então

$$v_1 = \frac{\sqrt{y_1^2 + x^2}}{t_1(x)} \text{ e } v_2 = \frac{\sqrt{y_2^2 + (L-x)^2}}{t_2(x)}$$

O tempo para um feixe de luz do ponto A para o B é dado pela soma dos tempos no meio 1 (t_1) e no meio 2 (t_2).

$$f(x) = t_1(x) + t_2(x)$$

substituindo t_1 e t_2 na função acima temos que

$$f(x) = \frac{\sqrt{y_1^2 + x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{y_2^2 + (L-x)^2}}{v_2}.$$

De acordo com o princípio de Fermat, o tempo deve ter o menor valor possível, então para satisfazer essa condição a derivada de $f(x)$ deve ser zero.

$$\begin{aligned} \frac{df(x)}{dx} &= \frac{d}{dx} \left(\frac{\sqrt{y_1^2 + x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{y_2^2 + (L-x)^2}}{v_2} \right) = 0 \\ \frac{1}{v_1} \frac{x}{\sqrt{y_1^2 + x^2}} + \frac{1}{v_2} \frac{x-L}{\sqrt{y_2^2 + (L-x)^2}} &= 0 \\ \frac{1}{v_1} \text{sen}\theta_1 &= \frac{1}{v_2} \text{sen}\theta_2. \end{aligned}$$

Multiplicando os dois lados pela velocidade da luz no vácuo (c) e definindo o índice de refração de um meio como $n = \frac{c}{v}$, temos que

$$n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2.$$

Acima temos a expressão matemática da Lei de Snell-Descartes, em homenagem a René Descartes (1596 - 1650) e Willebrord Snell (1580 - 1626), que com trabalhos independentes chegaram a segunda lei da refração, que mostra o

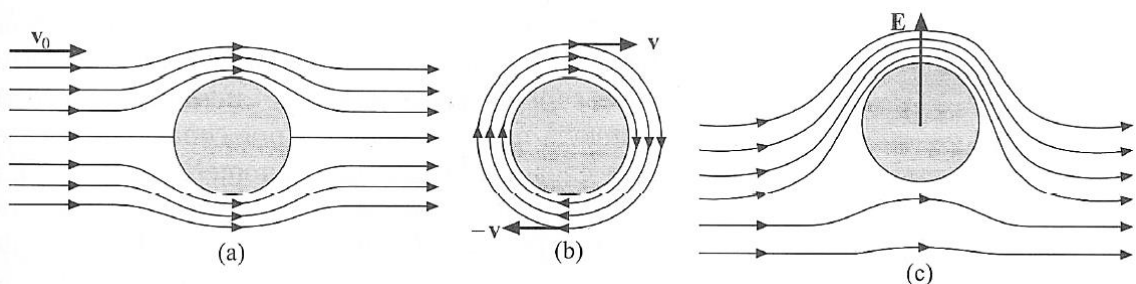
comportamento da luz ao incidir em uma superfície que delimita dois meios transparentes.

3.11. EFEITO MAGNUS

O efeito Magnus é um fenômeno hidrodinâmico descoberto pelo alemão Heinrich Gustav Magnus (1802 - 1880), no século XIX, em que a trajetória de um corpo quando é imerso em um fluido muda devido a rotação do corpo. Para entender esse efeito é necessário conhecer o comportamento dos fluidos em seu escoamento em torno de objetos.

Um exemplo que encaminha o raciocínio para a compreensão do efeito Magnus é ilustrado em Nussenzveig (2002): Um cilindro é introduzido num campo de escoamento inicialmente uniforme. Em torno do cilindro as linhas de corrente tem o aspecto como indicado na figura 13 (a). Em (b) temos o cilindro em rotação, gerando as linhas de corrente indicadas. Finalmente, a figura 13 (c) temos a representação de um escoamento em torno de um cilindro em rotação. Nota-se que as linhas de corrente estão mais próximas na parte superior do cilindro, isso acontece devido a superposição dos efeitos gerados em (a) e (b). Nessa região a velocidade do escoamento é maior, e de acordo com o teorema de Bernoulli a pressão será menor. Na parte inferior do cilindro a pressão será maior porque a velocidade é menor. Devido essa diferença de pressões existirá uma força resultante vertical E dirigida para cima responsável por desviar sua trajetória.

Figura 13: Efeito Magnus



Fonte: NUSSENZVEIG, 2002, página 29.

No livreto o “O gol impossível” o efeito Magnus é apresentado a partir do exemplo de um lance curioso em uma partida de futebol. Nesse tópico ainda é apresentado os rotores flettner que utilizam o mesmo princípio.

3.12. INTENSIDADE SONORA

No livreto o texto “O som mais alto da história”, trabalha a qualidade do som diretamente ligada a nossa percepção auditiva: a intensidade sonora. No texto é citado um fenômeno natural histórico com registro de agosto de 1883. O fenômeno trata de uma erupção vulcânica na Ilha de Krakatoa com poder de destruição fantástico com efeitos sentidos a milhares de quilômetros de distância.

A intensidade de uma onda sonora (I) em uma superfície é a taxa média por unidade de área com a qual a energia contida na onda atravessa a superfície ou é absorvida pela superfície

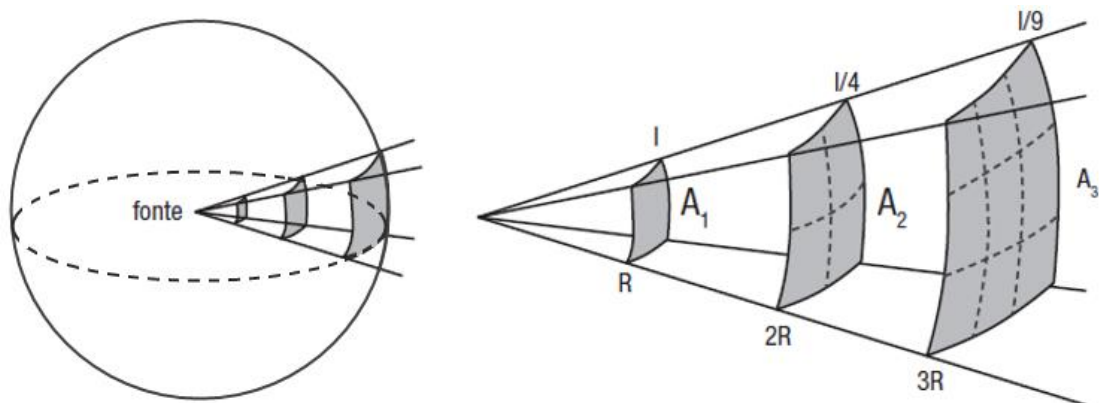
$$I = \frac{P}{A}.$$

Nesta equação, P representa a potência sonora da fonte, medida em Watt (W), e A indica a área em metro quadrado (m^2). Assim a intensidade sonora (I) é dada em watts por metro quadrado (W/m^2).

Supondo que a energia mecânica das ondas sonoras se conserva, quando as ondas se espalham a partir de uma fonte pontual, a taxa com a qual a energia das ondas sonoras atravessa a superfície é igual à taxa com a qual a energia é emitida pela fonte. De forma que, utilizando a equação da área de uma superfície esférica e aplicando a equação da intensidade sonora percebe-se, conforme equação abaixo e representação na figura 14 que a intensidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}.$$

Figura 14: Intensidade sonora em função da distância da fonte.



Fonte: Elaborada pelo autor

3.13. ESPALHAMENTO DE RAYLEIGH

No livroto, o texto “Por que o Sol e o céu mudam de cor?” explica o motivo das cores aparentes do céu e do Sol. O espalhamento Rayleigh explica o azul do céu e o avermelhado do pôr do Sol. Os raios de luz que observamos no céu são aqueles que sofreram um leve desvio em relação àqueles que vêm diretamente do sol, ou seja, grande parte da luz que percebemos com nossos olhos não vem diretamente de suas fontes, mas indiretamente através do processo de espalhamento (RODRIGUES, 2014).

Esta modelagem para o espalhamento vale para partículas menores que $0,05 \mu\text{m}$ como é o caso das moléculas dos gases de Nitrogênio e Oxigênio, partículas que compõe boa parte da atmosfera da Terra. Em um processo de espalhamento, a radiação é apenas desviada da orientação original, isto é, há produção de radiação difusa. O espalhamento Rayleigh apresenta forte dependência espectral, de forma que quanto menor o comprimento de onda da radiação eletromagnética incidente, maior é a quantidade de energia removida do feixe devido ao espalhamento molecular e quanto maior a profundidade da atmosfera maior será a atenuação sofrida pelo componente direto da radiação solar (RODRIGUES, 2014).

Segundo Fröhlich e Shaw (1980), a profundidade óptica (τ_R) - fator de atenuação da intensidade da radiação ao passar por uma camada de material opaco - associada ao espalhamento Rayleigh pode ser calculada para cada comprimento de onda como

$$\tau_R(\lambda) = 1,031 \times 0,00838 \lambda^{-\left(3,916 + 0,074\lambda + \frac{0,050}{\lambda}\right)}.$$

Na região espectral do visível, a luz azul ($\lambda \sim 0,425 \mu\text{m}$) tem comprimento de onda menor que a luz vermelha ($\lambda \sim 0,650 \mu\text{m}$). Consequentemente, a luz azul é da ordem de 5,5 vezes mais espalhada do que a luz vermelha. Por esse motivo, quando observado longe do disco solar, o céu apresenta cor azul.

Quanto mais próximo do horizonte estiver o Sol (nascer ou ocaso), a radiação solar atravessa uma camada mais espessa da atmosfera, havendo maior remoção de radiação do feixe solar direto, resultando na coloração avermelhada do Sol.

Embora a radiação violeta ($\lambda \sim 0,405 \mu\text{m}$) tenha comprimento de onda menor que a luz azul, o céu não é violeta porque há muito menos radiação solar disponível nessa faixa espectral. Além disso, o olho humano possui uma resposta muito menor à luz violeta. Ou seja as cores que observamos são o resultado da intensidade de cada linha no espectro solar que chega à Terra e da sensibilidade de nossos olhos para cada cor.

4. METODOLOGIA

4.2. MÉTODO DO ORGANIZADOR PRÉVIO

Conforme mencionado anteriormente os organizadores prévios são eficientes ao desenvolverem o papel de mediadores entre aquilo que o aluno já sabe e aquilo que precisa saber. De forma a funcionar eficazmente para uma grande variedade de alunos, uma vez que cada um possui uma estrutura cognitiva particular, é necessário apresentar os organizadores em um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem aprendidos (AUSUBEL, 2003).

Para a aplicação em sala de aula será utilizado um modelo desenvolvido a partir das ideias de Ausubel, no que diz respeito a estrutura cognitiva, recepção ativa de aprendizagem e o uso dos organizadores prévios, sugerido por Joyce e Weil (2003). Esse modelo é composto por três fases, conforme ilustrado no quadro 1:

Quadro 1: Método do organizador prévio de Joyce e Weil (2003).

Fase 1	Apresentação do organizador prévio
Fase 2	Apresentação do material de aprendizagem
Fase 3	Fortalecimento da estrutura cognitiva

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Joyce e Weil, 2003.

As atividades são projetadas para aumentar a clareza e a estabilidade do novo material a ser aprendido, mais ainda, elas permitem ao aluno relacionar o novo material com sua experiência pessoal, adotando uma atitude crítica em relação ao conhecimento.

Na primeira fase, o professor e os alunos devem explorar o organizador como uma tarefa de aprendizagem. Joyce e Weil (2003) mostram a necessidade de esclarecer os objetivos da aula aos alunos para orientá-los e estimulá-los a se conscientizarem sobre a importância do conteúdo proposto. Ao abordar o tema “Curiosidades da Física” há a tentativa de conscientização dos alunos e a chamada para uma maior atenção para o assunto.

Na segunda fase o material principal é apresentado ao aluno. É necessário que o mesmo seja organizado para que os alunos possam compreender a ordem lógica do material e que possam relacioná-los com sua estrutura cognitiva existente através do organizador prévio. A terceira fase testa a relação da aprendizagem do conteúdo com as ideias existentes, de modo a criar um processo de aprendizagem ativa. É nesse momento que o professor deve provocar no aluno um conflito cognitivo, procurando gerar uma insatisfação em suas concepções espontâneas. Uma maneira de facilitar a reconciliação do novo material com a estrutura cognitiva é solicitar aos alunos que descrevam como o material se relaciona com o organizador prévio. Esta análise foi feita a partir de uma pergunta específica do questionário (Apêndice B) aplicado aos alunos com a finalidade de verificar se o material apresentado realmente contribuía para a aprendizagem do aluno.

4.3. APLICAÇÃO EM SALA DE AULA

O produto educacional foi aplicado em um colégio estadual, na cidade de Patos de Minas – MG com os alunos do segundo ano do ensino médio. Com um total

de 42 alunos participantes das três etapas, foram trabalhados os textos que se encontram no quadro 2.

Quadro 2: Textos trabalhados “Curiosidades da Física”.

Organizador prévio	Conteúdo/Conceito principal
Um Bar e o espelho	Formação de imagens por espelhos planos e campo visual
Edifício côncavo	Espelhos esféricos
O Guarda-vidas	Refração da luz

Fonte: Elaborado pelo autor.

5. DISCUSSÃO

Um novo tipo de vírus da família Coronavírus, o Sars-CoV-2, foi identificado na cidade de Wuhan na China em dezembro de 2019 e se espalhou no mundo em proporção alarmante. A doença causada pelo vírus Sars-CoV-2 é denominada de COVID-19 e embora a maioria dos doentes tenham sintomas leves, em pessoas portadoras de doenças crônicas, idosas ou com imunidade comprometida, o vírus se torna extremamente agressivo, trazendo graves complicações de saúde e podendo ser fatal.

Diante desse quadro assistiu-se às diversas reações mundiais que visam à prevenção e erradicação da doença. Entre as diversas ações estão a etiqueta da tosse, as medidas de autoproteção, como o uso de máscaras de proteção facial e álcool 70%, o isolamento social e a busca pela descoberta da vacina e de remédios que possam combater o vírus. O colapso do sistema de saúde foi apontado como um dos principais motivos para a adoção das medidas de prevenção.

Em virtude do aumento exponencial do número de infectados em todo o mundo, a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou oficialmente no dia 12 de março de 2020 o estado de pandemia devido a COVID-19. O isolamento social foi considerado pela OMS uma ação necessária e importante até a descoberta de uma vacina ou remédio eficaz para o controle da doença.

Assim, em Minas Gerais, por meio do Decreto nº 113, de 12 de março de 2020, o governo declarou “Situação de Emergência em Saúde no Estado”, primeira

de uma série de medidas de enfrentamento e combate à doença. Em 15 de março, o Decreto Estadual nº 47 886 dispôs sobre medidas de prevenção ao contágio e de enfrentamento e contingenciamento no âmbito do Poder Executivo, determinou o início da quarentena no estado, o trabalho remoto dos servidores, além de isolamento daqueles em áreas com transmissão comunitária (naquele momento, Belo Horizonte e região metropolitana). Nesse decreto, criou-se ainda o Comitê Gestor do Plano de Prevenção e Contingenciamento em Saúde do COVID-19.

Na área educacional, o governo do estado de Minas Geras determinou a suspensão das aulas, inicialmente no período de 18 a 22 de março, prorrogando-a por tempo indeterminado, conforme orientação da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG), por meio da Deliberação nº 15 do Comitê, de 20 de março de 2020. Em 22 de março, nova Deliberação, agora de nº 19/2020, definiu a antecipação e o uso de quinze dias do recesso do Calendário Escolar 2020, a contar de 23 de março de 2020, entretanto, ficando sem prazo para retorno. Para maiores cuidados, houve ainda a Nota de Esclarecimento e Orientações 01/2020 do Conselho Estadual de Educação, publicada no site oficial do governo do Estado de Minas Gerais, que emitia diretrizes a serem seguidas por todas as instituições públicas e privadas de ensino, destacando-se: revisão dos planejamentos e calendários escolares, possibilidade de atividades remotas conforme as particularidades, observação das normativas acerca do cumprimento de dias letivos e atividades escolares; exploração das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para promover melhor aprendizagem dos alunos, com a oferta de alternativas múltiplas para recuperação, reforço e avanços dos discentes e medidas de ordem operacional.

Diante do cenário incerto, sem previsão de volta as aulas presenciais e necessidade de continuidade da educação no estado, o governo de Minas Gerais criou o Plano de Estudo Tutorado (PET). O PET é uma das ferramentas do Regime de Estudo não Presencial, desenvolvido pela Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais e foi ofertado aos alunos da rede pública como alternativa para a continuidade no processo de ensino e aprendizagem neste período em que as aulas estiverem suspensas por tempo indeterminado como medida de prevenção da disseminação da COVID-19 em Minas Gerais. Além do PET, os alunos teriam acesso a teleaulas com o programa intitulado “Se liga na educação” com grade disponível em canal aberto e plataforma Youtube.

O PET é uma apostila com todas as disciplinas da série do aluno, ele é separado em quatro semanas com resumo das matérias, propostas de pesquisas e exercícios. A ideia por trás dessa ferramenta era que o aluno fizesse as atividades e enviasse para o professor através de e-mails, grupos ou outra alternativa que a direção do colégio achasse conveniente. Alunos sem conectividade receberiam o PET impresso e devolveriam para o colégio inicialmente ao fim das quatro semanas.

A utilização do PET por parte dos professores foi obrigatória. Além da apostila criada pela Secretaria de Educação de Minas Gerais, uma Comissão de Tecnologia foi criada pela direção do colégio que leciono, com o objetivo de aumentar e facilitar a interação entre os professores e alunos. Assim um blog foi desenvolvido pela comissão e foi amplamente divulgado para a comunidade escolar. Inicialmente no blog o professor podia disponibilizar orientações, vídeo aulas e exercícios complementares. As aulas online não eram obrigatórias, contudo considerei uma ferramenta interessante para manter um contato mais efetivo com os alunos nesse período.

O primeiro volume do PET foi muito criticado devido a erros ortográficos, a erros em conceitos físicos e químicos e também foi alvo de desconfiança de plágio. Após as críticas a Superintendência Regional de Ensino da Cidade de Patos de Minas solicitou junto aos colégios que os professores fizessem uma complementação ao PET. Textos, exercícios, mapas mentais, ou seja, todo um material adicional que facilitasse a vida do aluno nesse período remoto, tendo como referência o material fornecido pelo estado, poderia ser acrescentado.

Então foi nesse cenário que o produto educacional foi aplicado. A partir do momento que tivemos liberdade em fornecer materiais para nossos alunos, parte do livroto “Curiosidades da Física” pôde ser trabalhado. A série escolhida para a aplicação e desenvolvimento do produto educacional foi o segundo ano do Ensino Médio, por estar em concordância naquele momento com alguns dos textos presentes no produto educacional e o material apresentado no PET.

Como dito anteriormente, os conteúdos de cada volume dos PETs eram dividido em quatro semanas. O PET 2, utilizado como referência para aplicação do produto educacional e análise, foi trabalhado no período de 01/07/2020 a 05/08/2020, sendo a quinta semana reservada para dúvidas e preparo para o PET seguinte. A organização da aplicação do produto educacional no colégio está ilustrada no quadro 3 abaixo:

Quadro 3: Textos trabalhados do livreto “Curiosidades da Física”.

Semana	Período	Texto utilizado (Organizador Prévio)	Conteúdo do PET
1	01/07 – 07/07	Um Bar e o espelho	Formação de imagens por espelhos planos e campo visual
2	08/07 – 14/07	Edifício côncavo	Espelhos esféricos
3	15/07 – 21/07	O Guarda-vidas	Refração da luz
4	22/07 – 28/07	-	Introdução a ondulatória
5	29/07 – 05/08	-	Revisão do conteúdo e aplicação do questionário

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar o quadro acima é nítido que o tempo destinado a cada conteúdo é insuficiente, motivo pelo qual os assuntos foram trabalhados apenas de forma superficial, não existindo então um aprofundamento. No início de cada período o aluno tinha acesso ao material complementar disponibilizado no blog. E apesar de não ser obrigatório, utilizei aulas virtuais como recurso para acompanhar o desenvolvimento e a realização das atividades. Dessa forma, para cada semana tive um momento ao vivo online com os alunos, o que me possibilitou discutir os textos introdutórios, explicar os conteúdos presentes no PET e resolver exercícios.

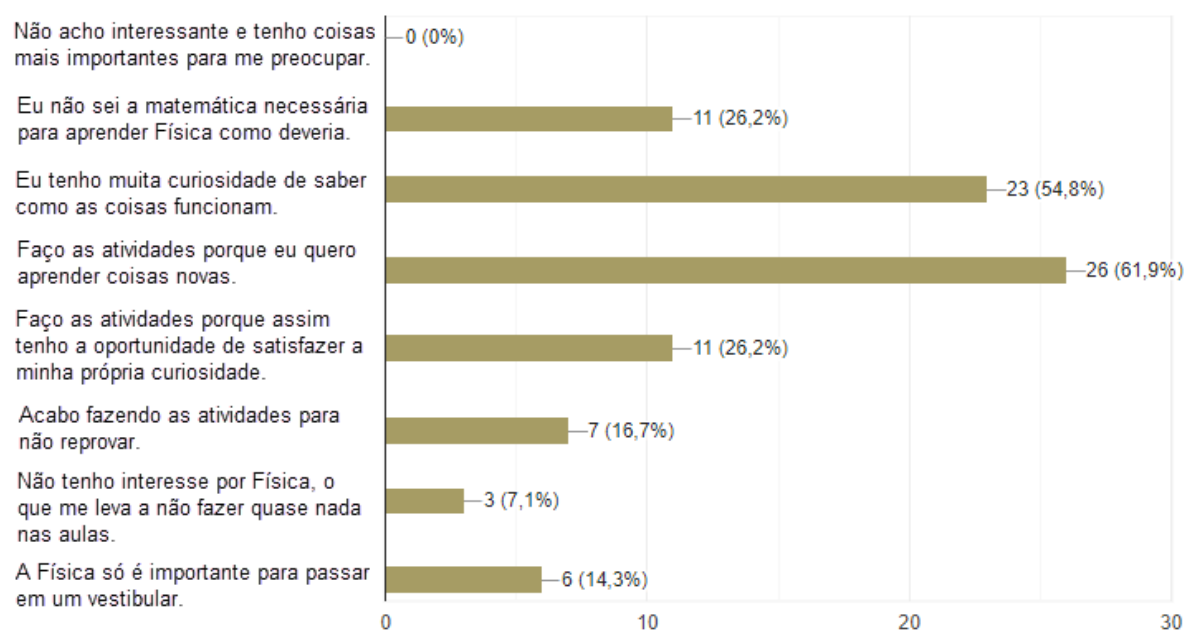
Apenas 42 de um total de 78 alunos matriculados nas turmas participaram de todas as três etapas do método organizador prévio. O número representa quase 54% dos alunos e inicialmente parece pequeno, contudo, se levarmos em consideração apenas os estudantes que enviaram as atividades do PET 2 no período correto (51 alunos) esse número passa a representar aproximadamente 82% dos alunos.

As fases 1 e 2 do método organizador prévio, de certa forma, acontecia concomitantemente para os estudantes, pois eram trabalhados os textos do produto educacional e logo em seguida eram explicados os conteúdos do PET. Ainda que os textos tiveram sido disponibilizados anteriormente através do blog do colégio, alguns alunos não fizeram a leitura, então durante esse momento online ao vivo com os estudantes, foi necessário disponibilizar alguns minutos para que os alunos fizessem

a leitura e logo em seguida foi feito comentários sobre os textos. Na quinta semana foi aplicado o questionário que representa a fase 3 do método organizador prévio. Ele foi aplicado de forma online através do Google Formulário e nele pude verificar se os textos trabalhados foram ou não proveitosos e analisar as considerações feitas pelos alunos. Em todos os questionamentos eles podiam assinalar mais de uma alternativa.

Na primeira pergunta houve uma tentativa de entender o perfil dos alunos em relação ao interesse com a disciplina de Física. Para grata satisfação a maioria, 61,9% disseram realizar as atividades para aprender algo novo e 54,8% dos alunos têm curiosidade de entender como os diversos fenômenos que se apresentam nas suas vidas funcionam. Em contrapartida, 7,1% representam alunos que não têm interesse pela Física e 14,3% são alunos que acreditam que a Física é apenas importante para os vestibulares. Um total de 26,2% dos alunos afirmaram não ter embasamento matemático suficiente para compreender os conteúdos de Física e foi interessante notar que 72% desses mesmos alunos também afirmaram terem curiosidade em aprender os fenômenos físicos. Isso mostra que muitos dos alunos têm interesse, mas acabam desanimando por conta da defasagem no aprendizado na matemática. A figura 15 resume os percentuais das respostas para o primeiro questionamento.

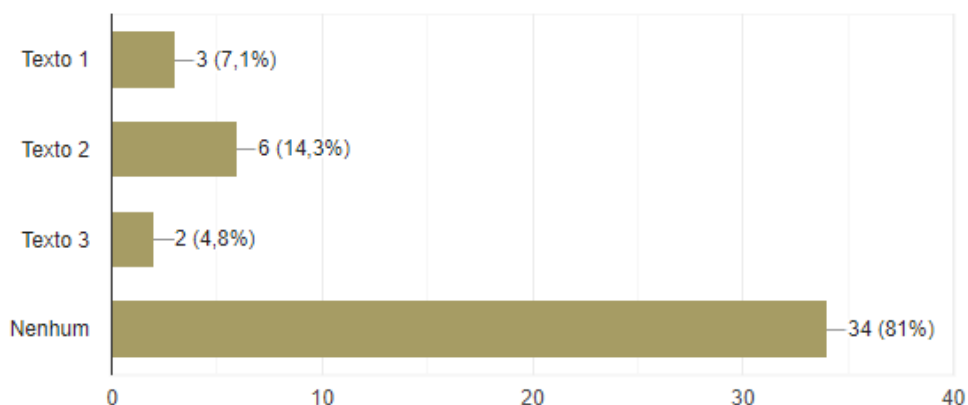
Figura 15: Respostas da pergunta 01 - Marque abaixo o que você acha sobre a disciplina de Física.



Fonte: Formulário do Google Forms elaborado e aplicado pelo autor

A segunda pergunta indagava sobre a dificuldade de interpretação e sobre o vocabulário dos textos. Para boa parte dos alunos (81%), as leituras dos três textos foram realizadas com uma fácil compreensão. Entretanto, alguns encontraram dificuldades, principalmente no texto 2 (14,3%), o que me levou a uma reanálise do capítulo do produto educacional, modificando algumas partes. Em todo o trabalho houve uma grande preocupação em elaborar textos bem articulados, com ideias objetivas e coesas, para fazer com que o leitor tenha clareza para interpretar, de modo a facilitar seu estudo e aprendizagem.

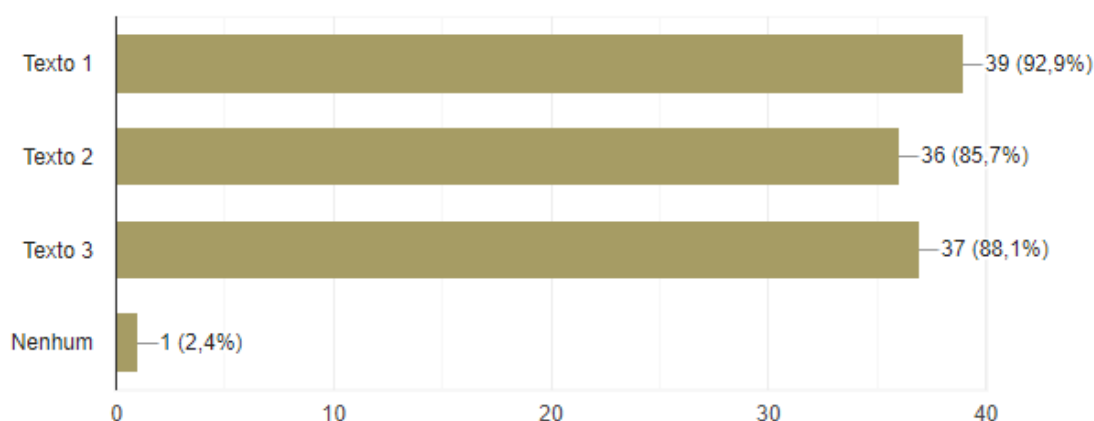
Figura 16: Respostas da pergunta 02 – Em qual (is) texto (s) o vocabulário foi de difícil compreensão?



Fonte: Formulário do Google Forms elaborado e aplicado pelo autor.

No que tange a terceira pergunta, foi solicitado aos alunos que avaliassem a compreensão da relação entre os textos apresentados e os conteúdos dos PETs. Esse quesito era de suma importância, pois norteava o produto educacional e os resultados foram satisfatórios: 92,8% para o Texto 1, 85,7% para o Texto 2 e 88,1% para o Texto 3. Assim, acredito que os textos trouxeram respaldo para que os alunos tivessem melhores chances de aprendizagem em relação à inserção de um conteúdo novo.

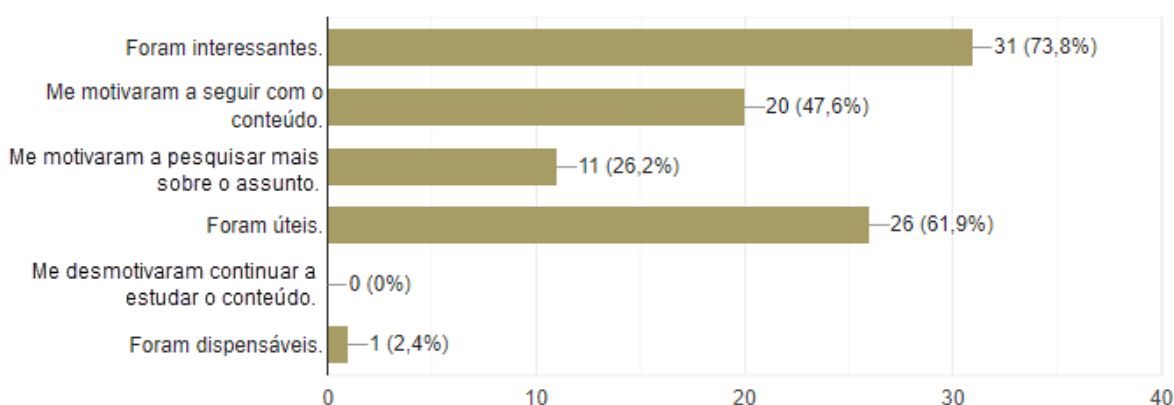
Figura 17: Respostas da pergunta 03 - Qual (is) texto (s) você compreendeu a relação com o conteúdo apresentado posteriormente?



Fonte: Formulário do Google Forms elaborado e aplicado pelo autor

A utilidade dos textos na concepção dos alunos foi analisada na quarta pergunta do questionário.

Figura 18: Respostas da pergunta 04 - Você poderia afirmar que os textos apresentados:



Fonte: Formulário do Google Forms elaborado e aplicado pelo autor

Para a maioria, os textos foram interessantes (73,8%) e úteis (61,9%) e também tiveram o papel de motivadores (47,6%). Alguns foram estimulados a pesquisar mais sobre os assuntos (26,2%), ou seja, a partir dos textos apresentados, parte dos alunos almejavam compreender mais sobre determinados fenômenos, tornando o seu estudo mais atrativo e possibilitando um posicionamento que permitisse a formação de opiniões. Isso corrobora com o comportamento de alguns alunos que me chamaram atenção durante as aulas virtuais. O trecho abaixo

apresenta uma parte da aula sobre o espelhos esféricos, quando eu incentivava a participação dos alunos sobre as suas considerações sobre o Texto 2:

Aula do dia 09/07/2020

Conteúdo: Espelhos esféricos

ALUNO 01: *“Professor, tive que ver o vídeo do prédio para acreditar que era verdade!”*

PROFESSOR: *“E após a leitura do texto e visualização do vídeo o que você conclui?”*

ALUNO 01: *“Acho que é importante aprender as coisas da Física”.*

ALUNO 02: *“Mas o engenheiro com certeza sabia de Física, senão não era engenheiro”.*

ALUNO 01: *“Sim, mas ele errou!”*

PROFESSOR: *“Concordo, com certeza o engenheiro entendia de Física, mas teve um equívoco ao não analisar o comportamento da luz refletida em determinada época do ano. Faltou mais estudos sobre o ambiente que o edifício estava sendo construído”.*

ALUNO 03: *“Professor, vi no Youtube, nos caçadores de mito, que não seria possível incendiar os navios como Arquimedes fez e que tudo isso não se passa de um mito.”*

PROFESSOR: *“Na verdade há defensores dos dois lados, alguns acreditam que é apenas um mito e outros afirmam que tecnicamente poderia ser feito”.*

ALUNO 03: *“Verdade, também vi no Youtube que um professor lá dos Estados Unidos conseguiu realizar a experiência”.*

Ressalto a grande dificuldade de interação do professor e aluno nas aulas em ambientes virtuais. Isso compromete discussões que poderiam colaborar com o aprendizado dos alunos. Assim, acredito que em uma aula presencial os alunos teriam

uma participação mais efetiva, capaz de proporcionar debates interessantes que o professor poderia utilizar como abordagem e inserção na apresentação dos conteúdos.

No que tange a parte emocional, que caracteriza o estímulo da curiosidade para a aprendizagem, dois relatos positivos merecem destaque. O primeiro ocorreu na aula virtual sobre espelhos planos, já o segundo quando o conteúdo abordado era a refração da luz.

Aula do dia 02/07/2020

Conteúdo: Espelhos planos

ALUNO 01: *“Professor Basilio, nunca imaginei que alguns artistas se preocupavam com tantos detalhes assim na pintura”.*

ALUNO 02: *“Faz lembrar a caixa. Aquela imagem de um pintor dentro da caixa”* (Imagem de um artista dentro de uma câmara escura do PET no volume 1 ao trabalhar os conceitos iniciais de óptica).

PROFESSOR: *“Realmente, determinados artistas tinham uma preocupação em mostrar nas suas telas a realidade e alguns deles utilizavam os artifício da câmara escura”.*

ALUNO 03: *“O que o artista fez foi apenas confundir, o negócio do campo visual é interessante mas não perderia meu tempo para descobrir se estava certo ou não em um quadro.”*

ALUNO 01: *“Mas foi legal, as garrafas foram colocadas lá para enganar quem vê o quadro por causa da imagem no espelho.”*

PROFESSOR: *“De fato, tudo foi cuidadosamente organizado para confundir o observador. Se de imediato você percebe algum erro no quadro acredito que você entendeu o tipo de imagem conjugada pelo espelho plano”.*

Aula do dia 16/07/2020
Conteúdo: Refração da luz

PROFESSOR: *“Entenderam o conceito de refração e conseguiram relacionar a trajetória do Guarda-Vidas à trajetória da luz?”*

ALUNO 01: *“Refração é muito difícil de entender!”*

ALUNO 02: *“É simples, é mudar a velocidade da luz.”*

ALUNO 01: *“Entendi o negócio do guarda-vidas, faz sentido mesmo ele fazer isso. Quando a velocidade diminui, aproxima da normal, é como se a luz quisesse ficar o menor tempo possível no outro meio.”*

ALUNO 03: *“Se for pensar qual o caminho, a pessoa morre afogada!”*

ALUNO 02: *“É o instinto!”*

PROFESSOR: *“Isso mesmo, o fenômeno de refração é a mudança de velocidade ocasionada por alterações nas características no meio que ela se propaga. Lembrem que o grau de desvio da trajetória, quando a luz não incide perpendicularmente à separação das superfícies, obedece a lei de Snell-Descartes.”*

Ainda no questionário, foi solicitado que apresentassem os pontos positivos e negativos de iniciar os conteúdos de Física dessa forma, ou seja, apresentando inicialmente alguma curiosidade. Vários aspectos positivos foram mencionados: como a sensação de clareza nos conteúdos que serão tratados, a forma diferente, interessante e divertida de abordagem; a chamativa da atenção que os textos proporciona; a facilitação da organização das ideias; a motivação para a continuidade do conteúdo; a facilitação do conteúdo apresentados; o auxílio no quesito de uma linguagem mais acessível; a verificação da física no dia a dia mesmo que em situações cômicas ou absurdas; informações que conduzem a pesquisas e o aspecto motivacional.

Alguns alunos afirmaram ser uma maneira diferente das formas tradicionais de iniciar um conteúdo de Física, que normalmente é apresentando enunciados de leis e expressões matemáticas. Contudo alguns questionaram a ausência de equações e cálculos:

“Senti falta das equações que são importantes para o vestibular, mas faz sentido não ter por ser introdução.”

“De certa forma ajuda sim a resolver as questões, só que sinto falta da matemática para explicar os números.”

Em relação aos aspectos negativos alguns expressaram como agentes dificultadores o desgaste com a leitura, a falta de tempo e a preferência por vídeos.

“São maneiras mais fáceis de chamar a nossa atenção, mas confesso que as vezes fica um pouco cansativo. Eu gosto de ler, mas como estamos tendo muitas atividades de diferentes disciplinas, fica menos interessante que eu gostaria que fosse.”

“Foram legais, apesar de não gostar da disciplina sei como ela é importante. Só gostaria que tivéssemos mais tempo para aprender”

“Poucas pessoas leem, a maioria já procura é vídeo-aulas no Youtube sobre o conteúdo.”

Em virtude dos pontos positivos e negativos, pude notar que apesar de grande parte dos estudantes apreciarem a leitura, alguns possuem alguma resistência, preferindo outros meios de ensino que para eles, seriam mais atrativos. Mas já pensando nesse aspecto, o produto educacional foi elaborado de forma a permitir o aluno a exploração dos conceitos trabalhados através de formatos variados: textos, imagens, indicação de simuladores e vídeos que facilitariam a compreensão. Entretanto saliento que leitura é fundamental para o aprendizado, dela ampliamos nossa capacidade de aprender e através da leitura cresce nossa gama de argumentos que permitem nos comunicarmos. De fato, a leitura correta, que permite a interpretação, exige um pouco mais de esforço. Contudo os textos do

livreto apresentam como característica uma linguagem acessível e assuntos curtos capazes de prenderem a atenção dos alunos.

Sobre a ausência de expressões matemáticas houve uma reformulação do livreto. Nos textos que permitiram, foram incluídos equações e em textos complementares, demonstrações matemáticas que justificavam os valores que apareceram no texto. Vale ressaltar que o livreto funciona como um organizador prévio, sendo um complemento para o conteúdo principal do material utilizado pelo professor. Na aplicação do produto educacional, o conteúdo principal era parte do material apresentado pelo PET, mas no caso da sua utilização de outros professores, será o livro didático ou apostila adotada pela escola.

Outro texto do produto educacional aplicado foi “A dilatação da Torre Eiffel” quando o conteúdo de dilatação térmica dos sólidos foi trabalhado no PET volume 6 no período de 03/11/2020 à 27/11/2020. Contudo, nessa época, poucos alunos estavam participando das aulas online e entregando as atividades propostas. Assim o número de respostas no formulário foi insuficiente para a aferição e os dados não foram inseridos na dissertação. Porém, a discussão na aula online feita no dia 19/11/2020 gerou comentários interessantes por parte dos alunos.

Aula do dia 19/11/2020

Conteúdo: Dilatação térmica dos sólidos

ALUNO 01: *“Então eu posso dobrar o tamanho de um objeto esquentando ele?”*

PROFESSOR: *“Não. Lembre-se que os objetos também sofrem mudanças em seu estado físico devido às variações de temperaturas. Então ele não poderá mudar tanto assim de tamanho, antes disso irá mudar de fase. E as equações desse capítulo, como o da dilatação linear, apresentada no texto, somente podem ser utilizadas quando a variação nas dimensões no corpo são bem menores que as dimensões iniciais.”*

ALUNO 01: *“Tipo a torre!”*

ALUNO 02: *“Comentei o texto com meu pai e ele disse que um dia viu uma reportagem no jornal que falava sobre a dilatação do asfalto de uma rua que chegou a criar até ondulações”*

PROFESSOR: *“Possivelmente a qualidade era muito ruim ou não respeitaram as juntas de dilatação, caso fosse necessário.”*

ALUNO 02: *“Já vi as juntas em pontes.”*

PROFESSOR: *“Os rejuntas dos pisos das nossas casas também são juntas de dilatação.”*

ALUNO 03: *“O texto me fez lembrar de um livro que li quando eu era criança que falava dos barulhos da noite. Dizia que os estalos que ouvimos a noite era por causa da dilatação de pisos, por estar mais frio.”*

PROFESSOR: *“Realmente, durante a noite, quando o silêncio normalmente predomina é possível ouvir estalos que vem da contração dos pisos, janelas e portas devido a diminuição da temperatura.”*

O texto se mostrou proveitoso, observe que o aluno 03 conseguiu relacionar o conteúdo do texto com uma memória antiga. Esse é efeito é desejado para um organizador prévio. Pedi mais informações e tentei encontrar a reportagem relatada pelo aluno 02. E apesar de não obter êxito, achei interessante a atitude de comentar com um familiar sobre o assunto tratado no texto.

No dia da aula sobre dilatação térmica, apenas sete alunos – menor número que presenciei em minhas aulas - se faziam presentes na sala virtual e infelizmente, houve uma diminuição, ao longo dos meses, da participação dos alunos no ensino remoto. Ressalto que a diminuição de entrega de atividades e participação dos alunos era sentido por todos os professores das diversas disciplinas que eles tinham, não restringindo apenas a disciplina de Física. Professores de outras disciplinas que também ministravam aulas online relataram dias em que nenhum aluno esteve presente na sala virtual.

O fato é que o ensino remoto foi uma novidade para toda a comunidade escolar. E apesar de todos os esforços empreendidos pelos profissionais da secretaria de educação e profissionais da escola com a busca intensa dos alunos que deixaram em algum momento de participar, o número de alunos ativos foi se reduzindo do

decorrer do tempo de regime não presencial. Tudo isso gerou dificuldades em aplicar outros textos do produto educacional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que o Produto Educacional teve considerável aceitação por parte dos alunos, levando-os a desejarem aprender mais sobre a disciplina de Física e mostrando que as aulas não precisam ser tratadas como um intervalo de tempo utilizado para repetição de exercícios simplesmente matemáticos. Com uma linguagem de fácil entendimento, atrativa e que estimule a curiosidade do leitor, o livreto leva em consideração a ausência de conhecimento prévio por parte do aluno e traz como artifício textos que funcionam como organizadores prévios que preenchem essa ausência e possibilita o entendimento de um novo conceito de forma significativa.

O produto na sua forma digital - o formato EPUB - acrescenta um maior número de possibilidades e estratégias metodológicas para aplicar em sala de aula ao permitir que o aluno acesse o material em seu dispositivo móvel. Nele, o aluno pode configurar a leitura para seu conforto e interagir com vídeos, simulações e textos selecionados no material.

Acredito que o livreto “Curiosidades da Física” traz um momento de bom humor para as aulas ao tratar assuntos de forma divertida com situações cômicas, como o exemplo do jogo de futebol, a queda do prédio. E algumas vezes absurdas, como um mol de reais e esquentar “chafé”. Traz também respostas para questionamentos comuns presentes nas salas de aula, como o porquê das cores do céu, das medidas indiretas que nos permitem identificar a composição do Sol, dentre outros.

Aliado ao planejamento e à criatividade do professor, espero que o trabalho seja de grande auxílio, que desperte nos estudantes uma visão encantadora e real dos conteúdos da área da Física, que traga um elo cativante entre a curiosidade latente e seus desejos de aprenderem. Por fim, que ele seja um agente do processo ensino-aprendizagem, gerando o que se espera, a facilitação do acesso ao saber e do conhecimento a ser desenvolvido, criando assim, cidadãos racionais com interesse além da memorização, mas da própria ciência.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Márcia Andreia Ramos. **Criação de um espaço não formal como organizador prévio para o ensino de astronomia**. Manaus: 2016. Dissertação de Mestrado, Instituto Federal do Amazonas.

ASSIS, André. **Mecânica relacional**. Campinas: CLE, 1998.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2003

AUSUBEL, David Paul, NOVAK, Joseph Donald, HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

Bureau international des poids et mesures, **The International System of Units (SI)**, , 2019. Páginas 130 - 135. Disponível em: <https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf>. Acesso em: 8 de abr. de 2020.

COLL, César. **Psicologia da aprendizagem no Ensino Médio**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

DAMACENO, Luiz Paulo et al. A nova definição do quilograma em termos da constante de Planck. **Revista Brasileira Ensino Física.**, v. 41, n. 3, e20180248, São Paulo: 2019. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172019000300406&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 fev. 2020.

ENERGIA. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/energia/>>. Acesso em: 21/10/2020.

FERRO, Maria da Glória Duarte. PAIXÃO, Maria do Socorro Santos Leal. **Psicologia da aprendizagem: fundamentos teórico-metodológicos dos processos de construção do conhecimento**. Teresina: EDUFPI, 2017.

FRÖHLICH, Claus. SHAW, Gleen. New determination of Rayleigh-Scattering in the terrestrial atmosphere. **Applied Optics**. v. 19, n. 11. Junho de 1980 . Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/41895828_New_determination_of_Rayleigh_scattering_in_the_terrestrial_atmosphere> Acesso em 15 set. 2020

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física 2**. Ondas , Óptica e Termodinâmica. São Paulo: Ética, 2013.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, KRANE Keneth. **Fundamentos de física 1**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearnl. **Fundamentos de física, volume 2** : gravitação, ondas e termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearnl. **Fundamentos de física, volume 4** : óptica e física moderna. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWIT, Paul, G. **Física Conceitual**. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

INMETRO. PORTARIA Nº 590, DE 02 DE DEZEMBRO DE 2013. **Sistema Internacional de Unidades**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002050.pdf>>. Acesso em 07 de outubro de 2019.

JOYCE, Bruce, WEIL, Marsha. **Models os Theaching**. 5. ed. Prentice Hall: 2003

MOREIRA, Marco Antônio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagens**. São Paulo: EPU, 1999

MOREIRA, Marco Antônio. SOUSA, Cecília M. S. G. SILVEIRA, Fernando L. Organizadores Prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. **Caderno de pesquisas**. São Paulo, fevereiro de 1982. Disponível em <<http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/cp/article/view/1524/1523>>. Acesso em 08 de julho de 2019.

NUSSENZVEIG, H. Moyses. Curso de Física Básica. Vol. 2. Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

PAULO, Iramaia Jorge Cabral de. **A teoria da aprendizagem significativa e seus desdobramentos na dinâmica de ensinar e aprender** . Cuiabá: UAB/UFMT, 2011.

PEREIRA, Moisés Lobo D'Almada Alves; OLENKA, Laudileni; OLIVEIRA, Paloma Emanuelle Duarte Fernandes. Física em ação através de tirinhas e histórias em quadrinhos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 33, n.3, p. 896 - 926, dez. 2016. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p896/32995>>. Acesso em 27 ago. 2019.

PIETROCOLA, Maurício. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n. 1, p. 93-114. Florianópolis: 2002. Disponível em <<http://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9297/8588>>. Acesso em 15 jul. 2019.

RIBEIRO, Rafael João. SILVA, Sani de Carvalho Rutz. KOSCIANSKI, André Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Revista Ensaio** v.14, n. 03, p. 167-183. Belo Horizonte: 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n3/1983-2117-epec-14-03-00167.pdf>>. Acesso em 12 jun. 2019.

RODRIGUES, Patricia Ferrini. **Avaliação da higroscopicidade de aerossóis urbanos pela técnica LIDAR Raman**. 2014. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-02022015-134326/pt-br.php>>. Acesso em 15 set. 2020

SILVA, Beatriz Mendez, Buss, Cristiano da Silva. Organizadores Prévios para o Ensino de Física: uma aplicação para o estudo de Ondas Mecânicas. **Revista Educar Mais**, v. 3, n. 1, p. 3-14. 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.15536/reducarmais.3.2019.3-14.1375>>. Acesso em 2 nov. 2019.

UCHOA, Antônio Ribeiro. **Organizador prévio virtual para o ensino de física**. Ceará: UECE, 2003. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Ceará. 2003.

WILLINGHAM, Daniel T. **Por que os alunos não gostam da escola?**: respostas da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e efetiva. Porto Alegre: Artmed, 2011.

APÊNDICE A

Produto Educacional



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG) /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT) em implantação
UNIDADE ACADÊMICA (UA): INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

LIVRETO: Curiosidades da Física

Ricardo Ferreira Basilio

Produto educacional associado à dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Unidade Acadêmica (UA) Instituto de Física, da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Educação básica. Linha de pesquisa: Ensino de Física

Orientador: Paulo Eduardo G. de Assis

Catalão, 2021



CURIOSIDADES DA FÍSICA

APRESENTAÇÃO

Olá, colegas professores!

Este documento trata de um produto educacional desenvolvido no programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, vinculado a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Universidade Federal de Goiás (UFG) – Regional Catalão. Para tanto, este material instrucional tem o intuito de servir como apoio para as aulas de física. A fim de torná-las mais prazerosas, foi desenvolvido o livreto “Curiosidades da Física”, que possui como base a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, em especial, o conceito e uso dos organizadores prévios. Está disponibilizado no *sítio* abaixo o produto em formato *EPUB* para o download.

https://drive.google.com/drive/folders/1r_XJ7EGHnyoLELS0s2kJULnmAx4Snlwk?usp=sharing

Logo, o material apresenta vários conteúdos a serem abordados de forma criativa e que podem ser utilizados em sala de aula de diversas formas. Sugestão:

- Disponibilizar o material de forma impressa em sala de aula.
- Solicitar aos alunos que acessem o *ebook* em seus smartphones.
- Apenas fazer menção à curiosidade em sua introdução do conteúdo.

Ressalta-se que, nas duas primeiras opções é importante que os alunos tenham acesso antes ao material, para as discussões e os debates que poderão acontecer em sala de aula. Caso o seu tempo seja curto, a última sugestão é a melhor alternativa, já que a discussão pode ser conduzida de modo que não ultrapasse dez minutos.

A partir deste produto educacional é possível excitar a imaginação dos alunos com os temas apresentados de forma curiosa. Espera-se que os estudantes se divirtam e sintam-se curiosos a se envolver com a Física e experimentar a emoção de novas descobertas.

Lembrando-se de que é o conhecimento que determinou e continua a determinar os rumos da humanidade. Espero que este material possa ajudar a ampliar o conhecimento e reforçar de maneira significativa a aprendizagem de seus queridos alunos.

Conheça o produto educacional

O material está organizado em 20 capítulos, com textos principais, textos complementares e indicações de simulações e vídeos. A tabela abaixo lista todos os capítulos e os respectivos conhecimentos/objetivos a serem alcançados com a sua utilização.

Capítulo (Organizador prévio)	Conhecimentos /objetivos
A revolta do quebra-quilos	<ul style="list-style-type: none">• Compreender a importância da padronização.• Identificar as unidades fundamentais.• Identificar aspectos históricos, sociais e culturais na construção do conhecimento físico.• Reconhecer a necessidade de precisão nas medidas.
O valor de um mol	<ul style="list-style-type: none">• Compreender que o número mol é muito grande e extrapola o nosso senso comum.
Alavanca de Arquimedes	<ul style="list-style-type: none">• Compreender o funcionamento e a importância das alavancas como ferramentas de ampliação de forças.• Entender o conceito de braço da alavanca.
Se a Terra parar de girar	<ul style="list-style-type: none">• Compreender o conceito de inércia.
A separação da Terra-Lua	<ul style="list-style-type: none">• Entender o sistema Terra-Lua e relacioná-lo com a conservação de quantidade de movimento angular.
A energia e os blocos	<ul style="list-style-type: none">• Entender o significado de conservação.• Reconhecer e exemplificar a conservação de energia total em um fenômeno ou sistema.
Aquecer uma xícara de café com a voz	<ul style="list-style-type: none">• Entender as transformações de energia.• Exemplificar o conceito de potência.
A dilatação da torre Eiffel	<ul style="list-style-type: none">• Compreender o conceito de dilatação térmica.• Avaliar a ordem de grandeza em fenômenos físicos ao entender que as dilatações térmicas, em relação ao tamanho inicial dos corpos, são extremamente pequenas, mas seu estudo se justifica pelos

	<p>possíveis dados que podem advir quando são levados em consideração.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entender o significado dos coeficientes de dilatação.
O campo gravitacional dentro da Terra	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar a aceleração gravitacional à massa interna e à distância de um objeto ao seu centro. • Compreender o comportamento de um corpo em movimento harmônico simples.
O gol impossível	<ul style="list-style-type: none"> • Visualizar o efeito Magnus em algumas situações. • Compreender o princípio de Bernoulli como exemplo de conservação de energia.
A queda de um prédio	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer as causas da variação de movimentos, associando as intensidades das forças ao tempo de duração das interações. • Entender o conceito de impulso associando-o a variação de quantidade de movimento. • Reconhecer a conservação de momento por meio de uma situação hipotética.
O som mais alto da história	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a intensidade sonora como uma qualidade do som diretamente ligada a nossa percepção auditiva. • Entender que a linguagem cotidiana é diferente da linguagem da física ao diferenciar altura de intensidade sonora. • Compreender a relação logarítmica entre intensidade sonora e nível sonoro.
Edifício côncavo	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as propriedades do espelho esférico côncavo e suas aplicações práticas e tecnológicas.
Juiz em combustão	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as propriedades do espelho esférico côncavo e suas aplicações práticas e tecnológicas.
O guarda-vidas	<ul style="list-style-type: none"> • Conceituar o fenômeno de refração. • Compreender a mudança de velocidade da luz com a mudança das características do meio.
Um bar e o espelho plano	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar as imagens em espelhos planos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Entender que o campo visual não é uma propriedade exclusiva do espelho, mas depende, principalmente da posição do observador em relação ao meio óptico.
Por que o Sol e o céu mudam de cor?	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender as mudanças da percepção das cores no céu através do fenômeno de espalhamento.
Devemos evitar a radiação?	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciar fenômenos radiativos e os radioativos.
Como sabemos do que é feito o Sol?	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a estrutura e composição do Sol. • Entender o conceito dos espectros de emissão.
Você é um estrela!	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar o conceito de potência. • Compreender diferentes tipos de radiações eletromagnéticas.

Para efeito de organização didática e visual, foram criados ícones que indicam trabalhos específicos, que são descritos a seguir.



Textos complementares que fazem conexão com o material principal ou que aprofundam algum conceito ou cálculo abordado. É recomendável ler o material, mas o não cumprimento dessa atividade em nenhum momento trará prejuízos a compreensão do texto principal.



Indicações de livros, vídeos e simulações.

As ilustrações não referenciadas do material foram feitas pelo próprio autor com o auxílio dos recursos gratuitos do site *toondoo.com*.

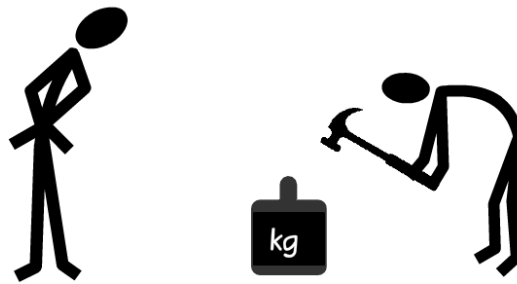
SUMÁRIO

A REVOLTA DO QUEBRA-QUILOS	83
O VALOR DE UM MOL	88
ALAVANCA DE ARQUIMEDES	92
SE A TERRA PARAR DE GIRAR	97
A SEPARAÇÃO DA TERRA-LUA.....	100
A ENERGIA E OS BLOCOS.....	104
AQUECER UMA XÍCARA DE CAFÉ COM A VOZ.....	108
A DILATAÇÃO DA TORRE EIFFEL.....	111
O CAMPO GRAVITACIONAL DENTRO DA TERRA.....	115
O GOL IMPOSSÍVEL.....	120
A QUEDA DE UM PRÉDIO.....	125
O SOM MAIS ALTO DA HISTÓRIA	129
EDIFÍCIO CÔNCAVO	133
JUIZ EM COMBUSTÃO.....	136
O GUARDA-VIDAS.....	140
UM BAR E O ESPELHO PLANO	145
POR QUE O SOL E O CÉU MUDAM DE COR?	149
DEVEMOS EVITAR A RADIAÇÃO?	154
COMO SABEMOS DO QUE É FEITO O SOL?	158
VOCÊ É UMA ESTRELA!.....	162
CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
REFERÊNCIAS.....	166

A REVOLTA DO QUEBRA-QUILOS

POR QUE ESTÁ FAZENDO ISSO?

ESTOU REVOLTADO!



As unidades de medidas, quilo, metro e litro, que hoje são tão essenciais, tiveram muitas dificuldades para serem implementadas, mesmo após terem sido determinadas por comissões científicas no século XVIII. Passaram-se décadas até que se pudessem estabelecer. O novo sempre incomodou, portanto, passar a usar uma medida diferente da qual estava acostumado não seria fácil por parecer ignorar ou renunciar os próprios costumes. As discussões sobre o assunto se deram em todo o mundo, inclusive no Brasil.

A imposição do uso do quilo se deu em 1874 e quem não o utilizasse sofreria uma sanção com multa e/ou prisão de cinco a dez dias. Em decorrência desse fato foi instaurado um movimento onde os integrantes quebravam os moldes dos feirantes como forma de protesto, daí surgiu o nome “a revolta dos quebra-quilos”. Iniciado na Paraíba, logo se espalhou para mais três outros estados: Pernambuco, Alagoas e Rio Grande do Norte.

A situação se agravou ainda mais com o aumento dos tributos, que para o governo era um meio de resolução da crise econômica que o país vinham enfrentando, que utilizariam o quilo, o metro e o litro para calculá-los. Porém para muitos, boa parte da área rural, as novas medidas era um ato do governo e dos comerciantes para tentar enganá-los.

No início de 1875 a força imperial foi obrigada a agir pois o movimento estava tomando grandes proporções. Alguns líderes foram perseguidos, pessoas morreram ou se feriram e houve ainda prisões em massa. Os líderes identificados foram processados e obrigados a restituírem os moldes danificados nos mercados e feiras, além de pagarem indenizações pelos danos causados. Em meio a tanto caos, houve um ato rigoroso de repressão que mais se destacou, foi chamado de “coletes de couro”. Colocavam-se um pedaço de couro cru sobre o tórax e sobre as costas do prisioneiro, depois molhavam-no para quando secasse comprimissem o peito com grande violência. Isso resultou em graves sequelas para alguns como tuberculose e problemas cardíacos. Com medo da repressão a medida do quilo foi, por fim, implantada no Nordeste.

Saiba +

O vídeo abaixo é uma das curtas-metragens ganhadora do Prêmio Linduarte Noronha de 2010, que conta a história da Revolta do Quebra-Quilos sob a perspectiva das histórias que passaram de geração em geração na cidade de Fagundes – PB.

<https://www.youtube.com/watch?v=dzfKYp-NQYY>

Já no próximo link temos um museu virtual em Portugal com instrumentos de medição, artefatos de medidas, dentre outros.

http://www1.ipq.pt/museu/PT/MM/v1/v1_visita_virtual.aspx



As unidades de medidas antigas no Brasil

As unidades utilizadas durante o Brasil-Império em sua parte eram heranças da colonização portuguesa. Até a adoção do Sistema Métrico em definitivo, algumas das unidades de medidas utilizadas eram:

	Nome	Valor	Equivalência
Unidades de comprimento	vara	1/36363636 do meridiano terrestre	1,1 m
	palmo	1/5 da vara	0,22 m
	polegada	1/8 do palmo	27,5 mm
	braça	2 varas	2,2 m
Capacidades para líquidos	canada	128 polegadas cúbicas	2,66 L
	quartilho	1/4 de canada	0,66 L
	almude	12 canadas	31,94 L
Capacidade para sólidos	alqueire	Décimo de vara ao cubo multiplicado pelo número 27	$36,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
	quarta	1/4 de alqueire	$0,946 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
	moio	60 alqueires	$828 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Unidades de massa	marco		$229,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$
	onça	1/8 de marco	$28,68 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$
	oitava	1/8 de onça	$3,586 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$
	libra	2 marcos	$459 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$
	arroba	32 libras	14,688 Kg

Fonte: Adaptado da tabela 11 de Rozenberg (2006).

Interessante que o mesmo nome “alqueire” era utilizado como unidade de medida das grandezas área e volume, e possuía valores diferentes dependendo da região do Brasil. No norte do país o alqueire valia 27 225 m², em São Paulo era 24 200 m² e em Minas Gerais, 48 400 m².

Redefinição do Sistema Internacional de Unidades

À medida que a ciência e a tecnologia avançam, as demandas pela precisão das medições continuam aumentando. Em 2019 foi eliminada a última das definições com base em um artefato material, que era o protótipo internacional do quilograma. Atualmente, com o intuito de garantir a estabilidade das referências de medidas, todas as sete grandezas base do SI são definidas em termos das sete constantes da natureza imutáveis:

- A frequência da transição hiperfina do estado fundamental não perturbado do átomo de césio-133 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ é igual a 9 192 631 770 s⁻¹
- A constante de Planck **h** é igual a 6,62607015 x 10⁻³⁴ kg.m²s⁻¹
- A velocidade da luz no vácuo **c** é igual a 299 792 458 m.s⁻¹
- A constante de Boltzmann **k** é igual a 1,380649 x 10⁻²³ kg.m²s⁻²K⁻¹
- A carga elementar **e** é igual a 1,602 76634 x 10⁻¹⁹ A.s
- A constante de Avogadro **N_A** é igual a 6,022 140 76 x 10²³ mol⁻¹
- A eficácia luminosa da radiação monocromática de frequência 540 x 10¹² Hz, **K_{cd}** é igual a 683 cd.sr.kg⁻¹m⁻²s³

A tabela abaixo apresenta um resumo das novas definições, por favor não se assuste com as letras e números, pois são apenas “letras e números”.

Grandeza	Unidade (símbolo)	Definição simples	Conversão
Tempo	segundo (s)	Múltiplo específico de um período de transição atômico	$1 s = \frac{9192631770}{\Delta\nu_{Cs}}$
Comprimento	metro (m)	Distância viajada pela luz em uma fração de segundo	$1 m = \frac{c}{299\,792\,458} s$ $= (30,663318 \dots) \frac{c}{\Delta\nu_{Cs}}$
Massa	quilograma (kg)	Combinação específica da constante de Planck	$1 kg = \frac{h}{6,62607015 \times 10^{-34}} m^{-2} s$ $= (1,4175521 \dots \times 10^{40}) h \frac{\Delta\nu_{Cs}}{c^2}$
Temperatura	kelvin (K)	Múltiplo específico da razão entre energia de transição de referência do Césio e a constante de Boltzmann	$1 K = \frac{1,380649 \times 10^{-23}}{k} kg m^2 s^{-2}$ $= (2,266665 \dots) \Delta\nu_{Cs} \frac{h}{k}$
Corrente elétrica	ampere (A)	Múltiplo específico da carga elétrica fundamental (também chamada de 1 Coulomb) por segundo	$1 A = \frac{e}{1,602176634 \times 10^{-19}} s^{-1}$ $= (6,789686 \dots) \times 10^8 \Delta\nu_{Cs} e$
Quantidade de matéria	Mol (mol)	Número de átomos em 12 gramas de Carbono-12	$1 mol = \frac{6,02214076 \times 10^{23}}{N_A}$
Intensidade luminosa	candela (cd)	Fração específica de uma eficácia luminosa	$1 cd = \frac{K_{cd}}{683} kg m^2 s^{-3} sr^{-1}$ $= (2,614830 \dots) \times 10^{10} \Delta\nu_{Cs}^2 h K_{cd}$

Fonte: <https://www.bipm.org/utis/common/pdf/SI-Brand-Book.pdf>

O VALOR DE UM MOL

ACHO QUE VOU COMPRAR UM CARRO!



Pense em qualquer número muito grande e chame-o de alguma coisa. Bom, um mol é mais ou menos isso! O número é 60221412900000000000000 (6,02 x 10²³) e foi chamado de mol por Lorenzo Avogadro (1776 a 1856) que sugeriu em 1811 que a mesma quantidade de matérias diferentes apresentaria a mesma quantidade de moléculas. Então um mol pode representar a quantidade de qualquer coisa, por exemplo, se você tem um mol de feijão, você tem 6,02 x 10²³ feijões. Esse número parece estranho para contabilizar feijões (e realmente é), mas é útil para expressar grandezas microscópicas como átomos e moléculas.

Mas como ter a noção da grandeza do valor de um mol? Munroe (2014) responde a seguinte pergunta: “E se você reunisse um mol de toupeiras no mesmo lugar?” Após alguns cálculos, o autor estima que caso essas toupeiras fossem deixadas sobre a superfície da Terra, elas formariam uma coluna de aproximadamente 80 km de altura, nove vezes maior que o Monte Everest. Pensando de forma cada vez mais estranha o autor mostra que se um mol de toupeiras fosse reunido no espaço, devido a atração gravitacional seria formado um planeta um pouquinho maior que a lua e com a gravidade semelhante a Plutão. Em inglês toupeira e mol têm a mesma escrita: mole (plural moles), por isso a escolha do bichinho não foi coincidência.

Bom, podemos ter outra linha de raciocínio que seja mais familiar (que envolva dinheiro ao invés de toupeiras).

Imagine que você tenha um mol de reais. Ficou feliz?

Saiba que, caso você conseguisse gastar um milhão de reais por segundo ainda assim seriam necessários aproximadamente 19 bilhões de anos para gastar toda a sua fortuna. Uma última informação, o nosso Planeta Terra ainda é jovem, possui um pouco mais de 4,5 bilhões de anos.



Cálculos com um mol de toupeiras

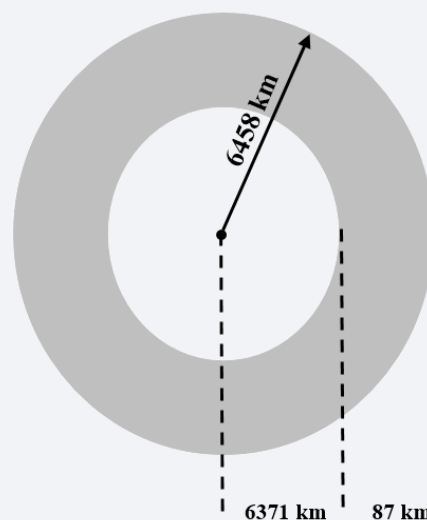
Munroe (2014) faz sua análise considerando cada toupeira com uma massa aproximada de 75 g. Um mol desses bichinhos teriam uma massa de $4,52 \times 10^{22}$ kg e ocupariam um volume de $4,52 \times 10^{22}$ litros ou $4,52 \times 10^{10}$ km³. O planeta Terra possui um raio médio de 6 371 km e ocupa um volume de:

$$V = \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{4\pi \cdot 6371^3}{3} = 1,0832 \times 10^{12} \text{ km}^3$$

O volume total (volume do planeta + volume das toupeiras) é igual a $1,1284 \times 10^{12}$ km³ que corresponde um raio de

$$V = \frac{4\pi R^3}{3}$$
$$1,1284 \times 10^{12} = \frac{4\pi \cdot R^3}{3}$$
$$R \cong 6458 \text{ km}$$

Assim a altura de um mol de toupeiras sobre a superfície da Terra alcançaria uma altura aproximada de 87 km.



Imaginando agora um mol de toupeiras no espaço, a atração gravitacional condensaria os bichinhos numa grande esfera de raio:

$$V = \frac{4\pi R^3}{3}$$

$$4,52 \times 10^{10} = \frac{4\pi R^3}{3}$$

$$R \cong 2209 \text{ km} = 2,209 \times 10^6 \text{ m}$$

O campo gravitacional fora de um planeta é dado por:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

G = constante da gravitação universal, seu valor é $6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$;

M = massa do planeta em quilogramas;

d = distância ao centro do planeta em metros (na superfície será igual ao raio)

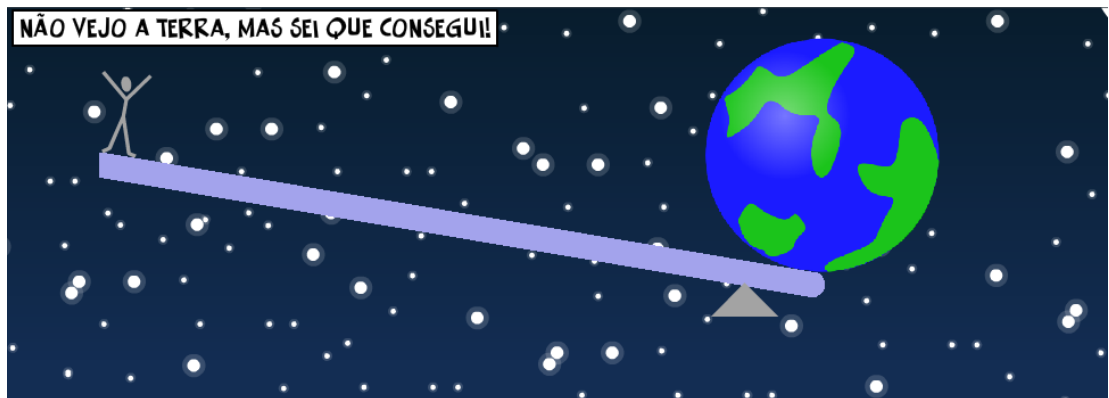
g = aceleração gravitacional (m/s^2)

$$g = \frac{6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 4,52 \times 10^{22} \text{ kg}}{(2,209 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$g = 0,61 \text{ m/s}^2$$

Valor semelhante ao de Plutão que é $0,62 \text{ m/s}^2$.

ALAVANCA DE ARQUIMEDES



Uma figura importante na história das ciências é o grego Arquimedes (287-212 a.C.), que foi filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo. A ele é creditada uma frase no mínimo intrigante: “Deem-se um ponto de apoio e uma alavanca e moverei o mundo”.

O conceito ao qual Arquimedes se refere está relacionado aos estudos de máquinas simples, em especial das alavancas. Esses dispositivos foram aperfeiçoados ao longo do tempo e permitiram o desenvolvimento de máquinas que diminuiram significativamente o esforço físico empregado em diversas situações.

Mas qual seria o tamanho dessa alavanca?

Caso fosse possível executar a fala de Arquimedes teríamos que levar em consideração o tamanho da alavanca, a posição de apoio e a massa do nosso planeta Terra, que possui um valor “insignificante”, tipo, uns seis septilhões de quilogramas.

Lembrando que para uma alavanca interfixa, a vantagem mecânica é a razão entre a maior e menor distância ao ponto fixo que é igual a razão entre a maior e menor força aplicada:

$$V_m = \frac{d_{maior}}{d_{menor}} = \frac{F_{maior}}{F_{menor}}$$

Considerando que força máxima que Arquimedes conseguiria fazer seria de uns 600 N, assim para equilibrar a massa dos 6×10^{24} kg do planeta Terra, seria necessário que o tamanho do braço maior da alavanca fosse 20 sextilhões de vezes maior que o braço menor da alavanca ($d_{maior} = 10^{23} d_{menor}$), ou seja, caso d_{menor} seja de um metro, Arquimedes deveria estar a uma distância maior que 10 milhões de anos-luz da Terra. Longe né!

Saiba+

Quer saber sobre algumas das façanhas atribuídas a Arquimedes? O primeiro capítulo do livro de André K. T possui uma leitura agradável e fala sobre a vida desse ilustre gênio. O livro está disponível em:

<https://www.fisica.net/mecanicaclassica/Arquimedes.pdf>

Já o link abaixo traz uma simulação sobre equilíbrio de corpos extensos com desafios em vários níveis de dificuldades.

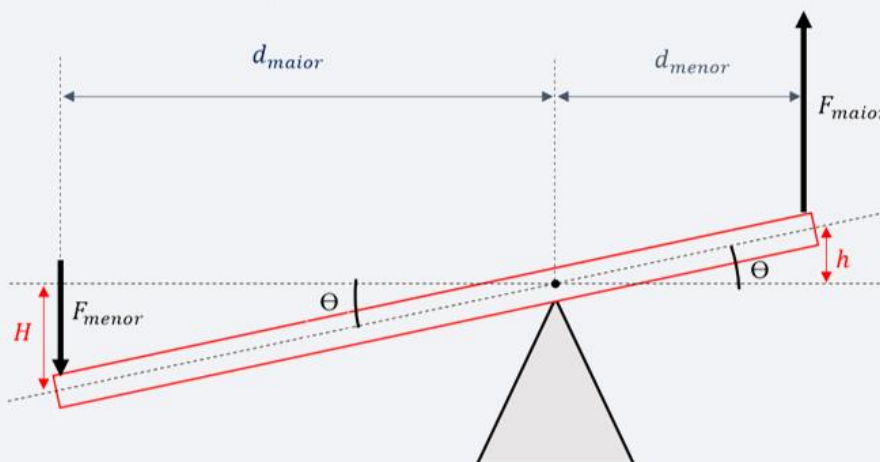
http://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt_BR.html



Vantagem mecânica

Há muito tempo o homem observou que alguns aparatos poderiam ser manipulados para deslocar objetos pesados com mais facilidade. Os aparatos utilizados são as alavancas e por ela é possível que um indivíduo tenha menos esforço para tentar levantar ou sustentar algum objeto. Essa relação benéfica se dá pela grandeza chamada de vantagem mecânica.

Uma maneira de se obter a relação matemática da vantagem mecânica apresentada no texto, é por meio da conservação de energia. A figura abaixo representa uma máquina simples, composta por uma barra apoiada que pode girar em torno de um eixo (ponto fixo).



Sendo os ângulos opostos pelos vértices, temos que:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{H}{d_{\text{maior}}} = \frac{h}{d_{\text{menor}}}$$
$$\frac{H}{h} = \frac{d_{\text{maior}}}{d_{\text{menor}}}$$

Colocando energia no sistema através do trabalho mecânico da força de entrada F_{menor} haverá uma transferência de energia para a outra extremidade da alavanca, onde uma força de saída F_{maior} será responsável por erguer ou sustentar um objeto.

Desconsiderando os efeitos dissipativos de energia, o trabalho sendo igual a multiplicação da força e o deslocamento temos que:

$$\tau = F_{\text{menor}} \cdot H = F_{\text{maior}} \cdot h$$

$$\frac{H}{h} = \frac{F_{\text{maior}}}{F_{\text{menor}}}$$

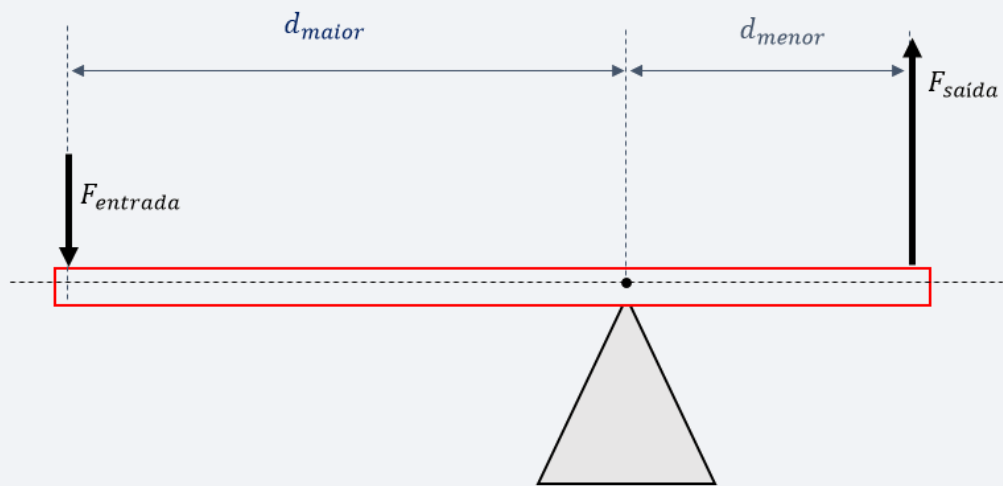
Assim, concluímos que

$$\frac{H}{h} = \frac{d_{\text{maior}}}{d_{\text{menor}}} = \frac{F_{\text{maior}}}{F_{\text{menor}}}$$

Uma maneira mais simples de se chegar na expressão da vantagem mecânica é a partir do conceito de momento de força, também chamada de torque (M). Se for exercido uma força sobre um corpo que possa girar, diz que essa força gera um torque definido como:

$$M = F \cdot d$$

A expressão F é a força perpendicular e d é a distância da aplicação da força até o ponto ao qual a alavanca pode girar.



Para que ocorra o equilíbrio rotacional a soma de todos os torques deve ser igual a zero, de forma que para máquina simples representado na figura acima temos que:

$$F_{entrada} \cdot d_{maior} = F_{saida} \cdot d_{menor}$$

Como a vantagem mecânica expressa quantas vezes a força de saída é maior que força de entrada, então $F_{saida} = F_{maior}$, $F_{entrada} = F_{menor}$ e:

$$V_m = \frac{d_{maior}}{d_{menor}} = \frac{F_{maior}}{F_{menor}}$$

SE A TERRA PARAR DE GIRAR



A inércia é um conceito relacionado à dificuldade de mudança do estado de movimento ou repouso de um corpo. Um bom exemplo para evidenciar esse princípio é o fato de passageiros serem arremessados para frente quando um ônibus para repentinamente. Mas pensando em situações mais absurdas e improváveis...

O que aconteceria se a Terra parasse de girar?

Uma resposta simples é: “Tudo sairia voando!”.

Tudo que existe na Terra, gira junto com o planeta a uma velocidade aproximada de 1.700 km/h na linha do equador. Devido à inércia, as construções, as florestas, os oceanos seriam arrancados violentamente pois teriam a tendência de manter as suas velocidades e trajetórias. Os corpos arrancados voltariam a cair, uma vez que a velocidade não seria alta o suficiente para escapar do campo gravitacional da Terra (velocidade inferior à de escape, que é igual a 40.320 km/h) e se perder no espaço. O arrasto da atmosfera destruiria o planeta mesmo se as construções continuassem no chão.

Eventuais sobreviventes perceberiam uma mudança drástica no conceito de dia e noite, em vez de nascer e se pôr uma vez por dia o Sol faria isso uma vez por ano. Assim, teríamos seis meses de exposição solar seguidos de seis meses de total escuridão e devido a diferença térmica entre os dois lados, por convecção teríamos vendavais insuportáveis formadas no Planeta. Munroe (2014), faz um exercício de imaginação ainda mais profundo analisando o planeta e todos os objetos no solo parando de girar, mas a atmosfera continuando sua velocidade. Bom, após mencionar obviamente que quase todo mundo morreria, ele afirma que 85% da população mundial teriam que encarar um vento supersônico repentino, que próximo à superfície, o vento mais forte teria duração de alguns minutos (devido ao atrito com o solo), mas que ainda assim destruiria toda a estrutura humana.

Devido à diminuição da velocidade do vento, a energia cinética, que nesse caso é considerável, se converteria em calor, ou seja, as rajadas de vento se tornariam rajadas de calor. Sobre o solo, os ventos provocariam uma temperatura insuportável, em regiões úmidas, provocaria trovoadas globais e nos oceanos, vaporização e agitação da camada superficial da água. As ondas varreriam todo o planeta, de leste

a oeste, as tempestades de vento levariam imensas quantidades de pó e detritos à atmosfera, ao mesmo tempo, uma densa camada de neblina seria formada sobre os oceanos.

Mas segundo Munroe (2014), a Lua conseguiria desfazer o estrago causado por esse cenário. Se a Terra parasse de girar, a Lua pararia de se afastar, as marés em vez de diminuírem a rotação do planeta intensificariam o seu giro. Assim, aos pouquinhos e delicadamente, a gravidade da Lua rebocaria nosso planeta.



Velocidade de escape

A velocidade de escape pode ser obtida do ponto de vista de energia a partir da condição de que no infinito (muito distante) a energia mecânica (soma das energias potencial e cinética) é zero. Apesar do pensamento da energia potencial gravitacional ser infinita com uma distância muito grande, lembre-se que a gravidade diminui com o inverso do quadrado da distância.

A energia mecânica de um corpo sob a ação da gravidade é dada por:

$$E_M = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{G \cdot M \cdot m}{d}$$

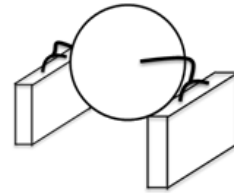
Negligenciando o atrito, a energia mecânica se conserva e lembrando que no infinito ela é nula, temos que:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{G \cdot M \cdot m}{d} = 0$$
$$\frac{v^2}{2} = \frac{G \cdot M}{d} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{d}}$$

Onde G é a constante da gravitação universal, M é a massa do planeta, m é a massa do objeto e d é a distância até o centro do planeta (na superfície do planeta d é igual ao raio).

A SEPARAÇÃO DA TERRA-LUA

VOU TE DEIXAR!



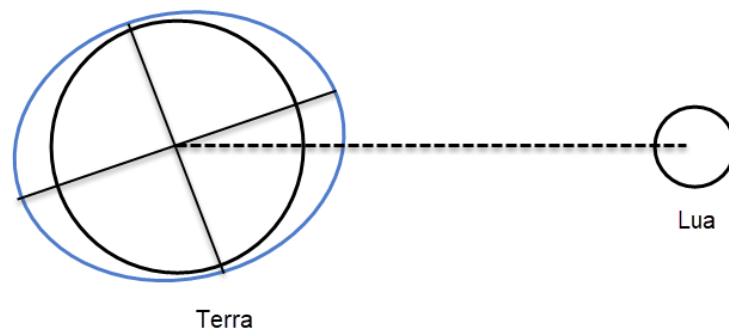
NÃO, EU VOU MUDAR!

Respire bem fundo para a informação que segue: A Lua está se afastando do nosso planeta. Mas calma, não desespere! A Lua está ficando cada vez mais longe, mas com uma velocidade muito pequena, por volta de 4,07 cm por ano. E ela não está nos abandonando por vontade própria, mas sim por uma relação íntima que tem com o nosso planeta Terra.

De acordo com a teoria da gravitação de Newton, existe uma interação gravitacional entre nosso planeta e qualquer astro no Sistema Solar, e é essa interação que é responsável por um fenômeno que é observado desde a antiguidade nas costas dos continentes: as marés. A compreensão dos mecanismos que envolvem as forças de marés nos ajudam a entender um pouquinho o motivo do afastamento da Lua.

Primeiramente, entenda que apesar de qualquer corpo no espaço criar um campo gravitacional na Terra, as contribuições mais perceptíveis são do Sol e da Lua. Interessante é que a aceleração gravitacional produzida pelo Sol na Terra é quase duzentas vezes maior que a aceleração gravitacional produzida pela Lua na Terra, ainda assim a força de maré solar máxima na Terra é 50% menor que a força de maré lunar máxima. Lang (2003) demonstra que quando as forças de maré da Lua e do Sol colaboram para formar uma resultante máxima em um objeto qualquer na superfície da Terra, seu valor chega a ser seis milhões de vezes menor que a força gravitacional exercida pela Terra naquele mesmo objeto, destacando que a força de maré é tão pequena que só produziria efeitos visualmente perceptíveis em massas de água que se estendem por amplas regiões da Terra. Ou seja, as marés também ocorrem na parte sólida e na atmosfera, contudo o fenômeno é facilmente observável em águas oceânicas.

A figura abaixo mostra, em proporções exageradas, as marés produzidas na Terra pela Lua. A deformação no planeta que você enxerga na figura ocorre devido a não uniformidade do campo gravitacional externo ocasionado pela Lua.



Terra

Lua

Fonte: Adaptado de Lopes (1996).

É fácil entender o motivo desse alongamento com o seguinte raciocínio: imagine uma esfera gelatinosa sendo puxada para um lado com uma força idêntica em todas as suas regiões. Nesse caso ela será acelerada e manterá a sua forma original. Contudo, caso a intensidade das forças sejam diferentes, a esfera gelatinosa será alongada, e é exatamente isso que acontece com nosso planeta ao ser puxado pela Lua. Devido a enorme distância do nosso planeta com o Sol, os valores do campo gravitacional nas regiões opostas da Terra são muito próximos, é como se o Sol puxasse as diferentes regiões do planeta com o mesmo valor. Eis um dos motivos da contribuição da maré solar ser menor que a maré lunar.



Não sendo a parte sólida da Terra, perfeitamente elástica e a parte líquida, perfeitamente fluida, as marés não sofrem efeitos instantâneos das forças de atração gravitacional. Isso faz com que as alturas das marés não fiquem alinhadas com os centros do sistema Terra-Lua. Esse fato é importante, pois faz surgir na Terra, um torque que freia seu movimento de rotação, alongando a duração do dia. Ao diminuir o movimento em torno do seu próprio eixo, a energia cinética perdida pela Terra, que não é dissipada na forma de calor é transferida para a Lua, que faz com ela se afaste lentamente. Ou seja, há uma troca de quantidade de movimento angular entre a Terra e a Lua mediada pelas forças de maré.

Em um futuro muito distante - caso o sistema Terra-Lua fosse um sistema isolado - os movimentos do sistema iriam progredir para uma harmonia na qual o

movimento de rotação da Terra coincidiria com o de translação da Lua. Nesse cenário, a duração do dia seria de aproximadamente 50 dias, a Terra e a Lua estariam sempre com as mesmas faces voltadas um para o outro e veríamos a Lua estacionada no céu, com um tamanho aparente menor que hoje.

Então, não há motivos para culpar nosso satélite pela separação. Devagarzinho a Lua vai se afastando para encontrar o equilíbrio que ocorrerá quando ele estiver à 550 mil quilômetros de distância da Terra. E com uma velocidade de afastamento médio de 4,07 cm por ano, todo esse processo irá demorar por volta de 4 bilhões de anos, tempo suficiente para a se pensar em como funcionará o relacionamento em grandes distâncias.

Saiba +

No vídeo você tem acesso a um animação que mostra o afastamento da Lua ao longo de bilhões de anos. Em 27 segundos é possível acompanhar uma viagem no tempo e visualizar o tamanho aparente da Lua, a velocidade de afastamento e a distância em relação à Terra.

https://www.youtube.com/watch?v=hi8xWqHBk84&feature=emb_logo

A ENERGIA E OS BLOCOS

MINHA ENERGIA CINÉTICA ESTÁ AUMENTANDO!



Embora familiar, a energia é uma grandeza física de difícil definição. Seu conceito era desconhecido de Isaac Newton e sua existência era ainda fonte de debates na década de 1850. Percebemos a energia nas coisas apenas quando ela está sendo transferida ou transformada, assim, mais importante do que ser capaz de enunciar o que é a energia é compreender como ela se comporta - como ela se conserva.

Feynman (2008) faz uma analogia interessante sobre o conceito de conservação de energia, vale a pena ler na íntegra:

“Imagine uma criança, talvez “Dênis, o Pimentinha”, que possui blocos que são absolutamente indestrutíveis e não podem ser divididos em pedaços. Todos são iguais entre si. Vamos supor que ele possui 28 blocos. A mãe dele o coloca numa sala com os 28 blocos no início do dia. No final do dia, sendo curiosa, ela conta os blocos muito cuidadosamente e descobre uma lei fenomenal – não importa o que ele faça com os blocos, sempre restam 28! Isto continua por vários dias, até que um dia onde só há 27 blocos, mas uma pequena busca mostrou que um deles estava debaixo do tapete – ela deve procurar em todos os lugares para se assegurar de que o número de blocos não mudou. Um outro dia, porém, o número parece ter mudado – só há 26 blocos. Uma outra busca cuidadosa indica que a janela estava aberta e, após uma olhada lá fora, os outros dois blocos foram encontrados. Num dia seguinte, uma contagem cuidadosa indica que há 30 blocos! Isto causa um choque considerável, até que ela se lembrou que Bruce fez uma visita, trazendo consigo seus blocos, e deixou alguns na casa de Dênis. Depois de se desfazer dos blocos extras, a mãe fecha a janela, não deixa Bruce entrar e, então, tudo vai bem até que um dia ela os conta e só encontra 25 blocos. Entretanto, existe uma caixa na sala, uma caixa de brinquedos, e a mãe vai abrir a caixa, quando o menino diz: “Não, não abra minha caixa de brinquedos,” e grita. A mãe não pode abrir a caixa de brinquedos. Sendo extremamente curiosa e um tanto engenhosa, ela inventa um plano! Ela sabe que um cubo pesa 30 gramas (g); então, ela pesa a caixa nesse dia, quando só tinha achado 28 blocos, e descobre que seu peso são 160 g. Da próxima vez em que ela quiser verificar os blocos, ela pesará a caixa de novo, subtrairá os 160 g e dividirá por 30. Ela descobre o seguinte:

$$(blocos\ achados) + \frac{(peso\ da\ caixa) - 160\ g}{30g} = constante$$

Daí, aparentemente surgem novos desvios, mas uma análise cuidadosa indica que a água suja na banheira está mudando de nível. O menino está jogando blocos na água e ela não consegue vê-los pois a água está muito suja, mas ela consegue descobrir quantos blocos estão na água acrescentando outro termo a sua fórmula. Uma vez que a altura original da água era de 15 cm e cada bloco eleva a água 1/2 cm, a nova fórmula é:

$$(blocos\ achados) + \frac{(peso\ da\ caixa) - 160\ g}{30g} + \frac{(altura\ da\ água) - 15\ cm}{1/2\ cm} = constante$$

No aumento gradual da complexidade do mundo dela, encontra-se uma série de termos representando as formas de calcular quantos blocos estão em lugares onde ela não consegue ver. Como resultado, ela encontra uma fórmula complexa, uma quantidade que tem de ser calculada e que sempre permanece com o mesmo valor independente da situação.”

Feynman chama a atenção para um fato curioso: “não existem blocos”. Ao retirar o primeiro termo das equações percebemos que estamos calculando “coisas abstratas”. A quantidade que chamamos de energia, não muda nas inúmeras modificações pelas quais a natureza passa. Ou seja é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo.

Interessante notar que, além da energia, outras quantidades podem ser conservadas: massa total, carga elétrica, momento ou quantidade de movimento, momento angular, spin, dentre outros.

Saiba+

Abaixo você encontra um link de uma simulação muito interessante onde poderá observar algumas transformações de energia e um vídeo sobre um experimento de geração de energia. Se divirta!

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html

<https://www.youtube.com/watch?v=TyANOy7d-kQ>



Conservação de energia

A energia mecânica (E_M) de um sistema, que é a soma das energias cinética (E_c) e potencial, se conserva em um sistema isolado onde só atuam forças conservativas. A energia potencial pode ser gravitacional (E_{pg}) ou elástica (E_{pe}), então ao analisarmos a energia mecânica em relação a um referencial, teremos:

$$E_M = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

$$E_M = \frac{mv^2}{2} + mgh + \frac{kx^2}{2}$$

Na existência de forças não conservativas, a dissipação deve ser levada em conta para que a energia total seja conservada.

AQUECER UMA XÍCARA DE CAFÉ COM A VOZ

GOSTO DO MEU CAFÉ QUENTINHO!



O som é apenas outra forma de energia que não é muito diferente do calor. As ondas sonoras são formadas pela propagação de zonas de compressão e expansão das moléculas de ar. O que separa o som do calor é essencialmente como essas vibrações são organizadas. O som começa como ondas estruturadas em sua fonte que ao longo do tempo se dissipa na desordem geral ("entropia") das outras moléculas na atmosfera.

Imaginando as transformações de energia,

Seria possível aquecer uma xícara de café com um grito?

Bom do ponto de vista físico, a energia contida num fenômeno sonoro é desprezível, a potência de uma pessoa gritando gira em torno de 1mW, ou seja, um estádio lotado gritando "gol" mal daria para acender uma lâmpada.

Se você conseguisse canalizar toda essa energia em uma xícara de "chafé" (240 ml) o grito com duração de um único segundo seria capaz aquecer a xícara de café em 0,00000099 graus Celsius. Lembre-se, estamos assumindo uma transferência perfeita de energia e um sistema totalmente isolado.

Você pode fazer o seguinte teste, caso queira aquecer uma xícara de chafé, digamos de 25 °C para 75 °C você gastaria cerca de cinquenta milhões e quinhentos mil segundos, que é aproximadamente 585 dias. Acho que vai demorar!



Cálculo do aquecimento do café

Para se chegar ao valor obtido no texto fora, utilizadas as equações:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \quad \text{e}$$
$$Q = mc\Delta T$$

onde:

P = potência da fonte. Sua unidade de medida no SI é o watt (w) que é igual a joules por segundo (J/s)

Δt = intervalo de tempo analisado em segundos.

Q = Quantidade de calor necessária par a mudança de temperatura, também chamado de calor sensível. Sua unidade de medida no SI é o joules (J).

m = massa da substância. No SI a unidade é o quilograma (Kg).

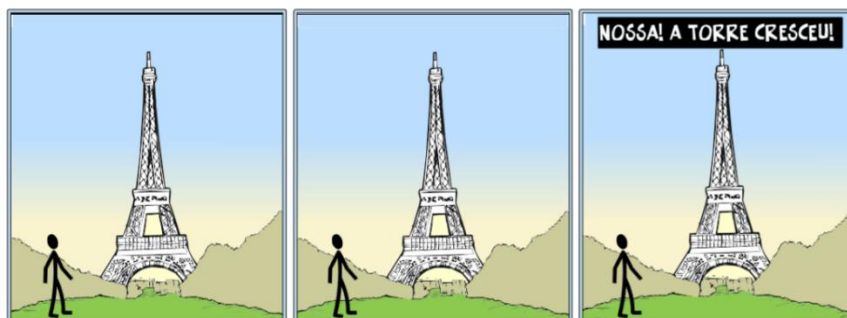
ΔT = variação de temperatura. No SI a unidade é o kelvin (K).

c = calor específico. Sua unidade de medida no SI é o $\frac{J}{kgK}$.

Considerando o calor específico do café como idêntico ao calor específico da água e juntando as duas equações acima temos que:

$$P\Delta t = mc\Delta T$$
$$1 \times 10^{-3} \frac{J}{s} \cdot \Delta t = 0,240 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{J}{kgK} \cdot 50 \text{ K}$$
$$\Delta t = 50\,400\,000 \text{ s}$$

A DILATAÇÃO DA TORRE EIFFEL



Ah, Paris!
A cidade luz.

Cidade de um dos monumentos históricos mais conhecidos do mundo: a Torre Eiffel. Uma estrutura de ferro, projetada por Gustave Eiffel e inaugurada em 31 de março de 1889 em comemoração ao primeiro centenário da Revolução Francesa.

O monumento não agradou os parisienses no início de sua construção, gerou ódio e discórdia. Para os mais conservadores era uma obra inoportuna e que alterava substancialmente a imagem de uma cidade romântica como Paris, porém as críticas acabaram assim que o monumento ficou pronto ao conquistar de imediato o coração dos parisienses.

A Torre Eiffel pesa mais de 10 mil toneladas e tem oficiais 324 metros de altura. Mas por que oficiais? Conforme a temperatura ambiente muda, a torre muda de altura por efeito da dilatação térmica. Quando a temperatura de uma substância aumenta, suas moléculas ou átomos passam, em média, a oscilar mais rapidamente e tendem a se afastar uma das outras, o resultado disso é um aumento nas dimensões da substância.

A dilatação linear está relacionada a análise da variação de uma dimensão do material. Sendo o coeficiente de dilatação linear no ferro próximo a 0,000012 metros para cada grau Celsius de variação de temperatura e as temperaturas, mínima em invernos rigorosos e máxima em verões extremos em Paris, em torno de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, a dilatação sofrida pela torre gira em torno de 15 centímetros. Claro que ninguém irá olhar para a torre e dizer: “Nossa, ela aumentou 15 centímetros desde o inverno!” Essa variação de altura da ordem de uma dezena de centímetros é imperceptível frente ao tamanho da torre que é da ordem de centenas de metros.

Mesmo assim a dilatação térmica é uma característica importante analisada na engenharia civil, uma dilatação não considerada resultaria em tensões mecânicas significativas que podem levar o colapso do material.

Saiba+

O fato da densidade do gelo ser menor que a densidade da água tem tudo a ver com dilatação térmica. Quer saber por que o gelo boia?

<https://www.youtube.com/watch?v=seZrNQC-NI8>



Cálculo da dilatação da torre

A dilatação linear (ΔL) é diretamente proporcional ao comprimento inicial (L_0) e à sua variação de temperatura (ΔT), cuja constante de proporcionalidade é o coeficiente de dilatação linear (α). No caso do texto L_0 é igual a 324 metros, ΔT é 40°C e α é o coeficiente de dilatação do ferro, igual a $1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$
$$\Delta L = 324 \text{ m} \frac{1,2 \times 10^{-5}}{^\circ\text{C}} 40 \text{ }^\circ\text{C}$$
$$\Delta L \cong 0,15 \text{ m}$$

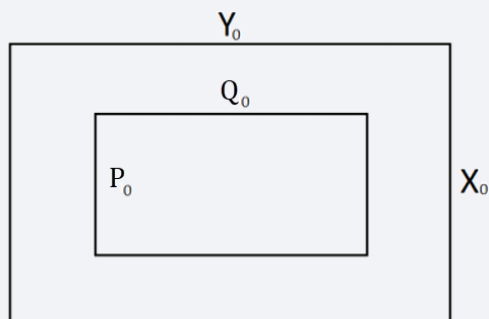
ou 15 cm

Dilatação de placas com furos

Vários materiais didáticos ao explicarem a dilatação de placas que contêm furos (cavidades) simplesmente afirmam que os furos se dilatam como se fossem feitos do mesmo material da placa. Então se a placa aquece o furo aumenta e se a placa resfria, o furo diminui. Mas por que isso ocorre?

Para provar que o furo dilata da mesma forma Coelho e Maio (2017) fazem a seguinte abordagem matemática.

Imagine uma placa retangular com dimensões X_0 e Y_0 com um furo de dimensões P_0 e Q_0 .



Ao ser aquecida os lados externos serão:

$$X = X_0(1 + \alpha \cdot \Delta T) \text{ e } Y = Y_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

e a área total final

$$X.Y = X_0.Y_0 (1 + 2\alpha\Delta T + \alpha^2\Delta T^2)$$

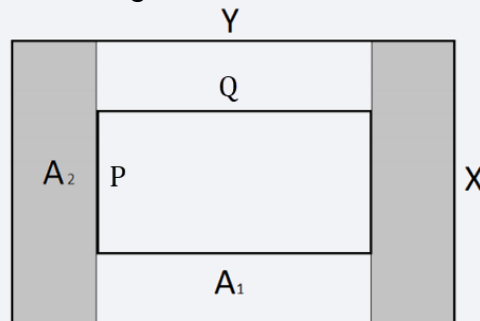
Uma vez que α é da ordem de 10^{-5} , α^2 será da ordem 10^{-10} , fazendo com que o termo $\alpha^2\Delta T^2$ seja muito pequeno comparado ao primeiro termo, podendo ser desprezado. Assim:

$$X.Y = X_0.Y_0 (1 + 2\alpha\Delta T)$$

sendo $\beta = 2\alpha$

$$X.Y = X_0.Y_0 (1 + \beta\Delta T)$$

Após a dilatação teremos a figura abaixo



cujas áreas A_1 (retângulo claro inferior) e A_2 (retângulo escuro esquerdo) serão:

$$A_1 = Q \cdot \frac{X-P}{2} \text{ e } A_2 = X \cdot \frac{Y-Q}{2}$$

Ou em termos das dimensões iniciais:

$$A_1 = Q_0 \cdot \frac{X_0 - P_0}{2} (1 + \beta\Delta T) \text{ e } A_2 = X_0 \cdot \frac{Y_0 - Q_0}{2} (1 + \beta\Delta T)$$

Calculando agora a área do buraco (A_b) temos que

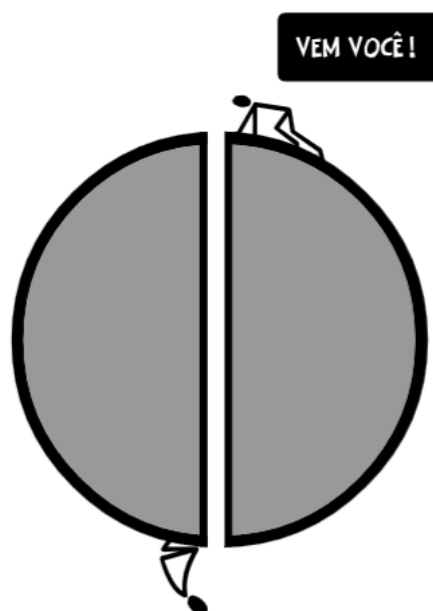
$$A_b = X.Y - 2.A_1 - 2A_2$$

$$A_b = X_0.Y_0 (1 + \beta.\Delta T) - Q_0 (X_0 - P_0).(1 + \beta.\Delta T) - X_0.(Y_0 - Q_0).(1 + \beta.\Delta T)$$

$$A_b = Q_0.P_0(1 + \beta.\Delta T)$$

Que é exatamente a área final de uma placa retangular de lados medindo inicialmente P_0 e Q_0 com coeficiente de dilatação superficial β .

O CAMPO GRAVITACIONAL DENTRO DA TERRA



Considerando a Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton, temos que o campo gravitacional de um planeta poder ser obtido pela expressão:

$$g = \frac{G \cdot M}{d^2}$$

ou seja, é proporcional à massa do planeta e inversamente proporcional ao quadrado da distância de seu centro. Essa situação, pelo teorema das cascas é equivalente à de uma partícula puntiforme (muito densa) com a massa total da Terra colocada no seu centro.

Mas como o campo gravitacional se comporta no interior do planeta Terra? Ele existe?

Sim, existe!

Imagine a seguinte situação, um buraco que atravessasse o planeta do polo norte ao polo sul e que você queira pular nesse buraco (desconsidere os aspectos que tornam tudo isso impraticável, não dificulte sua imaginação). Se partisse do polo norte, você cairia e aumentaria sua velocidade ao longo de todo o caminho para baixo, até o centro, e depois diminuiria sua velocidade ao longo de todo o caminho até o polo sul. À medida que você caísse em direção ao centro do planeta, a massa do planeta sob seus pés responsável por te puxar vai diminuindo, assim sua aceleração também diminui até ser nula no centro da Terra, onde a atração para cima será contrabalanceada pela atração para baixo, sendo a força resultante nula nesse ponto. Por inércia você continuaria em movimento até o polo sul, mas caso você não conseguisse se agarrar à borda do buraco na chegada ao polo sul, você cairia de volta. Sua velocidade seria máxima no centro da Terra e mínima nos polos, sua aceleração seria nula no centro da Terra e máxima nos polos.

Caso a Terra possuísse uma densidade uniforme (a densidade máxima da Terra é em seu núcleo) você executaria um movimento harmônico simples como se fosse um objeto preso à extremidade de uma mola. Sem a resistência do ar, uma viagem de polo a polo iria demorar cerca de 42 minutos. Ou seja, em uma viagem de ida e volta pelo buraco você gastaria aproximadamente 84 minutos e os mesmos 84 minutos você gastaria para completar uma viagem ao redor do planeta Terra em órbita baixa.

Coincidência? Não, o movimento harmônico simples de “vai e vem” é simplesmente a componente vertical de um movimento circular uniforme. Alexander Klotz (2015) com uma abordagem mais realista com informações geológicas sobre a estrutura do centro da Terra estimou que o tempo necessário para uma viagem de polo a polo seria pouco mais de 38 minutos. Interessante né!



Cálculo do campo gravitacional no interior da Terra

Caso você queira entender o porquê desse comportamento considere uma distância qualquer do centro da Terra. Nesse ponto o campo gravitacional se deve à massa interna do planeta de raio R .

$$g_{interna} = \frac{G \cdot M_{interna}}{d^2}$$

Considerando a massa da Terra uniformemente distribuída, temos que a densidade:

$$\rho = \frac{M_{interna}}{V_{interno}} = \frac{M_{total}}{V_{total}} \rightarrow \rho = \frac{M_{interna}}{\frac{4\pi d^3}{3}} = \frac{M_{total}}{\frac{4\pi R^3}{3}}$$

então

$$M_{interna} = \frac{M_{total} \cdot d^3}{R^3}$$

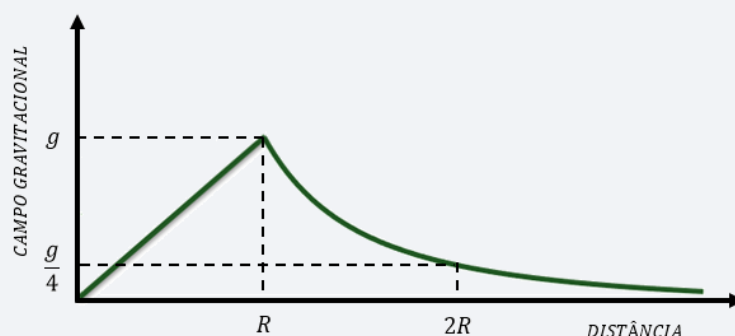
Substituindo a equação da massa interna na equação do campo gravitacional interno

$$g_{interna} = \frac{\frac{M_{total}}{R^3} \cdot d^3}{d^2}$$

e simplificando os termos

$$g_{interna} = \frac{G \cdot M_{total} \cdot d}{R^3}$$

Ou seja, no interior da Terra o campo gravitacional aumentaria linearmente até seu valor máximo aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$ na superfície.

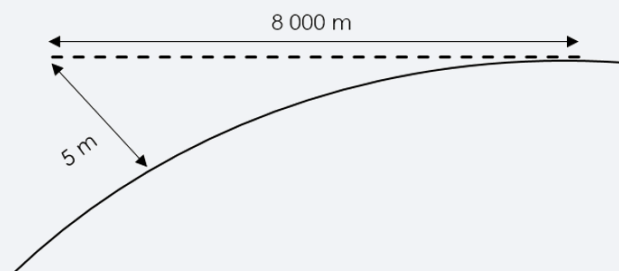


Cálculo do tempo para uma volta em torno da Terra

Na ausência da gravidade, você poderia atirar uma pedra para o céu com um certo ângulo e ela seguiria uma trajetória retilínea. Por causa da gravidade, entretanto, a trajetória se curva. Mas apesar das trajetórias curvas parecerem em primeiro momento complicadas, elas podem ser analisadas separadamente em componentes de velocidades horizontal e vertical. Assim o movimento horizontal é sempre uniforme e o vertical é acelerado (existe a aceleração gravitacional na direção vertical).

No lançamento horizontal, o tempo de movimento é igual ao tempo de movimento de um objeto abandonado do repouso, sendo a altura de queda de um objeto dado por $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$, onde g é a aceleração gravitacional e t o tempo decorrido. Analisando a equação, vemos que em um segundo o objeto cai aproximadamente cinco metros, em dois segundos 20 metros e assim por diante.

Agora, imagine um objeto lançado horizontalmente com uma velocidade suficientemente grande para garantir que sua distância de queda se ajuste à curvatura da Terra. A curvatura de nosso planeta é de tal forma que sua superfície desce uma distância aproximada de 5 m para cada 8 000 m tangentes à sua superfície.



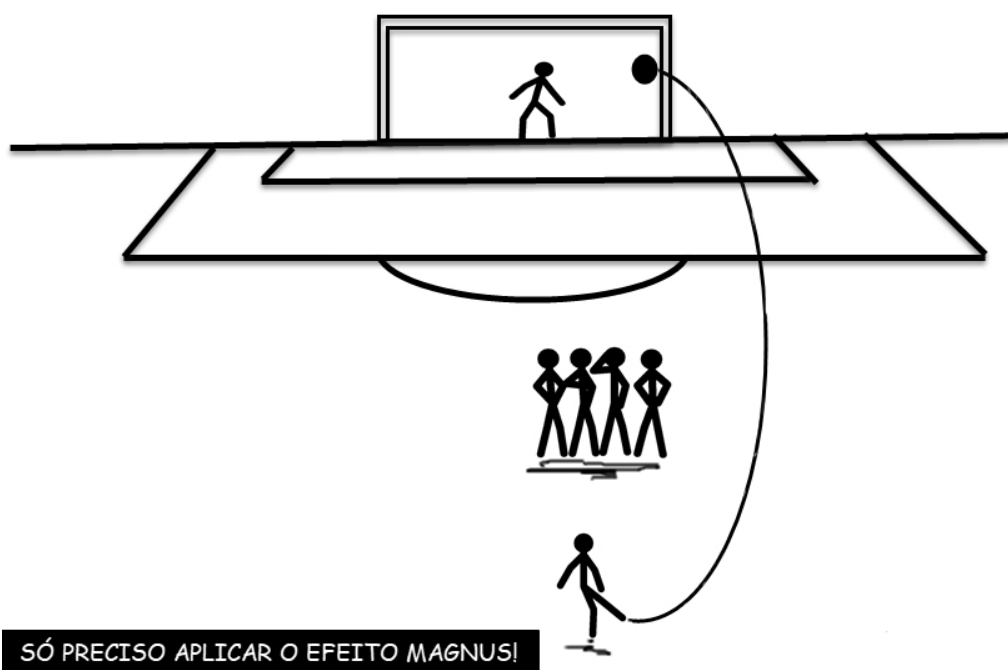
Sendo assim se um objeto pudesse ser lançado com uma velocidade suficiente capaz de percorrer 8 km durante 1 s (que leva para cair 5 m), ela então acompanharia a curvatura da Terra e descreveria uma trajetória circular e uniforme (desconsiderando o efeito do atrito que incendiaria o objeto).

O tempo gasto para uma volta completa em movimento circular e uniforme (chamamos de período) é dado por:

$$T = \frac{2\pi d}{v}$$

Sendo d o raio da Terra e v a velocidade de 8000 m/s, teremos que uma volta completa gastaria aproximadamente 84 minutos.

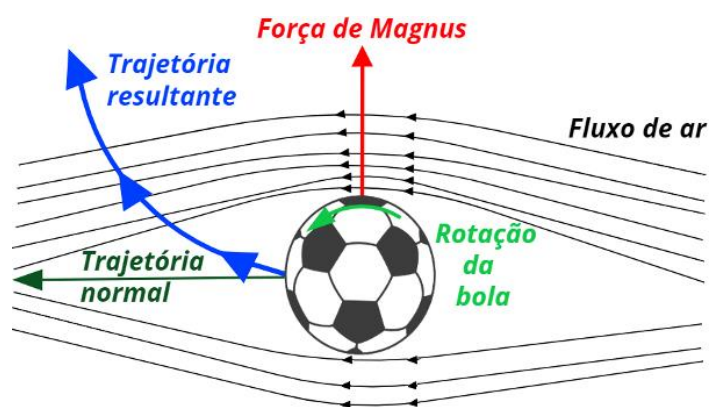
O GOL IMPOSSÍVEL



No ano de 1997 um gol espetacular do jogador Roberto Carlos na partida entre as seleções brasileira e francesa fez com que vários meios de comunicação o retratassem como um gol impossível, que a física não explicava. Sim, explica. É o efeito Magnus! (Veja o gol no link das referências)

Às vezes, quando um jogador chuta a bola ela faz uma curva no ar em vez de seguir reto. Trata-se de um fenômeno hidrodinâmico a qual a trajetória em um fluido (líquido ou gás) de um objeto é alterada devido à sua rotação. Esse fenômeno foi descoberto pelo químico e físico alemão Gustav Magnus e seu efeito depende da velocidade de rotação da bola e também da quantidade de ar que a bola arrasta quando gira.

O teorema de Bernoulli diz que quando a velocidade de um fluido aumenta a pressão diminui. Observe a figura, onde a bola e o fluxo de ar se movem no mesmo sentido, a velocidade é maior e a pressão do ar é menor. No lado que a bola se move em sentido contrário ao fluxo de ar, a velocidade do ar é menor e a pressão maior. Assim, a bola ao girar, cria uma diferença de pressão que dá origem a uma força que desvia sua trajetória.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/como-bola-futebol-faz-curva.htm>.

Com uma combinação de talento e Física, a bola chutada por Roberto Carlos a uma velocidade de quase 130 km/h, viaja reto durante alguns momentos e depois de perder energia cinética, fica mais lenta e sofre o Efeito Magnus.

Saiba +

Veja esse vídeo de uma bola caindo de uma barragem a 120 metros de altura. No segundo arremesso a bola de basquete faz uma curva fantástica e a distância percorrida pela bola é, digamos, surpreendente!

<https://www.youtube.com/watch?v=M4aBTinRENo>



Rotores Flettner

Em 1925 foi construído o primeiro navio que utilizava como princípio o efeito Magnus. Ele possuía uma espécie de vela cilíndrica rotatória criada pelo alemão Anton Flettner (1887 – 1961) chamada de rotor Flettner. De um navio convencional tiraram as velas e mastro e colocaram dois rotores de 18,2 metros de altura e 2,74 metros de diâmetro. Estes rotores foram construídos de aço e eram movimentados, cada um deles, por um motor diesel de potência de 7,5 kW. Para mostrar a eficiência do navio modificado, batizado de Baden-Baden, ele navegou por 6 200 milhas (\cong 10 000 km) no Oceano Atlântico e consumiu quatro vezes menos combustível normalmente necessários para essa distância.

O benefício do Efeito Magnus em embarcações despertou grande interesse na época, mas com a diminuição no preço do combustível os rotores Flettner ficaram longas décadas no esquecimento até seu ressurgimento durante a crise petrolífera da década de 70. Atualmente um navio que faz uso do efeito Magnus para a propulsão é o *E-ship 1*. Suas características principais estão ilustradas na figura abaixo. Diferente do navio Baden-Baden que usava somente dois cilindros, ele utiliza quatro grandes rotores Flettner, de 27 metros de altura e 4 m de diâmetro, na propulsão.

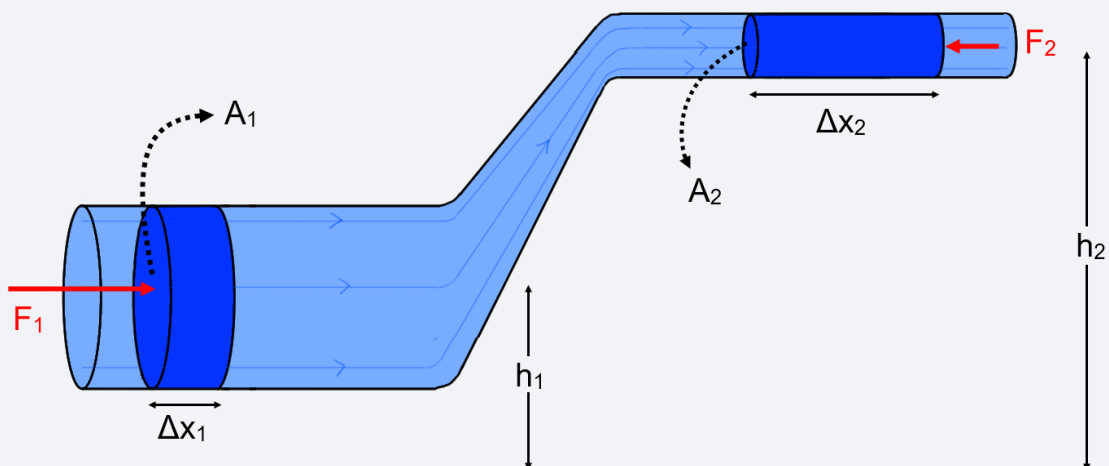


Fonte: Medeiros (2019)

O teorema de Bernoulli

A lei que relaciona as pressões em dois pontos de um fluido em movimento foi obtida por Daniel Bernoulli (1700-1782), um cientista suíço do século XVIII, que estudou o movimento de fluidos em tubos. O teorema de Bernoulli é uma consequência da conservação da energia e nos ajuda a relacionar as pressões com as velocidades e alturas de fluidos em movimento.

Na figura abaixo temos uma tubulação. Observe que o produto de A_1 e Δx_1 e também A_2 e Δx_2 representam um mesmo volume V de um fluido que é deslocado de uma região a outra da tubulação. Para que esse volume se desloque é necessário a ação de uma força que empurre o fluido com uma força F_1 maior que a força F_2 contrária ao movimento.



Se consideramos que o fluxo do fluido não tem resistência, não é viscoso e não há forças dissipativas que afetam o fluxo, então qualquer energia extra adicionada ao sistema será resultado de um trabalho externo. No caso, o trabalho da força 1, τ_{F_1} menos o trabalho da força 2, τ_{F_2} provocam uma variação nas energias cinética E_c e potencial gravitacional E_{pg} .

$$\tau_{F_1} - \tau_{F_2} = \Delta E_c + \Delta E_{pg}$$

$$F_1 \cdot \Delta x_1 - F_2 \cdot \Delta x_2 = \left(\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \right) + (mgh_2 - mgh_1)$$

Lembrando da relação entre pressão e força

$$p = \frac{F}{A}$$

que o volume é dado por

$$V = A \cdot \Delta x$$

e que massa específica é a razão entre massa e volume

$$\rho = \frac{m}{V}$$

temos que

$$p_1 V - p_2 V = \left(\frac{\rho V v_2^2}{2} - \frac{\rho V v_1^2}{2} \right) + (\rho V g h_2 - \rho V g h_1)$$

Dividindo a equação pelo volume V e reorganizando os termos, chegamos na equação de Bernoulli.

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 = \text{constante}$$

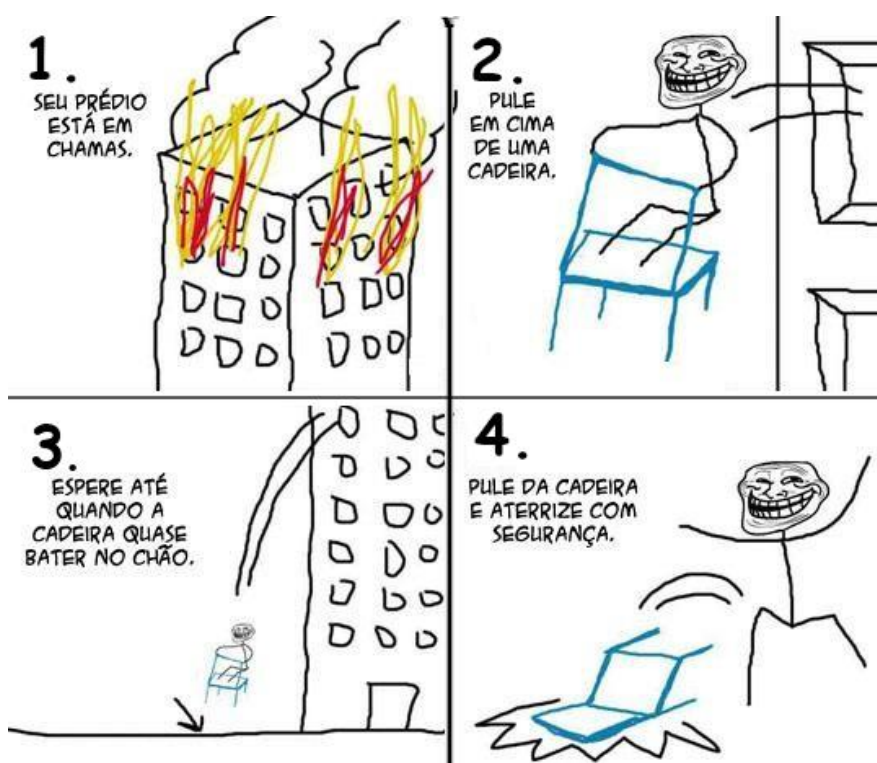
$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h = \text{constante}$$

Se o fluido estiver em repouso ($v = 0$), a equação se reduz a Lei de Stevin, e se os níveis forem os mesmos, a equação se simplificará:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{constante}$$

Note que um aumento de velocidade no fluido deve ser acompanhado por uma diminuição simultânea na pressão e vice-versa, para que a soma seja sempre o mesmo número.

A QUEDA DE UM PRÉDIO



A tirinha que dá nome ao título do texto começou a circular na internet por volta de 2010, quando estes rostinhos delicados ficaram famosos em diversos memes. Mas, a pergunta é:

É possível pular de um prédio em uma cadeira e não machucar?

A resposta obviamente é NÃO! Provavelmente o personagem da tirinha irá morrer, ou na melhor das hipóteses, se machucar bastante.

Mas vejamos o porquê de não ser viável realizar tal façanha! Não é correto afirmar que os dois cairão ao mesmo tempo e chegarão ao solo com a mesma velocidade, pois apesar de estarem sujeitos a mesma aceleração (que é a gravidade) a resistência do ar em uma queda real não pode ser desprezada e ela dependerá dos formatos dos envolvidos na queda. No vácuo, eles cairiam ao mesmo tempo, independente dos formatos e massas, mas não é o caso.

Mas digamos que possamos desconsiderar a resistência do ar, aí sim eles chegariam ao solo com a mesma velocidade. Caso o prédio tenha uns dez andares (aproximadamente 30 metros de altura) eles chegariam ao solo com uma velocidade aproximada de 25 m/s (90 km/h). Mas instantes antes do choque com o chão, a pessoa pula da cadeira. Ao fazer uma força na cadeira, o homem a empurraria para baixo contribuindo para um aumento da velocidade da cadeira e ela o empurraria para cima (ação e reação) diminuindo sua velocidade. Por exemplo, se a pessoa empurrasse a cadeira de forma a ter uma velocidade para cima de 25 m/s, sua velocidade final seria zero pois os 25 m/s para cima anulariam os 25 m/s para baixo. Já a cadeira que a pessoa estaria apoiada, caso tenham a mesma massa, aumentaria sua velocidade para 50 m/s (os 25 m/s acumulados durante a queda mais os 25 m/s proporcionados pela pessoa).

O problema é que para evitar a queda completa, a mudança de velocidade deveria se dar em um intervalo de tempo muito pequeno. Aí está o problema! A pessoa sofreria uma força intensa igual a que se tivesse o impacto com o chão, ou seja, não irá fazer diferença nenhuma conseguir pular da cadeira.

Os conceitos físicos que se baseiam esse problema é o impulso, responsável pela mudança do momento (ou quantidade de movimento) e a conservação de momento. O impulso quantifica a atuação de uma força durante um intervalo de tempo,

e a ideia é que para determinado valor de variação do momento, quanto menor o intervalo de tempo, maior será a força aplicada. Momento, de certa forma é uma medida da massa em movimento e se conserva em sistemas isolados ou em eventos que as interações entre os corpos ocorram muito rapidamente, como em colisões, explosões e empurrões.

O foguete é um sistema físico que funciona nesse princípio. A queima do combustível libera gases e devido as altas temperaturas as partículas do gás são aceleradas para fora do foguete. A ideia é muito simples: se o gás ganha movimento em um sentido, o foguete ganha movimento em sentido contrário. Interessante é que o foguete carrega dentro de si o que ele vai empurrar para trás, que é o combustível que será queimado e liberado e módulos inteiros, utilizados normalmente para o armazenamento do combustível motores, dentre outros. Assim a massa do foguete diminui com o tempo e isso contribui para que a velocidade aumente, uma vez que a quantidade de movimento é constante.

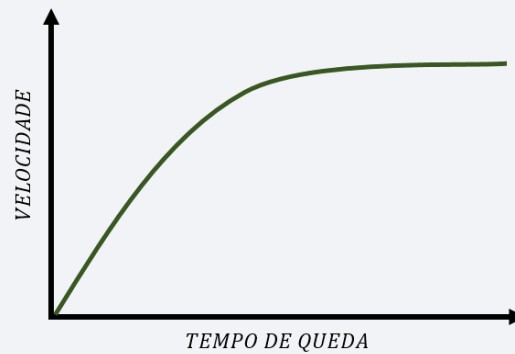


Velocidade terminal

A força de resistência do ar, também chamada de força de arrasto evita que um corpo em queda aumente sua velocidade ilimitadamente impondo um valor máximo ou terminal que pode ser atingida pelo corpo. Se essa força não existisse, gotas de chuva que caem de uma nuvem a 2 km de altura chegariam na superfície com uma velocidade próxima de 708 km/h. Mesmo para uma gota de chuva, o impacto seria considerável.

Você já deve ter percebido que os adeptos ao paraquedismo mergulham com os pés ou a cabeça para baixo para ganharem velocidade mais rapidamente e ao abrir o paraquedas sua velocidade é reduzida. Isso mostra que a força de resistência de um objeto em queda no ar depende do fator área frontal do objeto, ou seja, da quantidade de ar que o objeto retira de seu caminho enquanto cai. Além da área, experimentos mostraram que a força de resistência do também depende da velocidade.

O movimento de queda de um objeto é inicialmente acelerado com a aceleração da gravidade mas a seguir, como a força resistência do ar cresce com a velocidade, a aceleração diminui e finalmente este movimento se dá com uma velocidade constante em relação ao ar. Nesse caso a força resultante no objeto em queda é igual a zero e a velocidade terminal é alcançada.

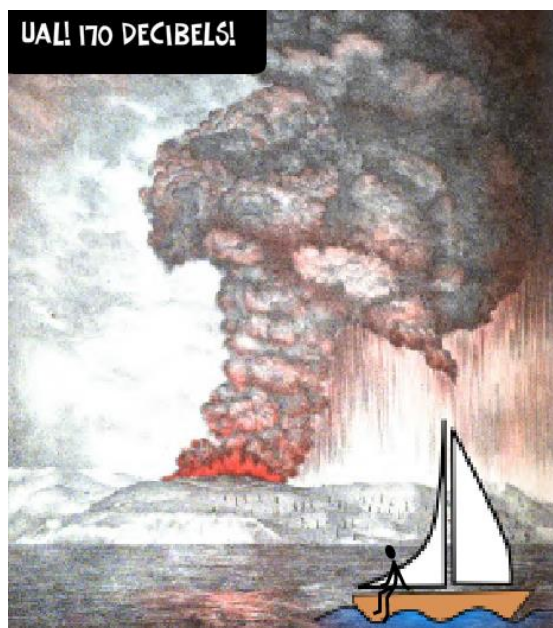


Modelar a relação entre força e velocidade não é trivial. Supondo o modelo mais simples, que a intensidade da força de resistência do ar depende linearmente da intensidade da velocidade, teremos que a velocidade terminal será:

$$v = \frac{mg}{b}$$

Onde b é uma constante que depende das propriedades do objeto (tamanho, forma) e das propriedades do fluido, que nesse caso é o ar.

O SOM MAIS ALTO DA HISTÓRIA



Primariamente é necessário fazer uma correção no próprio título do texto, altura de um som está relacionado com a frequência de oscilação das moléculas de ar. O correto seria nos referir como o som mais intenso ou forte.

Mas tudo bem, vamos aos fatos! O dia é 27 de agosto de 1883, no vulcão da Ilha de *Krakatoa*, na Indonésia, ocorre a erupção mais devastadora da sua história. O ruído da erupção foi escutado na Austrália e na Nova Guiné, territórios localizados a mais de 3.200 quilômetros da Ilha de *Krakatoa* e, inclusive, em alguns pontos do Oceano Índico, a mais de 5 mil quilômetros do vulcão. Ao todo, foi ouvido por pessoas em mais de 50 localizações geográficas. Para se ter uma noção da distância percorrida pelo som, as distâncias máximas entre os extremos Norte e Sul e Leste e Oeste do Brasil são 4 394 e 4 319 quilômetros.

A erupção do vulcão *Krakatoa* foi correspondente a 13 mil bombas de Hiroshima (200 megatons), emitiu uma nuvem de fumaça que chegou a 27 quilômetros na atmosfera sendo expelido a uma velocidade de meio quilômetro por segundo. Esta explosão criou um tsunami mortal com ondas de mais de 30 metros de altura, que destruiu 165 aldeias de assentamentos costeiros. No total, os holandeses (os colonizadores da Indonésia na época) estimaram o número de mortos em 36 417, enquanto outras estimativas excedem 120 000.

À 64 km de distância, no momento da explosão, se encontrava um navio britânico com nome de *Norham Castle*, e lá pode ser ouvido os terríveis sons. Segundo seu capitão, o estrondo foi tão intenso que grande parte dos marinheiros teve seus tímpanos rompidos, para ele era chegado o “dia do julgamento”.

A força dessa explosão, provocou um barulho equivalente a 172 decibéis a 160 quilômetros de distância. Por comparação, o lançamento do *Saturn V* (fogete utilizado nas missões Apollo) fez um barulho de 170 decibéis a 100 metros de distância – o *Krakatoa* fez o mesmo estrago em decibéis, mas a 160 quilômetros! Lembrando que o nível máximo de intensidade audível sem danos fisiológicos ou dor para o ser humano é 120 decibéis.

O aspecto dos crepúsculos e das auroras foi alterado pelo efeito da luz do Sol refletida nas partículas que foram segregadas pelo vulcão na estratosfera, o que deu um colorido avermelhado ao céu. Esse tom diferente foi inspiração para muitos poetas e pintores. Há quem defenda que Edvard Munch criou sua obra “O Grito” através deste

espantoso cenário, mas para outros o pintor não usava a realidade para retratar seus quadros, por ser um expressionista. Mesmo assim é surpreendente imaginar que uma das obras mais famosas do mundo pode ter sido inspirada de um fenômeno natural muito, mais muito distante!



Intensidade sonora e nível sonoro

Onda é um fenômeno de transporte de energia, e a energia que vai sendo transformada ou transferida com o tempo caracteriza uma medida chamada potência. No caso de uma fonte de ondas sonoras, temos a transformação de uma modalidade de energia para a energia sonora.

À medida que uma onda sonora se afasta da fonte ela vai se espalhando no espaço, e ao analisarmos quantos watts de potência está espalhada por unidade de área, estamos nos referindo a uma grandeza física chamada intensidade sonora.

O nosso ouvido percebe ondas com as mais diversas intensidades, a menor intensidade audível é 10^{-12} W/m^2 e a dor começa a aparecer quando chega a 1 W/m^2 . Como esta faixa de valores é muito grande, utilizam-se escalas de potências de dez para as intensidades, em que a intensidade dificilmente audível de 10^{-12} W/m^2 é tomada como a intensidade de referência – e chamada de zero bel. São números muito diminutos que caracterizam a intensidade sonora, para tanto foi criado uma nova grandeza física, chamada de nível sonoro, com a unidade de medida bel (uma unidade que homenageia Alexandre Graham Bell). Usualmente é mais comum utilizar a décima parte de um bel, o decibel. A escala decibel é um tipo de escala chamada de logarítmica e orienta o cálculo da intensidade sonora, facilitando a compreensão de como os sons são em distintas intensidades e seus efeitos para os ouvidos humanos. O valor em bels é proporcional ao logaritmo da intensidade sonora:

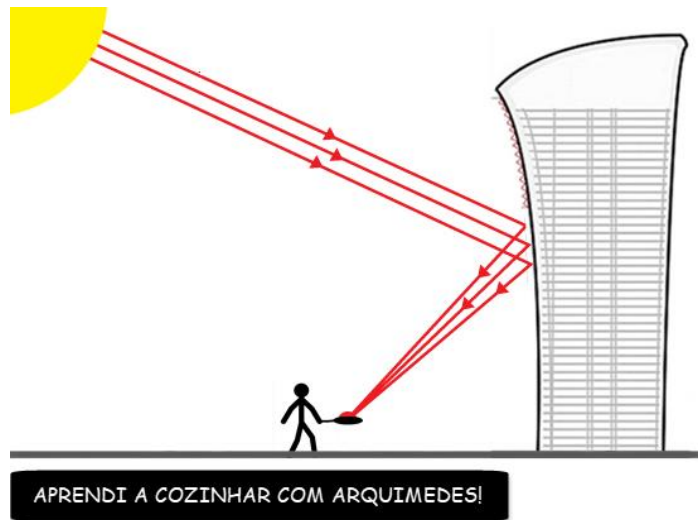
$$N = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

Um som dez vezes mais intenso que 0 bel tem uma intensidade de 1 bel (10^{-11} W/m^2) ou 10 decibels. Um som de 10 decibels é 10 vezes mais intenso do que 0

decibel, o limiar de audição. Logo, 20 decibels é 100 ou 10^2 vezes mais intenso do que o limiar de audição, 30 decibels é 10^3 vezes mais intenso do que o limiar de audição e 40 decibels é 10^4 vezes esse valor. Logo, 60 decibels representa uma intensidade sonora um milhão de vezes (10^6) maior do que 0 decibel.

Para uma acústica agradável o som deve estar entre 0 a 50 decibels. Já um som que possui um nível sonoro entre 50 e 60 decibels se torna desconfortável e pode levar a irritabilidade. Acima de 85 decibels, dependendo do tempo de exposição e de suas características, como por exemplo a frequência, começam a acontecer danos fisiológicos que podem ser permanentes, dependendo do grau de avarias dos órgãos receptores dentro do ouvido interno.

EDIFÍCIO CÔNCAVO



Uma notícia interessante circulou a internet em 2013, um edifício de 37 andares em Londres apelidado de Walkie-Talkie conseguia fritar ovos. Isso mesmo! Parece estranho, pois conseguir uma clara cozida bem branquinha e a gema mole é uma tarefa difícil na culinária.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/20_Fenchurch_Street#/media/Ficheiro:Walkie-Talkie,_Londres,_Inglaterra,_2014-08-11,_DD_098.JPG

O fato é que a temperatura perto do edifício chegava a incríveis 55 °C. Partes plásticas de veículos eram danificadas e até um pequeno incêndio na barbearia em frente ao prédio foi provocado. A causa de tudo isso foi a arquitetura exótica do edifício que tinha o formato côncavo e fachada espelhada. Essa combinação permitia concentrar os raios solares refletidos em uma região específica da rua em determinado período do dia. Conforme é aprendido em óptica, espelhos côncavos tem a capacidade de concentrar raios luminosos em um único ponto, chamado de foco.

O arquiteto responsável pelo projeto parecia ter se ausentado das aulas de óptica porque outro prédio, de sua autoria em Las Vegas, deixava agradável a água da piscina através da reflexão dos raios solares, mas derretia copos de plásticos e aquecia a cabeça dos hóspedes.

Mecanismos que se utilizam da energia solar, como os implantados nos prédios, se mal planejados podem levar a impactos ambientais indesejáveis, como desconfortos na visão devido ao reflexo e claro, o aquecimento térmico inesperado.

Esse fenômeno aparentemente difícil de modelar, tem efeitos entendidos desde a antiguidade. Conta a lenda que Arquimedes, durante o cerco a Siracusa, em 214

a.C. (Segunda Guerra Púnica), planejou um cerco com espelhos capazes de incendiar os navios romanos. O sábio grego salvou a sua cidade incendiando a frota romana com raios solares concentrados por espelhos postos na costa.

Muito já se discutiu sobre a veracidade dessa história, em 1973 o engenheiro grego Loannis Sakkas resolveu o mistério. Ele utilizou como espelhos, superfícies de dimensões comparáveis às dos escudos dos soldados gregos (cada um com cerca de 1,70 m). Para não se distanciar muito da realidade histórica, cuidou até de modificar a superfície de seus painéis de vidro, recobrando-os com uma fina película de bronze não muito polida. Isso foi necessário porque os espelhos da época eram de bronze polidos com areia que não se conseguia imagens nítidas (os espelhos de vidro foram inventados apenas em 1291). Depois de preparar desta forma sessenta e seis “escudos-espelhos”, concentrou os raios solares sobre um modelo reduzido de galera (navio movido a remos) de 3,60 metros de comprimento que flutuava a cerca de 50 m de distância. Em dois minutos o barco incendiou-se e em poucos segundos foi consumido pelas chamas.

Seja para a construção de armas medievais, aquecimento de piscinas ou “fritar ovos”, o fato é que compreender a física te credencia a feitos fantásticos. Assim foi com Arquimedes, um homem à frente do seu tempo.

Saiba +

O vídeo abaixo traz uma reportagem da época sobre o edifício em Londres.

<https://www.youtube.com/watch?v=tGD93f39isA>

JUIZ EM COMBUSTÃO

ERA SÓ UM JOGO!



No breve conto “Um ligeiro caso de insolação” estrito por Arthur C. Clarke temos o uso da energia solar em uma situação um pouco inusitada.

Uma partida de futebol seria disputada entre dois países rivais e o assunto se fazia presente em todos os lugares na cidade de Perívia. Seria a revanche de um jogo realizado no ano anterior em que o juiz desonesto havia prejudicado o time anulando gols e expulsado boa parte dos jogadores. Dom Hernando Díaz, um homem influente e com muitas posses, com perspicácia conseguiu convencer o então presidente a ceder tropas do exército do país para ocuparem metade dos cem mil lugares na arquibancada.

No dia do jogo o Sol brilhava fortemente, o estádio estava lotado. De repente se ouviram vaias das torcidas, o juiz havia entrado em campo e para a surpresa de todos, o juiz era o mesmo. Pelas regras, o time da casa poderia escolher o juiz da partida e todos estavam curiosos para verem o seu comportamento.

Durante os primeiros minutos, ele parecia estar apitando com imparcialidade, aparentemente seria uma partida limpa (apenas parecia). Depois que o time visitante abriu o placar e logo em seguida fizeram outro em um pênalti duvidoso, um jogador deu uma rasteira desleal em um periviano, mas o juiz nada fez. Com os perivianos perdendo de dois a zero, a torcida começou a temer pelo pior.

Com muito esforço saiu o primeiro gol do time da casa, um gol tão limpo que nem o juiz mais corrupto do mundo teria coragem de anular. Após um tempo veio o gol de empate, mas no meio da gritaria e da comemoração, para a surpresa de todos soou o apito do juiz. O argumento era que o jogador havia tocado a bola com as mãos.

A torcida estava estarelecida, não se ouvia um barulho sequer. No final do primeiro tempo, depois que os dois times se retiraram e apenas o árbitro ficou no meio do campo, subitamente um clarão tomou conta do estádio, quase não se conseguia abrir os olhos. No fundo ouvia-se um apito de clarim, logo outro e mais outro. Assim que a claridade se apaziguou, pode-se observar que onde antes havia o árbitro, restava só cinzas e uma pequena fumaça. Aos poucos se pode entender o ocorrido, cinquenta mil homens estavam com espelhos nas mãos que refletiam a luz solar e a direcionava para o centro do campo. Claro que tudo foi cuidadosamente articulado por Dom Hernando.

A partida continuou com um novo árbitro e Perívia saiu vitoriosa com um incrível resultado de quatorze a zero. Em alguns países, o futebol é levado muito a sério!

Saiba +

No vídeo abaixo temos uma experiência bem interessante. Um fogão é criado com uma antena parabólica e fragmentos de espelhos.

<https://www.youtube.com/watch?v=KIJ24jn2uk8>



Antenas

Refletores de antenas não refletem luz: eles são espelhos parabólicos destinados a outra faixa de frequências do espectro eletromagnético, mas a sua geometria e a teoria dela decorrente é muito semelhante a espelhos esféricos. No caso de antenas de recepção de radiação eletromagnética, a localização do foco é fundamental, pois é nele que se converge a radiação refletida, sendo neste local onde se colocam os receptores. No entanto, como essa radiação vem do refletor, é necessário que ele tenha uma área de reflexão adequada aos satélites emissores da radiação, quanto maior for a área do refletor, maior será a energia da radiação recebida ou emitida. Por isso há antenas de diferentes diâmetros. Em relação ao formato, os preferidos são os refletores parabólicos, pois permitem a concentração de raios paralelos no foco que pode ser colocado onde for mais conveniente, bastando para tanto construí-lo com o perfil adequado para que funcione corretamente.

Na imagem abaixo, quando a antena possui o receptor no foco principal (1), o receptor bloqueia parte da radiação incidente, o que projeta uma “sombra” no refletor. Contudo a perda de energia não é significativa devido ao tamanho do refletor. Já as antenas com refletores menores (2) a perda passa a ser considerável fazendo com que o receptor seja colocado em um foco secundário.

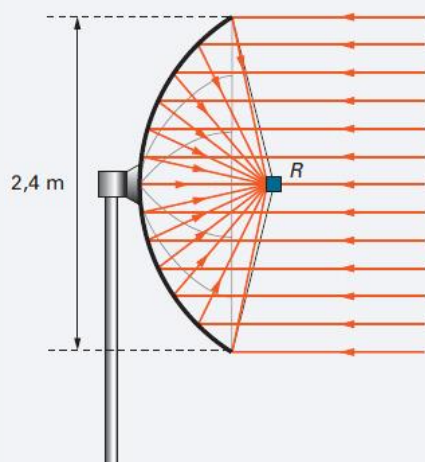


Figura 1

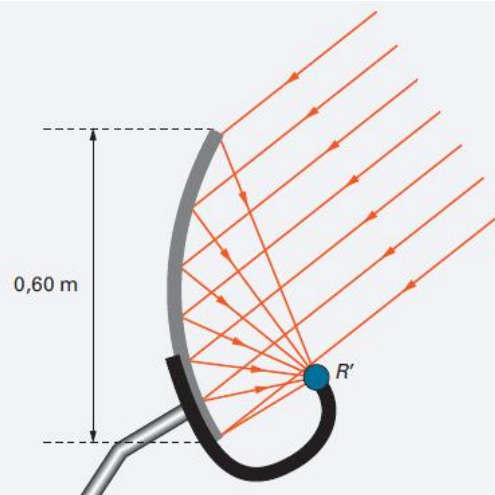


Figura 2

Fonte: Adaptado de GASPAR, 2013, página 96.

Nos refletores esféricos os focos se localizam na metade do raio da calota esférica e a concentração da radiação refletida nos focos ocorre se obedecidas as condições de astigmatismo de Gauss, ou seja, o ângulo de abertura do refletor deve ser menor que 10° .

A dificuldade de instalação e operação desse tipo de antena pode ser mostrada com um exemplo matemático da projeção vertical da antena da figura 1.



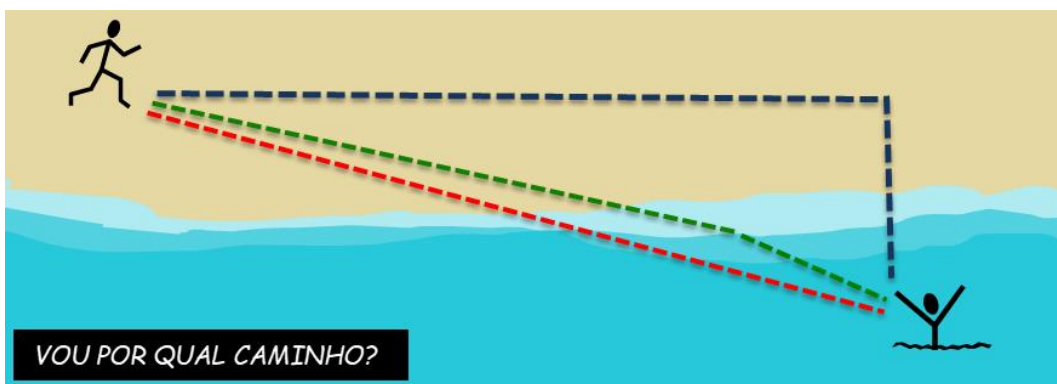
Com um pouco de trigonometria, temos que:

$$\tan 5^\circ = \frac{1,2}{\text{raio}}$$

$$\text{raio} \cong 13,7 \text{ metros}$$

Ou seja, para uma antena de 2,4 metros de projeção vertical, o raio de curvatura da superfície refletora seria próximo de 14 metros e a distância focal próximo de 7 metros.

O GUARDA-VIDAS



Férias, sol, praia, uma combinação perfeita! Apesar do ambiente agradável e propício para um bom descanso, o mar oferece riscos. O Brasil é o terceiro no mundo em afogamentos, perdendo apenas para a China e Índia, com uma média de quinze mortes todos os dias, sendo 15 % dos acidentes ocorridos em praias oceânicas.

Bom, deixando os dados tristes para uma futura reflexão, imagine a seguinte situação: Um guarda vidas percebe uma pessoa se afogando no mar. Ele tem que ser ágil, como manda a profissão, então ele tem que decidir qual é o melhor caminho para chegar até a pessoa que está afogando e realizar o salvamento (veja a figura que abre o capítulo).

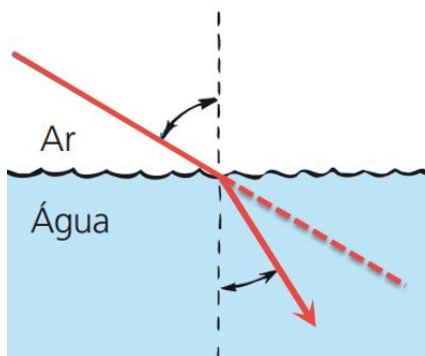
Mas qual é o melhor caminho?

A resposta mais óbvia seria uma linha reta, uma vez que é o menor caminho até a pessoa que está submergindo. Mas este não é o caminho mais rápido, apesar de ser o caminho mais curto não é mais rápido porque nos movemos com maior velocidade correndo do que nadando. Desta forma, é interessante que o salva-vidas percorra um maior trecho correndo e só depois mergulhe no mar, assim percorrendo não a trajetória mais curta, mas a trajetória de menor intervalo de tempo possível.

O interessante é que a luz faz o mesmo! Não que ela seja um ser consciente, longe disso, a luz é uma onda eletromagnética que se propaga em materiais de diferentes propriedades com diferentes velocidades. Ela viaja a incríveis 300 mil quilômetros por segundo no vácuo e na água com aproximadamente 220 mil quilômetros por segundo.

Foi Pierre Fermat, por volta de 1650, que apresentou umas das primeiras maneiras de explicar o comportamento da luz, conhecido como princípio de Fermat com a ideia de minimização de tempo. De acordo com ela, de todos os possíveis caminhos que a luz pode tomar para ir de um ponto a outro, a luz escolhe o caminho que requer o menor tempo.

Quando a luz incide de forma oblíqua sobre uma superfície de separação de dois meios (como ar e água) ela sofre um desvio conforme a figura abaixo. De forma similar ocorre o desvio da trajetória do guarda-vidas, cujo grau da mudança no traçado do percurso vai depender das velocidades do salva-vidas correndo na areia e nadando no mar.



Esse fenômeno de mudança de velocidade da luz quando ela atravessa meios ópticos diferentes é chamado de refração. A refração da luz é responsável por muitas ilusões no nosso dia a dia, como a percepção de uma piscina ser mais rasa do que realmente é, as miragens, colheres “quebradas” em copos, mudança das cores na lua cheia, dentre outros.

Quantitativamente, a lei da refração é conhecida como lei de Snell-Descartes, homenagem a René Descartes e Willebrord Snell, que com trabalhos independentes chegaram a mesma conclusão:

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$$

Nesta expressão n_1 e n_2 são os índices de refração dos meios e examina o quanto a velocidade da luz no meio difere da velocidade no vácuo, quanto maior o índice de refração menor é a velocidade naquele meio. Os ângulos θ_1 e θ_2 são respectivamente os ângulos de incidência e refração.

Saiba+

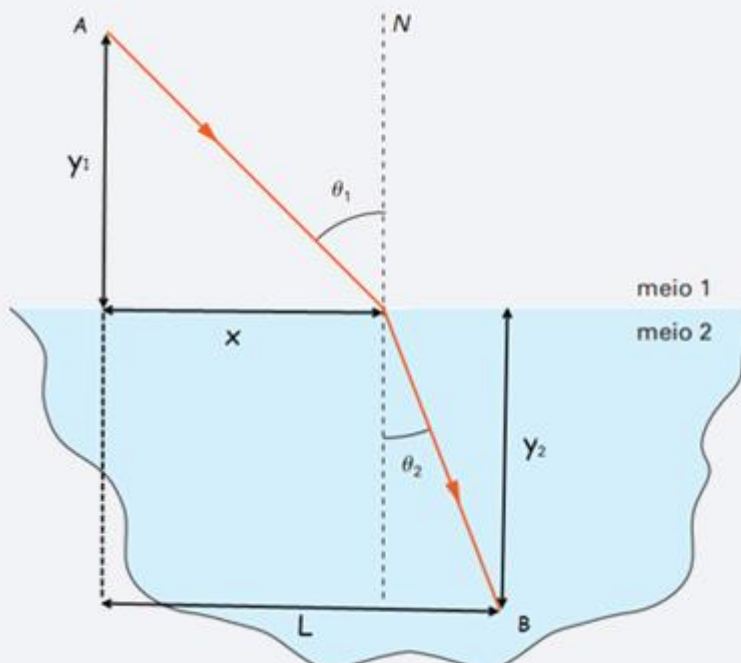
Abaixo você tem uma simulação sobre refração da luz bem interessante!

https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html



Lei de Snell-Descartes

A lei de Snell-Descartes pode ser obtida pela ideia de minimização do tempo de Fermat. Contudo, exige a compreensão de uma matemática mais robusta (conceito de derivada) que normalmente não é apresentada no ensino médio. Observe atentamente a figura abaixo:



Como os índices de refração dos meios 1 e 2 são diferentes, as velocidades são diferentes, mas constantes em cada meio. Com um pouco de trigonometria, temos que

$$v_1 = \frac{\sqrt{y_1^2 + x^2}}{t_1(x)} \text{ e } v_2 = \frac{\sqrt{y_2^2 + (L-x)^2}}{t_2(x)}$$

O tempo para um feixe de luz do ponto A para o B é dado pela soma dos tempos no meio 1 (t_1) e meio 2 (t_2). Assim criamos uma função $f(x)$:

$$f(x) = t_1(x) + t_2(x)$$

Lembrando que $t = \frac{\Delta s}{v}$

$$f(x) = \frac{\sqrt{y_1^2 + x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{y_2^2 + (L - x)^2}}{v_2}$$

Como o tempo deve ter o menor valor possível, a derivada de $f(x)$ é zero.

$$\frac{df(x)}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{\sqrt{y_1^2 + x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{y_2^2 + (L - x)^2}}{v_2} \right) = 0$$

$$\frac{1}{v_1} \frac{x}{\sqrt{y_1^2 + x^2}} + \frac{1}{v_2} \frac{x - L}{\sqrt{y_2^2 + (L - x)^2}} = 0$$

$$\frac{1}{v_1} \text{sen}\theta_1 = \frac{1}{v_2} \text{sen}\theta_2$$

Multiplicando os dois lados pela velocidade da luz no vácuo (c) e definindo o índice de refração de um meio como $n = \frac{c}{v}$, temos que

$$n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2$$

UM BAR E O ESPELHO PLANO



BONITO, MAS ACHO QUE ALGUMA COISA ESTÁ MUITO ERRADA!

Em 1882 Edouard Manet pintou um belo quadro chamado de “Um bar no Folies-Berère. Nele podemos observar um importante salão de Paris no fim do século XIX, local de encontro de pessoas das mais diversas classes sociais para diversão.

Em primeiro plano está uma garçonete chamada Suzon, aparentemente inundada em seus pensamentos e cujos olhos revelam um pouco de cansaço. A cena é repleta de movimentos, atrás um grande espelho revela-se o reflexo de Suzon, possivelmente trocando palavras com um possível freguês de cartola, garrafas de bebida em cima do balcão e pessoas que lotam o salão. Quanto mais se analisa o quadro, mais intrigante ele se torna. Para o observador, algo parece estar errado. (Veja imagem nas referências)

Por anos o quadro foi ridicularizado com a justificativa de que as imagens refletidas pelo espelho estariam em posições erradas. Seguindo a lógica, a imagem da garçonete estaria em um lugar incorreto no espelho, sua pose seria diferente da imagem refletida. Também teriam seu reflexo errado as garrafas, que do lado esquerdo da pintura estão na parte de trás do balcão, mas na imagem refletida estão na parte da frente. Mas a maior crítica era que Suzon olha diretamente para você (observador), contudo ela está conversando com um homem à sua frente, logo o homem deveria ser você.

Quando você olha para o quadro pela primeira vez, pode ter essa impressão, mesmo que de modo inconsciente que algo realmente está errado. A dúvida (ou a certeza) de que o pintor cometeu um erro de perspectiva alimentou discussões durante pouco mais de um século até que o historiador de arte australiano Malcolm Park em 2000 resolver pôr fim a discussão e recriou o cenário da tela para verificar como a coisa toda se encaixava. E surpreendente ele encaixava!

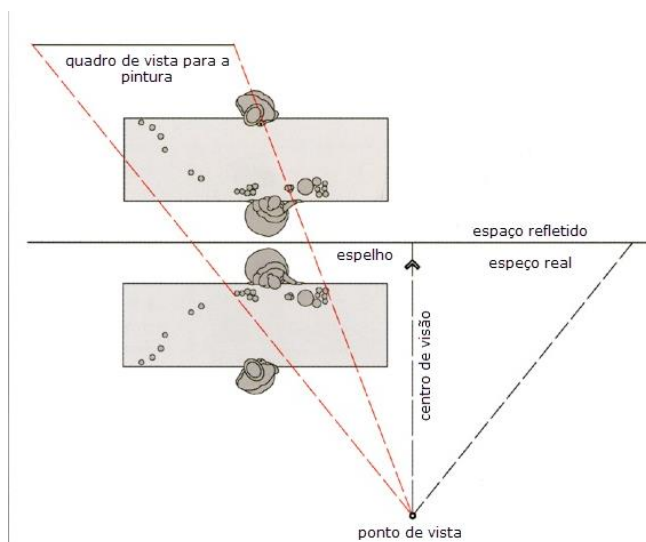
Fotografia de Greg Callan com instruções de Malcom Park.



Fonte: <https://nonsite.org/intentionality-and-art-historical-methodology-a-case-study/>

Malcom Park comprovou com uma foto produzida em estúdio que o que é visto na tela de Manet é um truque óptico. O esquema abaixo exemplifica a organização do espaço para a criação da pintura, nela mostra que o pintor se encontrava à direita da cena e que na verdade a mulher não está alinhada com o balcão, mas sim de lado com os olhos voltados para o artista. O homem de cartola está fora da visão de Manet, mas sua imagem aparece refletida no espelho.

Diagrama do ponto de vista aérea da reconstrução da tela de Manet



Fonte: <https://nonsite.org/intentionality-and-art-historical-methodology-a-case-study/>

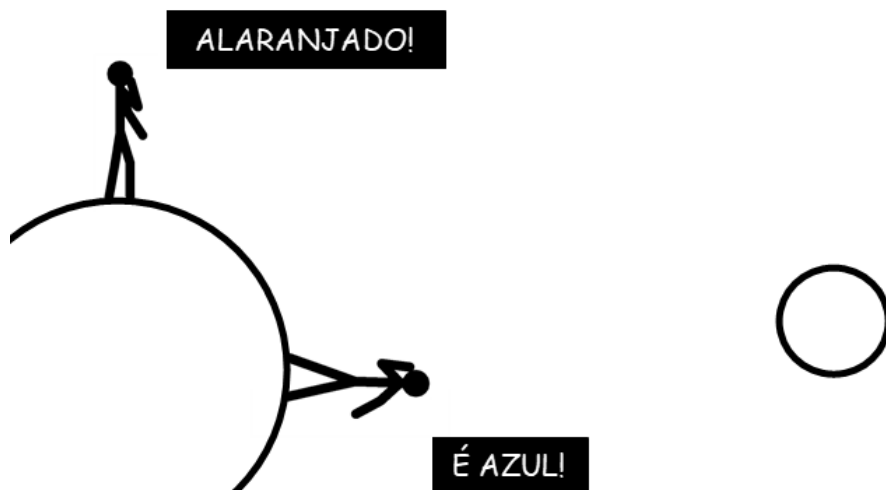
No fim, a pintura obedece tão exatamente às leis da ótica e às regras de perspectiva que deixa claro que toda a arte elaborada por Manet foi intencional, não por mero acaso!

Saiba+

No link abaixo, o professor Fernando Lang Silveira faz uma análise da tela “Narciso” de Caravaggio mostrando a consistência das leis da óptica na pintura.

<https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=pintura-de-narciso-por-caravaggio>

POR QUE O SOL E O CÉU MUDAM DE COR?



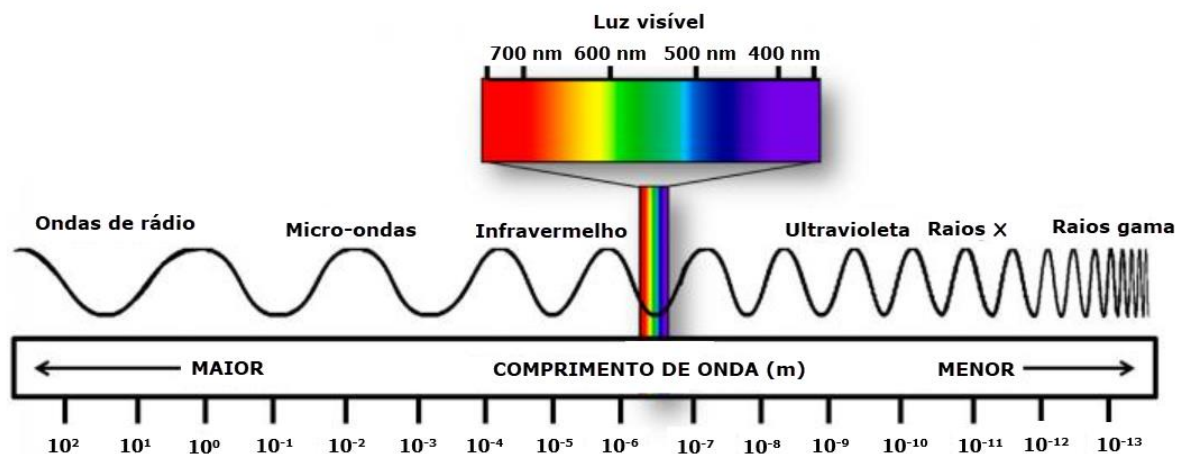
Sabe-se, desde as observações paradigmáticas de Newton, que a luz do Sol pode ser decomposta no chamado espectro visível, com aspecto semelhante ao de um arco-íris. A combinação das cores do espectro visível forma a chamada luz branca, que pode ser vista por telescópios que observam o Sol desde fora da atmosfera, como mostrado na foto abaixo. Então, por que vemos o Sol em cores amareladas? Antes de respondermos essa pergunta, notamos ainda nesta mesma foto que, visto do espaço, o céu é escuro. E isso parece contradizer nossa experiência cotidiana, de que o céu é azulado. Porém, se pensarmos um pouco, somos lembrados também de que, no amanhecer e no entardecer, o céu parece alaranjado. Como é possível conciliar tantas observações aparentemente contraditórias?



Fonte: https://www.reddit.com/r/spaceporn/comments/cxtj2l/sun_from_space/

Para essa tarefa, é necessário compreender melhor a luz emitida pelo Sol. Ela contém uma infinidade de comprimentos de onda, incluindo essencialmente todas as cores (com a exceção de algumas poucas componentes), cobrindo todo o espectro visível e estendendo-se ainda por uma considerável porção invisível aos olhos humanos. As cores luminosas são manifestações da natureza ondulatória das radiações eletromagnéticas: cada onda eletromagnética que oscile com frequência entre aproximadamente 4×10^{14} e 8×10^{14} ciclos por segundo - o que corresponde a uma faixa de comprimentos de onda que vai de cerca de 400 a 700 nanômetros - apresenta uma cor única e bem definida. As cores com maiores comprimentos de onda - e conseqüentemente menores frequências - são consideradas menos energéticas e apresentam coloração avermelhada. Já as cores com menores

comprimento de onda - e conseqüentemente maiores frequências - são consideradas mais energéticas e são percebidas como violetas.

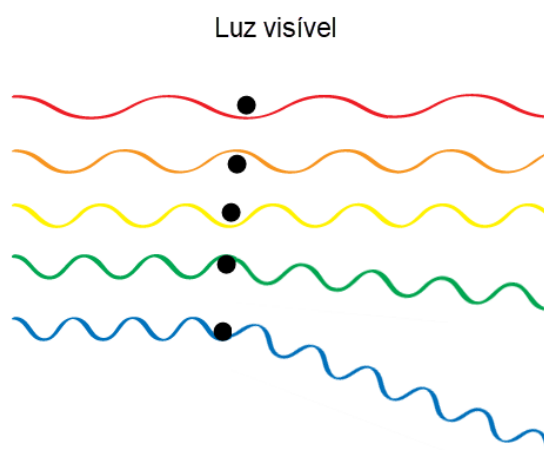


Fonte: Adaptado de <http://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/radiation-sun.php>

É possível termos ondas eletromagnéticas menos energéticas que as luzes avermelhadas, bem como mais energéticas que as luzes violetas. Abaixo do espectro visível, temos assim o que se chama de espectro infravermelho, capturado por câmeras de visão noturna sensíveis ao calor emitido pelos corpos na forma radiativa; com a diminuição paulatina das frequências de oscilação das ondas eletromagnéticas chegamos à região das micro-ondas, usadas em alguns aparelhos domésticos, e posteriormente às ondas de rádio, com baixa energia e usadas em telecomunicações. No caminho oposto, acima do espectro visível, conforme aumentamos as frequências de oscilação, chegamos a ondas eletromagnéticas cada vez mais energéticas, indo desde o ultravioleta, passando pelos raios X - ambos com aplicações médicas - até os raios Gama, detectados em eventos estelares.

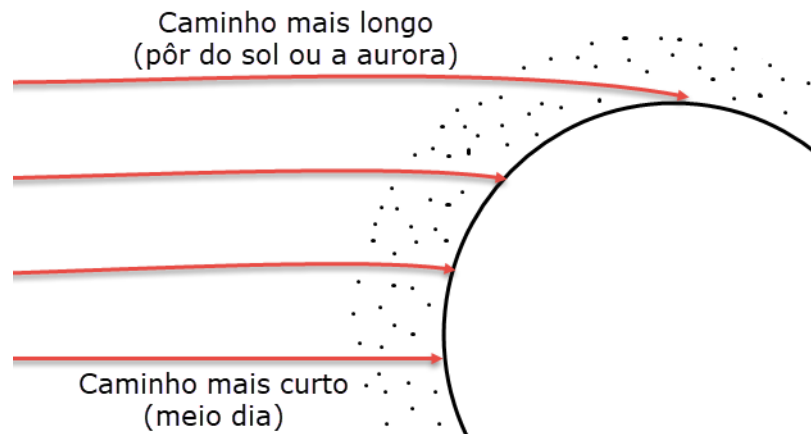
Voltando agora à inquietação inicial, sobre as cores aparentes do céu e do Sol, que parecem diferentes na Terra e no espaço, precisamos entender a principal diferença entre tais regiões: a atmosfera. A atmosfera é uma camada gasosa que envolve o planeta atraída gravitacionalmente, sendo composta essencialmente por Nitrogênio (78%) e Oxigênio (21%), bem como água e outras partículas em suspensão. As moléculas certamente ocupam um volume espacial e produzem uma área de choque com relação a qualquer outro objeto físico que passe ao seu redor. Ao cruzarem seus caminhos, é natural que haja uma “colisão” e o conseqüente espalhamento dos objetos em variadas direções.

Esse processo de espalhamento, também é sofrido pelas ondas luminosas quando passam perto das moléculas da atmosfera. Nesse caso é denominado espalhamento de Rayleigh. Acontece que, dadas as dimensões e características das moléculas atmosféricas, as componentes da luz solar com diferentes comprimentos de onda sofrerão espalhamentos diferentes: as ondas com maior comprimento de onda tendem a passar com mais facilidade pelas moléculas, evitando, em média, muitas colisões; já os comprimentos de onda menores dificilmente escapam de uma eventual colisão contra as moléculas.



Assim, as luzes vermelhas, laranjas e amarelas passam mais facilmente pela atmosfera, chegando até nós. Por sua vez, as luzes azuis e violetas sofrem mais interações com as moléculas atmosféricas, sendo por elas parcialmente absorvidas e parcialmente espalhadas em todas as direções do céu. O efeito resultante de todos esses fenômenos é de que as componentes azuladas da luz solar são transferidas para o céu atmosférico por meio do espalhamento. A coloração violeta, embora presente na atmosfera, é menos percebida pelos olhos, por serem menos sensíveis a esses tons.

Durante as horas do amanhecer e do entardecer, os feixes solares percorrem um maior comprimento dentro da atmosfera, como indicado na figura abaixo. Viajando assim um maior caminho em meio às moléculas da atmosfera, estas não só espalham mais as ondas mais energéticas como também absorvem mais essas componentes da luz. Como resultado, o azul desaparece do céu, restando apenas as cores mais avermelhadas, típicas do lusco-fusco.



Caso não houvesse espalhamento da radiação solar na atmosfera, o céu não emitiria luz e se apresentaria negro. Tal é o que acontece à noite, quando a atmosfera, fracamente iluminada pelas estrelas e pela Lua, reemite por espalhamento com tão pequena intensidade que não percebemos e, portanto, o céu noturno se apresenta escuro, negro.

DEVEMOS EVITAR A RADIAÇÃO?

EVITAR OU NÃO EVITAR?



Muitas das vezes em que ouvimos falar de fenômenos radiativos, vem em nossa mente uma sensação de grande perigo. Mas será que devemos evitar a todo custo radiação? A resposta é que nem sempre. Então por que temos essa lembrança de alta letalidade quando seres humanos entram em contato com tais eventos? A resposta para essa pergunta tem a ver com a grande confusão feita pela população entre os fenômenos radiativos e os radioativos. Enquanto as manifestações radiativas dizem respeito à radiação eletromagnética, as ocorrências radioativas referem-se à radioatividade de alguns elementos atômicos.

A radiação eletromagnética é um efeito bastante comum, provocado pela simples aceleração de cargas elétricas, que acontece com grande frequência em nosso cotidiano. Nós mesmos temos elétrons em nosso corpo que estão oscilando junto às moléculas, devido à agitação térmica. No entanto, por se tratar de um movimento relativamente moderado a energia da radiação por nosso corpo é naturalmente baixa e não nos causa perigo. Na verdade, nem mesmo nossos olhos são capazes de enxergar ondas eletromagnéticas de frequências tão baixas, sendo necessário o uso de câmeras de visão noturna para detectá-las e convertê-las em imagens visíveis.

Existem inclusive ondas menos energéticas como as micro-ondas e as ondas de rádio, ambas usadas em aparelhos eletrônicos. Embora sejam ondas com baixa energia, estas últimas, quando aplicadas em grandes intensidades, requerem certos cuidados, como ocorre com as proteções dos fornos micro-ondas. Ou seja, quando a potência é alta mesmo ondas pouco energéticas tornam-se perigosas.

Por outro lado, ondas eletromagnéticas com maiores frequências requerem cuidado mesmo quando usadas a baixas potências pois cada pacote de luz carrega uma quantidade alta de energia. Daí a necessidade de nos expormos com parcimônia tanto aos raios ultravioletas emitidos pelo Sol quanto aos exames de raios X em hospitais e clínicas dentárias. Tais radiações são tão energéticas que podem causar alterações nas células humanas levando inclusive a mutações genéticas e induzir tumores cancerígenos. Como exemplo extremo podemos citar os raios Gama, produzidos em alguns eventos estelares muito energéticos, sendo que astrônomos dedicam-se a procurar por explosões que geram raios Gama em dados telescópicos para identificar eventos significativos no universo.

E onde entra a radioatividade? Bem, enquanto os fenômenos radiativos têm origem em uma força fundamental da natureza bem conhecida - a interação eletromagnética - a radioatividade tem sua raiz em uma outra força fundamental da natureza, a interação nuclear fraca. Além da gravitação e do eletromagnetismo, as outras duas forças fundamentais conhecidas têm natureza nuclear: uma é a chamada nuclear fraca; a outra é a nuclear forte. Enquanto a última é responsável pela estabilidade do núcleo atômico, apresentando uma atratividade capaz de vencer a repulsão eletrostática entre prótons do núcleo, a primeira governa a fissão nuclear. Esta é uma reação nuclear de decaimento radioativo, em que um núcleo atômico decai em dois ou mais núcleos mais leves; como subproduto dessa reação, para manter a conservação de energia, em geral é produzida radiação do tipo Gama, altamente energética.

Dessa forma, o decaimento radioativo é acompanhado por uma liberação de muita energia, expondo riscos à saúde. A palavra radioatividade faz menção a propriedades semelhantes às do elemento Rádio (Ra), descoberto por Marie Curie, sendo cerca de um milhão de vezes mais radioativo do que a mesma massa de Urânio. Em geral essa característica de decaimento é comum a elementos instáveis com números atômicos altos, como Urânio, Tório e até mesmo o isótopo Potássio-40.

O Carbono-14 é um isótopo pouco comum mas que está contido em nossos organismos e permanece em quantidade estável, através da alimentação, durante a vida de um ser humano. Sua presença dentro de nós é pouco nociva pois a reação nuclear em que ele decai em Nitrogênio é muito rara, levando cerca de 5730 anos para que uma amostra de Carbono-14 se reduza à metade da quantidade original. Após a morte, um ser humano deixa de ingerir esse isótopo e a quantidade presente no corpo diminui com o tempo, levando milênios para desaparecer. Medindo-se a quantidade de Carbono-14 em fósseis é possível inferir a idade do material morto. Essa técnica, conhecida como datação por carbono, é amplamente utilizada no estudo de múmias, dinossauros etc.

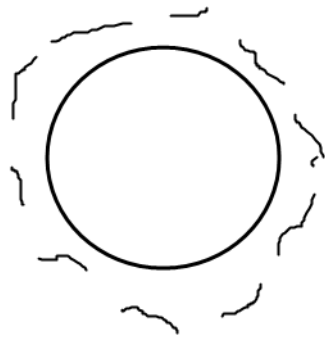
Os elementos radioativos com maior atividade, devido a sua periculosidade, tem aplicações bastante restritas, sendo mais utilizados em medicina. Seu uso em hospitais requer muito cuidado com o descarte dos dejetos, pois sua má acomodação pode produzir catástrofes como aquele que ficou conhecido como Acidente Radiológico de Goiânia, em 1987, envolvendo o Césio-137.

Saiba +

No vídeo abaixo você tem acesso a um programa exibido em agosto de 2007 sobre a história do acidente com Césio-137 em Goiânia.

<https://www.youtube.com/watch?v=MfshO3PvIYs>

COMO SABEMOS DO QUE É FEITO O SOL?



VOU COLHER AMOSTRAS NA SUPERFÍCIE DO SOL!

Andando pela rua em um dia quente, temos consciência de quão elevadas são as temperaturas em nossa estrela-mãe. Sendo insuportável o calor nas proximidades do Sol, onde nem mesmo os metais mais duros podem resistir, como podemos determinar a composição química do astro-rei? Com a impossibilidade de visitar o Sol pessoalmente e até mesmo de enviar sondas ao local, restam-nos apenas métodos indiretos.

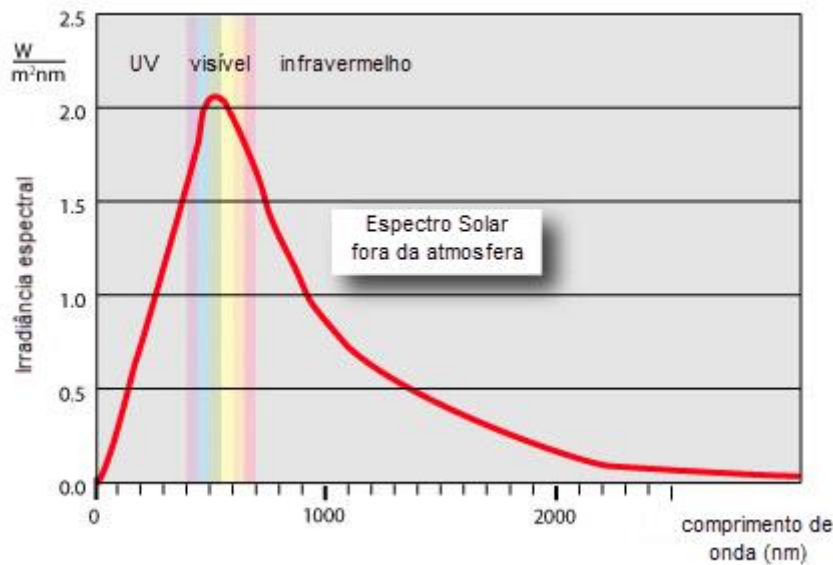
Na verdade, a maior parte das informações que recebemos do Sol são atribuídas à sua luz, ou de maneira mais geral à radiação eletromagnética que ele emite. Logo, devemos usar tais informações a fim de extrair a maior quantidade de conhecimento.

Antes de mais nada é preciso compreender como a radiação eletromagnética é produzida e a resposta é relativamente simples. Sempre que uma carga elétrica é acelerada, esse movimento produz uma perturbação no campo elétrico por ela gerado. Assim, uma carga oscilante produz um campo oscilante que se manifesta na forma de uma onda que viaja por todo o espaço.

Em seguida é necessário entender de onde vêm as cargas oscilantes em um corpo como o Sol. Bom, os corpos à nossa volta são compostos de átomos feitos de núcleos cercados por uma eletrosfera, onde os elétrons têm certa liberdade para se mover. Considerando ainda que a temperatura é uma medida da agitação térmica de um corpo, concluímos que quanto mais quente um corpo está, mais agitação haverá em seus constituintes fundamentais. De fato, ao aquecermos muito um corpo ele passa a emitir radiação, tornando-se incandescente, como ocorre com as brasas ou com as lâmpadas de filamentos.

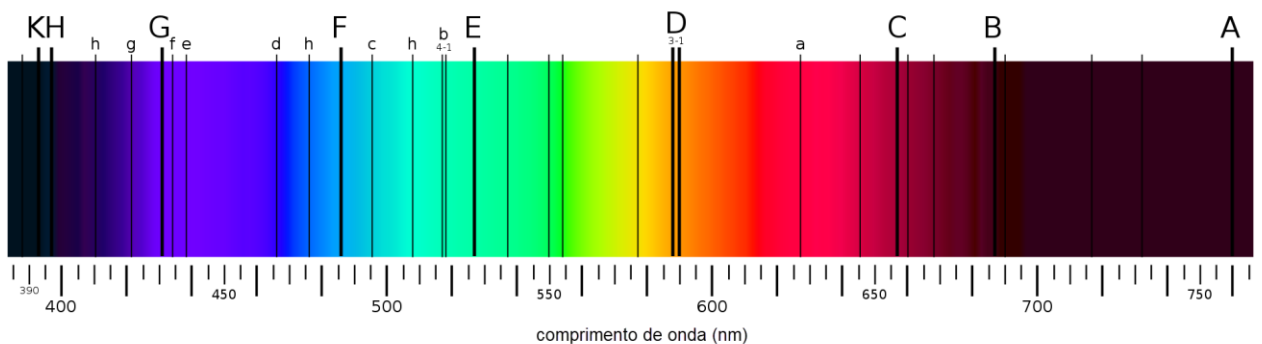
No caso do Sol, as temperaturas são tão elevadas que nem mesmo a estrutura atômica consegue sobreviver e a matéria que o compõe está predominantemente no estado da matéria conhecido como plasma, em que os elétrons desligam-se completamente dos núcleos, que ficam ionizados. Dessa forma, tanto movimento de partículas carregadas de fato leva à produção de muita radiação, com diferentes frequências de oscilação.

Medindo-se a intensidade de radiação em cada frequência é possível construir um gráfico que represente a distribuição espectral da radiação solar. O resultado experimental é mostrado na figura abaixo, onde se apresentam a intensidade da radiação referente a cada comprimento de onda:



Fonte: Adaptado de <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/characteristics.php>

A partir desse gráfico, nota-se imediatamente que o pico de radiância ocorre na região do visível. E isso não é nenhuma coincidência: os olhos humanos adaptaram-se evolutivamente para melhor utilizar a radiação solar. No entanto, examinando tal gráfico com mais detalhes, percebemos que o espectro contínuo apresenta algumas falhas, como indicado na figura abaixo:

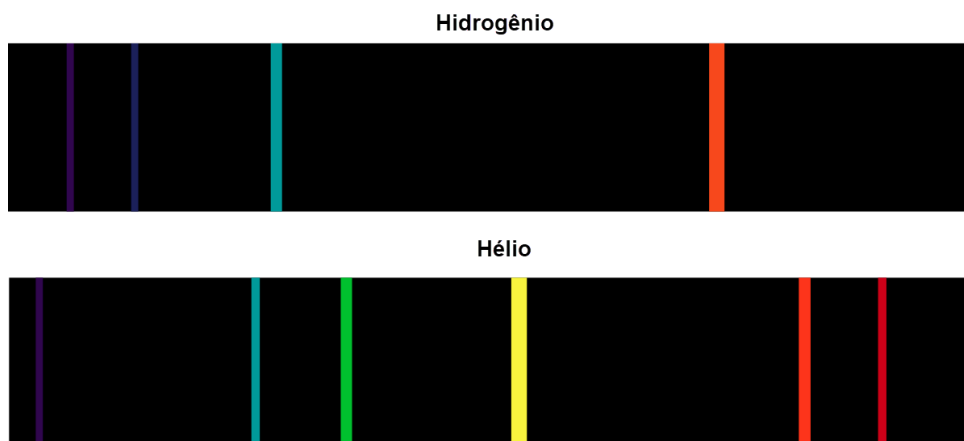


Fonte: https://hr.wikipedia.org/wiki/Spektralna_analiza#/media/Datoteka:Fraunhofer_lines.svg

De forma similar outras estrelas, apresentam falhas distintas de modo que o espectro da estrela serve como uma impressão digital, característica de cada astro. Agora vem o pulo do gato. Tais falhas coincidem com as localizações de linhas espectrais em outros gráficos, as curvas de emissão atômica de certos elementos.

Por fim é necessário compreender os espectros atômicos. Cada átomo tem uma estrutura atômica que pode ser explicada pela teoria quântica e estabelece que os elétrons só podem ocupar estados com níveis de energia bem específicos. Quando

um elétron sai de um nível energético mais alto para um mais baixo, a energia perdida é convertida em um pacote de luz cuja frequência é diretamente proporcional à diferença energética. A título de ilustração mostramos abaixo as possíveis cores emitidas em transições de níveis atômicos para o Hidrogênio e para o Hélio:



Fonte: <http://as151.blogspot.com/2016/12/kirchoffs-laws.html?m=0>

Reciprocamente, para excitar um elétron atômico de um nível energético mais baixo até um mais alto, é preciso absorver um quantum de luz com as mesmas cores características. Dessa forma, concluímos que as falhas observadas no espectro solar representam as frequências características em que a luz solar produzida por agitação térmica é absorvida pelos átomos que compõem a estrela. Com isso é possível fazer o cruzamento de informações e determinar as linhas espectrais características de quais átomos estão presentes no espectro estelar.

No caso do Sol, observam-se falhas que correspondem ao espectro de absorção dos elementos Hélio e Hidrogênio, majoritariamente. De fato, o batismo do elemento “He” é uma referência ao Sol, que era representado na mitologia grega pelo deus Helios (Apolo na tradição romana). Isso porque esse elemento era desconhecido na Terra até sua observação em espectros solares em meados do século XIX, antes mesmo da compreensão microscópica da estrutura quântica dos níveis energéticos.

Estudos baseados nos espectros formam uma área do conhecimento conhecido como Espectroscopia e servem não só para estudar estrelas mas também compostos químicos de interesse médico, farmacêutico, biológico, etc.

VOCÊ É UMA ESTRELA!

JÁ SABIA!



Uma pessoa que consome em média 2500 kcal por dia (cerca de 11 milhões de joules) possui uma potência média de 120 W. Valor este distante de 4×10^{26} W, que é aproximadamente a potência luminosa emitida pelo Sol.

Contudo se analisarmos a potência por unidade de massa, ou seja, a razão entre a potência do Sol e sua massa (aproximadamente 2×10^{30} kg), e razão entre a potência de uma pessoa e sua massa (média de 70 kg), concluímos que uma pessoa produz cerca de dez mil vezes mais energia por quilograma que o Sol. Mas se produzimos mais energia por quilogramas do que o Sol, temos uma flexão a fazer:

Por que não brilhamos?

Por incrível que possa parecer, brilhamos sim! Nós brilhamos emitindo radiação em uma faixa de frequência não sensível aos nossos olhos. Na verdade, qualquer coisa, com temperatura não nula, emite radiação e quanto maior a temperatura, maiores são as frequências das radiações emitidas. Sendo a superfície do Sol muito quente, ele emite radiação cujas frequências estão bastante concentradas na faixa da luz visível. Já nós, emitimos radiação de frequência bem mais baixa, na faixa do infravermelho.

É preciso saber que, para algo brilhar, necessitamos conhecer a potência emitida por unidade de área e não por quilograma. O Sol possui um raio próximo de 700 milhões de metros, de forma que a energia por área e tempo emitido é 80×10^6 W/m². Uma pessoa produz 120 W e possui uma superfície corporal mínima normalmente de 1,6 m². Se toda a energia produzida fosse emitida por radiação (o que não ocorre) emitiríamos apenas 75 W/m², perto de um milhão de vezes menos que o Sol.

Concluímos que, apesar de produzirmos mais energia por massa, produzimos muito menos energia por superfície. Assim brilhamos, mas de forma diferente do Sol, que brilha emitindo radiação na faixa visível e nós brilhamos na faixa do infravermelho.



Potência do Sol

Uma estimativa da potência que atinge a nossa atmosfera terrestre é de aproximadamente $1\,400\text{ W/m}^2$. Conhecendo esse valor e a distância da Terra ao Sol, da ordem de 150 milhões de quilômetros (ou $15 \times 10^{10}\text{ m}$), podemos calcular a energia total emitida pelo Sol.

Cada m^2 de superfície a 150 milhões de quilômetros do Sol recebe essa mesma energia. Assim, para determinar a energia total emitida pelo Sol basta multiplicar $1\,400\text{ W/m}^2$ pela área de uma esfera de 150 milhões de quilômetros. Como a área de uma esfera é igual a $4\pi R^2$, onde R é o raio da esfera, temos:

$$P = 1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 4\pi (15 \times 10^{10} \text{ m})^2$$

$$P = 4 \times 10^{26} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sei que você colega professor tem uma grande preocupação com a aprendizagem e motivação dos seus alunos. Então nesse trabalho trouxe uma contribuição de uma experiência considerada positiva em sala de aula. Acredito que o livreto “Curiosidades da Física” traz um momento de bom humor para as aulas de Física ao tratar assuntos de forma divertida com situações cômicas, como o exemplo do jogo de futebol, a queda do prédio. E algumas vezes absurdas, como um mol de reais e esquentar “chafé”. Traz também respostas para questionamentos comuns presentes nas salas de aula, como o porquê das cores do céu, das medidas indiretas que nos permitem identificar a composição do Sol, dentre outros.

Ao aplicar o Produto Educacional nas minhas turmas como complemento do material didático, mesmo que de maneira remota, percebi uma considerável aceitação por parte dos alunos, levando-os a desejarem aprender mais sobre a disciplina de Física. Contudo, cada sugestão de texto, vídeo e simulação apresentada deve ser avaliada por você professor para que as especificidades da sua escola e das suas turmas sejam consideradas. E apesar das sugestões de aplicações no início do produto, cabe a você identificar a melhor maneira de utilização do Produto Educacional ao conduzir o processo de aprendizagem em sua sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ***A revolta do quebra-quilos***

Bureau international des poids et mesures, **The International System of Units (SI)**, , 2019. Páginas 130 - 135. Disponível em: <https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf>. Acesso em: 8 de abr. de 2020.

ROZENBERG, Izrael Mordka. **O sistema internacional de Unidades – SI**. São Paulo: Instituto de Tecnologia, 2006. Páginas 26 – 32.

STEFANOVITS Ângelo. **Física 1: Ensino Médio**. São Paulo: Edições SM, 2013. Página 27.

VIDAL. Haroldo. **Quebra Quilos - Uma revolta diferente**. 2013. (15m). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dzfkYp-NQYY>. Acesso em: 10 de set. de 2019.

- ***O valor de um mol***

MUNROE, Randall. **E se?** Respostas científicas para perguntas absurdas. São Paulo: Companhia das Letras, 2014. p. 99-107.

- ***Alavanca de Arquimedes***

ASSIS. A. K. T. **Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca**. C. Roy Keys Inc. Canadá: 2008.

BALANÇANDO. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: http://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt_BR.html. Acesso em 10/08/2019.

- ***Se a Terra parar de girar***

MUNROE, Randall. **E se?** Respostas científicas para perguntas absurdas. São Paulo: Companhia das Letras, 2014. Páginas 13–24.

- ***A separação da Terra-Lua***

_____. **Ansient distance and apparent sizo f the moon**. 2019. (27s).

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=hi8xWqHBk84&feature=emb_logo>. Acesso em: 30 de out. de 2020.

LOPES, Wilson. Efeitos das Marés sobre o Sistema Terra-Lua. **Revista Brasileira de Física**, São Paulo, v.18, n. 4, dez. 1996. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v18a31.pdf>. Acesso em: 25 de out. de 2020.

SILVEIRA, Fernando Lang. Marés, fases principais da lua e bebês. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. São Paulo, v.20, n.1, abr. 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/306032185_MARES_FASES_PRINCIPAI_S_DA_LUA_E_BEBES>. Acesso em: 25 de out. de 2020.

- ***A energia e os blocos***

FEYNMAM, Richard. **Lições de física de Física**. Porto Alegre: Bookman, 2008. Capítulo 2.

FORMAS DE ENERGIA E TRANSFORMAÇÕES. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html. Acesso em 31 jul. 2019.

HEWIT, Paul, G. **Física Conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. P. 113-121.

THENÓRIO, Iberê. **Como fazer um gerador (de verdade) com um DVD player (EXPERIÊNCIA)**. 2012. (8m05s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TyANOy7d-kQ>. Acesso em: 12 de jul. 2019.

- ***Aquecer uma xícara de café com a voz***

SILVEIRA, J. F. P. O decibel e os sons. **Matemática elementar**, 2000. Disponível em <http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1f.html>. Acesso em 31 de ago. 2019.

How long would you have to yell to heat a cup of coffee? **Physicscentral**, 2019. Disponível em <https://www.physicscentral.com/explore/poster-coffee.cfm>. Acesso em 30 de out. de 2019.

- ***A dilatação da Torre Eiffel***

Como foi construído a Torre Eiffel? **Super interessante**, 2011. Disponível em <http://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-foi-construida-a-torre-eiffel>. Acesso em 14 de jun. de 2019.

MURTINHO V. **Eiffel e a torre dos mil pés**. CIDADE, Metálica, 2017.

COELHO, Marcelo Nunes; MAIA, André de Oliveira Girão; VIEIRA, Simony Maia. Por que o orifício em uma chapa se dilata de forma igual à própria chapa?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 324-330, maio 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p324/33958>. Acesso em: 24 de jan. de 2020.

TYSON, Bill. **Contração e Dilatação Térmica - porque o gelo boia**. 2017. (2m31s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=seZrNQC-NI8>. Acesso em: 18 de out. de 2019.

- ***O campo gravitacional dentro da Terra***

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearnl. **Fundamentos de física, volume 2** : gravitação, ondas e termodinâmica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Páginas 28 – 37.

HEWIT, Paul, G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. p. 171-173 e 189-191.

KLOTZ, Alexander R. The gravity tunnel in a non-uniform Earth, **American Association of Physics Teachers**. v. 83, n. 3, p. 231-237, mar. de 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1119/1.4898780>. Acesso em: 10 de jun. de 2020.

- ***O gol impossível***

_____. Efeito Magnus. 2017. (0m42s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=M4aBTinRENo> . Acesso em: 9 de set. de 2019.

_____. Incrível gol de Roberto Carlos na seleção. 2014. (0m51s) Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=ltZwYNWUONw>. Acesso em 09/06/19.

HELERBROCK, Rafael. "Como a bola de futebol faz curva?"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/como-bola-futebol-faz-curva.htm>. Acesso em 09 de junho de 2019.

MEDEIROS, Deivid Gomes. **Efeito Magnus e aplicações**. Rio de Janeiro: 2019. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2019_Deivid_Medeiros/dissertacao_Deivid_Medeiros.pdf. Acesso em 05 de julho de 2020

TARANTO, João. **100 curiosidades da física** (Locais do Kindle 180-184). Simplíssimo. Edição do Kindle.

- **A queda de um prédio**

A queda de um prédio sobre uma cadeira. **Estado Quântico**, 2011. Disponível em <http://estadoquantico.blogspot.com/2011/03/queda-de-um-predio-sobre-uma-cadeira.html>. Acesso em 27/08/19.

- **O som mais alto da história**

_____. **O som mais alto da história**. 2019. (8min14s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iCSgJ2KEkX4>. Acesso em: 10 de jan. de 2020.

HEWIT, Paul, G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. p. 394 - 395

Qual foi o som mais alto da história? **Super interessante**, 2019. Disponível em <https://super.abril.com.br/ciencia/o-som-mais-alto-da-historia/>. Acesso em 14 de jan. de 2020.

- **O edifício côncavo**

_____. **Prédio reflete a luz do Sol e jornalista frita ovo na calçada em Londres**. 2013. (1min54s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tGD93f39isA>. Acesso em: 20 de jun. de 2020

MOURA, Rodrigo; CANALLE, João Batista Garcia. Os mitos dos cientistas e suas controvérsias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 2, jun. 2001. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v23_238.pdf>. Acesso em: 20 de jun. de 2020.

- **Juiz em combustão**

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física 2**. Ondas, Óptica e Termodinâmica. São Paulo: Ética, 2013. Páginas 90-96.

WALKER, Jearl. **O circo voador da Física**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. p.408.

- **O guarda-vidas**

David Szpilman & diretoria Sobrasa 2018-22. Afogamento – Boletim epidemiológico no Brasil 2018. Sociedade Brasileira de Salvamento Aquático SOBRASA - Publicado on-line em <http://www.sobrasa.org>, Agosto 2018. Acesso em 27/06/19

DESVIO DA LUZ. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html. Acesso em 18 de jun. 2020.

FEYNMAM, Richard. **Lições de física de Física**. Porto Alegre: Bookman, 2008. Capítulo 26.4.

- **Um Bar e o espelho plano**

DUVE Thierry. Intentionality and Art Historical Methodology: A Case Study. **Nonsite**, 2012. Disponível em: <https://nonsite.org/article/intentionality-and-art-historical-methodology-a-case-study>. Acesso em: 21 de jun. de 2020.

MARTINS, Simone R.; IMBROISI, Margaret H. **Impressionismo**, 2017 Disponível em: <https://www.historiadasartes.com/sala-dos-professores/um-bar-no-folies-bergere-manet/>. Acesso em 21 de jun. de 2020.

WALKER, Jearl. **O circo voador da Física**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. p.405.

- **Por que o Sol e o céu mudam de cor?**

SILVEIRA, Fernando Lang, SARAIVA, Maria de Fátima. As Cores da Lua cheia. **Física na Escola**. V.9, n.2, out. 2008. Disponível em <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol09-Num2/a071.pdf> . Acesso em 30 de out. de 2020.

- **Devemos evitar a radiação?**

_____. **Linha Direta Justiça – Césio 137**. 2007. (37min38s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MfshO3PvIYs> . Acesso em: 15 de out. de 2020.

- **Você é um estrela!**

HELENE, Otaviane. Você é um estrela. 2017. Disponível em: http://axpfep1.if.usp.br/~otaviano/voceeumaestrela.html#_ftn1>. Acesso em 13 de jul. de 2020.

APÊNCICE B

Questionário aplicado

Marque abaixo o que você acha sobre a disciplina de Física:

- Não acho interessante e tenho coisas mais importantes para me preocupar.
- Eu não sei a matemática necessária para aprender Física como deveria
- Eu tenho muita curiosidade de saber como as coisas funcionam
- Faço as atividades porque eu quero aprender coisas novas.
- Faço as atividades porque assim tenho a oportunidade de satisfazer a minha própria curiosidade.
- Acabo fazendo as atividades para não reprovar.
- Não tenho interesse por Física, o que me leva a não fazer quase nada nas aulas.
- A Física só é importante para passar em um vestibular.

Na apresentação dos conteúdos complementares do PET (Plano de Estudo Tutorado) das semanas 1, 2 e 3 foram apresentados alguns textos iniciais:

Texto 1 na semana 01: Um Bar no Folies-Bergèrede.

Texto 2 na semana 02: Edifício Côncavo.

Texto 3 na semana 03: O guarda-vidas.

Qual (is) texto (s) o vocabulário foi de difícil compreensão?

- Texto 1
- Texto 2
- Texto 3
- Nenhum

Em qual (is) texto (s) você compreendeu a relação com o conteúdo apresentado posteriormente?

- Texto 1
- Texto 2
- Texto 3
- Nenhum

Você poderia afirmar que os textos apresentados:

- Foram interessantes.
- Me motivaram a seguir com o conteúdo.
- Me motivaram a pesquisar mais sobre o assunto.
- Foram úteis.
- Me desmotivaram continuar a estudar o conteúdo.
- Foram dispensáveis.

Descreva pontos positivos e/ou negativos em relação a iniciar um conteúdo daquela maneira?

Em quais situações do cotidiano você consegue identificar que a Física está presente?
