

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

CAROLINI FELISBERTO DE SOUZA

**A QUESTÃO ÉTNICO-RACIAL E DE GÊNERO NO ENSINO DE FÍSICA:
O CINEMA COMO ORGANIZADOR SEQUENCIAL**

ARARANGUÁ
2021

Carolini Felisberto de Souza

**A QUESTÃO ÉTNICO-RACIAL E DE GÊNERO NO ENSINO DE FÍSICA:
O CINEMA COMO ORGANIZADOR SEQUENCIAL**

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

Orientador: Prof. Dr. Felipe Damasio.

Araranguá
2021

Carolini Felisberto de Souza

**A questão étnico-racial e de gênero no ensino de Física:
o cinema como organizador sequencial**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Dr. Giuliano Arns Rampinelli
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Dra.Mônica Knöpker
Instituição Instituto Federal de Santa Catarina

Dr. Carlos Alexandre dos Santos Batista
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Dr. Leandro Batirolla Krott
Coordenador do Curso

Dr. Felipe Damasio
Orientador(a)

Araranguá, 2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

de Souza, Carolini Felisberto

A questão étnico-racial e de gênero no ensino de Física: o cinema como organizador sequencial / Carolini Felisberto de Souza ; orientador, Felipe Damasio, 2021.

166 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2021.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Mecânica clássica. 3. História e filosofia da ciência. 4. Aprendizagem significativa crítica. 5. Questão étnico-racial e de gênero. I. Damasio, Felipe. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Marilezia e Joaquim.

AGRADECIMENTOS

Essa dissertação é o resultado de muito estudo e quero deixar aqui alguns agradecimentos a pessoas que foram muito importantes neste percurso.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos.

À minha família, meus irmãos, meus sobrinhos, cunhados(as) e à minha sogra por apoiarem e compreenderem minha ausência e meu isolamento em inúmeras tardes de domingos e feriados.

À minha mãe e ao meu pai deixo um agradecimento especial, por todas as lições que me foram dadas, pela amizade, dedicação, compreensão e perdão que vocês me dão a cada novo dia.

Ao meu companheiro Caio, obrigada por compreender quando perdi alguns momentos de lazer ou quando ficava isolada, por minhas choradeiras, por permanecer ao meu lado, mesmo sem os carinhos rotineiros. Obrigado por todo amor, carinho e apoio, e por me fazer feliz.

Ao Prof. Felipe, muito obrigada por sua orientação, competência e dedicação que foram tão importantes nessa caminhada, pois acredito que sem seu apoio e suas palavras de incentivo eu não chegaria neste ponto. Embora eu tenha me desestimulado em alguns momentos durante este ano final, sempre que nos reuníamos você me incentivava novamente e eu voltava a ter o ânimo de quando comecei. Obrigada por acreditar em mim.

Aos meus amigos, por todo apoio e compreensão, por muitas vezes ter que me ausentar das festividades. Aos meus companheiros de mestrado que me ajudaram na conclusão de muitas atividades, que realizaram trabalhos comigo. À minha amiga Caroline da Silva Garcia por todas as madrugadas que passamos estudando, por todo seu apoio e por não deixar eu desistir.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

Aos Professores da UFSC polo Araranguá, pela dedicação, competência, apoio e todo conhecimento compartilhado.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

O caminho do progresso não é rápido nem fácil.

(Marie Curie)

RESUMO

A QUESTÃO ÉTNICO-RACIAL E DE GÊNERO NO ENSINO DE FÍSICA: O CINEMA COMO ORGANIZADOR SEQUENCIAL

Carolini Felisberto de Souza

Orientador:
Felipe Damasio

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

Este estudo apresenta uma proposta didática cujo objetivo é levar a popularidade do cinema para a sala de aula, buscando fomentar discussões de, sobre e para disciplina de Física. Para tal, propõe-se a utilização de dois filmes: *Alexandria* (2009) e *Estrelas além do tempo* (2016). A partir desses filmes, foi elaborada uma proposta que busca problematizar a imagem comumente disseminada no ensino de ciências que retrata uma ciência estritamente masculina e constituída apenas por homens brancos. A discussão dos conteúdos da Física gira principalmente em torno dos estudos de cinemática e de dinâmica, com o objetivo fim de explicar como os aviões e os foguetes voam. Levando em conta esses pontos citados, produziu-se o material instrucional necessário para a implementação da proposta no ensino de Física, que inclui: filmes, roteiros para realização das experiências, experimentos apresentados por meio de vídeos, apresentações de slides, textos e simuladores (PHET) dentro de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que aborda concomitantemente temas de cinemática e dinâmica, além de filosofia da ciência. O produto educacional desenvolvido tem como aporte teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend, e está disponível em um website educacional para professores e alunos. A implementação das atividades foi realizada de forma não presencial (em razão da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2) no primeiro ano do ensino médio do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Araranguá/SC, na disciplina de Física. Os dados coletados foram analisados de acordo com a Teoria Fundamentada de A. Strauss e, entre os resultados encontrados, destaca-se, indícios de que os objetivos propostos para a pesquisa foram alcançados. Os filmes aplicados como organizadores sequenciais mostraram-se eficientes para levar as discussões para dentro da sala de aula sobre temas polêmicos e controvérsias históricas, possibilitando uma reflexão sobre os conteúdos abordados. Em relação aos conteúdos discutidos durante a aplicação da proposta, os alunos apresentaram melhorias em sua concepção sobre a Física e sobre por quem ela é produzida.

Palavras-chave: Mecânica clássica. Étnico-racial. Gênero. Aprendizagem significativa crítica. História e filosofia da ciência.

ABSTRACT

THE ETHNIC-RACIAL AND GENDER ISSUE IN PHYSICS TEACHING: CINEMA AS A SEQUENTIAL ORGANIZER

Carolini Felisberto de Souza

Supervisor:
Felipe Damasio

Master's Dissertation submitted to the Graduate Program Federal University of Santa Catarina in the Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF), as part of the necessary requirements to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

This study presents a didactic proposal whose objective is to bring the popularity of cinema to the classroom, seeking to encourage discussions of, about and for the discipline of Physics. To this end, it is proposed to use two films: Alexandria (2009) and Stars beyond time (2016). From these films, a proposal was elaborated that seeks to problematize the image commonly disseminated in science education, which portrays a strictly male science constituted only by white men. The discussion of the contents of Physics revolves mainly around the studies of kinematics and dynamics, with the aim of explaining how planes and rockets fly. Taking these points into account, the necessary instructional material was produced for the implementation of the proposal in the teaching of Physics, which includes: films, scripts for carrying out the experiments, experiments presented through videos, slide shows, texts and simulators (PHET) within a Potentially Significant Teaching Unit that simultaneously addresses themes of kinematics and dynamics, as well as philosophy of science. The educational product developed has as theoretical support the Critical Meaningful Learning Theory and the epistemology of Paul Feyerabend, and is available on an educational website for teachers and students. The activities were implemented off-site (due to the pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus) in the first year of high school at the Federal Institute of Santa Catarina, campus Araranguá/SC, in the discipline of Physics. The collected data were analyzed according to the Grounded Theory of A. Strauss and, among the results found, there is evidence that the proposed objectives for the research were achieved. The films applied as sequential organizers proved to be efficient in bringing discussions into the classroom on controversial issues and historical controversies, enabling a reflection on the content covered. In relation to the contents discussed during the application of the proposal, the students presented improvements in their conception of Physics and by whom it is produced.

Keywords: Classic mechanics. Ethnic-racial. Gender. Critical Meaningful Learning. History and philosophy of science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelo Epiciplos de Ptolomeu.....	42
Figura 2- Exemplo da Terceira Lei de Newton.....	55
Figura 3- Representação do funcionamento do foguete de propelente sólido .	57
Figura 4 - Representação do funcionamento do foguete de propelente líquido	58
Figura 5 – Imagem de divulgação do filme <i>Alexandria</i>	66
Figura 6 - Aberturas dos vídeos de experimentos sobre cinemática	67
Figura 7- Apresentação de slides com as perguntas dos questionários e as respostas dos alunos	68
Figura 8 - Aula de cinemática (1).....	68
Figura 9 - Aula de cinemática (2).....	69
Figura 10 - Imagem de divulgação do filme <i>Estrelas além do tempo</i>	71
Figura 11 - Abertura dos vídeos de experimentos sobre dinâmica	72
Figura 12 - Apresentação de slides 2.....	72
Figura 13 -Simulação sobre forças e movimento	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Revisão bibliográfica.....	19
---------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C&E	Ciência & Educação
C&T	Ciência e Tecnologia
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
EENCI	Experiências em Ensino de Ciências
HC	História das Ciências
IENCI	Investigação em Ensino de Ciências
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
MRUV	Movimento Retilíneo Uniforme Variado
NdC	Natureza da Ciência
NdC&T	Natureza da Ciência e Tecnologia
NdT	Natureza da Tecnologia
OBF	Olimpíadas Brasileiras de Física
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
RLEA	Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia
SAB	Sociedade Astronômica Brasileira
SBF	Sociedade Brasileira de Física
TAS	Teoria de Aprendizagem Significativa
TASC	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
UD	Unidade Didática
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	15
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos	18
CAPÍTULO 2	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 A VISÃO DOS PROFESSORES E ALUNOS ACERCA DOS CIENTISTAS	20
2.2 AS MULHERES NO ENSINO DE FÍSICA	22
2.3 A QUESTÃO ÉTNICO-RACIAL NO ENSINO DE FÍSICA	25
2.4 A FÍSICA DOS AVIÕES E FOGUETES NO ENSINO DE FÍSICA.....	26
2.5 O USO DO CINEMA NO ENSINO DE FÍSICA	28
2.6 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA	30
CAPÍTULO 3	35
3 REFERENCIAL TEÓRICO	35
3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA	35
3.2 REFERENCIAL METODOLÓGICO: UEPS	37
3.3 TEORIA DE PAUL FEYERABEND	38
3.4 COMPLEMENTARIEDADE E COERÊNCIA DA TASC E A TEORIA DE PAUL FEYERABEND	39
3.5 TEORIAS SOBRE O MOVIMENTO	41
3.6 FILME <i>ALEXANDRIA</i> E SUA CONTRIBUIÇÃO À FÍSICA	44
3.7 FILME <i>ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</i> E SUA CONTRIBUIÇÃO À FÍSICA	46
CAPÍTULO 4	48
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE FÍSICA	48
4.1 MECÂNICA CLÁSSICA.....	48
4.2 ESPAÇO, TEMPO E MASSA	48
4.3 DISTÂNCIA E DESLOCAMENTO.....	49
4.4 VELOCIDADE MÉDIA E RAPIDEZ MÉDIA	49
4.5 ACELERAÇÃO	50
4.6 LEIS DE NEWTON DO MOVIMENTO.....	51
4.6.1 Primeira e Segunda Leis de Newton: referenciais inerciais.....	51
4.6.2 Terceira Lei de Newton	54
4.7 A FÍSICA DO VOO DO AVIÃO.....	55
4.8 E COMO FUNCIONA O FOGUETE?	56

CAPÍTULO 5	63
5 METODOLOGIA	63
5.1 A APROPRIAÇÃO DO TEMA E O REFERENCIAL TEÓRICO	63
5.2 A CRIAÇÃO DO MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO.....	63
5.2.1 Abordagem dos filmes <i>Alexandria e Estrelas além do tempo</i>	64
5.2.2 Abordagem da cinemática e dinâmica por meio das experiências.....	64
5.2.3 Elaboração dos vídeos e formulários	64
5.3 IMPLEMENTAÇÃO DA UEPS	65
5.3.1 Público-alvo	65
5.3.2 Aplicação da UEPS	66
CAPÍTULO 6	74
6 ANÁLISE DOS DADOS	74
6.1 PARTICIPAÇÃO E INTERESSE DOS ALUNOS PELO CONTEÚDO E NO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES (DIÁRIO DE BORDO).....	75
6.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS POR MEIO DO QUESTIONÁRIO SOBRE OS FILMES	77
6.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS POR MEIO DO QUESTIONÁRIO SOBRE AS EXPERIÊNCIAS	80
6.4 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO INDIVIDUAL SOMATIVA	82
6.5 ANÁLISE DA DISCUSSÃO FINAL SOBRE A PROPOSTA	84
6.6 ACHADOS	86
CAPÍTULO 7	88
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS	91
Apêndice A – UEPS A	100
Apêndice B – UEPS B.....	103
Apêndice C – UEPS C	1036

Capítulo 1

1 INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo com fronteiras cada vez mais ambíguas e passamos a aceitar conceitos inovadores em todas as áreas. Diante disso, a visão da educação também deve ser ampliada na mesma proporção. Isso porque, a educação necessita de uma perspectiva mais ampla para acompanhar as constantes mudanças que ocorrem em todos os setores todos os dias. Nesse processo, todos devem estar incluídos e não se deve privilegiar nenhum grupo (NERVIS, 2009).

Diante disso, a escola tem um papel fundamental para a visão do aluno sobre o mundo, incumbindo-se da responsabilidade na construção do conhecimento estabelecido em determinado período histórico, fazendo a adequação do conteúdo para a realidade em que os alunos estão inseridos. No entanto, é necessário questionar se a escola está cumprindo o seu papel, auxiliando o aluno a construir uma visão de mundo ideal para o seu desenvolvimento pessoal (PIETROCOLA, 2016).

Contudo, Rosa e Rosa (2005) afirmam que, embora a introdução da Física nas escolas já tenha ocorrido há mais de 100 anos, ainda vemos traços de um ensino mecânico, aquele que ocorre apenas a partir da ideia de transmissão de informações por meio de aulas expositivas e utilizando metodologias voltadas à resolução de exercícios algébricos.

Segundo alguns autores, tais como Chiquetto (2011), Rosa e Rosa (2005) e Pereira e Aguiar (2006), esse ensino mecânico é voltado apenas para a transmissão de informações e para a resolução de problemas de provas. Diante dessa metodologia, os estudantes se sentem menos atraídos, desestimulados e desinteressados, e muitos não conseguem utilizar as equações, o que gera uma grande frustração. Dessa maneira, a falta de adequação do conteúdo com a aplicação ao cotidiano do aluno, numa perspectiva mais histórica, étnica e cultural se reflete na má qualidade do ensino, sendo necessário haver uma revisão dessas práticas pedagógicas.

Outra dificuldade enfrentada no ensino de Física é em relação à pré-disposição em aprender, visto que os alunos têm uma abordagem inicial da mesma formada no nono ano do ensino fundamental, porém é no ensino médio que realmente ela é trabalhada. Nesse momento, a disciplina de Física pesa com muita ênfase no formalismo matemático, além disso, os alunos trazem concepções prévias sobre a matéria, que são reforçadas pelos professores (MAGNONI, 2014).

Quando se fala em ensino de ciências na escola ou sobre o que é ser um cientista, encontramos diversos recortes que nos trazem uma imagem que é bem predominante na literatura, que nos mostra que a ciência é produzida por homens caucasianos brancos, elitistas, de óculos e com o cabelo todo desarrumado, de jaleco branco e carregando uma prancheta, dentro de um laboratório ou ao redor de equipamentos técnicos, um ser solitário e que não se relaciona bem com outras pessoas, fundado em único método e interagindo somente com seu mundo (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002; FERNÁNDEZ *et al.*, 2002; ROSA *et al.*, 2003; PUJALTE, 2014; CARVALHO; MASSARANIA, 2017). Além disso, segundo Pérez *et al.* (2001), Pinheiro *et al.* (2007) e Rosa *et al.* (2003), essa imagem é predominante em diversos trabalhos, é disseminada em diversos meios de comunicação e está em desacordo com a moderna filosofia da ciência.

A imagem de cientista que vemos em vários recortes e que foi divulgada por muito tempo, de certa maneira induz a pensarmos e a reproduzirmos sempre o mesmo estereótipo de cientista. Segundo Schiebinger (2008), antes da década de 1990, na imagem reproduzida de um cientista, quando incentivávamos os estudantes a desenharem, 92% deles desenhavam homens e, apesar de a comunidade perceber mudanças importantes nesse percentual ao final dos anos 1990, ainda girava em torno de 70%, o percentual de estudantes que reproduziram esse mesmo tipo de estereótipo; outros 16% desenhavam cientistas que eram mulheres e 14% faziam desenhos ambíguos com relação ao sexo.

Percebemos certa ruptura, porém ainda não suficiente, pois, segundo Menezes (2017), o percentual de mulheres atuando na área de Física e astronomia persiste há mais de 15 anos, como exemplifica o percentual de mulheres filiadas à Sociedade Brasileira de Física (SBF), que é de 27%, enquanto que a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), que é de conta com de 29% de mulheres. Cabe destacar que temos um número ainda menor quando se trata de mulheres bolsistas, que é de 11%, ou seja, um terço do valor que corresponde à representatividade das mulheres nas áreas de Física e Astronomia. Do mesmo modo, nas premiações na Olimpíadas Brasileiras de Física (OBF), as meninas do ensino médio obtiveram em torno de 10% das premiações, enquanto os meninos foram contemplados com mais de 90%. A quantidade de mulheres presentes na área é ainda menor à medida que o nível de estudo avança (MENEZES *et al.*, 2018).

Essa desigualdade de gênero é apontada há muito tempo e ainda piora quando buscamos dados que abordam a questão racial. Nos processos de produção de ciência sempre houve essa hierarquização de raças, o que fomenta as desigualdades étnico-raciais e sociais (ROSA; ALVES-BRITO; PINHEIRO, 2020). Contudo, os dados apontados apenas trazem

percentuais que relacionam as mulheres aos homens, mas quando se aborda a questão das mulheres negras na área de Física, por exemplo, o percentual de representatividade delas é ainda menor. Em relação às bolsas de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) no Brasil, são de mulheres negras apenas 7% delas, enquanto há mulheres brancas contempladas com 75,5% das bolsas. Em Ciência e Tecnologia (C&T), a participação de mulheres brancas fica em torno de 59%, em contrapartida, a de mulheres negras é de 26,8% do total de bolsas concedidas no País no ano de 2015 (LIMA, 2015).

Diante desse cenário, uma possível **questão** de relevância em relação a qual a presente pesquisa pretende contribuir é: como levar até a sala de aula um ensino de Física que desconstrua a ideia de que os cientistas são prioritariamente homens e brancos, concomitantemente à discussão de mecânica no primeiro ano do ensino médio? Como **hipótese**, a investigação levou em consideração a popularidade do cinema, utilizando como organizador sequencial os filmes *Alexandria* e *Estrelas além do tempo* para abordar os conteúdos de cinemática e dinâmica, concomitantemente com os de filosofia da ciência.

Para atingir os objetivos desta proposta, será utilizado como aporte teórico a epistemologia de Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) e como aporte metodológico as sequências didáticas conhecidas como: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), visto são complementares e que podem ser utilizados de modo articulado e coerente (DAMASIO; PEDUZZI, 2015). Nas UEPS desenvolvidas utiliza-se o cinema como organizador prévio, pois, segundo Viana, Rosa e Orey (2014), o uso do cinema no ensino pode ser muito importante para o processo de aprendizagem, não apenas para apresentar o conteúdo didático, como também para auxiliar na formação do indivíduo.

Portanto, de acordo com a epistemologia de Feyerabend, o plano de pesquisa é discutir a física de foguetes e aviões e, ao mesmo tempo, as questões de filosofia e história da ciência, com a finalidade de apresentar a diversidade da ciência e seus agentes, além de destacar a importância das mulheres e dos negros na construção do conhecimento científico.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Utilizar o cinema para mostrar a diversidade sócio-histórico-cultural na construção da física e concomitantemente aumentar a pré-disposição em aprender.

1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral vislumbra-se os seguintes objetivos específicos.

- a) Apresentar a vida e a obra de Katherine Johnson dentro do contexto da segregação racial e discutir os temas de dinâmica;
- b) Apresentar a história de Hipátia e discutir temas sobre a cinemática;
- c) Discutir a história da construção de foguetes, abordando questões relacionadas à Guerra Fria e à corrida espacial;
- d) Discorrer acerca da física envolvida no lançamento de foguetes e do voo dos aviões;
- e) Construir uma sequência didática que discuta concomitantemente as questões levantadas nos itens anteriores;
- f) Construir um site para divulgar todas as aulas elaboradas e implementadas na proposta didática.

Capítulo 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão descrita neste capítulo limitou-se à produção científica dos últimos dez anos e foi realizada por meio da consulta em periódicos com as classificações Qualis/Capes A e B na área de ensino de ciências e física. Os periódicos selecionados foram os seguintes: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigação em Ensino de Ciências (IENCI), Experiências em Ensino de Ciências (EENCI), Ciência & Educação (C&E), Revista Latino-americana de Educação em Astronomia (RLEA) e A Física na Escola. Os indicadores que orientaram a revisão foram i) visão de professores e alunos acerca dos cientistas; ii) mulheres no ensino de Física; iii) questão étnico-racial no ensino de Física; iv) física de aviões e foguetes; v) uso do cinema no ensino de Física; e vi) a história da ciência aplicada ao ensino de Física.

Os artigos foram selecionados a partir de seus títulos, resumos e palavras-chave. Ressalta-se que não foram citados todos os trabalhos acerca dos temas publicados, apenas aqueles que contribuíram com o desenvolvimento da pesquisa. A listagem dos assuntos encontrados em artigos por periódico encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Revisão bibliográfica

Periódicos	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)
RBEF	0	0	0	0	0	2
CBEF	1	1	1	1	0	4
IENCI	2	1	0	0	0	0
EENCI	2	3	0	2	2	2
RLEA	0	0	1	0	1	0
C&E	0	0	0	0	1	2
FnE	0	1	0	1	0	1
Total	5	6	2	4	4	11

Fonte: elaborada pela autora (2021).

Os estudos selecionados considerados relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa serão descritos nas subseções a seguir.

2.1 A VISÃO DOS PROFESSORES E ALUNOS ACERCA DOS CIENTISTAS

Diversas literaturas trazem uma imagem do cientista como sendo homem, de pele clara, de jaleco branco, dentro de um laboratório, rodeado de vidrarias, considerado muito inteligente, estudioso e sem vida social, tais como: Moura e Cunha (2018); Ribeiro e Silva (2018); Trópia (2018); Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2018); e Vasconcelos e Forato (2018). Nesta revisão de literatura busca-se trazer alguns artigos que retratam essa imagem e que contenham propostas didáticas com o objetivo de auxiliar este trabalho na produção de um produto educacional, visando desconstruir o estereótipo do cientista tal como tem se apresentado.

Primeiramente, vamos tratar sobre o artigo de Moura e Cunha (2018), em que os autores elaboraram uma sequência didática que foi aplicada a um grupo composto por 18 alunos de uma turma de 6º ano do ensino fundamental, sendo 11 do sexo feminino e 7 do sexo masculino. Com base no currículo da rede estadual de educação de Goiás, os autores abordaram na turma o tema ‘cerrado’. Para a realização da proposta foi aplicado um pré-teste, a fim de avaliar a concepção prévia que os alunos possuíam sobre o que é um cientista. E, posteriormente, foi aplicado um pós-teste, para verificar a evolução dos conceitos. Os alunos apresentaram seus conceitos do que significa ser cientista por meio de desenhos. Com a implementação da proposta, diminuiu o número de alunos que representaram o cientista como sendo apenas inventores, malucos e solitários do sexo masculino, e aumentou o número de mulheres indicadas como cientistas.

Já Vasconcelos e Forato (2018) buscaram em seu trabalho oferecer aos professores uma alternativa de abordagem histórica no ensino de ciências para desconstruir a imagem estereotipada de cientistas que é disseminada no ensino. Para tanto, os autores apresentam um enfoque alternativo às narrativas presentes em materiais didáticos, especialmente no contexto da formação inicial de professores. Além de incentivar uma proposta formativa sobre os usos da história das ciências (HC) no ensino, a proposta traz um texto histórico, dando ênfase às contribuições de Niels Bohr, que buscou proporcionar alguns subsídios para que o docente formador de professores possa promover reflexões críticas acerca do desenvolvimento da Física do século XX, assim como tratar conceitos de Física e Química de modo contextualizado. A proposta apresentada pelos autores conseguiu oferecer algumas sugestões para os professores, permitindo exemplificar os aspectos epistêmicos e não epistêmicos do episódio.

Semelhante ao artigo anterior, a proposta de Ribeiro e Silva (2018) é implementar atividades com foco na história da ciência na componente curricular de “Anatomia Humana”

de um curso de Licenciatura em Biologia. Com isso, os autores tinham como objetivo analisar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre a imagem do cientista. Para atingir tal objetivo, a estratégia foi dividida em cinco tópicos: i) história da ciência e formação de professores de ciências; ii) contexto educativo e descrição da estratégia de intervenção pedagógica; iii) metodologia de investigação; iv) impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre a imagem do cientista; e v) considerações finais. Inicialmente, os autores utilizaram um pré-teste, além de um grupo focal para análise dos resultados e ao final da aplicação foi realizado um pós-teste. Foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa de todos os dados gerados por meio da aplicação das questões. Os resultados encontrados após a aplicação da proposta foi que ela tem o potencial para a reconstrução da imagem de cientista que sempre foi disseminada no ensino de Física e na comunidade.

Já o texto de Trópia (2018) baseia-se em debates iniciando com a utilização de uma música que mostra o cotidiano da ciência e do cientista. Esse texto consiste em um relato de experiência que parte de movimentos ocorridos na disciplina “Metodologia do Ensino de Ciências e Biologia”, a partir de reflexões de licenciandos em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). O objetivo do estudo foi identificar as características de um cientista e modificar a imagem estereotipada acerca dele. A proposta teve como metodologia a aplicação de vídeos, textos e música. Contudo, ao realizar o debate antes da implementação da proposta, o autor não encontrou a imagem estereotipada de cientista que ele buscava, pois a maioria dos alunos representaram de formas diversas o que é ser cientista. Portanto, não houve mudanças significativas na visão que os estudantes possuem sobre o cientista. Embora não tenha atingido o objetivo, a proposta relatada desenvolveu a potencialidade das leituras e escritas atravessadas por um repertório artístico-cultural na invenção de imaginários acerca dos cientistas.

O trabalho de Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2018) buscou elaborar e validar um instrumento de categorias para analisar três concepções: i) concepção sobre o papel do cientista; ii) concepção sobre a Natureza da Ciência (NdC); e iii) concepção sobre a Natureza da Tecnologia (NdT). Para iniciar a proposta, os autores realizaram uma pesquisa a fim de verificar as concepções de NdC&T de alunos e professores. A pesquisa se trata de uma análise qualitativa em que os autores tomaram como base os trabalhos de Silverman. Foram aplicados questionários para vinte jovens (70% do gênero masculino e 30% feminino), com idades compreendidas nas seguintes faixas: 10 anos (20,0%); 11 a 12 anos (55,0%); 13 a 14 anos (20,0%); e um aluno de 15 anos (5,0%). Também foram realizadas entrevistas semiestruturadas

com os alunos participantes, visando complementar e responder as dúvidas em relação aos dados coletados do questionário. Buscou-se descobrir se os participantes possuíam concepções ingênuas sobre a NdC, ou seja, visões empíricas e técnico-instrumentais. Ao final da proposta, foram avaliadas as concepções e os autores sugeriram que os estudantes possuem uma visão de ciência estereotipada.

Embora se tenha optado por apenas discutir artigos com uma aplicação para sala de aula, os trabalhos citados contribuíram muito para esta dissertação. Percebe-se que, em pleno século 21, ainda há uma imagem de cientista que é estereotipada. Também foi possível encontrar exemplos de que é possível haver uma evolução conceitual quando se discute aspectos de filosofia e história da ciência na educação básica, concomitante a discutir a imagem de cientista. Dessa forma, por meio da análise desses artigos, percebe-se a potencialidade de problematizar a imagem do cientista comumente disseminada utilizando a história e a filosofia da ciência.

2.2 AS MULHERES NO ENSINO DE FÍSICA

Apesar de que tenha aumentado o número de mulheres nas diversas áreas de conhecimento, como mostram Saitovitch, Lima e Barbosa (2015) em sua publicação, o tema ainda é pouco discutido nas literaturas pesquisadas e há poucos trabalhos que mostram propostas didáticas que possam auxiliar no incentivo de que mais meninas se interessem pela área de Física e sigam carreira nela (RIBEIRO; SILVA, 2018; HEERDT; BATISTA, 2016; HEERDT; BATISTA, 2016). Para esta revisão buscou-se apenas trabalhos cujo teor fosse uma abordagem didática em que tivesse sido discutida a questão de gênero na disciplina de Física.

O primeiro artigo que será comentado é o de Oliveira *et al.* (2020), que traz uma proposta didática cujo objetivo é trabalhar como tema “mulheres na ciência na feira de ciências”. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola da Rede Estadual situada em uma grande cidade do Sudeste do Brasil e elaborada por um professor de Química e outros professores da mesma escola e foi aplicada em doze turmas, de 1º, 2º e 3º anos do ensino médio, perfazendo um total de 12 estudantes. A primeira fase da proposta consistiu em escolher 8 embaixadores que ficariam responsáveis por criar vídeos sobre educação para meninas, sendo duas delas brasileiras: Julia Tolezano e Ana Paula Xongani. O professor responsável pela proposta questionou primeiramente os alunos sobre quais cientistas mulheres eles conheciam, e as respostas dos alunos evidenciaram a pouca visibilidade que as cientistas mulheres possuem. Diante das respostas dos alunos, o professor responsável pela proposta e outros professores

solicitaram, após um sorteio, que os alunos pesquisassem sobre uma das cientistas. Posteriormente, os alunos puderam apresentar seus resultados e, por meio de uma conversa, eles prepararam as informações para uma apresentação final, que os alunos produziram um conjunto, utilizando artefatos que compreendiam, por exemplo, cartazes, maquetes, modelos bi e tridimensionais, experimentos, apresentações em *PowerPoint*, portfólios e ilustrações. A apresentação ocorreu de forma aberta à comunidade. A proposta permitiu que os estudantes formassem opiniões de diferentes níveis a partir da pesquisa, além disso, também permitiu que eles se conscientizassem sobre as dificuldades enfrentadas pelas mulheres ao seguir uma carreira científica.

Heerdt e Batista (2016) elaboraram uma unidade didática com o objetivo de compreender e explicitar os saberes docentes mobilizados durante um processo de formação explícito-reflexiva da Natureza da Ciência e das relações intrínsecas de gênero. Nessa proposta as autoras contaram com 15 docentes das áreas de Humanas e de Ciências Naturais e, como era uma investigação com caráter qualitativo, elas fizeram gravações em vídeo das falas das participantes, que posteriormente foram transcritas e analisadas segundo a análise de conteúdo temática categorial. O estudo apontou o desconhecimento das docentes acerca de aspectos históricos da ciência relacionados às questões de gênero, além de uma negação da existência dessas questões. Evidencia-se, por meio do estudo, que as questões de gênero ainda não estão auto evidentes para as docentes e que há a necessidade tanto de formação professores seja explícita e reflexiva quanto da continuidade de pesquisas que discutam essas questões.

O trabalho de Silva, Damasio e Raicik (2019) também aborda uma proposta didática, porém baseia-se nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas propostas por Moreira e fundamenta-se na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O artigo tem como objetivo levar à sala de aula discussões de e sobre ciência a partir dos estudos desenvolvidos pela cientista Thaysa Storchi Bergmann. Para gerar tais discussões, a proposta foi aplicada nos conteúdos Física Moderna e Contemporânea fazendo uma problematização da ideia popularmente difundida de ciência ‘masculina’. Buscando atingir o objetivo proposto, os autores dividiram o projeto em algumas etapas: i) planejamento e construção do material instrucional potencialmente significativo; ii) implementação da UEPS no ensino médio; iii) inclusão do material produzido em uma página educativa da rede mundial de computadores; eiv) avaliação do projeto. Como resultados alcançados, eles observaram que os alunos conseguiram alcançar uma evolução conceitual em relação ao conteúdo específico abordado, o que indica avanços na percepção de como o conhecimento científico é produzido e na compreensão da importância da participação das mulheres nesse empreendimento.

O estudo de Santos e Heerdt (2019) traz uma unidade didática como objetivo de desconstruir visões estereotipadas dos gametas e combater situações de desigualdade e preconceito de gênero presentes na ciência e no ensino de ciências e biologia. Para atingir o objetivo, os autores elaboraram uma unidade didática envolvendo questões da natureza da ciência e gênero na ciência no processo de fecundação humana que possibilitassem uma noção de ciência mais equânime. Toda a pesquisa teve como base os referenciais teóricos da história, filosofia e sociologia da ciência articulados às epistemologias feministas da ciência utilizando o conhecimento historicamente construído de fecundação humana. A unidade didática foi composta por mais ou menos 10 etapas, iniciando por meio da aplicação de um questionário de problematização com base no questionamento “O que é Ciência?”, seguindo para discussões dos aspectos da NdC; observação e inferência; criatividade e provisoriade do conhecimento científico; leitura e discussão do texto, diferenciando os termos gênero, sexo, sexualidade, identidade sexual e identidade de gênero, estereótipos de gênero; exibição de curta-metragem e discussão acerca dos estereótipos de gêneros, subjetividade e contexto social e cultural no conhecimento científico; atividade dos pontos pretos; fecundação nos vídeos do YouTube; discussão e análise dos vídeos; representação do processo de fecundação; conclusão e síntese; e questionário final. Contudo, trata-se de uma proposta que não foi aplicada. Os autores comentam sobre a possibilidade de modificação da unidade didática (UD) pelo professor e que são necessárias mais pesquisas sobre discriminações de gênero presentes na ciência para que tenhamos um ensino menos discriminatório.

Por sua vez, Heerdt e Batista (2016) buscaram elaborar uma unidade didática composta por um grupo de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas com o propósito de desnaturalizar o papel secundário da mulher na construção do conhecimento científico e na ciência. Esse artigo teve como base referenciais teóricos dos saberes docentes da Natureza da Ciência das questões de gênero na ciência como um instrumento teórico e metodológico para a formação docente.

O artigo de Brunelli, Damasio e Raicik (2017) trouxe uma proposta didática por meio de uma UEPS baseada na trajetória da vida acadêmica de Márcia Barbosa, uma cientista brasileira premiada. O artigo é fundamentado na teoria de aprendizagem significativa crítica de Moreira e trouxe todos os passos para a aplicação de uma UEPS. Os autores desse artigo buscaram, em sua proposta, contextualizar o conteúdo de água e suas anomalias, tema em que Marcia Barbosa foi premiada. A proposta não foi colocada em prática no ano de sua publicação, tratando-se de algo para uma futura implementada, então não há resultados da aplicação. Contudo, acredita-se que a abordagem é uma possibilidade de motivar estudantes homens e

mulheres a olharem para a ciência como algo também construído por mulheres. Todo o trabalho que foi elaborado para essa proposta está disponível em uma página na internet.

Durante a revisão encontramos outros artigos que foram importantes para a reflexão dessa proposta. Contudo, para não prolongar demasiadamente esta discussão, procurou-se trazer aqui apenas trabalhos que apresentassem uma unidade didática, proposta didática ou uma UEPS. Os seis artigos descritos contribuíram para a elaboração desta dissertação, pois trouxeram a visão que os alunos possuem sobre a mulher na ciência e as significativas evoluções conceituais que os alunos obtiveram. Dessa forma, possibilitou uma reflexão maior sobre a potencialidade e a necessidade de uma abordagem no ensino médio sobre as mulheres na ciência (ou a questão de gênero).

Em suma, percebe-se que as sequências didáticas auxiliam na aplicação de um estudo dirigido sobre o papel das mulheres na ciência, auxiliando a desconstruir essa imagem estereotipada de cientistas.

2.3 A QUESTÃO ÉTNICO-RACIAL NO ENSINO DE FÍSICA

Nas revistas pesquisadas encontrou-se alguns artigos que trabalham a questão étnico-racial no ensino. Esses artigos são de autoria dos seguintes autores: Tramontina e Meglhioratti (2020); Silva, Silva e Franco (2020); Rosa, Alves-Brito e Pinheiro (2020); e Roldi, Salim e Pires (2018). Contudo, para esta revisão procurou-se trazer apenas os artigos que continham a questão racial sendo discutida no ensino de Física por meio de propostas didáticas.

Um dos trabalhos com tais características é o de Barros e Ovigli (2014), desenvolvido em um curso de extensão. Nele, foram analisadas sequências didáticas fundamentadas na Lei n. 11.645/2008¹ e na obrigatoriedade da abordagem da temática “História e Cultura Afro-Brasileira e Indígena” no currículo oficial, trazendo uma reflexão acerca da utilização da História da Ciência no currículo da educação, por meio da discussão relativa ao emprego de elementos culturais de grupos étnicos em ações voltadas à educação em Astronomia. A aplicação da proposta teve duração de 60 horas presenciais (distribuídas em 12 encontros) e 40 horas de ensino a distância. Nesses encontros foram aplicados questionários utilizando softwares de simulação em astronomia, ambiente virtual de aprendizagem e livros didáticos. O trabalho lidou com a questão cultural e a abordagem do novo currículo, pois, embora se anseie por mudanças no currículo e uma participação mais ativa do docente, sempre estamos

¹ A Lei n. 11.645/2008 torna obrigatória a inclusão do ensino da história da África, bem como a história da cultura afro-brasileira nos currículos do ensino do Brasil (ALVES-BRITO; BOOTZ; MASSONI, 2018).

encontrando desafios nessa prática. Os autores perceberam, na conclusão do trabalho, que ainda há uma visão hegemônica errônea acerca do novo currículo e que a abordagem dele de forma adequada ainda não é uma realidade dentro dos cursos de formação de professores e, igualmente, de graduação em geral.

Baseado também na Lei n. 11.645/2008, o artigo de Alves-Brito, Bootz e Massoni (2018) analisou outros trabalhos e percebendo a dificuldade de abordar os temas relativos às Leis n. 10.639/03 e n. 11.645/08. Na sequência didática os autores propuseram uma discussão acerca dos pressupostos históricos, culturais e científicos acerca do conteúdo de astronomia, com foco no céu africano, indígena e do, assim denominado, céu ocidental, nas aulas de Ciências/Física da educação básica, e também no ensino superior. O trabalho teve como referencial teórico Paulo Freire e o objetivo da proposta foi de apresentar alternativas de estudo com foco em: i) propiciar um estudo sistemático das constelações e do céu de povos indígenas e africanos, por meio do objeto virtual de aprendizagem Stellarium; e ii) fomentar as discussões relevantes para as ciências exatas da contemporaneidade, principalmente aquelas associadas a relações étnico-raciais. Os autores produziram diferentes materiais didáticos, os quais foram disponibilizados em uma página na rede mundial de computadores, tais como: apresentação de *PowerPoint*, planilhas comparativas das culturas, mapa Mundi Afro-indígena e Jogo das Constelações. Todos esses materiais foram desenvolvidos buscando explorar, em sala de aula, a astronomia cultural no contexto das relações étnico-raciais. Como resultados encontrados, os autores esperam que com a proposta possam instigar a pesquisa e o diálogo junto a sua comunidade, além de incitar a curiosidade epistêmica, na acepção de Freire.

Observou-se que, ainda há poucos artigos tratam concomitantemente o ensino de Física e a abordagem racial, e o número é ainda menor quando se procura por uma proposta didática. Dessa forma, em busca de trazer essa questão para o ensino de Física e considerando a pouca bibliografia sobre o assunto, o presente estudo buscará evidenciar a questão de gênero e a racial no ensino de Física.

2.4 A FÍSICA DOS AVIÕES E FOGUETES NO ENSINO DE FÍSICA

Como relatado anteriormente, buscou-se apenas estudos que abordassem o ensino de Física envolvendo propostas didáticas. Nessa etapa foram pesquisados os indexadores ‘foguetes’, ‘aviões’ (avião) e ‘astronáutica’, porém foram encontrados poucos estudos que apresentas-se uma proposta didática, sobre os quais trataremos a seguir.

O estudo de Silva (2017) apresenta uma proposta didática que aborda os conceitos de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Movimento Retilíneo Uniforme Variado (MRUV). A atividade foi organizada em quatro etapas. A primeira exigiu o conhecimento prévio de química lecionado no primeiro semestre de 2016 (perfazendo um total de 20 aulas) e a segunda parte da proposta (num total de 50 aulas) incluiu revisão do conteúdo didático, construção e lançamento do projétil. Por fim, foi apresentada uma avaliação final e a discussão dos resultados. O objetivo da proposta foi inserir o educando, por meio do estudo do lançamento de um projétil, em conteúdo de Matemática e Química para, por fim, abordar os conteúdos de Física, especificamente no estudo da cinemática. Dessa forma, o autor buscou fazer o uso de lançamento de foguetes para explicar os conceitos físicos e teve como aporte teórico a aprendizagem significativa. Como resultado, o autor comenta que atingiu o objetivo inicial proposto, além de também abordar a importância da experimentação conjuntamente com a parte teórica, pois é uma ferramenta de grande utilidade na mão do professor de Ciências.

Müller, Alvarenga e Loyola (2019) propõem, com seu trabalho, uma sequência didática para o ensino da Segunda Lei da Termodinâmica, por meio da utilização de experimentos, tais como: protótipo de motor Stirling beta, bomba de encher pneus, tubo de vidro preso a uma seringa e um lançador de foguetes com garrafa plástica fixa. Essa proposta foi aplicada em duas turmas da segunda série do ensino médio, com 37 alunos de idades entre 15 e 16 anos, durante o segundo semestre de 2018, em uma escola da rede estadual do Espírito Santo. Todo o material criado teve como aporte teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Primeiramente, foi aplicado um pré-teste, composto por nove questões objetivas, e posteriormente foi aplicado um pós-teste, composto por dez questões objetivas. Como considerações finais, os autores apontam que a atividade proposta atingiu os objetivos esperados.

A proposta de Souza e Mello (2017) envolve o voo de aviões e foi construída a partir de jogos educacionais, atividades experimentais e simulações computacionais (Software Modellus). Ela teve como aporte teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird, e o conteúdo abordado foi o de hidrodinâmica e sua utilização nos conceitos físicos envolvidos no voo de aviões. A aplicação envolveu aproximadamente 80 alunos de duas escolas e os autores avaliaram a proposta por meio de jogos didáticos abordando Física. Os jogos foram: Cruzadinha da Física, Jogo dos Sete Erros e Caça-Palavras e, posteriormente, foi realizado também um pós-teste para avaliar a proposta. Sobre os resultados, os autores acreditam que a proposta fez com que os alunos tivessem maior

interesse e gosto pela Física, contribuindo para uma maior aprendizagem dos conteúdos envolvidos.

A proposta didática de Negreiros e Oliveira (2017) envolveu a construção de uma base de lançamento para um foguete de garrafa pet com acionamento eletromecânico, incluindo uma variação angular em arco, para melhorar o desempenho. Essa proposta utiliza materiais de baixo custo para a construção do aparato, por meio do qual é possível discutir diversas áreas, tais como: mecânica clássica, programação e eletrônica. A proposta possibilitou fornecer aos estudantes uma visão mais ampla e, até mesmo, necessária, acerca da integração entre áreas distintas. A proposta não foi aplicada no ensino, mas os autores comentam que a base de lançamento tem estabilidade para lançar foguetes, que o projeto atende com êxito às necessidades exigidas e que proposta oferece maior segurança ao usuário, visto que a interação do aluno é unicamente com o gatilho no momento do lançamento.

O estudo de Oliveira e Oliveira (2019) apresenta uma proposta didática de forma diferente da anterior, pois pretende apresentar a Física de forma divertida para as crianças. O trabalho foi realizado a partir do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), em uma escola pública na cidade de Juazeiro/BA e em uma escola particular na cidade de Petrolina/PE, mediante a implementação de oficinas com alunos na faixa etária de seis anos de idade e pertencentes ao primeiro ano do ensino fundamental. Para tanto, foram promovidas quatro oficinas interativas. Foram elas: Oficina 1: A ‘mágica’ do voo do avião; Oficina 2: A ‘mágica’ da visão; Oficina 3: A ‘mágica’ da eletrização; e Oficina 4: A ‘mágica’ da pressão atmosférica. Para a análise dos resultados, foram utilizados questionários para os dois públicos envolvidos, ou seja, para as crianças e para as suas professoras. A proposta gerou, como produto final, uma cartilha voltada às crianças e um manual para que professoras dos anos iniciais pudessem realizar essas ações de maneira autônoma e prazerosa. Os autores comentam que mesmo com dispositivos simples e baratos também é possível despertar a atenção das crianças. São poucos os trabalhos que abordam a física de foguetes ou dos aviões, sendo que a utilização de ambos os temas pode ser trabalhada no ensino médio ou até como introdução à Física, como mostra o trabalho de Oliveira e Oliveira (2019). Pode-se trabalhar desde conteúdos iniciais de mecânica e hidrostática ou até aprofundar os estudos para a área de dinâmica, Leis de Kepler e Gravitação. Há uma gama enorme de possibilidades de utilização desses dois temas.

2.5 O USO DO CINEMA NO ENSINO DE FÍSICA

O cinema tem sido utilizado em alguns trabalhos e disciplinas variadas, como é o caso de Marcello e Ripoll (2016); Piassi (2013); Souza (2020); e Pereira (2020). Contudo, o foco nesta parte da revisão é discutir os trabalhos sobre a aplicação do cinema nas aulas de Física. Dessa forma, encontramos apenas quatro estudos que abordam essas duas categorias.

Primeiramente vai-se tratar do trabalho de Almeida *et al.* (2017), um artigo que traz uma proposta didática sobre astronomia em ambientes não formais. O objetivo dos autores é a projeção de filmes explorando os recursos educacionais oferecidos pelo planetário como ambiente para o ensino sobre os astros do Sistema Solar. Essa proposta foi executada em São João del-Rei, Minas Gerais, para uma turma de trinta e três alunos do ensino médio de uma escola estadual. A atividade foi desenvolvida em um planetário móvel, onde os autores exibiram o filme em mídia *Fulldome* (extensão .avi), que é exclusivo para projeção em planetários digitais. Para avaliação da proposta, foi aplicado um pré-teste antes da exibição do filme e, ao final, um pós-teste. A proposta mostrou que há um grande potencial em se fazer a ligação entre o planetário e a educação básica.

O trabalho de Rodrigues, Zimmermann e Hartmann (2012) teve como objetivo examinar como os estudantes do ensino médio se envolvem na aplicação de uma proposta que aborda o uso de uma multimídia e trata sobre a Lei da Gravitação Universal. Os autores defendem a utilização da História da Ciência em sua aplicação. Para a realização da proposta, foi criada uma multimídia que contém diversos recursos, tais como: animações, vídeos, documentários, simulações, poesias, fotografias, filmes, músicas, informações, reportagens etc. Os conteúdos trabalhados na multimídia foram: movimento retrógrado no sistema geocêntrico; movimento retrógrado no sistema heliocêntrico; a Segunda Lei de Newton; e as Leis de Kepler, todos buscando uma abordagem histórica. Como resultados, foi evidenciado que a pesquisa apresentou os resultados esperados e que a hipermídia tem potencialidade para contextualizar o ensino de Física, enriquecendo-o.

Encarnação e Coutinho (2018) trazem uma proposta diretamente ligada ao cinema que foi desenvolvida no primeiro semestre de 2017, contemplando 98 alunos de três cursos técnicos distintos (Administração, Agropecuária e Manutenção e Suporte em Informática) do 1º ano do ensino médio. Foram trabalhados os seguintes conteúdos: repouso, movimentos (Uniforme e Uniforme Variado); velocidade; as Três Leis de Newton, que apresentam conceitos de inércia, massa, aceleração, força, ação, reação; e o atrito, por meio do filme *Homem de Ferro 2*. A primeira parte do projeto foi constituída da aplicação de um questionário inicial, de uma etapa de leitura, de um roteiro de acompanhamento e da exibição do filme *Homem de Ferro 2*; e na segunda etapa, a pós-leitura, ocorreram discussões, elaboração de atividades pelos alunos e a

aplicação de um questionário final. O uso do cinema no ensino de Física aliado à problematização leva novas percepções aos alunos sobre os conteúdos de Física. Contudo, os autores ressaltam a importância de o uso do cinema estar de acordo com os conteúdos da disciplina, além de ser adequado à idade e ao período de estudo.

Por fim, temos a proposta de Xavier *et al.* (2010), que foi aplicada com um grupo de dezesseis jovens, de ambos os sexos e com idades entre 14 e 19 anos, estudantes do ensino médio da Escola de Ensino Fundamental e Médio Wálter Sá Cavalcante, pertencente à rede pública do estado do Ceará, localizada em Fortaleza. O objetivo do trabalho foi usar obras filmicas como recurso metodológico no ensino de Física, para a compreensão que fundamenta sua utilização numa proposta pedagógica. Os filmes para essa abordagem foram *Velocidade do Vento (Maximumvelocity)* — dirigido por Philip Roth, e *Armageddon* — dirigido por Michael Bay. Foram trabalhados conteúdos de Física relevantes, com ênfase na Mecânica. No último encontro da atividade foi elaborada uma discussão sobre as experiências dos alunos com a atividade. Como resultados, os autores apontam que a atividade foi considerada satisfatória, mas ressaltam as potencialidades dos filmes no ensino de Física. Além disso, comentam que a abordagem inicial era de trabalhar com a mecânica, porém outros conteúdos também surgiram.

Diante dos trabalhos citados, percebe-se a importância da contextualização na utilização do cinema, além de haver muito potencial para seu uso no ensino de Física.

2.6 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA

A história da ciência vem sendo cada vez mais utilizada em propostas didáticas em várias disciplinas, como é o caso dos trabalhos de Castilho e Bastista (2020); Silva *et al.* (2020); Farias e Santin Filho (2020); Rosa e Garcia (2017); Morey e Camelo (2016); Souto, Santos e Borges (2017); Faria *et al.* (2014); Ribeiro e Silva (2019); e Santos, Silva e Franco (2015). Contudo, na literatura pesquisada foram encontrados poucos trabalhos que abordam a história da ciência dentro de uma proposta didática para o ensino de Física.

O primeiro trabalho que abordaremos sobre a história da ciência no ensino de Física é o de Sorpreso e Almeida (2010). Nele, os autores buscaram fazer uma proposta didática com objetivo de evidenciar aspectos do imaginário de licenciandos em Física relacionados ao trabalho com a abordagem histórica da questão nuclear no ensino médio, com o objetivo de compreender suas relações com as condições de produção em que se constituem, assim como seus possíveis deslocamentos. Para alcançar tal objetivo, os autores analisaram, por meio do discurso, a fala de dois licenciandos durante a disciplina Prática de Ensino de Física e Estágio

Supervisionado. A proposta foi dividida em três momentos e, ao final, os licenciados prepararam um seminário e um episódio de ensino com tema “Questão Nuclear” e com a abordagem na história da ciência. Como resultado, os autores evidenciaram indícios de deslocamentos no imaginário dos licenciandos.

Já o trabalho de Zanotello (2011) traz uma proposta em que busca, por meio da leitura de textos históricos nos campos da termodinâmica e da teoria cinética dos gases, a abordagem da história da ciência no ensino médio. Os autores aplicaram a proposta em 2007 para 63 alunos do primeiro ano de graduação, matriculados na disciplina Fenômenos Térmicos, na Universidade Federal do ABC, em Santo André/SP. Para aplicação da proposta, foram selecionados seis textos escritos por cientistas renomados nas áreas de termodinâmica e teoria cinética. Após a leitura os alunos tiveram que responder algumas questões abertas sobre os textos e seguiu-se para discussão das dúvidas que surgiram. Ao final da proposta, os autores observaram que, embora os alunos relatassem que os textos eram difíceis, a presença da história da Física proporcionou, por meio da leitura dos originais, tanto a formação de uma cultura científica quanto a compreensão de determinados conceitos.

O trabalho de Teixeira, Xavier e Damasio (2017) relata uma proposta que ocorreu por meio do projeto “Frota Estelar”, de Araranguá/SC, vinculado ao Clube de Astronomia de Araranguá, do Instituto Federal de Santa Catarina. O objetivo do projeto foi apresentar uma abordagem que utilizasse a ficção científica no ensino de Ciências (Física) na educação básica, por meio da análise da série televisiva *Jornada nas Estrelas*. A metodologia envolveu seis etapas e foi utilizada a teoria TASC e a epistemologia de Paul Feyerabend. O projeto foi aplicado em 2014 e os resultados são de que a metodologia pode despertar a predisposição em aprender e que o material pode ser entendido como potencialmente significativo, as duas condições que Ausubel preconiza para que haja aprendizagem significativa.

Silva e Martins (2010) também trazem uma proposta didática que envolve a introdução de elementos da história e da filosofia da ciência no ensino médio como subsídios à aprendizagem de conceitos da óptica. Foram utilizados os aspectos históricos sobre a controvérsia existente acerca da natureza da luz, principalmente nos séculos XVII e XVIII, como também recortes da história da óptica no que diz respeito ao desenvolvimento de modelos explicativos do processo da visão. A proposta foi aplicada em uma escola da rede pública estadual da cidade de Parnamirim/RN. Como resultados, os autores relatam que a proposta apontou para aspectos favoráveis das estratégias idealizadas, bem como mostrou indícios de dificuldades inerentes ao processo.

A proposta de Jardim (2016) visa discutir a natureza da luz a partir da história e filosofia da ciência, abordando as concepções vibracionais e corpusculares atribuídas à luz do século XVII ao início do XIX. O autor utilizou como recurso didático o software *Google Earth*, dentre outros recursos. A proposta didática foi aplicada em quatro turmas do 3º ano do ensino médio de uma escola pública federal. Como resultado, os autores destacam que a proposta despertou o interesse nos alunos e possibilitou a visualização de fenômenos como a difração e interferência de ondas, o que facilitou avançar a discussão até a concepção de luz que se firma no século XIX.

O trabalho de Moraes e Guerra (2013) apresenta uma pesquisa que orientou a construção, aplicação e avaliação de um projeto pedagógico cujo objetivo foi trazer ao ensino de energia, em um curso de Física de primeira série do ensino médio, discussões de Física Moderna. A proposta foi aplicada na primeira série ensino médio no ano de 2010, em uma escola pública da rede federal de ensino, e contou com a participação de 68 alunos. Como recursos didáticos, os autores utilizaram slides, vídeos, animações e textos. Os resultados da pesquisa apontam que o uso da história e filosofia da ciência como eixo condutor permitiu levar à sala de aula discussões que possibilitaram o estudo de questões de Física moderna relacionadas ao conceito de energia, bem como acerca do processo de construção da ciência.

Soares e Borges (2010) trazem em seu trabalho uma proposta didática que buscou apresentar uma discussão sobre o trabalho em laboratório realizado em um projeto de ensino envolvendo a história da ciência. O estudo buscou introduzir os aspectos históricos da evolução das ideias sobre ‘movimento’. A proposta foi aplicada em uma escola pública rural. Foram realizadas aulas experimentais em um laboratório, com auxílio de um microcomputador e de sensores de luz para aquisição automática de dados em um segundo momento. Todo o material utilizado na construção dos experimentos foi de baixo custo e também foi utilizado o software livre LOGO para aquisição dos dados. Como resultados, os autores destacam que um ambiente de estímulo, motivação e empenho desses alunos proporciona o desenvolvimento e apropriação de conhecimentos de forma coletiva.

O trabalho de Lima e Damasio (2019) apresentou uma proposta didática para o ensino de acústica, cujo objetivo foi proporcionar um ambiente que pudesse promover a evolução conceitual, não apenas de ciência, mas também sobre ciência. Além disso, buscou levantar discussões referentes ao ensino de acústica e sobre o empreendimento científico. A proposta foi baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (referencial teórico educacional), na filosofia da ciência de Paul Feyerabend (referencial teórico epistemológico) e nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (referencial metodológico). A proposta foi aplicada na

rede estadual de ensino, em instituições do município de Criciúma/SC, em turmas do segundo ano do ensino médio. A metodologia da pesquisa envolveu cinco etapas e, como resultados, os autores encontraram indícios de aprendizagem significativa quando se utilizam instrumentos musicais em sala de aula, tal como ocorre uma pesquisa.

Pinto, Silva e Ferreira (2017) trazem uma proposta didática com um aporte teórico construtivista e que teve como objetivo tornar a aula de ciências um ambiente que promova a aprendizagem de ciências de forma não mecânica, fomentando a argumentação e a participação dos alunos. A pesquisa relata a utilização de um modelo de laboratório problematizador que parte de um experimento histórico como problema a ser investigado. A aplicação da proposta ocorreu em uma escola pública do estado da Paraíba – Escola Estadual de Ensino Médio Nenzinha Cunha Lima – com estudantes do terceiro ano do ensino médio, em 2015, envolvendo um total de 30 estudantes. Como resultados, os autores destacaram que perceberam modificações com relação aos pontos citados anteriormente e que foram abordados nas atividades, além de terem obtido uma participação efetiva dos estudantes durante as etapas, tendo em vista que a proposta proporcionou o debate, possibilitando que o professor conseguisse mediar as discussões instigando a fala dos seus alunos.

Reis e Reis (2016) trazem uma sequência didática que busca discutir a importância de abordar histórica e filosoficamente os conceitos de espaço e tempo na educação básica, apresentando os relatos de uma experiência realizada em sala de aula. Antes da aplicação da proposta didática, foi realizada uma pesquisa-ação com a finalidade de avaliar a relevância de determinadas estratégias pedagógicas, em que foi discutido não apenas a ciência, mas também o processo de construção do conhecimento científico. A proposta foi aplicada em uma turma do primeiro ano do ensino médio, em uma escola pública estadual no município de Magé, na baixada fluminense no Rio de Janeiro. O desenvolvimento da proposta envolveu cinco etapas. Como resultado, foi apontado que por meio da proposta foi possível problematizar o processo de construção dos conceitos de espaço e de tempo, seus processos transitórios dentro da Física e suas controvérsias.

O trabalho de Rinaldi e Guerra (2011) apresenta e avalia um projeto pedagógico que visa responder à seguinte questão: o conhecimento e a manipulação, pelos alunos, de aparatos experimentais históricos pode ser um caminho para discutir o processo de construção da ciência e, assim, diminuir o distanciamento entre o ensino de Física e a tecnologia? A proposta foi desenvolvida em uma escola da rede particular de ensino do município de Juiz de Fora/MG, com alunos do primeiro e segundo anos do ensino médio. A metodologia utilizada contou com atividades experimentais, com a discussão de textos narrativos sobre o desenvolvimento do

eletromagnetismo e com a construção de um transmissor de ondas eletromagnéticas rudimentar, baseado no Arco de Poulsen. Os resultados indicam que o conhecimento e a manipulação, pelos alunos, de aparatos experimentais históricos pode ser um caminho para levar às aulas de Física discussões em torno do processo de construção da ciência e da tecnologia.

Devido à pesquisa ser restringida a trabalhos que buscassem esse indexador, foram encontrados poucos que apresentassem propostas didáticas abordando o tema “história da ciência” dentro do ensino de Física. Contudo, analisando os artigos encontrados percebe-se que, em sua maioria, a história de ciência aplicada no ensino de Física traz resultados positivos para o ensino, pois essa abordagem possibilita uma maior participação dos alunos; proporciona debates em sala de aula; leva a uma maior interação entre o aluno e o professor; proporciona o desenvolvimento e a apropriação de conhecimentos de forma coletiva; possui aspectos favoráveis quando introduzidos nas estratégias idealizadas; e leva tanto à formação de uma cultura científica quanto à compreensão de determinados conceitos, e apresenta uma aprendizagem significativa dos alunos.

Portanto, a análise dos artigos apresentados neste capítulo possibilitou concluir que uma abordagem da história e filosofia da ciência no ensino de Física pode auxiliar na aprendizagem significativa dos conceitos, proporcionando uma problematização do processo de construção dos conceitos dentro do contexto sócio-histórico, político, econômico e cultural, possibilitando desconstruir a ideia de que a ciência é feita por homens brancos.

Capítulo 3

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado um referencial teórico sobre as principais bases teóricas que fundamentam esta pesquisa. As ponderações feitas nesta etapa foram desenvolvidas para a criação da UEPS, com foco no funcionamento dos aviões e foguetes, trabalhando com os conceitos de mecânica por meio dos quais se buscou uma contextualização sobre a imagem de cientista predominante no ensino de Física e sobre a epistemologia de Paul Feyerabend.

Para uma melhor organização, este capítulo foi dividido da seguinte maneira: a) Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica; b) UEPS; c) teoria de Paul Feyerabend; d) Complementariedade e coerência entre a TASC e teoria de Paul Feyerabend; e) teorias sobre o movimento; f) filme *Alexandria* e sua importância para contextualização; g) filme *Estrelas além do tempo* e sua importância para contextualização sobre o tema.

3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Moreira é o resultado da união de duas propostas de autores muito importantes: a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a obra do educador estadunidense Neil Postman (MOREIRA, 2012).

A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel foi proposta na década de 1960 e caracteriza-se pela interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nessa teoria, o aluno não é considerado um receptor passivo, e sim o oposto. Ele deve fazer uso do significado de forma substantiva e não arbitrária, adquirindo o conceito novo, fazendo a diferenciação em sua estrutura cognitiva e, por conseguinte, a reconciliação integradora, de forma que ocorra a identificação de semelhanças e diferenças para reorganizar seu conhecimento (MOREIRA, 2005).

Ausubel (1978) propôs alguns princípios programáticos facilitados, são eles: a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação. Segundo Moreira (2006), os dois fatores principais para a aprendizagem significativa são: disposição do aprendiz em fazer interações substanciais entre o novo conhecimento e os elementos relacionados a ele já existentes em sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa crítica deve estar além de dar significado, deve ser dada uma perspectiva para o conceito, para que o sujeito possa fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Moreira propõe, em sua teoria, não uma proposta didática, mas sim princípios facilitadores da aprendizagem. Tais princípios pretendem implementar uma abordagem em que os alunos possam ser críticos nos ambientes de ensino e todos são aplicáveis à sala de aula (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

O primeiro princípio é o do conhecimento prévio, ou seja, o aluno aprende a partir do que ele já sabe. O segundo princípio propõe que a interação social e o questionamento ocorram por meio do ensinar/aprender perguntas, em vez de respostas e, para isso, a interação social é indispensável na aprendizagem, pois é aonde ocorre o compartilhamento de informações entre as pessoas. O terceiro princípio é o da não centralidade do livro de texto, visto que o professor deve utilizar diversificados materiais e não somente o livro didático. O quarto princípio é de que o aprendiz é um perceptor/representador, ou seja, o aluno recebe informação do professor e então ele faz/percebe o mundo e o representa da forma que ele sente um objeto e toma essa decisão baseado em sua experiência passada. O quinto princípio trata do conhecimento como linguagem, pois o conteúdo deve ser aprendido de forma a dar significado, é preciso que o aluno possa aprender sua linguagem, não somente palavras, de forma substantiva e não-arbitrária. O sexto princípio trata da consciência semântica, e o primeiro ponto importante sobre esse princípio é que o significado está nas pessoas, não nas palavras, mas é imprescindível ter consciência de que é variável a correspondência entre palavras e referentes verificáveis e, por último, que os significados das palavras mudam. O sétimo princípio é o da aprendizagem por meio do erro, ou seja, faz parte da natureza humana errar, não existe uma verdade absoluta, então é errando que se aprende e buscar encontrar o que fez cometer tal erro é pensar criticamente. O oitavo princípio traz a questão da desaprendizagem, quando Ausubel comenta sobre sua teoria ele traz o conceito de conhecimento prévio, aquele sobre o qual o novo conhecimento deve se ancorar, porém há um momento em que os conceitos novos não são mais internalizados na estrutura cognitiva do aluno. É nesse momento que deve ocorrer a desaprendizagem, ou seja, o aluno não poderá usar seu subsunçor. O nono princípio é o da incerteza do conhecimento, nesse ponto o conhecimento é adquirido a partir das definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. O décimo princípio é o da não utilização do quadro de giz, da participação ativa do aluno e da diversidade de estratégias de ensino, que é análogo ao terceiro princípio, o qual aborda sobre a não centralidade dos materiais, pois o professor deve diversificar. O último princípio é o do abandono da narrativa, ou seja, que o professor deixe o aluno falar, é preciso deixar o estudante

interpretar o que está nos livros e externalizar sua interpretação aos colegas e ao professor (MOREIRA, 2006).

Segundo Damasio e Peduzzi (2015), o objetivo da aprendizagem significativa crítica é que o aluno abandone a passividade em sala de aula e que ela crie condições para o aluno tenha um papel ativo no processo de ensino. Dessa forma, é necessário deixar o aluno falar e, para isso, é necessário criar estratégias em que os alunos possam discutir, negociar significados entre si e apresentar ao grupo sua produção.

3.2 REFERENCIAL METODOLÓGICO: UEPS

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são unidades de ensino fundamentadas teoricamente, essencialmente na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), dirigidas para uma aprendizagem significativa e não mecânica (MOREIRA, 2011). Reside em sua fundamentação que, embora esteja baseada sobre tudo na teoria de Ausubel, mas não se limitando a ela, seu maior potencial de êxito na facilitação da aprendizagem. As UEPS podem ser utilizadas como aspecto metodológico da TAS (DAMASIO, 2017).

As UEPS são construídas seguindo os onze princípios que Moreira propõe para uma aprendizagem crítica mencionados anteriormente. Para sua construção é necessário definir um objetivo, o marco teórico que será trabalhado e os aspectos sequenciais. Segundo Moreira (2011), precisa-se:

- 1) Definir o tópico específico: dessa forma é necessário identificar o contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
- 2) Criar/propor situação(ções): pode ser uma discussão, um questionário, um mapa conceitual, um mapa mental etc. O objetivo é que o aluno revele seus conhecimentos prévios;
- 3) Propor situações-problema em nível bem introdutório: nessa etapa leva-se em conta o conhecimento prévio do aluno. O professor pode utilizar como organizador prévio: demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino etc.;

- 4) Apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva;
- 5) Retomar os aspectos mais gerais do conteúdo da unidade de ensino, porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação;
- 6) Dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa;
- 7) Avaliar a aprendizagem por meio da UEPS, o que deve ser feito ao longo de sua implementação, como uma avaliação somativa, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado;
- 8) A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

3.3 A EPISTEMOLOGIA DE PAUL FEYERABEND

Paul Feyerabend foi um epistemólogo austríaco que ficou muito conhecido após sua obra intitulada *Contra o método* (FEYERABEND, 2007). A proposta de Feyerabend sugere que a educação geral prepare os estudantes para fazerem escolhas para que possam trilhar seu próprio caminho. Dessa forma, o cidadão poderia escolher entre os padrões, sem subjugar-los, pois, levando em consideração e podendo discutir os princípios, eles teriam proficiência neles. Desse modo, o aluno poderá escolher o padrão ou não, de forma consciente, sem a obrigação dessa escolha. Para tanto, é necessária uma mudança na perspectiva da educação (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

A visão de educação, para Feyerabend, é aquela que visa uma sociedade livre, em que as pessoas não são obrigadas a simplesmente seguir a corrente atrás de outras que se dizem especialistas, que dizem saber de tudo. As pessoas que são capazes de se adaptar às novas situações com discernimento são as pessoas consideradas maduras e capazes de se adaptar às situações novas com ponderação. Contudo, esse amadurecimento não é aprendido na escola, onde o ensino é apenas voltado para o professor que ensina e o aluno escuta, sem questionamentos (FEYERABEND, 2011).

Nesse cenário entende-se que a educação não pode mais ser voltada apenas para o aluno e o professor, sendo este último o detentor de todo o saber, pois o ensino quando fundamentado na epistemologia de Paul Feyerabend olha para o futuro. Nessa perspectiva, a ciência não é mais imposta ao aluno sem nenhum questionamento, visto que ela não é mais

considerada absoluta. Os conceitos discutidos durante as aulas se tornam flexíveis e a história da ciência é mostrada mais plural e multifacetada (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

Dessa forma, a proposta de Paul Feyerabend é de que as escolas não devem colocar uma tradição acima de outras, não se importando com passado das gerações, com as tradições e com o contexto dos alunos. Um ensino em que se desconsidera todas essas coisas acaba formando jovens promissores em cópias descoloridas e hipócritas de seus professores. Dessa forma, conforme Feyerabend, a educação deve fazer abordagens com todas as tradições e possibilitar o acesso igualitário às posições de poder, o que inclui a educação, não devendo ser baseada em racionalismo. A sociedade livre não será imposta, mas surgirá nos lugares em que as pessoas, ao solucionarem problemas específicos, utilizem um espírito de colaboração (FEYERABEND, 2011).

Segundo Damasio (2017), na sociedade livre a educação científica propõe que a ciência deve desconstruir algumas questões, como a de que a ciência é superior porque usa o método correto e que há muitos resultados para provar a excelência desse método. Assim, compete ao professor de ciência refletir sobre a visão de ciência que é disseminada e o que implica tal visão na sociedade. Ao se problematizar a imagem de ciência, entender como o conhecimento científico surge, como se desenvolve e é avaliado é um tema complexo e que gera muito debates.

3.4 COMPLEMENTARIEDADE E COERÊNCIA ENTRE A TASC E A TEORIA DE PAUL FEYERABEND

A UEPS construída nesta proposta didática teve como fundamentação, os referenciais teóricos e educacionais a Epistemologia de Paul Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), em virtude de serem coerentes e complementares. Ademais, ambas têm potencialidade para desconstruir a imagem estereotipada de ciência que é disseminada no ensino de Física (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

A escola apresenta aos estudantes um ensino tradicional que lhe fornece respostas prontas. Contudo, os bons alunos precisam confiar em seu próprio raciocínio e discernimento, compreender que as respostas são relativas e que tudo depende do sistema dentro do qual se está atuando e que é preciso fazer perguntas pertinentes e significativas. Sobretudo, os alunos devem saber que não há uma resposta absoluta, final e irrevogável para todo e qualquer problema. No mundo contemporâneo, em que ocorrem mudanças frequentes e cada vez mais velozes, precisamos que o sistema educacional acompanhe isso, no entanto, isso não ocorre.

Para a nova educação, a pessoa que deve ser formada é aquela que for capaz de desenvolver uma nova perspectiva, novos significados que auxiliem a compreender que uma parte de suas crenças mais arraigadas pode não estar tão bem fundamentada como suponha e que pontos de vista diferentes podem ser úteis na compreensão e interpretação do mundo em que se vive (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

Segundo Moreira (2006), a aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Dentro dessa aprendizagem o estudante pode lidar construtivamente com a mudança sem se deixar dominar por ela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente.

Para Feyerabend, a educação para uma sociedade livre é aquela que prepara os cidadãos para escolher entre padrões, no entanto, sem impor a necessidade de ser conquistadora para atender aos padrões de nenhum grupo em particular. A educação para uma sociedade livre permite também a desconstrução dos novos conceitos de desfocagem propostos por Moreira, que deveriam ter sido acrescentados pela escola no século XXI. Quando Feyerabend propôs que o progresso científico não está necessariamente relacionado à teoria de que a quantidade de informação é maior do que a de seus oponentes, a ideia de que mais informação é melhor é enfraquecida. Enfatizar a importância de outras tradições para o desenvolvimento do conhecimento tem se desviado da visão de que a tecnologia está necessariamente relacionada ao progresso e à qualidade de vida (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

A complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend está particularmente relacionada às duas prioridades curriculares que são consistentes com o ensino subversivo, que permite a implementação dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Por meio de métodos científicos e da educação científica sobre as ciências, por meio da história e da filosofia baseada nas ideias epistemológicas austríacas, por meio do enfoque curricular de ‘autorrealização’ e “disciplinas interpretativas”, é permitida a educação de uma sociedade livre (DAMASIO; PEDUZZI, 2015).

3.5 TEORIAS SOBRE O MOVIMENTO

O estudo sobre o movimento desencadeou diversas perguntas ao longo da história. O simples cair de um objeto instigava a curiosidade ou até o movimento dos corpos celestes levaram à necessidade de formular o conceito de movimento (PIETROCOLA, 2016).

Aristóteles (384-322 a.C.), de Estagira, é apontado como um dos primeiros filósofos-cientistas a estudar o movimento, tentando explicá-lo e classificá-lo (HEWITT, 2002). Segundo Peduzzi (1996), ele era um observador atento da natureza e as descobertas do que ele viu na Terra e no firmamento o levou a fazer reivindicações sobre a natureza das coisas e formular um modelo do universo, tendo sido considerada uma pessoa com uma das mentes mais brilhantes da história de humanidade, colaborando com diversos trabalhos nas áreas da Biologia, Astronomia, Física, Filosofia, Teologia e Política, dentre outras. Aristóteles afirmava que todas substâncias e objetos do mundo terrestre se originam de diferentes combinações dos elementos terra, água, ar e fogo. Dessa forma, um objeto é mais pesado ou mais leve devido à porcentagem de cada um desses elementos em sua constituição.

Nessa concepção, Aristóteles afirmava que o movimento que um corpo descrevia era decorrente de sua natureza ou devido a empurrões ou puxões, assim sendo, ele dividiu seu estudo em duas grandes classes: “movimento natural” e “movimento violento” (HEWITT, 2002). O movimento natural na região terrestre, descrito por Aristóteles, dependia de sua natureza e de qual combinação havia dos quatro elementos. Desse modo, uma pedra, por exemplo, ao ser solta tem movimento natural para baixo, pois em sua composição há predominância do elemento terra. A chama de uma vela tem movimento natural para cima, pois é o lugar natural desse elemento. Quando o corpo encontra sua plena potencialidade ele para e encontra-se em repouso (exceto corpos celestes) (CAMPOS, RICARDO, 2012).

Em contrapartida, temos o movimento violento, que é aquele que descreve uma ação contra a natureza do objeto, devido a empurrões e puxões, como é o caso de uma pessoa puxando um cabo de guerra, ou jogando uma pedra para cima, ou até mesmo atirando uma flecha. O movimento está atrelado à ação de empurrar um objeto, e quando ela cessa ou quando o objeto está no seu lugar apropriado, o movimento para (HEWITT, 2002).

Contudo, Aristóteles não acreditava na existência de um movimento no vazio (vácuo), visto que, sem haver uma resistência ao movimento de um objeto, ele teria velocidade infinita. Essas ideias sobre movimento não se aplicam integralmente aos corpos celestes, pois para Aristóteles eles estão em constante movimento natural em seu lugar próprio, denominado “movimento circular perpétuo”. Dessa forma, sabendo que existem esses dois tipos de

movimento natural (terrestre e celeste), podemos explicar dois tipos de realidades físicas opostas. Os movimentos naturais terrestres, que apresentam uma Terra imperfeita, onde tudo muda e decai e nada é o mesmo para sempre; e o movimento celeste que envolve o mundo dos céus, onde tudo é perfeito e incorruptível (PEDUZZI, 1996).

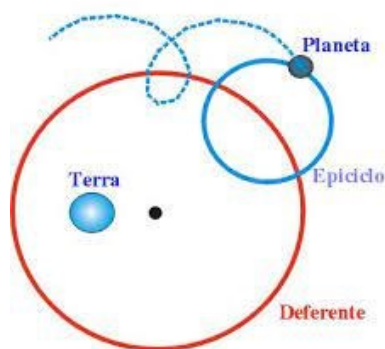
Podemos expressar a Lei de Movimento de Aristóteles por meio da relação apresentada na Equação (1):

$$V \propto \frac{F}{R} \quad (1)$$

Nela, F representa a intensidade da força aplicada ao corpo e R é a resistência do meio. Ou seja, a velocidade v de um corpo é diretamente proporcional à força a ele aplicada e inversamente proporcional à resistência do meio no qual ele se movimenta (PEDUZZI, 1996).

As teorias de Aristóteles não explicavam totalmente ao movimento dos corpos celestes, como mencionado anteriormente. Pensando nisso, o astrônomo polonês Nicolau Copérnico formulou sua teoria do movimento da Terra. Nessa época, o modelo para representação do movimento dos corpos celestes era o de geocentrismo, onde a Terra seria o centro e os demais planetas e o Sol giravam ao seu redor. Eudoxo de Cnido (408 a.C.-355 a.C) chegou a elaborar um modelo de esferas concêntricas para representar isso, porém seu modelo não explicava tudo que se observava. Aristóteles ainda aperfeiçoou tal modelo explicando como ‘funcionava’ o cosmos. Para ele, a Terra seguia as leis da natureza e estas eram diferentes das leis seguidas pelos astros, porém seu modelo não explicava tudo. Entretanto, a melhor retificação ao modelo foi dada a partir da obra de Cláudio Ptolomeu (90-168), que explicava todas as variáveis do movimento, contudo, deixando a Terra fixa, em um modelo no qual os planetas giravam em círculos (epiciclos), denominado “Modelo das Esferas de Eudoxo” (Figura1). No entanto, nem todos aceitavam o geocentrismo, como era o caso de Aristarco de Samos (310 a.C.-230 a.C.), que propôs que o Sol ocupava o centro do Universo e que a Terra tinha um movimento de rotação (MENEZES, 2016).

Figura 1- Modelo Epiciplos de Ptolomeu



Fonte: [Epíclidos de Ptolomeu e Matéria Escura – Astronomia.Blog.Br²](http://astronomia.blog.br/epiciclos-de-ptolomeu-e-materia-escura/)

Copérnico discordava do modelo de Ptolomeu e propôs que a forma mais simples de explicar o movimento dos corpos celestes era considerando que a Terra circulasse em torno do Sol. Durante anos Copérnico trabalhou em sua teoria em segredo, ele temia perseguição da Igreja e também tinha dúvidas sobre a sua teoria, pois ele não conseguia conciliá-la com as teorias sobre movimento existentes na época. Foi Galileu (1564-1642) quem deu notoriedade à teoria de Copérnico e, fazendo isso, acabou por desacreditar a teoria de Aristóteles, que, até então, era aceita pela comunidade de cientistas e pela Igreja (HEWITT, 2002).

O principal ponto em que a teoria de Galileu tentava refutar a teoria de Aristóteles era no fato de ela considerar a provável existência de algo que interferia no movimento dos objetos, como a resistência do ar. Ele fez experimentos nos quais colocou objetos sobre planos inclinados e notou que as bolas que rolavam para baixo eram mais velozes, enquanto as bolas que rolavam para cima eram menos velozes. Ainda sobre o plano horizontal, a bola atingiria o mesmo ponto por causa do atrito e ele também fez outras adaptações desse experimento, concluindo que: i) na ausência de atrito, o movimento dos corpos persistirá por mais tempo; ii) o atrito impedia da bola subir até a exatamente a mesma altura em que a bola iniciou sem movimento; iii) quanto menor a inclinação, mais lentamente será perdida a rapidez do objeto; e iv) o objeto permanece em seu movimento em linha reta na ausência de forças retardadoras. Esta última constatação foi chamada de Inércia e tal conceito derrubou a teoria de Aristóteles (HEWITT, 2002).

Descartes também deu sua contribuição para essa teoria, segundo Peduzzi (2011), ele deduziu de forma definitiva que a quantidade de movimento do mundo é uma constante. Descartes interpreta de forma correta o movimento e o repouso de um corpo como estado da matéria. Em seu livro *Princípios da filosofia*, Descartes enuncia as três leis da natureza (DESCARTES, 1997, p. 76-8; AT, IX-2, p. 84-87) do seguinte modo:

² Disponível em: <<http://astronomia.blog.br/epiciclos-de-ptolomeu-e-materia-escura/>>. Acesso em: maio de 2020.

- 1) o corpo permanece no seu estado se nada o alterar;
- 2) todo o corpo que se move tende a continuar o seu movimento em linha reta;
- 3) se um corpo que se move encontrar outro mais forte, o seu movimento não diminui em nada; se encontrar um corpo mais fraco (que consiga mover), só perderá o movimento que lhe transmitir.

Nota-se que as três leis descritas por Descartes nos lembram das leis de movimento de Newton. A primeira e a segunda se referem à Primeira Lei de Newton, enquanto a terceira refere-se à Lei de Conservação dos Movimentos (MEDEIROS, 2017). Segundo Sousa, Macêdo e Junior (2020), por meio das leis de Descartes descritas se evidenciam vestígios das Três Leis de Newton, apontando uma forte teoria de que Newton possa ter se baseado em Descartes para a formulação de sua obra.

Por fim, vamos tratar sobre a teoria de Newton sobre o movimento. Para Isaac Newton (1642-1627), a ideia de que um móvel permanecerá em movimento na ausência de forças externas foi citada por Galileu e Descartes, tendo sido intitulada como Inércia. Newton aprimorou essa ideia e formulou sua Primeira Lei (HEWITT, 2002). As Leis de Newton serão detalhadas neste estudo no capítulo da fundamentação teórica em Física.

3.6 FILME *ALEXANDRIA* E SUA CONTRIBUIÇÃO À FÍSICA

Primeiramente será feito um breve resumo da história trazida no filme *Alexandria* e no segundo momento, os pontos de estudo de Física serão discutidos. O filme *Alexandria* narra a história da filósofa e matemática Hipátia, que era filha de Théon, diretor do Museu e da Biblioteca de Alexandria. Diferentemente de muitas mulheres da sua época (ano 391), Hipátia conseguiu se formar e ter uma educação. Devido a esse fato, ela sempre procurou se dedicar aos estudos e a lecionar, sem interesse em formar uma família.

Hipátia, durante o filme, buscava entender o movimento dos corpos celestes e encontrar outra interpretação para os conceitos que eram estudados. O modelo aceito para os movimentos dos corpos celestes era o de Aristarco, em que a Terra seria o centro do Universo e os outros planetas girariam em torno dela. O filme traz alguns personagens que ganharam destaque, tais como: Orestes, que virou o prefeito mais tarde; Sinésius, que era adepto ao cristianismo e, futuramente, viraria um Bispo; e Darvus, que era um escravo e que diversas vezes deu sua opinião sobre os modelos estudados nas aulas de Hipátia (ALEXANDRIA, 2009).

O filme traz várias discussões sobre religião, como no caso de Sinesius, que tenta convencer Hipátia sobre a religião cristã, e o escravo Davus, que sempre foi submisso a Hipátia

e converteu-se ao cristianismo ao longo do filme. Depois de muitas disputas, os cristãos acabaram vencendo os pagãos e conseguindo muitos benefícios, como foi o caso da utilização da biblioteca, que depois acabou sendo destruída por eles. Felizmente, Hipátia, com ajuda de seus alunos, escravos e de alguns pagãos conseguiu salvar parte das principais obras que estavam na Biblioteca. As obras salvas ajudaram muito no avanço do trabalho de Hipátia, que junto a seu outro escravo aparece no filme buscando estudar algumas teorias, como o modelo de Ptolomeu, o primeiro Teorema de Euclides e também considerou o modelo proposto por Aristarco (ALEXANDRIA, 2009).

Contudo, houve a ascensão do líder cristão Cirilo como bispo de Alexandria, fazendo com que a perseguição aos judeus e aos pagãos se intensificasse. Conhecendo a proximidade que Orestes tinha com Hipátia, viu nisso uma ameaça, pois havia a submissão a uma mulher e não a uma igreja; e, segundo as escrituras cristãs, a mulher não poderia ter autoridade sobre o homem e deveria estar sempre em silêncio. O filme acaba de uma forma trágica, com os cristãos encontrando Hipátia para matá-la e Darvus a sufocando e a matando, a fim de evitar um destino mais agonizante para ela, que seria o apedrejamento (ALEXANDRIA,2009).

A abordagem em sala de aula pode ser realizada por meio de diversos conceitos sobre o movimento dos corpos, além de se poder trabalhar com representação de gênero, influência da cultura dentro da sociedade, questões políticas, filosóficas, feminicídio e, até mesmo, religiosas. Pode-se, por meio da exibição do filme, criar discussões a respeito da influência dessas questões no avanço da ciência.

Os temas de ciência que podem ser abordados a partir do filme são: a órbita da Terra em torno do Sol; o sistema astronômico vigente da época, que era o ptolomaico; as ideias do sistema ptolomaico; a hipótese de Aristarco; formas geométricas (círculo); a cinemática; a dinâmica; e as Leis de Kepler.

3.7 FILME *ESTRELAS ALÉM DO TEMPO* E SUA CONTRIBUIÇÃO À FÍSICA

Nesta parte da proposta de estudo será primeiramente apresentado um breve resumo da história trazida no filme *Estrelas Além do Tempo* e no segundo momento os pontos de Física serão discutidos. O filme é uma adaptação do livro *Estrelas além do tempo*, da autora Margot Lee Shetterly, publicado em 2016. Os acontecimentos do filme se passam em 1961, em plena corrida espacial, e contam a história de três mulheres negras: Katherine Johnson (Taraji P. Henson), Dorothy Vaughn (Octavia Spencer) e Mary Jackson (Janelle Monáe), que vão em busca de seus sonhos e começam a trabalhar na NASA. O filme inicia mostrando as três protagonistas a caminho de seu primeiro dia no emprego dentro da estação. Essa primeira cena traz a insegurança vivida por mulheres negras vivendo nos anos 1960. O emprego em que as três começariam a atuar é um grupo de mulheres negras, chamadas ‘computadores’, que fariam todos os cálculos manualmente para o programa espacial da NASA, exceto no caso da Dorothy Vaughn, que é como se fosse uma supervisora desse programa (ESTRELAS, 2016).

O filme procura trazer a história das três personagens, porém quem tem maior destaque é a personagem de Katherine Johnson, que foi retratada desde criança, tendo sido mostradas as suas características, a sua capacidade intelectual acima da média e como ela tinha facilidade com a matemática. Na década de 1960, período sobre o qual o filme discorre, havia a segregação racial e a corrida espacial, e o filme busca mostrar o preconceito que essas três personagens e outros negros viviam nessa época. Enfatizamos que, embora o filme seja baseado em histórias reais, nem todas as cenas descrevem fielmente o que aconteceu e muitas cenas foram um tanto romantizadas para que não fossem tão fortes. A busca é por apresentar o que as três personagens tinham que enfrentar, que não era apenas o preconceito por serem negras, mas também por serem mulheres (ESTRELAS, 2016).

Segundo Shetterly (2016), a primeira equipe de computadores na NACA (conhecida hoje como NASA) foi criada em 1935, em Langley, e causou muito tumulto entre os homens que trabalhavam no laboratório. Uma das frases mencionadas no livro sobre o que se pensava sobre as mulheres era a seguinte:

Como uma mente feminina poderia processar algo tão rigoroso e preciso como a matemática? A ideia em si— investir quinhentos dólares em uma máquina de calcular para que fosse usada por uma garota — era absurda (SHETTERLY, 2016, p. 24).

Segundo Shetterly (2016), eles se surpreenderam, pois, as mulheres realmente eram muito boas e extremamente qualificadas. Em 1943 não era tão fácil encontrar mulheres que fossem brancas e que se qualificassem para vaga; e com a pressão do sindicato negro para que houvesse mais vagas para negros nos Estados Unidos, a NACA criou o grupo de matemáticas negras.

O emprego que as três protagonistas conseguiram era dentro desse programa, porém esse grupo ficava isolado dos brancos, na área oeste de Langley, e não podiam usar o mesmo banheiro, nem tomar o mesmo café, cenas que são mostradas durante o filme. Esses apontamentos feitos no filme eram parte dos problemas enfrentados por negros que viviam nos EUA naquele período. A falta de mulheres qualificadas tornou-se maior, não havendo candidatas aptas a trabalharem diretamente no grupo de tarefas especiais, que era responsável por garantir as viagens espaciais com segurança, por isso, foi aberta vaga para uma negra. Katherine Johnson, como era a mais qualificada, foi contratada para trabalhar no grupo de tarefas espaciais; e ela chegou já no início do seu trabalho passando por diversos tipos de preconceitos dentro da sala, mas isso não a impediu de se destacar naquele ambiente e, embora em 1962 a NASA começasse a usar computadores eletrônicos pela primeira vez, John Glenn se recusou a entrar no foguete antes que Katherine Johnson verificasse a rota criada pelo computador — ele se tornou o primeiro norte-americano a orbitar a Terra. O filme traz não apenas o preconceito racial e de gênero, mas também a luta dos EUA com a União Soviética, a fim de mostrar quem detinha mais poder (ESTRELAS, 2016).

A Física abordada durante o filme é a do funcionamento do foguete, ou seja, como se poderia fazer para que o foguete saísse da órbita da Terra e quais os problemas matemáticos e físicos para se chegar ao objetivo esperado. Além disso, o filme também apresenta discussões sobre a questão de gênero, questão racial, segregação racial, racismo institucional, momento político, guerra fria e corrida espacial.

Capítulo 4

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE FÍSICA

4.1 MECÂNICA CLÁSSICA

Mecânica é o estudo do movimento. É possível afirmar que os gregos foram os primeiros a pensar seriamente sobre a mecânica, porém, de acordo com ciência atual, as ideias gregas podem ser consideradas falhas. A mecânica abordada neste capítulo teve início com o trabalho de Galileu (1564-1642) e seu ápice em Newton (1642-1727), com a formulação das suas três leis do movimento. O termo “mecânica clássica” utilizado neste trabalho pode ser entendido como significando o estudo envolvendo as Três Leis de Newton formuladas no século XVII (TAYLOR, 2013).

4.2 ESPAÇO, TEMPO E MASSA

Para estudar as Três Leis de Newton, precisamos fazê-lo de acordo com quatro conceitos fundamentais: espaço, tempo, massa e força (TAYLOR, 2013). Para descrever o movimento de uma partícula, é necessário descrever a sua posição e como ela se move (TIPLER; MOSCA, 2009).

Considerando um ponto P dentro de um espaço tridimensional como um vetor de posição r que determina a distância e direção de P a partir de uma origem O, podemos expressar isso com três vetores unitários, x , y e z , apontando nas direções dos três eixos, conforme mostrado na Equação (2) (TAYLOR, 2013).

$$r = x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z} \quad (2)$$

Na mecânica clássica o tempo é um parâmetro universal t com o qual todos os entes estão de acordo. O estudo da mecânica clássica envolve a escolha de um sistema de referência que pode ser explícita ou implícita. Nem todos os sistemas são fisicamente equivalentes, apenas em sistemas especiais, denominados sistemas inerciais, as Leis de Newton são válidas e, como veremos adiante, sistema inercial é um sistema não acelerado (HALLIDAY, 2008).

A massa de um objeto caracteriza sua inércia, sua resistência a mudar de velocidade, e é preciso a definição de uma unidade de massa, que por padrão internacional é o quilograma, usado para definir a unidade de força (HALLIDAY, 2008).

4.3 DISTÂNCIA E DESLOCAMENTO

Primeiramente, precisamos definir movimento e repouso. Um corpo está em repouso quando a distância entre esse corpo e o referencial não varia com o tempo. Um corpo está em movimento quando esta distância varia com o tempo. Para conhecermos a posição do corpo, em um certo instante, precisamos conhecer sua distância em relação ao ponto 0 do referencial (HEWITT, 2002).

Para diferenciarmos distância percorrida e deslocamento, devemos considerar que o deslocamento depende UNICAMENTE da posição inicial e final do móvel, e é um vetor; além disso, a distância percorrida depende da trajetória e é escalar. Ambos têm a mesma unidade no Sistema Internacional (SI), o metro (HEWITT, 2002).

4.4 VELOCIDADE MÉDIA E RAPIDEZ MÉDIA

A rapidez média de uma partícula é, por definição, a distância percorrida pela partícula dividida pelo tempo total. Como a distância percorrida e o tempo são sempre positivos, a rapidez média é sempre positiva, podendo ser definida como é apresentado na Equação (3) (TIPLER; MOSCA, 2009).

$$\text{Rapidez média} = \frac{\text{distância total}}{\text{tempo total}} = \frac{x}{\Delta t} \quad (3)$$

Por ser escalar, a rapidez não revela nada sobre a orientação do movimento. Uma quantidade adequada é aquela que descreve quão rápido e em que sentido ocorre o movimento, que por definição denominamos velocidade. A velocidade média (\vec{v}) é a razão entre o deslocamento ($\Delta\vec{x}$) e o intervalo de tempo (Δt), logo, temos a Equação (4).

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t_f - t_i} \quad (4)$$

Portanto, o deslocamento e a velocidade média³ são quantidades que podem ser positivas ou negativas. A unidade de velocidade é dimensionalmente a razão de deslocamento por tempo, desse modo, no SI a unidade de velocidade é o metro por segundo (m/s) (TIPLER; MOSCA, 2009).

4.5 ACELERAÇÃO

Aceleração é o quão a velocidade varia em função do tempo. A aceleração média é definida pela variação da velocidade ($\Delta\vec{v}$) pelo intervalo de tempo (Δt), como mostra a Equação (5).

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i} \quad (5)$$

A unidade da aceleração é dimensionalmente a razão da velocidade pelo tempo, portanto, no SI a unidade de aceleração é o metro por segundo por segundo (m/s/s), comumente conhecido como metro por segundo ao quadrado (m/s²). Para encontrar a velocidade, a partir de uma dada aceleração, considera-se que a velocidade é uma função cuja derivada temporal é a aceleração, como mostra a Equação (6).

$$\frac{dv_x(t)}{dt} = a_x(t) \quad (6)$$

De maneira análoga, a função posição $x(t)$ é uma função cuja derivada é a velocidade, como mostra a Equação (7).

$$\frac{dv_x}{dt} = v_x = v_{0x} + a_x t \quad (7)$$

É útil pensar no sinal de integral \int como indicando uma soma. O processo de cálculo de uma integral é denominado integração. De acordo com o teorema fundamental do cálculo, temos a Equação (8).

³ Em livros em português o termo ‘rapidez’ é equivocadamente traduzido como “velocidade escalar”. No entanto, velocidade é um vetor que em inglês é chamado de *velocity* e rapidez em inglês é *speed* (HEWIT, 2002).

$$f(t) = \frac{dF_t}{dt}, \text{ logo } = F(t_2) - F(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt \quad (8)$$

A antiderivada de uma função pode ser também definida como integral indefinida da função e é escrita sem limites de integração. Pode-se deduzir as equações da aceleração constante por meio das integrais indefinidas da aceleração e da velocidade. Considerando a constante, tem-se a Equação (9).

$$v_x = \int a_x dt = a_x \int dt = v_{0x} + a_x t \quad (9)$$

4.6 LEIS DE NEWTON DO MOVIMENTO

Em 1642, meses após a morte de Galileu, nasceu Isaac Newton. Quando ele tinha apenas 23 anos desenvolveu o que ficou conhecido como Leis de Newton, que suplantaram definitivamente as ideias aristotélicas (HEWITT, 2002). Ele reafirmou o conceito de inércia proposto por Galileu e suas leis apareceram em um dos livros mais importantes de todos os tempos, intitulado *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* (NEWTON, 1687).

4.6.1 Primeira e Segunda Leis de Newton: referenciais inerciais

As Leis de Newton, quando aplicadas a uma massa pontual, ou partícula, são uma forma de tratar um objeto com massa, porém sem dimensão, que pode se mover através do espaço, mas que não possui graus de liberdade internos. Dessa forma, podemos utilizar as leis do movimento de modo mais simples do que para corpos extensos. Contudo, é de fundamental importância compreender que, ao considerar objetos de interesse realisticamente aproximados por massas pontuais, podem ocorrer muitos problemas (TAYLOR, 2013).

A Primeira Lei Newton, ou a Lei da Inércia, pode ser descrita como: “Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de Movimento Retilíneo Uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele.” (NUSSENZVEIG, 2013, p. 68).

Segundo o enunciado da Primeira Lei de Newton, na ausência de forças, uma partícula se move com velocidade constante v , assim sendo, se o corpo está em repouso ele permanecerá em repouso. Já quando estiver em movimento sua velocidade (módulo) e sua orientação não mudará (HALLIDAY, 2008).

Contudo, a Primeira Lei de Newton não é válida para qualquer referencial, e denominamos “referências inercias” aqueles para os quais ela é válida. Embora a Terra não seja um referencial inercial, o seu movimento de rotação em torno do seu eixo afeta tão pouco os movimentos usuais, na escala de laboratório e também na prática, que nessa escala empregar o laboratório como referencial inercial se torna uma boa aproximação (TAYLOR, 2013).

Um dos problemas relacionados à aplicação da Primeira Lei é de Newton é que toda a mudança na velocidade v (em módulo ou direção) de um objeto em relação ao referencial inercial, ou seja, qualquer aceleração, deve estar relacionada à ação da força. Dessa forma, é preciso uma relação com maior precisão entre força e aceleração (NUSSENZVEIG, 2013). Portanto, definimos a Segunda Lei de Newton como: “Para uma partícula qualquer de massa m , a força resultante F sobre a partícula é sempre igual à massa m vezes a aceleração da partícula.” (TAYLOR, 2013, p. 13). E, em termos matemáticos, ela pode ser expressa de acordo com a Equação (10).

$$\vec{F}_{res} = m \cdot a \quad (10)$$

Aonde \mathbf{F} é a força resultante, \mathbf{m} a massa da partícula e \mathbf{a} aceleração. Contudo, essa equação deve ser utilizada com muito cuidado. Primeiramente devemos escolher o corpo ao qual vamos aplicá-la, pois \vec{F}_{res} deve ser a força resultante, ou seja, a soma vetorial de todas as forças que agem sobre o corpo em que foi escolhido. Em unidades do SI, utilizamos para a Equação (10) a unidade de $1 \text{ N} = (1 \text{ kg}) (1\text{m/s}^2) = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ (HALLIDAY, 2008).

Podemos também apresentar essa equação por meio do vetor \mathbf{F} soma de todas as forças que agem sobre a partícula e \mathbf{a} é a aceleração da partícula, conforme expresso nas Equações (11) e (12).

$$a = \frac{dv}{dt} \equiv \dot{v} \quad (11)$$

e

$$a = \frac{d^2r}{dt^2} \equiv \ddot{r} \quad (12)$$

Aqui, v denota a velocidade da partícula e introduz a notação conveniente de pontos para denotar a derivada com respeito a t , como em $v = \dot{r}$ e $a = \dot{v} = \ddot{r}$ (TAYLOR, 2013).

As duas leis descritas aqui podem ser expressas de várias formas equivalentes. Por exemplo, no caso da Primeira Lei: na ausência de força, uma partícula estacionária permanece

parada, uma partícula em movimento permanece em movimento e sua velocidade não muda. Na verdade, isso é exatamente o mesmo que afirmar que a velocidade é sempre constante. Da mesma forma, se e somente se a aceleração a for zero, v é constante, então uma afirmação mais concisa é: na ausência de força, a aceleração da partícula é zero. A Segunda Lei pode ser explicada pelo **momento** (\mathbf{p}) da partícula, definido como expresso na Equação (13) (TAYLOR, 2013).

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad (13)$$

Na mecânica clássica, assumimos que a massa de uma partícula nunca varia, de modo que chegamos à Equação (14).

$$\dot{\mathbf{p}} = m \cdot \dot{\mathbf{v}} = m \cdot \mathbf{a} \quad (14)$$

Assim, a Segunda Lei (10) pode ser reorganizada na forma da Equação (15).

$$\mathbf{F} = \dot{\mathbf{p}} \quad (15)$$

As duas formas, Equações (10) e (15), da Segunda Lei de Newton, são equivalentes na mecânica clássica.

Além disso, quando a Segunda Lei de Newton é escrita sob a forma $m\ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{F}$ e ela fica sendo uma equação diferencial para a posição $\mathbf{r}(t)$ da partícula, ou seja, é uma equação para a função desconhecida $\mathbf{r}(t)$ que envolve derivadas da função desconhecida. Vamos considerar uma partícula confinada ao movimento ao longo do eixo x e sujeita a uma força constante F_0 , considerando a Segunda Lei de Newton temos a Equação (16) (TAYLOR, 2013).

$$\ddot{x}(t) = \frac{F_0}{m} \quad (16)$$

A Equação (16) condiz com uma equação diferencial de segunda ordem para $x(t)$ como função de t . E para resolvê-la, temos que integrá-la duas vezes. A primeira integração fornece a velocidade, conforme apresenta a Equação (17) (TAYLOR, 2013).

$$\dot{x}(t) = \int \ddot{x}(t) dt = v_0 + \frac{F_0}{m} t \quad (17)$$

Quando a constante de integração é a velocidade inicial da partícula e a segunda integração fornece a posição, temos a Equação (18), em que a segunda constante de integração é a posição inicial da partícula (TAYLOR, 2013).

$$x(t) = \int \dot{x}(t) dt = x_0 + v_0 t + \frac{F_0}{2m} t^2 \quad (18)$$

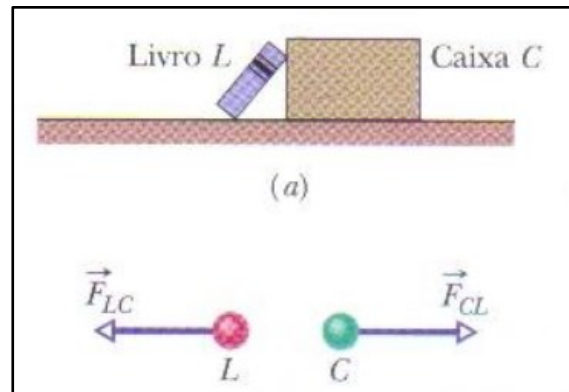
4.6.2 Terceira Lei de Newton

Quando falamos da Terceira Lei de Newton, não tratamos de apenas um único objeto sujeito a forças, mas a cada força que age sobre o objeto e também que envolve inevitavelmente um segundo objeto. Dessa forma, buscamos entender as forças que estão envolvidas na interação entre eles. Por exemplo: se você apoiar um livro sobre uma caixa, ambos irão interagir um com o outro, a caixa exercerá uma força horizontal \vec{F}_{LC} sobre o livro e ele exercerá uma força horizontal \vec{F}_{CL} sobre caixa (HALLIDAY, 2008).

Definimos a Terceira Lei de Newton como: “Se o objeto 1 exerce uma força F_{21} sobre o objeto 2, então objeto 2 sempre exerce uma força de reação F_{12} sobre o objeto 1 dada por: $F_{12} = -F_{21}$ ” (TAYLOR, 2013, p. 17).

A Terceira Lei de Newton também é conhecida como “Princípio da Ação e Reação”, visto que, a toda ação temos uma reação de igual módulo e direção, porém em sentidos opostos. Entretanto, cabe ressaltar que a ‘ação’ e a ‘reação’ estão sempre aplicadas a corpos diferentes. Essa afirmação pode ser notada na representação expressa na Figura 2 (NUSSENZVEIG, 2013).

Figura 2- Exemplo da Terceira Lei de Newton



Fonte: Halliday (2008).

Na Figura 2, \vec{F}_{LC} são uma força aplicada à partícula C e \vec{F}_{CL} está aplicada à partícula L (NUSSENZVEIG, 2013).

Contudo, além das forças que cada objeto aplica sobre o outro, podem haver forças ‘externas’ exercidas por outros corpos. Por exemplo: a Terra e a Lua experimentam forças externas devido ao Sol. Serão representadas agora as forças externas resultantes sobre os dois objetos **a** como F_1^{Ext} e F_2^{Ext} , e a força total sobre o objeto 1 é definida pela Equação (19):

$$(\text{força resultante sobre 1}) \equiv F_1 = F_{12} + F_1^{Ext} \quad (19)$$

De forma análogo temos a Equação (20):

$$(\text{força resultante sobre 2}) \equiv F_2 = F_{21} + F_2^{Ext} \quad (20)$$

4.7 A FÍSICA DO VOO DO AVIÃO

A explicação convencional do voo do avião, usando a Lei de Bernoulli, apresenta problemas graves que precisam ser discutidos, inclusive no ensino médio. A explicação que utiliza as Leis de Newton pode demonstrar coerentemente como se origina a aceleração do ar para baixo pela asa.

A abordagem apresentada nesta dissertação foi apresentada por Weltner *et al.* (2001) e baseia-se nas Leis de Newton, particularmente nas equações da Hidrodinâmica de Euler. Comumente, já se associa a explicação da sustentação do rotor de um helicóptero baseada nas Leis de Newton, sendo que um fluxo de ar é empurrado e acelerado para baixo, resultando que o rotor exerce uma força sobre o ar. A reação é a sustentação. Normalmente, por analogia se

explica a propulsão à hélice ou a jato. Nessas explicações, a asa exerce a mesma função da hélice do helicóptero (WELTNER *et al.*, 2001).

Se existe uma movimentação da superfície horizontalmente, ela acelera o ar em repouso e em torno de si para baixo, de tal forma que exerce uma força vertical ao ar. E a contraforça é a sustentação. Em homenagem a seus trabalhos, a equação de sustentação é denominada equação de Kutta-Joukowski, sendo que a sustentação de um trecho da asa de envergadura de 1 metro é dada por meio da Equação (21).

$$F = \rho \cdot v \cdot \Gamma \quad (21)$$

Considerando F a força da sustentação, ρ densidade do ar, v a velocidade relativa do escoamento e Γ a circulação definida como apresentado na Equação (22).

$$\oint \vec{v} \cdot d \cdot \vec{s} \quad (22)$$

Conforme as equações de Euler, a circulação não depende do caminho de integração. Por isso, em um escoamento, tem-se que circular segundo a Equação (23).

$$v = \frac{\Gamma}{2\pi \cdot R} \quad (23)$$

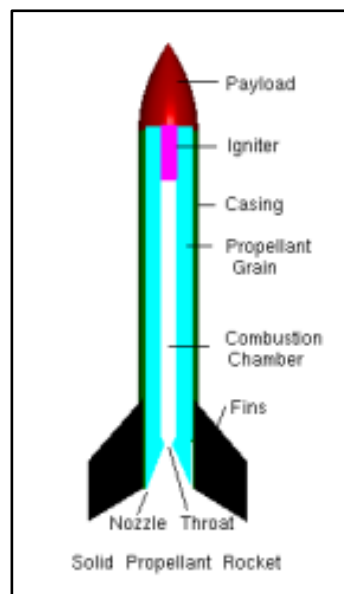
Pode-se perceber que a velocidade é proporcional ao inverso da distância R ao centro da circulação, e a direção dela é perpendicular ao raio. Na dinâmica dos fluidos, para determinar o escoamento estacionário em torno de uma asa isso deve ser feito partir do escoamento potencial calculado pelas equações de Euler, antepondo a ele escoamentos circulares com centros na linha média do perfil da asa sob a condição de que a superposição provenha em um escoamento paralelo à superfície. Dessa forma é que se constrói o escoamento. A partir da lei de Bernoulli é possível deduzir desse escoamento as velocidades e determinar as distribuições de pressão, a partir das quais se calcula a sustentação. Nessa abordagem fica claro que a circulação e a lei de Bernoulli estão envolvidas no cálculo da sustentação. No entanto, a relação física entre circulação e sustentação é quase oculta. Por sua vez, a equação do Kutta-Joukowski relaciona a mudança do impulso vertical de um escoamento com a sustentação. Podemos perceber que a asa muda o fluxo de impulso do escoamento gerando a sustentação e a circulação (WELTNER *et al.*, 2001).

4.8 E COMO FUNCIONA O FOGUETE?

A forma mais simples de descrever o que é um foguete, é explicando seu funcionamento básico, que se trata apenas de uma câmara que envolve um gás sob pressão com uma pequena abertura nela que permite ao gás escapar e, assim, em conformidade com Terceira Lei de Newton, à medida que o gás vai sendo expelido em uma direção, o foguete é impulsionado na direção oposta, ou seja, a ação gerada pela expulsão do gás gera a reação do movimento do foguete para a direção oposta (HEWITT, 2002). Ressalta-se que o tamanho do motor de um foguete é determinado por três princípios fundamentais: força de empuxo ou tração F_T , impulso específico I_{sp} e fluxo mássico \dot{w} (TAYLOR, 2017).

Os foguetes, em sua maioria, utilizam dois tipos de propelentes: sólidos ou líquidos. A otimização do desempenho de um foguete depende do tipo de propelente que será adotado. Os mísseis, foguetes de pequeno porte (VLS) ou foguetes auxiliares, em geral operam com propelentes sólidos, como é o caso dos foguetes brasileiros que são lançados da base de Alcântara. Um foguete que utiliza propelente sólido, possui quatro partes principais (Figura 3): i) uma caixa que contém o propelente sólido e que é capaz de suportar a pressão quando o foguete está operando, normalmente feita de metal de alta resistência ou de materiais compostos, como vidro, Kevlar e carbono; ii) o propelente sólido principal (*propellant grain*), que ocupa a maior parte da caixa; iii) a câmara de combustível (*combustion chamber*), que canaliza a descarga dos produtos da combustão; e iv) o ignitor (*igniter*), que inicia o funcionamento do foguete, normalmente são compostos que liberam calor, como materiais pirotécnicos (KUENTZMANN, 2012; ADAMI; MORTAZAVI; NOSRATOLLAHI, 2017).

Figura 3- Representação do funcionamento do foguete de propelente sólido



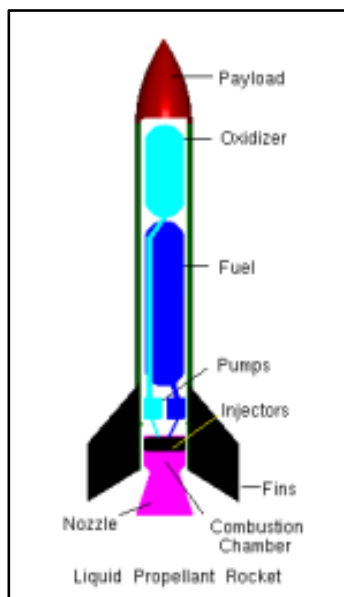
Fonte: [Foguete prático \(nasa.gov\)](https://www.nasa.gov)⁴

Para dar início ao funcionamento de um foguete de propelente sólido, no topo do motor há um ignitor que envia um sinal elétrico que inflama o propelente principal, onde há o combustível e o oxidante. Após iniciada a queima, a temperatura dos gases oriundos da combustão pode variar entre 2000 K e 3800 K, sendo que, uma vez iniciada a combustão, não é possível suspendê-la até que todo o propelente seja consumido. Quando a energia térmica proveniente dos gases é convertida em energia cinética, os gases são ejetados através do bocal (*nozzle*), ressaltando-se que o desenho do bocal tem grande importância no desempenho desse tipo de foguete, pois determina como grande parte da energia total vai ser convertida em cinética. Contudo, os motores de propelentes sólidos têm menos eficiência do que aqueles de propelentes líquidos, o que os torna desvantajosos em relação a esse aspecto, porém eles têm a vantagem de não necessitarem de tanques líquidos antes de operarem (KUENTZMANN, 2012; ADAMI; MORTAZAVI; NOSRATOLLAHI, 2017).

Já os foguetes que utilizam o propelente líquido (MPL) são considerados mais eficientes em relação aos de propelentes sólidos, no entanto, a quantidade de componentes que os constituem torna o seu funcionamento mais complexo. Os foguetes que utilizam esse tipo de propelente são os foguetes espaciais. A principal diferença é que os foguetes de propelentes líquidos utilizam tanques de armazenamento separados, um para o combustível (*fuel*) e outro para o oxidante (*oxidizer*). Além disso, também possuem outras partes importantes, tais como: bombas (*pumps*), uma câmara de combustão e um bocal (*nozzle*) (Figura 4) (NASA, 2019).

Figura 4 - Representação do funcionamento do foguete de propelente líquido

⁴ Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/TRCRocket/practical_rocketry.html>. Acesso em: maio de 2020.



Fonte: [Foguete prático \(nasa.gov\)](https://www.nasa.gov/k12/rocket/TRCRocket/practical_rocketry.html)⁵.

Os propelentes são armazenados nos tanques que posteriormente são bombeados pelo sistema de alimentação para a câmara de combustão. O combustível para esse foguete é geralmente hidrogênio líquido ou querosene. Já oxidante é geralmente o oxigênio líquido. Quando estão na câmara, o oxidante e combustível são misturados por meio de injetores que elevam a temperatura e pressão a altos valores, o gás ao se expandir é ejetado por meio do bocal na extremidade inferior. Um fator extremamente importante é massa desse tipo de foguete: quanto maior a massa, maior a dificuldade de ele sair do chão. Além disso, os foguetes de propelente líquido são muito maiores do que os foguetes de propelente sólido. A qualidade do foguete pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso (NASA, 2019).

Os propelentes são armazenados nos tanques de onde posteriormente serão bombeados pelo sistema de alimentação para a câmara de combustão. O combustível para esse tipo de foguete é geralmente hidrogênio líquido ou querosene. Já oxidante é geralmente o oxigênio líquido. Quando estão na câmara, o oxidante e o combustível são misturados, por meio de injetores que elevam a temperatura e pressão a altos valores, e o gás, ao se expandir, é ejetado por meio do bocal na extremidade inferior. Um fator extremamente importante é a massa desse tipo de foguete: quanto maior a massa, maior a dificuldade de ele sair do chão. Além disso, os foguetes de propelente líquido são muito maiores do que os foguetes de propelente sólido. Ressalta-se que a qualidade do foguete pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso (NASA, 2019).

⁵ Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/TRCRocket/practical_rocketry.html>. Acesso em: maio de 2020.

Ao contrário dos aviões, os foguetes não precisam de atmosfera para operar, pelo contrário, funcionam melhor na ausência de atmosfera. Para queimar sem matéria, basta que o foguete já carregue combustível e oxidante, como nos dois tipos de casos descritos. Durante uma viagem espacial, você pode até desligar o motor. O movimento é inercial e pode ser facilmente explicado pela Primeira Lei de Newton. Estritamente falando, a força de movimento resultante não é zero, porque ela é afetada por várias gravidades, então não se moverá ao longo de uma linha reta (SILVEIRA, 2019).

Para um foguete sair da plataforma de lançamento, pode-se dizer que ele deve produzir um empuxo (não confundir com o termo da Física de fluidos) maior do que seu peso. Sendo um caso ideal aquele com 91% em massa de propelentes, 3% de tanques, motores etc. e 6% de carga útil, como satélites, astronautas ou espaçonaves (NASA, 2019). A eficácia de um foguete é chamada de Termo de Fração de Massa (sigla MF, em inglês). Essa expressão é obtida por meio da Equação (24).

$$M_F = \frac{\text{Massa dos propelentes}}{\text{Massa total}} \quad (24)$$

Um foguete ideal seria aquele que tem o MF 0,91. Enquanto um foguete perfeito teria MF 1,0, porém o seu lançamento não daria de carga útil, o que não faz sentido. Quanto menor o MF, menor o alcance do foguete. A critério de curiosidade, os ônibus espaciais tinham MF em torno de 0,82. Para foguetes muito grandes, uma solução é descartar partes ao longo do lançamento. Como é o caso dos ônibus espaciais que ejetavam partes suas ao longo do lançamento. Essa técnica é conhecida pelo termo em inglês *staging* (NASA, 2019).

Construir um foguete de vários estágios tem sua vantagem, pois desse modo podem ser ejetadas carcaças de estágios anteriores, levando a uma diminuição considerável da sua massa, dado que as carcaças constituem um peso morto considerável (tanques de combustível e motores), partindo para o estágio seguinte com uma nova massa inicial bem menor e de uma nova velocidade inicial igual à velocidade final do estágio anterior (NUSSENZVEIG, 2013).

Portanto, para descrever o movimento do foguete precisa-se levar em consideração que se trata de um corpo de massa variável. Assim sendo, podemos descrever a equação da velocidade do foguete em função da massa e obtê-la sem causar confusão com sinais (FOWLES; CASSIDAY, 1998).

Aplicando-as aos foguetes, primeiro devemos considerar que a razão da troca de massa é um valor negativo. Dessa forma, uma massa $m(t)$ com velocidade $v(t)$ e que se movimenta em

um meio qualquer, é adicionada a uma massa Δm em que a velocidade $u(t)$ é menor, mas no mesmo sentido e direção de $v(t)$. Considerando um tempo $t + \Delta t$, a massa acumulou uma massa menor Δm , de tal maneira que sua massa é agora $m(t + \Delta t) = m(t) + \Delta m$, e sua velocidade é $v(t + \Delta t)$. Assim, a variação do momento linear é dada pela Equação (25) (TAYLOR, 2013).

$$\Delta P = (P_{total})_{t+\Delta t} - (P_{total})_t \quad (25)$$

Reescrevendo a Equação (25), agora em termos de massa e velocidades, chegamos à Equação (26).

$$\Delta P = (m + \Delta m)(v + \Delta v) - (mv + u\Delta m) \quad (26)$$

Considerando a velocidade de relativa à m , pode-se reescrever a Equação (26) na forma da Equação (27).

$$\Delta P = m\Delta v + \Delta m\Delta v - V\Delta m \quad (27)$$

Agora, dividindo os dois lados por Δt obtemos a Equação (28).

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = (m + \Delta m) \frac{\Delta v}{\Delta t} - V \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (28)$$

Aplicando o limite de $\Delta t \rightarrow 0$, chega-se à Força externa (como gravitacional ou resistência do ar), como mostrado na Equação (29).

$$F_{ext} = m \cdot a - v m \quad (29)$$

A Equação (29) mostra que \mathbf{a} é a aceleração, sendo a taxa com que o motor do foguete expele massa. A equação é bem semelhante à da Segunda Lei de Newton, porém encontramos o fator $-mv_{ex}$ desempenhando o papel da força. Por essa razão, esse produto é frequentemente chamado de propulsão (Equação (30) (TAYLOR, 2013).

$$Propulsão = - m \cdot v_{ext} \quad (30)$$

Aplicando a equação para o movimento de um foguete, obtém-se a Equação (31).

$$m \cdot a = -V \frac{dm}{dt} \quad (31)$$

Separando os membros e integrando, pode-se chegar à Equação (32).

$$\int dv = \int V \frac{dm}{m} \quad (32)$$

Em seguida, assumindo que V é constante, ao integrar nos limites encontra-se a Equação (33).

$$\int_{v_0}^v dv = -V \int_{m_0}^m \frac{dm}{m}$$

$$v = v_0 + V \ln \frac{m_0}{m} \quad (33)$$

Essa é a equação da rapidez do foguete, aonde v_0 é a velocidade inicial; m_0 é a massa inicial do foguete; m é a massa em qualquer tempo; e V é a rapidez com que o combustível é ejetado do foguete (NUSSENZVEIG, 2013).

Capítulo 5

5 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolveu-se em sete etapas: a primeira fase foi a revisão bibliográfica; a segunda fase referiu-se à apropriação do tema; na terceira fase realizou-se a produção do material instrucional; na quarta fase houve a implementação do projeto; a quinta fase foi a análise; a sexta foi a criação do site para disponibilizar o material instrucional; e na sétima fase foi redigida a dissertação.

A primeira etapa (revisão bibliográfica) e a quinta etapa (análise) têm capítulos especialmente dedicados a elas. As demais etapas são descritas a seguir.

5.1 A APROPRIAÇÃO DO TEMA E DO REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa parte da pesquisa, assim como na revisão bibliográfica, fez-se um levantamento sobre as principais referências teóricas em que a pesquisa seria embasada, assim como uma pesquisa acerca do conteúdo de cinemática e dinâmica e também sobre os filmes, em busca de conferir uma maior sustentação para a presente pesquisa. A apropriação do tema e do referencial teórico que foi organizada em oito tópicos: Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica; Referencial Metodológico (UEPS); Teoria de Paul Feyerabend; Teorias sobre o movimento; filme *Alexandria* e sua contribuição para o ensino de Física; filme *Estrelas além do tempo* e sua contribuição para o ensino de Física.

5.2 A CRIAÇÃO DO MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO

O material potencialmente significativo foi desenvolvido baseado na Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. Primeiramente foi elaborada a UEPS (ver Apêndice A). Cada passo da UEPS foi analisado no planejamento das aulas, das experiências por meio dos vídeos e do site contendo todas as informações sobre a proposta.

5.2.1 Abordagem dos filmes *Alexandria* e *Estrelas além do tempo*

Após realizada a apropriação do tema e dos referenciais teóricos, foram reexaminados os filmes em busca das principais cenas que seriam analisadas durante as aulas de movimento e dinâmica, para, dessa forma, fundamentar na UEPS para proporcionar a discussão sobre as questões de gênero, étnico-raciais e culturais. Nesse momento, se optou por duas UEPS em vez de uma, sendo a primeira de cinemática e a segunda de dinâmica.

Ambos filmes selecionados abordam a história de mulheres que, em meio a diversas questões políticas, culturais, religiosas e de gênero, rompem com todas as barreiras impostas pela sociedade.

O filme *Alexandria*, que se passa no ano de 391 d.C. e conta a história de Hipátia, filósofa e matemática, e o filme *Estrelas Além do tempo*, que conta a história de três mulheres negras, Katharine Johnson (matemática), Dorothy Vaughan (supervisora) e Mary Jackson (Engenheira), cujo a história se passa em 1961. As duas ficções têm uma diferença entre as épocas de mais ou menos 1500 anos, mesmo assim, apresentam situações semelhantes por retratarem mulheres envolvidas com ciência e trazerem essas questões dentro do ensino foco das UEPS.

5.2.2 Abordagem da cinemática e da dinâmica por meio de experiências

Após a abordagem dos filmes, foi realizada a escolha das experiências. Esperava-se encontrar aquelas que utilizassem matérias de baixo custo, de fácil montagem (para que os alunos pudessem fazer em casa) e que abordassem a maioria dos conceitos, tanto de cinemática como de dinâmica. A princípio, as experiências seriam trabalhadas com os alunos presencialmente, porém essa atividade teve que ser adaptada para aplicação não presencial, conforme será descrito no próximo tópico.

5.2.3 Elaboração dos vídeos e dos formulários

Devido ao fato de a proposta ser aplicada de forma não presencial, ficou inviável fazer os experimentos com os alunos. Desse modo, foram desenvolvidos vídeos que mostrassem os materiais dos experimentos, os procedimentos para montagem e a execução das atividades. Para cada experimento ou demonstração, foi elaborado um vídeo de duração curta. As listas de exercícios também foram elaboradas para que os alunos pudessem resolvê-las em casa. Dessa

forma, também houve a criação de formulários com perguntas prévias sobre os filmes e as experiências para que se conseguisse verificar as possíveis concepções dos alunos sobre os temas.

O material desenvolvido para esta proposta está disponível na página educacional⁶, desse modo, o professor poderá ter acesso a todas as atividades em um ambiente apenas, podendo fazer uso dela e também adaptá-la.

5.3 IMPLEMENTAÇÃO DA UEPS

Nesta parte do trabalho serão feitos comentários acerca de cada etapa da aplicação das duas UEPS desenvolvidas.

5.3.1 Público-alvo

A proposta foi aplicada a estudantes do primeiro ano do ensino médio do turno vespertino do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), escola localizada em Araranguá/SC, na modalidade não presencial, devido à epidemia de COVID-19. A proposta começou a ser aplicada na turma do primeiro ano do ensino médio do turno matutino do IFSC presencialmente, em fevereiro de 2020, porém, infelizmente, devido à COVID-19, a aplicação foi interrompida sem data para retorno.

Houve um período de espera para o retorno das aulas presenciais, no entanto, com a impossibilidade de elas ocorrerem, a proposta começou a ser a adaptada para o ensino não presencial. A proposta pode também ser aplicada em escolas da rede estadual, contudo, em razão da pandemia de COVID-19, ocorreram muitas mudanças no sistema estadual de ensino e os professores estavam se adaptando a novas formas de ensinar, o que dificultou a comunicação com eles para fazer a aplicação.

Dessa forma, a proposta foi aplicada no ensino não presencial, por meio de aulas transmitidas pelo *Google Meet* ao vivo. Essas aulas ficaram gravadas, para revisão posterior dos alunos, no ambiente virtual da escola.

⁶ Disponível em: <https://karolsouza18.wixsite.com/decolandonafisica>

5.3.2 Aplicação das UEPS

O primeiro encontro não presencial foi realizado em novembro de 2020, no período de uma aula de quarenta minutos. Nessa etapa buscou-se apresentar a proposta para os alunos, exibir o filme *Alexandria* e, em seguida, aplicar um questionário, que foi adaptado e disponibilizado para os alunos por meio do *Google Forms*, podendo eles respondê-lo em casa.

Nesta etapa foi realizada uma breve apresentação sobre como as atividades ocorreriam, trazendo questões introdutórias sobre o conteúdo e exibindo o filme (Figura 5). Os alunos poderiam assistir ao filme em suas casas e responder ao formulário disponibilizado no site.

Figura 5 – Imagem de divulgação do filme *Alexandria*



Fonte: disponível em: <https://www.adorocinema.com/filmes/filme-134194/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

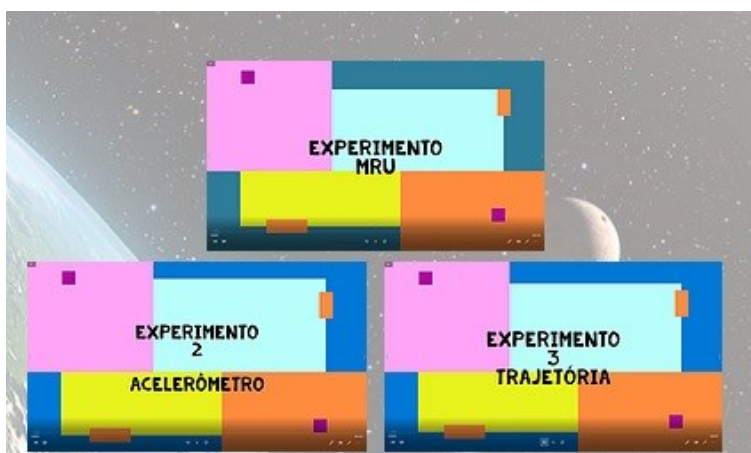
O filme foi utilizado como organizador sequencial das teorias que seriam apresentadas, servindo como ponte entre o conhecimento novo e aquele que o aluno já possui. As questões disponíveis no formulário tinham como objetivo conhecer a visão do aluno sobre o papel da mulher na ciência e quais conhecimentos sobre movimento eles possuíam. Segundo Moreira (2012), os organizadores prévios funcionam como ideias âncora ou como forma de estabelecer relações sobre ideias relevantes para a aprendizagem significativa do novo material.

O segundo encontro também teve duração de 40 minutos e ocorreu em dezembro de 2020. Nessa aula foi realizada uma discussão tanto sobre o filme quanto em relação aos

conceitos da Física abordado sem seu decorrer. De forma a iniciar a discussão sobre o filme, foi apresentado um slide com as perguntas do formulário e algumas respostas dos alunos. Dessa forma, foi disponibilizado um espaço para que os alunos pudessem dar suas opiniões e trazer histórias sobre os pontos de vista deles.

Ao final da aula, foram apresentados alguns vídeos de experimentos de cinemática (Figura 6), disponibilizado o link para visualização e sugerida a reprodução do conteúdo do link em casa. Em seguida, foi solicitado aos alunos que respondessem um formulário com questões sobre os experimentos.

Figura 6 - Aberturas dos vídeos de experimentos sobre cinemática




Fonte: elaborada pela autora (2021).

O terceiro encontro ocorreu igualmente em dezembro de 2020, com duração de mais ou menos uma hora. No início da aula, foram apresentados novamente os experimentos, e com o auxílio de uma apresentação de slides (Figura 7) foi realizada uma discussão sobre as perguntas e respostas dos alunos registradas no formulário supracitado.

MRU
professora especialista: Carolini Felisberto de Souza

Movimento é relativo

- Tudo se move;
- Vocês estão parados ou em movimento??




Exercício

- Não é senso comum pensar que a Terra esteja em seu lugar apropriado, e que seja inconcebível uma força capaz de movê-la, como Aristóteles sustentava, e que ela esteja em repouso no universo?

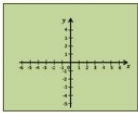
Vamos relembrar!

- E a Terra está em movimento? E o Sol? A galáxia? Lua?
- Tudo na física é questão de referencial.



Referencial

- Normalmente adota-se o referencial cartesiano;




Exercício 1

- Uma corrida de Fórmula 1 em Interlagos tem 71 voltas. Calcule:
 - A) distância percorrida;
 - B) deslocamento.

Obs.: procure na internet os dados que achar necessário.

Mecânica

- Todo conceito de mecânica devemos adotar um referencial;
- Decida qual o seu!

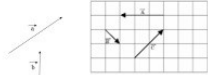


Distância percorrida

- Símbolo: d , x ou s ;
- Vetor ou escalar?
- É o que marca o carro ou não?

Exercício 2

- Calcule o vetor resultante nos seguintes casos:



Exercício 3

- Um sujeito anda no plano cartesiano, em metros, sete unidades para a direita em seguida cinco para cima por fim três para esquerda e dois para baixo.
- Quais foram o deslocamento e a distância percorrida em módulo?

Mecânica

- Conceitos que devemos saber:
 - Referencial;
 - Distância percorrida;
 - Deslocamento;
 - Rapidez;
 - Velocidade;
 - Aceleração.



Deslocamento

- Símbolo: Δx , Δs e Δd .
- Vetor ou escalar?
- Vetor que liga vetor inicial e ao final não importando o caminho percorrido.

Deslocamento

VETOR DESLOCAMENTO

• VETOR QUE REPRESENTA A DIREÇÃO E SENTIDO RESULTANTE DO MOVIMENTO.

Fonte: elaborada pela autora (2021).

A quarta aula também aconteceu em dezembro de 2020, com duração de mais ou menos uma hora. Inicialmente, foi realizada uma revisão sobre os conceitos de MRU (Figura 9): repouso, movimento, referencial, trajetória, ponto material, corpo extenso, distância percorrida, deslocamento e discutida a diferença entre rapidez e velocidade. Vale ressaltar que em todas as aulas se buscou fazer abordagens relembrando cenas do filme e as experiências. Essa foi a última aula do ano letivo de 2020, mas a implementação da UEPS voltou a acontecer no primeiro semestre de 2021, devido ao calendário do IFSC.

Figura 9 - Aula de cinemática (2)

Rapidez

- É uma grandeza escalar;
- Rapidez média mede o quão rápido um carro percorre uma distância;
- E como eu calculo a rapidez?

Vamos relembrar uma cena do filme

É voltando a Rapidez

- Antes da época de Galileu, as pessoas descreviam os objetos em movimento simplesmente como "lento" ou "rápido".
- Tratava-se de descrições vagas;
- Cabe Galileu o crédito por ter sido o primeiro a medir velocidade levando em conta a distância percorrida por unidade de tempo.

Exercício 6

- Qual é a rapidez média do leopardo que corre 100m em 4s? Calcule em km/h e em m/s.

Rapidez instantânea

- É a rapidez na hora, ela se altera mesmo que a rapidez média não se altere;
- Por exemplo, numa corrida na Fórmula 1 em Interlagos a rapidez média foi 217 km/h, no entanto, eles chegam a uma rapidez de 346 km/h, e também de 131 km/h. Essa velocidade que muda a cada distância é a rapidez instantânea.

Vamos pedir ajuda a esse moço

É Galileu com isso?

É voltando a Rapidez

- Curiosamente, Galileu podia medir a distância facilmente, mas naquela época, medir curtos intervalos de tempo era algo muito difícil.
- Algumas vezes ele usou sua própria pulsação, e outras, o pingar de gotas de um relógio d'água (ou clepsidra) que ele mesmo construiu.

Exercício 7

- Se um carro move-se com uma rapidez média de 60km/h durante uma hora, ele percorre uma distância de 60km.
- A) Quão longe ele viajaria se continuasse se movendo nessa rapidez por 4 horas?
- B) e o 10h?

Rapidez instantânea

- É a velocidade que o velocímetro marca.

É Galileu com isso?

A rapidez dos dois foi igual!

É Galileu com isso?

<https://www.youtube.com/watch?v=wwf0ENo-mQ>

É Galileu com isso?

Rapidez média

- Rapidez média leva em consideração toda a distância percorrida pelo móvel em determinado tempo;
- É uma grandeza escalar;
- É calculada pela razão entre distância total e pelo tempo.
- Rapidez média = $\frac{\text{distância total percorrida}}{\text{intervalo de tempo}}$

Existe velocidade absoluta?

Equação da rapidez

- Rapidez é a razão entre a distância percorrida e o tempo gasto.
- Unidade no sistema internacional é o m/s;
- Usualmente se usa km/h;
- Rapidez é uma grandeza escalar;
- Muitos livros erroneamente usam o termo velocidade escalar para rapidez.

Conversão

Exercício 5

- Calcule a rapidez da pessoa do exercício 3 se levou 5 segundos para percorrer. E também sua rapidez em km/h.

Qual a diferença entre rapidez e velocidade?

- Primeiramente velocidade é sempre vetorial, apesar de alguns livros usarem o termo errôneo velocidade escalar para rapidez;
- Enquanto a rapidez usa distância percorrida (escalar) a velocidade usa o deslocamento que é um vetor.
- Então, define-se velocidade por deslocamento pelo tempo;

Fonte: elaborada pela autora (2021).

A quinta aula ocorreu no retorno das aulas referentes ao ano letivo de 2020, em fevereiro de 2021, e teve duração de uma hora. Como era o retorno das aulas online, foi realizada uma revisão dos conceitos que foram trabalhados em novembro e dezembro de 2020 de forma oral e por meio de alguns exercícios, além de retornar a discussão acerca da história da ciência e da questão de gênero.

A sexta aula ocorreu em fevereiro de 2021, quando foi realizada a aplicação da nova situação-problema, buscando um nível maior de complexidade dos conceitos abordados até aquele momento: aceleração, gravidade, movimento acelerado, movimento retardado, tipo de movimentos (MRU e MRUV), equação horária da posição e equação da velocidade. Para finalizar houve a resolução de exercícios.

A sétima aula ocorreu em fevereiro de 2021 e teve duração de uma hora. Nela, foi realizada uma aula expositiva integradora final, utilizando a “Apresentação de slides 1”, a fim de retomar todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas com os alunos. Foram realizados exercícios sobre o tema e outros foram deixados como tarefa para os alunos concluírem em casa.

Na oitava aula, também com duração de uma hora, foi realizada a resolução dos exercícios da aula anterior. Nessa etapa também ocorreu avaliação da aprendizagem na UEPS. Os resultados dessa avaliação serão discutidos no capítulo 6 que aborda a análise de dados.

Na nona aula foi iniciada a aplicação da segunda UEPS. Essa aula ocorreu em março 2021 e teve a duração de uma hora. No início houve uma breve apresentação do que aconteceria na aula, abordando um pouco sobre o filme *Estrelas além do tempo* (Figura10) que seria exibido. Então, foi sugerido aos alunos que o assistissem em suas residências. Posteriormente, foi apresentado o questionário sobre o filme que guiaria a aula da semana seguinte.

Figura 10 - Imagem de divulgação do filme *Estrelas além do tempo*



Fonte: disponível em: <https://www.adorocinema.com/filmes/filme-219070/trailer-19551995/>. Acesso em: 20 maio 2021.

A décima aula foi realizada em março de 2021 e teve a duração de 1 hora, sendo iniciada com uma discussão sobre o referido filme com base no questionário que foi respondido pelos alunos. Para a aula foi elaborada uma apresentação de slides para guiar a conversa, em que foram discutidos os principais pontos sobre a questão étnico-racial e de gênero. Posteriormente, na mesma aula, foram exibidos os vídeos dos experimentos sobre dinâmica e um questionário via *Google Forms*. Para responder, foi sugerido que os alunos realizassem os experimentos (Figura 11) em casa e depois respondessem o questionário. Caso eles não conseguissem, poderiam apenas assistir aos vídeos e analisá-los.

Figura 11 - Abertura dos vídeos de experimentos sobre dinâmica



Fonte: elaborada pela autora (2021).

A décima primeira aula, realizada em março de 2021, teve duração de uma hora e iniciou-se com a conversa sobre o filme “Estrelas além do tempo” e os experimentos, a fim de levantar situações-problema sobre questões de ciência, raciais, gênero e cultura. Nessa aula, a partir das situações-problemas, deu-se início à abordagem de dinâmica (Apresentação de slides 2 – Figura 12), abordando as passagens históricas dos principais filósofos e cientistas que deram início ao conceito de movimento na Física.

Figura 12 - Apresentação de slides 2

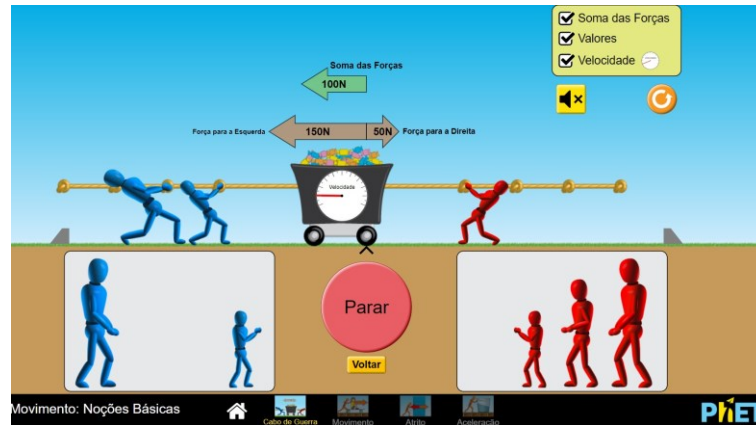


Fonte: elaborada pela autora (2021).

A décima segunda aula, realizada em março 2021 e com duração de uma hora, teve início relembrando fatos históricos e abordando os conceitos de força, Primeira Lei de Newton, Segunda Lei de Newton, conceitos iniciais, vetores, força peso, gravidade e apresentando exercícios. Os conceitos de força e de aceleração foram retomados por meio da demonstração da simulação computacional fornecida no site PHET colorado (Figura 13). Durante o decorrer

da aula, buscou-se problematizar em um nível de complexidade maior os conceitos iniciais e, dessa forma, foram retomadas cenas do filme e também os experimentos.

Figura 13 - Simulação sobre forças e movimento



Fonte: disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_pt_BR.html. Acesso em: 25 maio 2021.

A décima terceira aula teve duração de uma hora e foi realizada em março de 2021. Essa última aula também ocorreu de forma expositiva com a utilização de slides sobre dinâmica, apresentando a Terceira Lei de Newton e retomando todo o conteúdo da UEPS 1 e 2 de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas com os alunos, a fim de para explicar como funciona o avião e o foguete, com base nos conceitos vistos durante as aulas. A avaliação final foi disponibilizada para os alunos e a entrega foi solicitada para ser via sistema.

Capítulo 6

6 ANÁLISE DOS DADOS

Para fazer a análise de todos os dados, foram utilizados como fontes: diário de bordo; participação dos alunos no desenvolvimento das atividades e interesse demonstrado pelo conteúdo; e repostas obtidas por meio dos questionários, assim como via atividades avaliativas.

Para extrair alguns achados do material produzido, foi feita uma análise qualitativa orientada pela Teoria Fundamentada de Strauss. Apesar de a Física ser considerada como parte das ciências exatas, o ensino dela envolve diversos aspectos sociais. O ambiente de ensino é um fenômeno sociológico complexo. Cientes dessa multiplicidade, optou-se, no estudo relatado nesta dissertação, por uma investigação qualitativa do tipo etnográfica.

Segundo Erickson (1986), a pesquisa qualitativa é interpretativa, pois procura como resultados entender quais são os significados que as pessoas dão, dentro de um contexto social, as suas ações e interações.

Considera-se o estudo relatado como etnográfico, pois ele começa com a observação meticulosa do comportamento de pessoas em comunidade, o que foi feito *in loco*. A etnografia educativa, segundo Goetz e LeCompte (1988), tem como objetivo a condução de dados descritivos de atividades, concepções e contextos dentro de um ambiente de ensino.

Para análise dos dados descritivos, a base foi a Teoria Fundamentada. Conforme Corbin e Strauss (1990), a Teoria Fundamentada trata da análise de dados sistematicamente reunidos e interpretados por meio de processo de pesquisa. O investigador, mesmo tendo suas convicções teóricas, permite que achados surjam a partir da sua análise dos dados. De acordo com esta teoria, a descrição detalhada é fundamental no processo, por isso cada fonte de dados será descrita nas seções seguintes e delas surgirão os achados da pesquisa a partir das variáveis de investigação.

A Teoria Fundamentada sugere encontrar uma ordenação conceitual a partir da coleta dos dados. Nesta pesquisa, as **variáveis de investigação** foram: i) houve evolução conceitual em conceitos de Física associados ao estudo de cinemática e dinâmica?; ii) houve uma aproximação das ideias sobre ciência com a moderna filosofia da ciência ao discutir as questões de gênero e étnico-racial nas aulas de Física?; iii) houve um aumento na predisposição em aprender dos alunos?; e iv) os filmes escolhidos cumpriram o papel de contextualizar a questão de gênero e étnica -racial dentro do empreendimento científico?.

Da análise feita, não se pretende que surjam generalizações, é preciso considerar o contexto em que os dados foram coletados, a partir do qual os achados foram identificados. O **fenômeno de interesse** se refere ao fato de se houve evolução conceitual com relação ao tópico acerca do voo de foguetes e aviões e qual a influência da diversidade de pessoas na ciência para que isso fosse desenvolvido. O **principal impacto** a ser investigado é a possibilidade de a UEPS contribuir no processo de educação científica e tecnológica, isso aliado à ideia de diversidade de pessoas que produzem ciência de tal forma que se identifiquem com o empreendimento científico.

6.1 PARTICIPAÇÃO E INTERESSE DOS ALUNOS PELO CONTEÚDO NO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES E DIÁRIO DE BORDO

As atividades, como mencionado anteriormente, foram realizadas de forma não presencial. Embora com todas as dificuldades na aplicação do produto educacional, teve-se uma participação de média de 19 participantes nos formulários online e de cerca de 15 alunos nas aulas síncronas.

A primeira aula iniciou com a apresentação das atividades que seriam realizados no decorrer do semestre e os alunos foram bastante receptivos, demonstrando interesse pela proposta.

Durante as aulas em que foram apresentados os filmes (primeira e nona aulas), a turma, em sua maioria, alegou que não havia assistido os filmes ainda, embora tivesse ouvido falar e que isso tinha despertado o interesse. Sendo assim, a escolha pelos filmes se mostrou acertada. Contudo, optamos por não rodar o filme durante as aulas virtuais, devido a alguns fatores, tais como: necessidade de no mínimo 2h de aula para apresentação de cada filme; não eram todos os estudantes que possuíam aparelhos capazes de permitir o acompanhamento das aulas de forma tranquila; e a necessidade de uma conexão de internet com velocidade boa (tanto para o aluno como para o professor). Dessa forma, como se optou apenas por apresentar o filme e seus aspectos iniciais em aula, deixando aos alunos a atividade assistirem ao filme em casa, não se pôde verificar suas reações durante a visualização da película. No entanto, esse fato não prejudicou o entendimento da trama e os alunos conseguiram responder aos questionários de forma satisfatória, bem como contribuíram bastante nas discussões em aula.

Na aplicação dos questionários, buscou-se trazer as respostas dos alunos para verificar sua visão de ciência, suas opiniões e os relatos sobre suas experiências. Os formulários de perguntas foram disponibilizados no ambiente virtual e foi possível aos alunos responderem em suas casas. À medida que os alunos foram enviando suas respostas, foi possível planejar

as discussões das aulas posteriores, privilegiando a abordagem das concepções prévias dos alunos, conforme sugere a Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica.

Na aula seguinte aos alunos terem assistido os filmes foi exposta uma apresentação de slides, apresentando as respostas de alguns alunos (sem citar seus nomes), para dar início às discussões sobre o filme. Houve grande participação dos alunos e alguns deles dividiram com a turma relatos de situações que vivenciaram, bem como seus anseios sobre o tema e uma possível mudança.

Os experimentos tiveram que ser modificados para que pudessem ser apresentados por meio de vídeos. Durante as aulas que estavam previstas para os experimentos, foram apresentados os vídeos deles e, em seguida, foi disponibilizado um questionário para que os alunos respondessem em casa. A opção por essa forma de aplicação não é a ideal, mas foi decidido dessa forma pela indisponibilidade de encontrar os alunos presencialmente. Contudo, podendo os alunos responderem ao questionário em casa, eles também puderam visualizar os experimentos diversas vezes, sendo capazes de observar melhor os detalhes.

Na aula seguinte aos experimentos ocorreu uma discussão acerca deles, em que se pode perceber as principais dificuldades dos alunos em entender a física envolvida na cinemática e na dinâmica. Dessa forma, foi possível planejar as discussões das aulas posteriores, bem como as apresentações de slides dos conceitos envolvidos para entender o funcionamento do voo do avião e do foguete, privilegiando as concepções prévias dos alunos, conforme sugere a Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica.

Após a apresentação dos filmes, dos experimentos e das discussões sobre os temas, deu-se início às aulas teóricas, utilizando duas apresentações de slides, uma sobre cinemática e outra sobre dinâmica. Durante essas aulas, foram retomadas algumas discussões trabalhadas no decorrer das aulas anteriores, além de apresentar novamente cenas dos filmes e também alguns pontos retomados dos vídeos dos experimentos. Para melhorar mais o entendimento dos conteúdos apresentados, foi possível explorar com a turma a simulação computacional sobre alguns conceitos, tais como: força, soma de forças, massa, aceleração e velocidade. A participação nas aulas e nas discussões realizadas durante foram muito boas e os alunos foram bastante participativos, dessa forma foram iniciados vários diálogos no decorrer das aulas acerca da participação das mulheres na ciência, da questão étnico-racial e sobre como a cultura influencia no desenvolvimento da ciência.

No decorrer da aplicação da proposta, os alunos se mostraram interesse sobre o assunto e as perguntas levantadas por eles apresentaram uma maior contextualização com o tema e de acordo com a visão de ciência que se pretendia levantar. Houve indícios positivos de que a

turma pôde entender a analogia entre as aulas teóricas, os vídeos dos experimentos e a apresentação dos filmes. Ademais, a percebeu-se que a apresentação do filme antes da teoria criou mais espaço para a participação dos alunos, além de possibilitar uma maior predisposição aos alunos em aprender.

Embora os alunos saibam que aconteceu muito preconceito, alguns não acreditavam que isso ainda ocorre no Brasil. Nas discussões realizadas em sala de aula foi possível observar situações que houve racismo velado. Os próprios alunos ficaram chocados com cenas retratadas nos filmes e que mostram todo o preconceito vivido, tanto em razão da questão de gênero como em relação à questão racial. Alguns não acreditavam que ainda ocorria tanto preconceito naquele tempo, mas, pelos exemplos citados durante as aulas, eles viram que ainda se faz necessário uma mudança nesse sentido.

6.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS POR MEIO DOS QUESTIONÁRIOS SOBRE OS FILMES

Ambos os filmes que foram apresentados aos alunos buscavam problematizar a imagem de cientista dentro do conteúdo de mecânica no primeiro ano do ensino médio.

O filme *Alexandria*, que abordava a história de Hipátia e que se passava por volta nos anos 391 d.C., época na qual acreditava-se que a mulher não poderia exercer influência sobre o homem, e que poucas delas conseguiam estudar e tornarem-se tão importantes como Hipátia. Após a apresentação do filme, os alunos responderam um questionário que buscava um relato da forma como eles veem os cientistas.

Já o filme *Estrelas além do tempo* abordava a história de três mulheres negras que entraram em um programa especial dentro da NASA e que, enfrentando diversos desafios, conseguiram se sobressair e ganhar um grande destaque. A história contada no filme se passa em 1961, em plena corrida espacial.

Segundo Damasio e Peduzzi (2017), as entrevistas de forma semiestruturada podem permitir encontrar informações específicas, tais como: manifestação dos pensamentos, tendências e reflexões sobre as questões levantadas. Como alguns alunos já haviam participado de algumas aulas no início do ano, que buscavam desconstruir a imagem estereotipada de cientista, as respostas não atingiram todos os objetivos, mas proporcionaram a reflexão sobre a importância da desconstrução dessa imagem tão disseminada no ensino de Física.

Após a apresentação do primeiro filme, os alunos responderam um questionário. As primeiras questões eram mais gerais e buscavam observar a imagem da ciência e a imagem de cientista que os alunos possuem.

No caso da pergunta “Por quem a ciência é produzida?”, obtivemos 19 respostas e em muitas delas os estudantes colocaram bastante detalhes. Cabe destacar que quase todos eles já haviam tido aulas que buscavam desconstruir uma possível imagem estereotipada de cientista. Algumas respostas dos alunos foram: “Antes de entrar para o IFSC eu achava que a ciência era somente produzida por cientistas que estudavam a vida para experiências [...]”; “[...] ciência só podia ser produzida por pessoas de elite ou gênios com um QI super alto. Mas na verdade não, qualquer pessoa pode e produz a ciência diariamente!”; “[...] cientistas poderiam produzir a ciência, aqueles que normalmente seriam representados por um homem, velho e doido[...]””; “[...] tinha uma visão clichê de cientista, que muitas vezes temos na infância, como o cara que usa jaleco e fica o dia todo dentro de um laboratório [...]”. Percebeu-se que a imagem de cientista como aquele homem que está sempre no laboratório, que é da elite, que é gênio, prevalecia antes de os alunos ingressar em no ensino médio no IFSC, ou seja, essa imagem era disseminada ainda no ensino fundamental. É válido chamar a atenção para o fato de que tal imagem estereotipada que os alunos descreveram era o que esperávamos encontrar antes da aplicação da UEPS, o que não aconteceu. Entretanto, embora a maior parte deles já tenha uma visão diferente daquela que entrou no IFSC, eles ainda possuíam dificuldade em dar respostas claras sobre a visão da definição de um cientista.

Por meio das outras questões também se buscou saber o que os estudantes pensam sobre o que é ser cientista. As perguntas foram: “O que é necessário para ser um bom cientista?”; “Mulheres são boas cientistas?”; e “Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê?”. Algumas respostas foram: “Ter um bom conhecimento sobre as coisas, e um bom cientista é aquele que produz conhecimento novo, então nem sempre sendo o mais inteligente vai ser o melhor.”; “Sim. Mulheres são muito boas cientistas, mas pelo fato de mulheres serem uma minoria no meio da ciência elas são esquecidas[...]”; e “Antes de estudar no IFSC, eu, com certeza, apontaria que seria um bom cientista aquela pessoa que só tira notas excelentes.”. Atualmente, os alunos têm uma visão mais apropriada do que é ser um cientista, mas alguns deles ainda possuíam aquela visão de que um cientista é aquela pessoa que tem uma grande inteligência. Devido à falta de exemplos de mulheres como cientistas, os alunos ainda possuem dificuldade em retratá-las como cientistas.

Durante as aulas no IFSC, mesmo com a visão sobre cientista um pouco modificada, os alunos tiveram dificuldades em citar exemplos de mulheres cientistas. Foi solicitado, em

uma das questões, se o aluno saberia citar um cientista homem famoso, uma cientista mulher e um cientista negro. As repostas foram quase todas iguais: “Isaac Newton”, “Einstein”, “Hipátia”, “Marie Curie” e “Neil de Grasse Tyson”. Embora os alunos já tenham mais esclarecimento sobre o assunto, ainda não citaram exemplos de mulheres cientistas e cientistas negros em seus questionários enas discussões em sala de aula. Os únicos que eles que citaram foram os nomes que já são divulgados nos meios de telecomunicação entre outros meios de divulgação.

A próxima pergunta do questionário buscava discutir os aspectos da cultura dentro da sociedade. A pergunta foi: “A cultura de uma sociedade pode interferir para o progresso da ciência? Por quê?”. Tivemos, em sua maioria, respostas como: “Acredito que sim. Ela pode interferir de forma positiva e também negativa[...]”; “Sim, a ciência é normalmente influenciada pela sociedade, como podemos ver hoje na batalha contra o coronavírus, vários cientistas em busca de um mesmo resultado, a vacina”; e “Sim! A falta de crença, de investimento, de credibilidade por parte da sociedade relacionada aos cientistas, faz com que muitas pesquisas retrocedam.”. A maioria dos alunos responderam que sim e deram diversos exemplos excelentes. Vimos que eles possuem uma mente bem aberta e bastante argumento contra e a favor, o que auxiliou bastante na aplicação da UEPS. Vale frisar que essa mesma pergunta foi feita novamente no questionário após a exibição do filme *Estrelas além do tempo*, e no primeiro questionário ainda havia alunos que ficaram com dúvidas, porém, todo responderam que sim, todos deram ótimos argumentos, como no seguinte caso: “Sim, se determinada cultura da sociedade for de discriminação a algum povo e acabarem os limitando, a cultura dessa sociedade acaba fazendo a ciência não ter toda a ajuda e auxílio[...]”.

As últimas questões focavam na parte de Física do filme *Alexandria*, por meio de perguntas como: “Em alguns momentos do filme, Hipátia faz algumas discussões sobre Física. Quais?”. Dentre as respostas, obtivemos algumas como: “[...] podemos ver que eles acreditavam no geocentrismo, a Terra era o centro do universo[...]”; e “[...]teoria de Hipátia por Kepler, fundando a elipse como a forma que rege o movimento dos planetas e o geocentrismo reafirmado por Copérnico e Galileu Galilei e a fundação da Lei da Inércia por Newton[...]”. Boa parte dos estudantes buscou descrever adequadamente os conceitos encontrados no filme em suas respostas. Para a primeira apresentação do conteúdo, as respostas foram bem satisfatórias. Os alunos, em sua maioria, apresentaram a ideia de que é necessário estudo e pesquisa para se tornar um cientista.

As questões do segundo filme eram um pouco diferentes e a maioria focava mais no próprio filme, já as primeiras questões eram mais gerais e tratavam sobre a segregação racial e

como ela influenciou na ciência. Os alunos responderam, em sua maioria, que a segregação racial atrasou a construção da ciência, como é o caso dessa resposta de um aluno: “Em minha visão, a segregação racial apenas atrasou desenvolvimento da ciência, visto que mentes brilhantes foram silenciadas.”. É possível ver que eles entendem o impacto que a sociedade tem sobre a ciência.

As questões sobre Física no questionário buscavam identificar se os alunos reconheciam os conceitos físicos. A pergunta “Em alguns momentos do filme Katherine faz algumas discussões sobre Física. Quais?”. Alguns conceitos que os alunos identificaram foram: “velocidade”, “tempo”, “gravidade”, “movimento parabólico”, “órbita elíptica”, “massa”, “peso”, dentre outros. Boa parte dos alunos identificou os conceitos básicos que são necessários para o estudo do movimento na Física.

As repostas dos alunos, em geral, contribuíram bastante para o desenvolvimento da pesquisa, pois foi a partir delas que se pode basear as aulas e proporcionar mais discussões sobre os temas.

6.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS POR MEIO DO QUESTIONÁRIO SOBRE AS EXPERIÊNCIAS

O questionário sobre as experiências buscava descobrir o que os alunos conheciam sobre o tema e a impressão que tiveram sobre os experimentos. Tratavam-se de algumas perguntas mais abrangentes e outras mais específicas.

A primeira questão era relacionada ao que os experimentos mostravam e qual a relação deles com o movimento dos corpos: “O que os experimentos podem mostrar a respeito do movimento dos corpos?”. Dentre as respostas, obtivemos as seguintes: “os experimentos mostram que, a partir da aceleração, podem ser obtidas informações sobre diversas grandezas físicas da cinemática e da dinâmica, como velocidade, aceleração, força ou tempo de resposta.”; “Eles podem mostrar o movimento dos corpos a partir de um ponto referencial e realizando tais deslocamentos, seja mantendo um movimento uniforme e constante ou sendo com a velocidade progredindo. ” Nessa questão os alunos utilizaram formas diversas, mas mostraram que conhecem um pouco dos conceitos, descrevendo de forma geral aqueles envolvidos no movimento dos corpos.

As questões 2,3 e 4 foram criadas na expectativa de saber quais os conceitos que os alunos já conheciam sobre a cinemática. A pergunta foi: “Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento 1? Experimento 2 e o 3?”. Dentre as respostas, obtivemos as

seguintes: “O experimento 1 é o movimento que ocorre a uma velocidade constante em um caminho reto. Dessa forma, o móvel se move na mesma distância no mesmo intervalo de tempo.”; “O experimento 2 traz o conceito físico, como quando foi colocado em linha os dominós, a distância entre eles será a mesma, no momento em que o primeiro dominó cai, este derruba o próximo, e assim subsequente, gerando um movimento uniforme e explicando que, sem modificar a distância entre os dominós, o tempo de queda dos mesmos irá variar”; e “O experimento 3 nos mostra que no movimento não há diferença entre as velocidades média e instantânea. Nesse tipo de movimento não existe aceleração, sendo que a única grandeza que varia com o tempo é a posição”. Por meio das respostas a essas questões, os alunos também demonstraram conhecer os conceitos, descrevendo de forma geral alguns envolvidos nos experimentos, utilizando diversas formas para se expressarem.

As questões 5 e 6 foram elaboradas também na expectativa de saber quais os conceitos os alunos já conheciam sobre a cinemática, portanto, as questões foram especificamente sobre os conceitos de cinemática. As perguntas eram: “O que é velocidade?”; “E aceleração?”; “Qual unidade que é trabalhada no SI e usualmente de velocidade, deslocamento e tempo?”; e “No experimento 1, foi usado o tamanho da régua para medir a distância (30 cm) e o tempo de execução do experimento foi de 0,53 ms (0,05 s), qual será a velocidade?” Boa parte dos alunos respondeu corretamente, como nos seguintes casos: “A velocidade de um corpo nos diz quão rapidamente ele se move. A aceleração nos diz com que rapidez a velocidade muda. A aceleração é a mudança de velocidade dividida pelo tempo”; “A unidade do Sistema Internacional é o metro por segundo ao quadrado.”; “Aceleração escalar média é uma grandeza física que mede a variação da velocidade (Δv) de um móvel em um determinado intervalo de tempo (Δt).”; “A unidade de aceleração no Sistema Internacional de unidades é o m/s^2 ”; e “ $V_m = 0,3/0,05 \rightarrow V_m = 6m/s$ ”. As respostas dos alunos foram positivas e a maioria deles respondeu de acordo com o esperado. Eles encontraram as respostas certas e usaram os dados corretamente.

As questões 8 e 9 buscavam verificar os conceitos que os alunos possuem sobre o experimento de observação, como no seguinte caso: “No experimento 3, a bolinha é lançada verticalmente para cima, em duas situações diferentes, uma quando você está em repouso e a outra quando você está se movimentando. Seu colega (irmão, mãe, pai...) observa a bola voltar a sua mão, qual a trajetória do objeto (quando vocês estão em movimento e quanto vocês estão em repouso)?”. Dentre as repostas, podemos citar a seguinte: “Para mim, que estou lançando, é um movimento de vertical, para quem está me vendo o movimento é de parábola”. A maioria dos alunos respondeu corretamente e de acordo com o esperado. As experiências foram

realizadas antes da teoria, portanto, não se esperava que eles respondessem todas as questões corretamente, mas apenas descobrir o que eles já conheciam sobre o tema.

O questionário da segunda parte dos experimentos era sobre dinâmica e, por meio das primeiras seis questões, buscava-se descobrir se os alunos conseguiam identificar os conceitos envolvidos nos experimentos. Dentre as repostas, obtivemos: “Os três experimentos envolvem o movimento dos corpos”; “Que os três experimentos demonstram as leis da física de Newton”; “1ª lei de Newton, 2ª lei de Newton, 3ª lei de Newton”; “Força é o agente da dinâmica responsável por alterar o estado de repouso ou movimento de um corpo”; e “A unidade para representar a grandeza força é o N (Newton)”. Os alunos demonstraram conhecer um pouco das Leis de Newton e os conceitos básicos que envolvem tais leis, o que é bastante relevante para a introdução do conteúdo.

As próximas quatro questões relacionavam os experimentos com alguns parâmetros e buscavam, em maior nível de complexidade, compreender se os alunos conseguiam respondê-las. Dentre as respostas, obtivemos as seguintes: “A relação entre o número de elásticos usados e a distância percorrida pelo carro é que quanto mais elásticos usados no experimento maior a distância percorrida pelo carro”; e “Quanto mais pesado é o projétil, menor é a distância que ele percorre, pois precisa de mais elasticidade para disparar com mais violência”. Boa parte dos alunos conseguiu responder as questões corretamente, no entanto, alguns tiveram dificuldade e não conseguiram responder.

As últimas questões buscavam associar os experimentos ao funcionamento do foguete. A maioria conseguiu chegar a uma resposta satisfatória. Dentre as respostas, podemos citar: “Em pequenas porções, já que assim o combustível é mais aproveitado pela facilidade de contato com o corpo das substâncias que envolvem aquele combustível”; e “3ª lei de Newton, já que o propulsor joga o foguete para cima, assim o propulsor é a ação e o foguete avançar para cima é a reação”.

A maior parte dos alunos buscou responder aos questionários da melhor forma possível. Mesmo não se exigindo repostas certas nesse momento, os alunos demonstraram conhecimento sobre os assuntos.

6.4 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO INDIVIDUAL SOMATIVA

Na última aula foi aplicado o questionário final, que buscava caracterizar a evolução dos conceitos de Física e fazer a discussão sobre a proposta didática para saber a opinião dos alunos sobre a UEPS desenvolvida (a discussão será abordada no item 6.5).

O questionário final tratou-se de uma lista de exercícios de múltipla escolha e também com questões discursivas, criada e aplicada via *Google Forms*.

A primeira questão buscava compreender se os conceitos sobre gravidade trabalhados em aula foram compreendidos corretamente ou se ainda havia dificuldade na interpretação. Uma das respostas encontradas foi: “Quando o paraquedista salta, a gravidade da Terra causa uma aceleração em direção ao chão, mas aos poucos o atrito com o ar freia essa aceleração, até que sua velocidade se torne constante”. A maioria dos alunos responderam corretamente à questão. Muitos buscaram respostas prontas para descrever o que ocorre, porém alguns tentaram explicar com suas palavras o fenômeno.

A segunda questão, também sobre a gravidade, buscava descobrir se os alunos citariam algum exemplo visto em sala de aula para explicar o conceito. As respostas dadas pelos alunos foram muito semelhantes e giraram em torno do fato de a gravidade da Lua ser menor do que a da Terra, como no caso dessa resposta de um aluno: “Porque a força da gravidade da Lua é muito menor, comparada com a gravidade da Terra”. A resposta citada mostrando que houve uma boa compreensão do conceito de gravidade.

A terceira questão, sobre a Segunda Lei de Newton, buscava identificar se os alunos conseguiam interpretar e responder a questão corretamente. Dentre as repostas obtidas, tivemos a seguinte: “O coeficiente de atrito sob o corpo é $\mu = 0,2$ ”. Todos os alunos responderam corretamente à questão e alguns buscaram escrever detalhadamente sua resposta, o que demonstrou uma interpretação muito boa.

A quarta questão, de mais alta complexidade, também aborda sobre a Segunda Lei de Newton e buscava identificar se os alunos conseguiam interpretar e responder a questão corretamente. Mesmo demonstrando que conseguiram interpretar a questão, nem todos conseguiram chegar ao resultado final correto.

A quinta questão buscava identificar o que eles aprenderam sobre a Terceira Lei de Newton e observar se eles descreveriam corretamente seu principal conceito. Todos os alunos conseguiram responder corretamente, descrevendo perfeitamente o conceito da Terceira Lei de Newton. Um deles escreveu o seguinte: “reação vale 100 N (já que de acordo com a Terceira Lei de Newton a reação terá a mesma intensidade que a ação), quem exerce é a pedra e a reação está sendo aplicada no pé do menino”.

A sexta questão sobre a Segunda Lei de Newton abordava os conceitos básicos e o aluno precisava interpretar. Todos os alunos responderam corretamente as questões, não mostrando dificuldade no entendimento básico da Segunda Lei de Newton. Uma das respostas

dos alunos foi: “ $F = m \cdot a$ $F = 0,8 \cdot 3$ $F = 2,4$ N”. Os alunos apresentaram toda a resolução e a unidade correta no exercício.

A sétima questão exigia um pouco mais de interpretação para que eles não confundissem os conceitos de velocidade e de aceleração. Os alunos perceberam a diferença e todos acertaram as respostas. Uma das respostas foi: “ $P=m \cdot g$ $P=500 \cdot 10$ $P=5.000$ N”. Grande parte, os alunos apresentaram respostas satisfatórias.

A oitava e a nona questão eram de múltipla escolha e os alunos deveriam escolher a resposta que apresentava melhor o conceito de inércia. Todos os alunos responderam corretamente à questão, conseguindo interpretar o enunciado e decifrar a lei correta para descrever o fenômeno.

A décima, a décima primeira e a décima quinta questão também eram de múltipla escolha e envolveram a Terceira Lei de Newton. Os alunos precisavam assinalar a resposta que constituía um par de ação e reação. Essa pergunta exigia do aluno atenção, pois um par de ação e reação nunca deve ser no mesmo corpo, e dentre as respostas havia essa opção. Maioria dos alunos responderam corretamente à questão.

A décima segunda, a décima terceira e a décima quarta questão foram sobre interpretar os exercícios acerca da Segunda Lei de Newton. A maioria respondeu corretamente os exercícios, conforme o esperado. Mesmo os exercícios sendo de maior complexidade, eles conseguiram atingir o objetivo.

A décima sexta questão pedia que os alunos identificassem as forças que atuam num foguete e explicá-las. Nessa questão, eles deveriam utilizar as Leis de Newton para explicar o que era solicitado. Embora os alunos tenham utilizado os termos corretos para explicar o funcionamento, apenas dois deles explicaram também a parte do lançamento. Contudo, grande parte dos alunos respondeu satisfatoriamente o questionário.

6.5 ANÁLISE DA DISCUSSÃO FINAL SOBRE A PROPOSTA

Na última aula, além do questionário realizado, houve uma discussão sobre a proposta de ensino. Esperava-se ouvir dos alunos suas opiniões e sugestões sobre a UEPS que foi aplicada no decorrer das aulas. A maioria dos estudantes avaliou de maneira positiva as práticas usadas em sala, de maneira breve, sem dar muitos detalhes. No caso da atividade sobre as experiências, os alunos citaram que gostariam que ela fosse presencial, pois mesmo os vídeos estando bastante instrutivos, eles queriam poder fazer a atividade junto com seus colegas. Embora as atividades sendo adaptadas da melhor forma possível para o ensino não presencial,

os alunos sentiram falta do contato. Contudo, na discussão sobre a proposta, as respostas foram positivas, com alguns alunos afirmando que se tratou de uma boa abordagem.

A aplicação dos filmes trouxe muitas possibilidades de abordagem no ensino, visto que, além de se poder discutir temas como Física, também se poderia trabalhar em conjunto com outras disciplinas, além de proporcionar uma maior participação dos alunos, pois possibilitou a conexão dos assuntos vistos no filme com a vida cotidiana deles, ajudando-os a formularem suas perguntas, seus exemplos, seus argumentos. Eles gostaram bastante dos filmes apresentados e das discussões geradas por meio dos questionários.

Nas questões de Física, os alunos demonstraram bastante entendimento, pois a maioria das questões foi respondida da forma correta, apenas alguns alunos demonstraram um pouco de dificuldade na interpretação dos enunciados. Os estudantes sentiram a falta de mais exercícios sobre cinemática e dinâmica e sugeriram que numa próxima abordagem houvesse mais exercícios. A partir do exposto, podemos destacar que a UEPS teve resultados satisfatórios acerca da evolução conceitual de cinemática e dinâmica.

6.6 ACHADOS

Em relação às variáveis de investigação, foi possível se aproximar dos seguintes achados:

- 1) Com base na análise das respostas obtidas na avaliação e do conhecimento prévio apresentado nas respostas ao questionário, pode-se apontar evolução conceitual em conceitos relacionados à cinemática e à dinâmica, principalmente ao conseguirem explicar como um foguete consegue voar na Lua e o avião não, devido à ausência de atmosfera;
- 2) Foi possível perceber que se há uma abordagem formal nas aulas de Física que traga explicitamente questões de filosofia e história da ciência, isso pode auxiliar na construção de uma visão de ciência para além do senso comum. A questão da necessidade da participação de pessoas das mais diferentes origens foi manifestada pelos alunos durante a análise dos dados;
- 3) Em relação à, principalmente na discussão inicial e final, ela parece indicar que uma abordagem que mostre a ciência construída por pessoas de origens diversas pode aproximar as pessoas do empreendimento científico e, até mesmo, levá-las a fazerem parte dele. Por meio desta análise, pode-se concluir que tal abordagem possibilita aumentar a predisposição em aprender, o que é uma das condições necessárias para que haja aprendizagem significativa;
- 4) Tendo em vista a aceitação da proposta da pesquisa manifestada pelos alunos; as discussões ricas que eles trouxeram e que surgiram da análise dos dados acerca de machismo e racismo na ciência e como isto prejudica o empreendimento científico, bem como as manifestações deles de que se enxergam como parte do empreendimento científico, uma possível conclusão é que os filmes têm a possibilidade de cumprir com os objetivos de forma bastante satisfatória.

Por meio desta análise, o **fenômeno de interesse**, que se refere a se houve evolução conceitual com relação ao tópico acerca do voo de foguetes e aviões, e qual a influência da diversidade de pessoas na ciência para que esta ciência fosse desenvolvida, surge a conclusão de que podemos ter uma resposta positiva. Já em relação ao **principal impacto** acerca da possibilidade de a UEPS contribuir no processo de educação científica e tecnológica aliada à ideia de diversidade de pessoas que produzem ciência de tal forma que se identifiquem com o

empreendimento científico, por meio da análise dos dados, parece que também surgiu uma resposta positiva.

Capítulo 7

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta apresentada neste estudo não buscava uma mudança conceitual, mas sim alguns indícios de que ela pudesse ocorrer. Segundo Ausubel (1980), um conceito passará a ganhar significado somente no decorrer do tempo, com a aquisição das “ideias âncora”, a manipulação da estrutura cognitiva do aluno pode ser feita com a utilização de organizadores prévios.

Ansiava-se responder a seguinte questão: **como problematizar no ensino de Física a ideia constituída de que os cientistas são prioritariamente homens e brancos?** Como hipótese, a investigação levou em consideração a popularidade do cinema para utilizar como organizador sequencial os filmes *Alexandria e Estrelas além do tempo*”, a fim de abordar os conteúdos de cinemática e dinâmica. Para tanto, buscou-se desenvolver um material potencialmente significativo e criar condições para que a predisposição em aprender ocorresse.

Dessa forma, foi criada uma UEPS buscando um ensino subversivo e visando uma aprendizagem significativa crítica. Procurou-se trazer o cinema como organizador prévio com a finalidade de criar a predisposição em aprender e trazer discussões sobre os aspectos da história da ciência.

Dentro da UEPS, buscou-se uma alternativa para trabalhar o conteúdo de cinemática e dinâmica no ensino de Física no primeiro ano do ensino médio. Objetivando uma aprendizagem que não ocorresse de forma mecânica, a proposta procurou aproximar o conteúdo didático ao cotidiano do aluno.

A aplicação da proposta apresentou alguns desafios, pois o conteúdo que se pretendia trabalhar era lecionado pela maioria dos professores no início do ano letivo, o que nos levou a aguardar o começo do ano de 2020 para sua aplicação. Entretanto, o ano letivo de 2020 começou com a notícia de uma pandemia de COVID-19, em março, e uma das primeiras medidas tomadas por governos de todo o mundo naquele momento foi o fechamento das escolas. Devido a isso e ao não retorno das aulas presenciais no ano de 2020, a proposta foi adaptada para a forma não presencial, com o início da aplicação ao final daquele ano e conclusão no início de 2021.

Outro desafio encontrado na proposta implementada virtualmente foi a falta de contato com os alunos, pois toda proposta se baseava no compartilhamento de informações, nas discussões que seriam tomadas, nos experimentos que os próprios alunos executariam e no

compartilhamento de significados com os seus colegas. Outro problema encontrado se refere ao pouco tempo disponível para melhor explorar as discussões, o que talvez possibilitasse um maior aproveitamento e profundidade nas reflexões. Além disso, na proposta inicial os filmes seriam exibidos durante a aula e, após o término da exibição, seriam realizadas as discussões, porém a proposta foi ajustada para que os alunos assistissem ao filme em casa.

A proposta foi aplicada no IFSC, mas ela foi desenvolvida para aplicação em qualquer escola da rede pública ou privada, abrangendo os conhecimentos pautados na BNCC e nos PCNs. Além do conteúdo informado, buscou-se trazer o momento histórico com base nos filmes e na teoria aplicada, realizando aproximações entre o conhecimento científico e o contexto histórico em que as situações ocorreram, tendo por ponto de chegada a possibilidade de a abordagem responder como os aviões voam e o funcionamento dos foguetes. Além disso, a proposta visava trabalhar a questão de gênero na ciência, bem como a questão étnico-racial. Caso o professor necessite adaptar a proposta, isso fica a seu critério, porém se reitera a necessidade de haver uma reflexão acerca da visão de ciência que está sendo transmitida aos alunos e que haja um questionamento sobre a razão de isso estar sendo ensinado na Física.

Na análise da proposta didática, foi possível encontrar indícios de que os objetivos propostos para a pesquisa foram alcançados. Evidenciou-se que os filmes aplicados como organizadores sequenciais mostraram-se eficientes para levar as discussões para dentro da sala de aula sobre temas polêmicos e controvérsias históricas, possibilitando uma reflexão sobre os conteúdos abordados. Em relação aos conteúdos abordados durante a aplicação da proposta, os alunos apresentaram melhorias em sua concepção sobre a Física e sobre por quem ela é produzida.

Mesmo com os desafios enfrentados na aplicação da proposta, a UEPS possibilitou aos alunos vivenciarem tanto aspectos da história da ciência como conceitos científicos ligados à cinemática e dinâmica. Os filmes abordados têm uma gama de aplicações para o ensino de Física, e não somente nessa disciplina, mas também em outras, como História, Química e Matemática.

Por fim, cabe apontar que a proposta didática baseada na aprendizagem significativa de Moreira e na epistemologia de Paul Feyerabend levou a outros avanços na sala de aula (virtual), pois os alunos, mesmo que remotamente, participaram mais das aulas e conseguiram fazer conexões com o seu cotidiano. O que foi retratado nos filmes e nos vídeos das experiências despertou a curiosidade dos alunos, proporcionando discussões.

Como perspectivas futuras para pesquisas sugere-se envolver prioritariamente a elaboração de UEPS, sua implementação e avaliação. No entanto, é preciso buscar fazer uma

interdisciplinaridade e transdisciplinaridade nas disciplinas citadas em consonância com os princípios da TASC e a epistemologia de Paul Feyerabend. Pretende-se também levar essa dissertação ao doutorado como uma proposta de um livro que discuta o tema proposto.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, Amirhossein; MORTAZAVI, Mahdi; NOSRATOLLAHI, Mehran. Uma nova abordagem para otimização de design multidisciplinar do sistema de propulsão sólida, incluindo transferência de calor e resfriamento ablativo. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 9, p. 71-82, 2017.
- ALEXANDRIA. Direção de Alexandre Almenábar. Produção de Fernando Bovaira e Álvaro Augustin. Espanha: Focus Features, 2009. (127 min.).
- ALMEIDA, Gabrielle de Oliveira *et al.* O Planetário como ambiente não formal para o ensino sobre o sistema solar. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 23, p. 67-86, 2017.
- ALVES-BRITO, Alan; BOOTZ, Vitor Eduardo Buss; MASSONI, Neusa Teresinha. Uma sequência didática para discutir as relações étnico-raciais (Leis 10.639/03 e 11.645/08) na educação científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 917-955, dez. 2018.
- AUSUBEL, David P. Schemata, estrutura cognitiva e organizadores avançados: uma resposta a Anderson, Spiro e Anderson. **Revista Americana de Pesquisa Educacional**, v. 17, n. 3, p. 400-404, 1980.
- DE BARROS, Vicente Pereira; OVIGLI, Daniel Fernando Bovolenta. **As diferentes culturas na educação em astronomia e seus significados em sala de aula**. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 18, p. 103-118, 2014.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 1999. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12981>. Acesso em: 20 maio 2021.
- BRUNELLI, Sarita de Cássia H; DAMASIO, Felipe; RAICIK, Anabel. C. (2017). A física premiada: Márcia Barbosa, a água e a sala de aula. **A Física na Escola**, v. 15, n. 2, 2017.
- BRUNELLI, Sarita de Cassia Hugen; DAMASIO, Felipe; RAICIK, Anabel Cardoso. A física premiada: Márcia Barbosa, a água e a sala de aula. **Física na Escola**, v. 15, n. 2, 2017.
- CAMPOS, Alexandre; RICARDO, Élio Carlos. A complexidade do movimento local na Física aristotélica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, set. 2012.
- CARVALHO V. B.; MASSARANIA L. **Intercom-Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**, v. 40, n. 2, 2017.
- CASTILHO, Drielle Caroline; DE LOURDES BATISTA, Irinéa. Percepções dos estudantes a respeito da construção do conhecimento científico por meio do tangram. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 146-165, 2020.

CHIQUETTO, Marcos José. O currículo de física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva. **Revista e-curriculum**, v. 7, n. 1, 2011.

CORBIN, Juliet M.; STRAUSS, Anselm. Pesquisa teórica fundamentada: Procedimentos, cânones e critérios avaliativos. **Sociologia Qualitativa**, v. 13, n. 1, p. 3-21, 1990.

DAMASIO, Felipe. **História da Ciência na Educação Científica: uma abordagem epistemológica de Paul Feyerabend procurando promover a aprendizagem significativa crítica**. 2017. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz O. Q. A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 61-83, 2015.

DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz O. Q. **História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 19, 2017.

DESCARTES, René. **Princípios da filosofia**. Traduzido por João Gama. Lisboa: Edições 70, 1997.

ENCARNAÇÃO, Rosiele Oliveira da; COUTINHO, Renato Xavier. O ensino de mecânica através do cinema. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 5, p. 59-72, 2018.

ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching**. In: WITTRICK, M. C.(org.). Handbook of research on teaching. New York: Macmillan, 1986.

ESTRELAS além do tempo. Direção de Theodore Melfi. Los Angeles, Califórnia: Fox 2000 Pictures e Tsg Entertainment, 2016. (127 min.).

FARIA, Cláudia *et al.* "Como trabalham os cientistas?": potencialidades de uma atividade de escrita para a discussão acerca da natureza da ciência nas aulas de ciências. **Ciência & Educação**, v. 20, p. 1-22, 2014.

FARIAS, Tatiane Larissa da Silva; SANTIN FILHO, Ourides Santin. Da cor púrpura ao blue-jeans: uma abordagem histórica da ciência nas salas de recursos multifuncionais. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 59-89, 2020.

FERNANDES, Geraldo W. Rocha; RODRIGUES, António M.; FERREIRA, Carlos Alberto R. Elaboração e validação de um instrumento de análise sobre o papel do cientista e a natureza da ciência e da tecnologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 256-290, 2018.

FERNÁNDEZ, Isabel *et al.* Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FEYERABEND, Paul. K. **A ciência para uma sociedade livre**. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

FEYERABEND, Paul. K. **Contra o método**. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

FOWLES, Grant; CASSIDAY, George. **Mecânica Analítica**. 2000.

FREITAS, Aline da S.; RODRIGUES, Isabel; ZUZO, Ester (org.). **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: estudos em virtude dos 20 anos da Lei n. 9.394/1996**. São Paulo: LTr, 2017.

GOETZ, Judith Preissle; LECOMPTE, Margaret Diane. **Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa**. Madrid: Morata, 1988.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física Volume 1: Mecânica**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HEERDT, Bettina; BATISTA, Irinéa de Lourdes. Questões de gênero e da natureza da ciência na formação docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 30-51, 2016.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

JARDIM, Wagner. T. Visualizando a difração e interferência de ondas através do software Google Earth: discutindo a natureza da luz. **A Física na Escola (Online)**, v. 14, n. 22-26, 2016.

KOSMINSKY, Luis; GIORDAN, Marcelo. No sentido de uma concepção criacionista—descrita na Bíblia—da origem da Terra e da vida. **Química Nova na Escola**, n. 15, v. 11, 2002.

KUENTZMANN, Paul. 3.2 hydrogen and aeronautics. **Hydrogen, the Post-oil Fuel?**, p. 78, 2012.

LIMA, Betina Stefanello; DE SANTANA BRAGA, Maria Lúcia; TAVARES, Isabel. Participação das mulheres nas ciências e tecnologias: entre espaços ocupados e lacunas. **Revista Gênero**, v. 16, n. 1, 2015.

LIMA, Diogo Oliveira; DAMASIO, Felipe. O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 818-840, 2019.

MAGNONI, Roberto Alexandre. **A física no ensino médio: possibilidades pedagógicas para o ensino da cinemática**. 2014. Monografia (Especialização) - Pós-Graduação em

Educação: Métodos e Técnicas de Ensino, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

MARCELLO, Fabiana de Amorim; RIPOLL, Daniela. A educação ambiental pelas lentes do cinema documentário. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 4., 2016.

MEDEIROS, Djalma. Descartes e o fundamento metafísico da inércia natural dos corpos na correspondência com Mersenne. **Modernos & Contemporâneos-International Journal of Philosophy**, v. 1, n. 2, 2017.

MENEZES, Débora P. *et al.* **A física da UFSC em números: evasão e gênero. Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 324-336, 2018.

MENEZES, Débora P. Mulheres na Física: a realidade em dados. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 341-343, 2017.

MENEZES, Marcos Tibério Aderaldo. **Astronomia e cinemática no ensino médio no contexto de sondas espaciais**. 2016. 186 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino em Física) - Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró, 2016.

MORAIS, Angelita; GUERRA, Andreia. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, p. 1-9, 2013.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, n. 21, jan./jun. 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, ago. 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning). **Indivisa: Boletín de Estudios e Investigación**, n. 6, p. 83-102, 2005.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa** (concept maps and meaningful learning). 2012. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4468551/mod_resource/content/1/mapasconceituais_Moreira_Revisado%20em2012.pdf. Acesso em: 20 maio 2021.

MOREY, Bernadete; CAMELO, Midori. História da Ciência em quatro estudos: uma proposta para a formação docente em ensino de Ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 139-150, 2016.

MOURA, Jullyanna Cabral de; CUNHA, Héli da Ferreira da. A influência do ensino de ciências por investigação na visão de alunos do ensino fundamental sobre cientistas. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 2, p. 104-112, 2018.

MÜLLER, André Henrique Torres; ALVARENGA, Flávio Gimenes; LOYOLA, Gustavo Viali. Estudo das primeira e segunda leis da termodinâmica com o emprego de experimentos e um motor stirling. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 373-398, 2019.

NEGREIROS, Sara G.; OLIVEIRA, Glaydson F. B. de. Proposta para o lançamento de foguetes de garrafa PET utilizando uma base automatizada. **Física na Escola**, v. 15, n. 2, p. 63, 2017.

NERVIS, Edimara L. **A nova LDB e as mudanças na prática escolar**. 2009. Monografia (Especialização em Gestão Educacional) – Universidade Federal de Santa maria, Constantina, 2009.

NEWTON, Isaac. **The mathematical principles of natural philosophy**. London: H. D. Symonds, 1673. p. 160-162. Book III. v. 2.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Mecânica**. São Paulo: Editora Blucher, 2013. v. 1.

OLIVEIRA, Leandro *et al.* Mulheres nas Ciências como temática para uma Feira de Ciência: investigando perspectivas de estudantes do Ensino Médio relacionadas a algumas pós-verdades. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1404-1439, 2020.

OLIVEIRA, Leticia M. de; OLIVEIRA, Nivaldo M de. Física mágica: uma maneira divertida de apresentar a física para alunos da alfabetização. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n 1, p. 365-377, 2019.

PEDUZZI, Luiz O. Q. **Evolução dos conceitos da física**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 1, p. 48-63, 1996.

PEREIRA, Aldo Aoyagui Gomes. Documentários de ciências na formação inicial de professores: contribuições para uma leitura crítica sobre o aquecimento global. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 1-18, 2020.

PEREIRA, Denis. R.; AGUIAR, Oderli. Ensino de física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação. **Revista Ponto de Vista**, v. 3, n. 1, p. 65-81, 2006.

PÉREZ, Daniel Gil *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, p. 125-153, 2001.

PIASSI, Luís Paulo. Clássicos do cinema nas aulas de ciências-A física em 2001: uma odisséia no espaço. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 3, 2013.

PIETROCOLA, Maurício. **Física em contextos**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. **Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio.** *Ciência & Educação* (Bauru), v. 13, p. 71-84, 2007.

PINTO, José Antonio Ferreira; SILVA, Ana Paula Bispo; FERREIRA, Éverton Jéferson Barbosa. Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 176-196, 2017.

PUJALTE, Alejandro Patricio *et al.* Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciência & Educação**, v. 20, p. 535-548, 2014.

REIS, Ueslei Vieira dos; REIS, José Claudio dos. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 744-778, 2016.

RIBEIRO, Gabriel; SILVA, José Luís Coelho da. A imagem do cientista: impacto de uma intervenção pedagógica focalizada na história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, 2018.

RIBEIRO, Gabriel; SILVA, José Luís de Jesus Coelho da. Abordagem histórica do sistema circulatório humano: o valor educativo pelo olhar dos alunos de Ciências Biológicas. **Ciência & Educação**, v. 25, p. 945-965, 2019.

RINALDI, Enoque; GUERRA, Andreia. História da ciência e o uso da instrumentação: construção de um transmissor de voz como estratégia de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 653-675, 2011.

RODRIGUES, Elvis Vilela; ZIMMERMANN, Erika; HARTMANN, Ângela Maria. Lei da gravitação universal e os satélites: uma abordagem histórico-temática usando multimídia. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 3, 2012.

ROLDI, Maria Margareth Cancian; SALIM, Carime Rodrigues; PIRES, Carlos Roberto Campos. Ensino de evolução humana na educação básica: uma intervenção participativa para aproximar aspectos biológicos e aspectos socioculturais. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 4, p. 339-356, 2018.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.

ROSA, Katemari; ALVES-BRITO, Alan; PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. Pós-verdade para quem? Fatos produzidos por uma ciência racista. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1440-1468, 2020.

ROSA, Maria Inês Petrucci *et al.* Os cientistas nos desenhos animados e os olhares das crianças. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 4., 2005, Bauru. **Anais [...]**. Bauru, SP: 25-29 nov. 2005.

ROSA, Vinícius Medeiros da; GARCIA, Isabel Krey. Os mapas conceituais como ferramenta na análise do dinamismo das concepções sobre a natureza da ciência. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 5, p. 145-156, 2017.

SAITOVITCH, Elisa B.; LIMA, Betina Stefanello; BARBOSA, Marcia Cristina. **Mulheres na Física: uma análise quantitativa. Mulheres na Física: casos históricos, panorama e perspectivas.** São Paulo: Livraria da Física, 2015. p. 245-260.

SANTOS, Ana Paula Oliveira dos; HEERDT, Bettina. Unidade Didática: a visibilidade do ovócito no processo de fecundação humana. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 152-168, 2019.

SANTOS, Felipe Domingos dos; SILVA, Antonio Fernando Gouvea; FRANCO, Fernando Faria. 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros? **Ciência & Educação**, v. 21, p. 977-989, 2015.

SCHIEBINGER, Londa. Mais mulheres na ciência: questões de conhecimento. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 15, p. 269-281, 2008.

SHETTERLY, Margot Lee. **Estrelas além do tempo.** Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2016.

SILVA, Boniek Venceslau da Cruz; MARTINS, André Ferrer Pinto. A natureza da luz e o ensino da óptica: uma experiência didática envolvendo o uso da história e da filosofia da ciência no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 71-91, 2010.

SILVA, Felipe André; SILVA, Antônio Fernando Gouvêa; FRANCO, Fernando Faria. Utilização de conceitos evolutivos como contraponto a manifestações xenofóbicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, 2020.

SILVA, Géssica P. da. **Regulamentação da Lei nº 9.394/96 (LDB), cidadania e direitos políticos.** 2015. Monografia (Bacharelado em Direito) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2015.

SILVA, Hermom R. Projeto NASA SHOW: introdução em cinemática: o estudo do movimento com lançamento de projéteis. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 7, p. 198-213, 2017.

SILVA, Nathália Vieira *et al.* A história da taxonomia no ensino de botânica a partir de atividades práticas. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 142-164, 2020.

SILVA, Tairini da; DAMASIO, Felipe; RAICIK, Anabel Cardoso. Thaysa storchi bergmann e a astrofísica: um ensino de sobreciência a partir dos estudos de uma mulher cientista. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 133-157, 2019.

SILVEIRA, Fernando Lang da. Respondendo questões intrigantes e complexas a pessoas curiosas e interessadas em aprender Física: o sítio “Pergunte ao CREF”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

SOARES, Reginaldo R.; BORGES, Paulo de F. O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, 2010.

SOARES, Reginaldo R.; BORGES, Paulo de F. O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, 2010.

SORPRESO, Thirza Pavan; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Discursos de licenciandos em física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica. **Ciência & Educação**, v. 16, p. 37-60, 2010.

SOUSA, Jordana Yrla de Jesus; MACÊDO, Haroldo Reis Alves de; ALVES JÚNIOR, Pedro José Feitosa. Revisão sobre o conceito de força: Da Grécia Antiga aos tempos modernos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 10, n. 12, p. 135-156, dez. 2020.

SOUTO, Úrsula Raniely; SANTOS, Janaina Roberta dos; BORGES, Andreia Arantes. Contribuições da história da ciência para a compreensão do conhecimento científico acerca da molécula de DNA. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 12, n. 6, p. 1-11, 2017.

SOUZA Erica de J.; MELLO, Luis A. O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de Hidrodinâmica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, 2017.

TAYLOR, John R. **Mecânica clássica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

TEIXEIRA, Alessandra de Souza; XAVIER, Kélen da Silva; DAMASIO, Felipe. O ensino de e sobre ciência por meio da série de ficção científica Jornada nas Estrelas. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 5, p. 1-33, 2017.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1.

TRAMONTINA, Leonardo Turazzi; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. Ciência, ideologia, literatura e eugenia: aproximações entre as ideias biológicas de Renato Kehl e o discurso científico do livro "O presidente negro", de Monteiro Lobato. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 1, p. 213-238, 2020.

TRÓPIA, Guilherme. Leituras e repertórios artístico-culturais na formação de professores de ciências: ser cientista... diariamente. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 63-69, 2018.

VASCONCELOS, Stephanie Siqueira; FORATO, Thaís Cyrino de Mello. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 851-887, 2018.

VIANA, Marger da Conceição Ventura; ROSA, Milton; OREY, Daniel Clark. O cinema como uma ferramenta pedagógica na sala de aula: um resgate à diversidade cultural. **Ensino em Re-Vista**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 137-144, jan./jun. 2014.

WELTNER, Klaus *et al.* A dinâmica dos fluidos complementada e a sustentação da asa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, p. 429-443, 2001.

XAVIER, Carlos Henrique Gurgel *et al.* **O uso do cinema para o ensino de Física no ensino médio (Using cinema for teaching physics in the high school)**. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 93-106, 2010.

ZANOTELLO, Marcelo. Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. **Ciência & Educação**, v. 17, p. 987-1013, 2011.

Apêndice A –UEPS A

Contexto

A UEPS proposta nesta sessão busca abordar o conteúdo de cinemática, partindo dos primeiros pensamentos sobre o conceito de movimento e chegando ao que temos atualmente. Para tanto, procura-se discutir aspectos da história e filosofia da ciência por meio da utilização do cinema e levantando debates sobre a questão de gênero e questões étnico-raciais na física.

Objetivo geral

Utilizar o cinema como organizador prévio para discutir os conceitos de cinemática, além de abordar como a ciência é influenciada pelo contexto sócio-histórico, político, econômico e cultural.

Objetivos específicos

- a) Desconstruir a ideia de que a ciência é feita por homens brancos;
- b) Apresentar a história do conceito de movimento a partir do filme *Alexandria*;
- c) Revisar os conceitos de cinemática;
- d) Apresentar possibilidades de utilização da cinemática no cotidiano;
- e) Apresentar como os conceitos estudados durante as aulas auxiliam no entendimento sobre como funciona o voo do avião.

Materiais necessários

- a) Computador;
- b) Acesso à Internet;
- c) Aplicativo *Google Meet* – videoconferência;
- d) Apresentação de Power point;
- e) Filme;

O processo de implementação desta UEPS ocorreu em 8 aulas de 54 minutos.

Aspectos sequenciais

- 1) Situação inicial (2 aulas): a aula iniciará com a apresentação do filme *Alexandria*. Em seguida será entregue um questionário aos alunos para levantar uma discussão com base nas respostas deles aos questionamentos feitos pelo professor.
- 2) Situações-problema: após os alunos assistirem o filme devem ser levantadas situações-problema por meio de questões sobre ciência (ver Apêndice C): i) Por quem a ciência é produzida?; ii) O que é necessário para ser um bom cientista?; iii) Mulheres são boas cientistas?; iv) Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro?; e v) Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê?. Para situações-problema de ciência, deve-se sugerir aos alunos que desenvolvam três experimentos de cinemática: ‘Dominó’, ‘Experimento trajetória do objeto’ e ‘Acelerômetro’. Após a abordagem dos experimentos, deverá ser entregue um questionário (ver Apêndice D), para levantar questionamentos como: i) o que as experiências podem ajudar a entender a cinemática e ii) que leis são essas?
- 3) Revisão: iniciar uma aula de revisão utilizando a “Apresentação de slides 1”. As questões ali colocadas são: i) sobre o papel da mulher na ciência; ii) apresentação do papel importante das mulheres na ciência, focando na imagem de Hipátia; iii) abordagem da história da cinemática e como questões sociopolíticas influenciam no desenvolvimento da ciência; e iv) exposição introdutória da cinemática.
- 4) Nova situação-problema, em um nível mais alto de complexidade: por meio da “Apresentação de slides 2”, deve-se buscar problematizar em um nível de complexidade maior, por meio das seguintes atividades: i) Breve revisão dos tipos de movimento; ii) Breve revisão cinemática; iii) Explicação do uso da cinemática.
- 5) Avaliação somativa individual: as avaliações deverão ocorrer por meio de questões abertas que exijam o máximo de transformação no conteúdo abordado. Não deverão ser utilizadas questões que tenham respostas que possam ser encontradas no material instrucional sem uma reflexão prévia.

- 6) Aula expositiva dialogada integradora final: usando a “Apresentação de slides 2”, será retomado todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas com os alunos.
- 7) Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada na participação dos alunos nas atividades, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.
- 8) Avaliação da própria UEPS: sugere-se que, em um grande grupo, os alunos avaliem as estratégias de ensino empregadas na UEPS e seu próprio aprendizado. Além disso, o docente deverá avaliar a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos e, se necessário, reformular algumas atividades.

Total de aulas: 8 aulas.

Apêndice B – UEPS B

Contexto

A UEPS proposta nesta sessão busca abordar o conteúdo de dinâmica e os conceitos que serão trabalhados são: Primeira Lei de Newton, inércia; Segunda Lei de Newton, força, aceleração; Terceira Lei de Newton, força e suas interações, par de ação e reação; além dos conceitos que temos atualmente. Para tanto, procura-se discutir aspectos da história e filosofia da ciência por meio da utilização do cinema, levantando debates sobre a questão de gênero e a questão étnico-racial na física.

Objetivo geral

Utilizar o cinema como organizador prévio para discutir os conceitos de dinâmica, além de abordar como a ciência é influenciada pelo contexto sócio-histórico, político, econômico e cultural.

Objetivos específicos

- a) Desconstruir a ideia de que a ciência é feita por homens brancos;
- b) Apresentar a história sobre as Leis de Newton a partir do filme *Estrelas além do Tempo*;
- c) Revisar os conceitos de dinâmica;
- d) Dispor as possibilidades de utilização no cotidiano da dinâmica;
- e) Apresentar como os conceitos estudados durante as aulas ajudam a entender como é o funcionamento dos foguetes.

Materiais necessários

- a) Computador;
- b) Acesso à Internet;
- c) Aplicativo *Google Meet* – videoconferência;
- d) Apresentação de Power point;
- e) Filme

- f) Simuladores computacionais.

O processo de implementação desta UEPS ocorreu em 5 aulas de 54 minutos.

Aspectos sequenciais

- 1) Situação inicial (2 aulas): a aula iniciará com a exibição do filme *Estrelas além do tempo*. Em seguida será entregue um questionário aos alunos para levantar uma discussão com base nas respostas deles aos questionamentos feitos pelo professor.
- 2) Situações-problema: a partir da exibição do filme, levantar situações-problema com questões sobre ciência: i) Por quem a ciência é produzida?; ii) O que é necessário para ser um bom cientista?; iii) Mulheres são boas cientistas?; iv) Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro?; e (v) Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê?. Para situações-problema de ciência, deve-se sugerir aos alunos que desenvolvam três experimentos de dinâmica: “Carro de Newton”; “Bexiga foguete” e “Corrida de antiácidos”, a fim de promover a reflexão sobre: i) O que essas experiências podem ajudar a entender a dinâmica; e ii) Que leis são essas?.
- 3) Revisão: iniciar uma aula de revisão utilizando a “Apresentação de slides 1”. As questões ali colocadas são: i) discussão acerca da segregação racial e da discriminação étnico-racial; ii) apresentação do papel importante das mulheres na ciência, focando na vida e obra de Katherine Johnson; iii) abordagem da histórica da dinâmica e de como questões sociopolíticas influenciam no desenvolvimento da ciência; e iv) uma exposição introdutória da dinâmica.
- 4) Nova situação-problema, em um nível mais alto de complexidade: por meio da “Apresentação de slides 2”, deve-se buscar problematizar em um nível de complexidade maior, por meio das seguintes atividades: i) breve revisão dos conceitos iniciais de cinemática; ii) breve revisão das Leis de Newton; iii) explanação sobre como as Leis de Newton explicam o funcionamento dos foguetes; iv) discussão superficial da equação do foguete; e v) como o foguete funciona.

- 5) Avaliação somativa individual: as avaliações deverão acontecer por meio de questões abertas que exijam o máximo de transformação acerca do conteúdo abordado. Não deverão ser utilizadas questões que tenham respostas que possam ser encontradas no material instrucional sem uma reflexão prévia.
- 6) Aula expositiva dialogada integradora final: utilizando a “Apresentação de slides 2”, deverá se retomar todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas pelos alunos.
- 7) Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada na participação dos alunos nas atividades, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.
- 8) Avaliação da própria UEPS: sugere-se que, em um grande grupo, os alunos avaliem as estratégias de ensino empregadas na UEPS e seu próprio aprendizado. Além disso, o docente deverá avaliar a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos e, se necessário, reformular algumas atividades.

Total de aulas: 5.

Apêndice C– PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

A QUESTÃO ÉTNICO-RACIAL E DE GÊNERO NO ENSINO DE FÍSICA: O CINEMA COMO ORGANIZADOR SEQUENCIAL

Carolini Felisberto de Souza

Orientador: Prof. Dr. Felipe Damasio

Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Araranguá

Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a),

A sociedade exige que o cidadão, para exercer sua cidadania, possua acesso a recursos culturais relevantes, a fim de que possa intervir e participar de maneira responsável da vida social. Um ensino de qualidade é um direito do cidadão e atualmente a sociedade necessita de um sistema educacional que implemente uma prática educativa adequada às necessidades sociais, políticas, econômicas e culturais da realidade brasileira, que considere os interesses e as motivações dos alunos e garanta as aprendizagens essenciais para a formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos, capazes de atuar com competência, dignidade e responsabilidade na sociedade em que vivem (BRASIL, 1997).

A escola pública tem um papel fundamental e de extrema importância na educação para a cidadania, dado que ela, por definição, deve acolher a todos, sendo parte integrante da vida da cidade democrática (VASCONCELOS, 2007).

Contudo, a educação não deve apenas promover a capacitação dos estudantes para futuras habilitações em termos das especializações tradicionais, deve antes procurar formar os estudantes em termos de sua capacitação para a aquisição e o desenvolvimento de novas competências. Foi em busca de uma educação que almeje desenvolver a criticidade do aluno, bem como possibilite uma aprendizagem subversiva, que este produto educacional foi desenvolvido (BRASIL, 2018).

Este produto educacional é a parte integrante da dissertação de mestrado intitulada: *A questão étnico-racial e de gênero no ensino de física: o cinema como organizador sequencial*. Esta é a versão impressa do produto que está disponível em um site educacional na rede mundial de computadores⁷. Nesta página estão disponíveis os organizadores prévios, as duas Unidades de Ensino Potencialmente (UEPS), os textos de apoio paradidáticos, as apresentações de slides e os roteiros dos experimentos, ou seja, todos os materiais e passos para a elaboração e implementação estão disponíveis no site e poderão ser adaptados pelo professor.

⁷ Disponível no link: <https://karolsouza18.wixsite.com/decolandonafisica> física (karolsouza18.wixsite.com)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de referencial.....	121
Figura 2 - Sistema de coordenadas.....	122
Figura 3 - Exemplo de movimento.....	122
Figura 4 - Posição	124
Figura 5- Trajetória	124
Figura 6 - Exemplo automóvel rotatória	125
Figura 7 - Distância percorrida X deslocamento.....	126
Figura 8 - Velocidade relativa.....	129
Figura 9 - Gráfico velocidade	131
Figura 10 - Experimento bexiga foguete.....	141
Figura 11 - Força normal e força peso	148
Figura 12 - Força de atrito.....	149
Figura 13 - Força de tração	150
Figura 14 - Segunda Lei de Newton	152
Figura 15 - Exemplo da Terceira Lei de Newton.....	153
Figura 16 - Representação do funcionamento do foguete de propelente sólido	155
Figura 17 - Representação do funcionamento do foguete de propelente líquido.....	157

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
SI	Sistema Internacional de Unidades
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - UEPS: A MECÂNICA (CINEMÁTICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA.....	112
CONTEXTO.....	112
OBJETIVO GERAL.....	112
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	112
MATERIAIS NECESSÁRIOS.....	112
ASPECTOS SEQUENCIAIS	113
CAPÍTULO 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME <i>ALEXANDRIA</i>.....	115
CAPÍTULO 3 - EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA – MRU E MRUV	117
TRAJETÓRIA.....	117
MATERIAIS NECESSÁRIOS	117
COMO MONTAR.....	117
DOMINÓ	117
MATERIAIS NECESSÁRIOS	117
COMO MONTAR.....	117
ACELERÔMETRO	118
MATERIAIS NECESSÁRIOS	118
COMO MONTAR.....	118
CAPÍTULO 4 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA	119
CAPÍTULO 5 - TEXTO PARADIDÁTICO CINEMÁTICA	121
CINEMÁTICA.....	121
CONCEITOS INICIAIS: REPOUSO, MOVIMENTO, REFERENCIAL, ESPAÇO E TEMPO	123
CONCEITO INICIAS: POSIÇÃO, TRAJETÓRIA, DISTÂNCIA PERCORRIDA E DESLOCAMENTO	123
VELOCIDADE	126
RAPIDEZ MÉDIA, VELOCIDADE MÉDIA, VELOCIDADE INSTANTÂNEA E VELOCIDADE RELATIVA	127
ACELERAÇÃO	129
ACELERAÇÃO - PLANOS INCLINADOS DE GALILEU	130
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU).....	131
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV).....	131
CAPÍTULO 6 - ATIVIDADE AVALIATIVA SOBRE CINEMÁTICA.....	132
CAPÍTULO 7 - UEPS: A MECÂNICA (DINÂMICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA.....	136
CONTEXTO	136
OBJETIVO GERAL.....	136
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	136
MATERIAIS NECESSÁRIOS	136
ASPECTOS SEQUENCIAIS.....	137
CAPÍTULO 8 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME <i>ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</i>	139

CAPÍTULO 9 - EXPERIMENTOS SOBRE DE DINÂMICA.....	141
ROTEIRO DE EXPERIÊNCIAS	141
EXPERIÊNCIA 1 - BEXIGA FOGUETE (NASA).....	141
MATERIAIS NECESSÁRIOS	141
PROCEDIMENTOS.....	141
EXPERIÊNCIA 2 - CARRO DE NEWTON (NASA)	142
MATERIAIS NECESSÁRIOS	142
PROCEDIMENTOS.....	142
EXPERIÊNCIA 3 - CORRIDA DE ANTIÁCIDOS (NASA)	143
MATERIAIS NECESSÁRIOS	143
PROCEDIMENTOS.....	143
CAPÍTULO 10 - QUESTIONÁRIOS SOBRE OS EXPERIMENTOS DE DINÂMICA. 144	
CAPÍTULO 11 - TEXTO PARADIDÁTICO DINÂMICA.....	146
DINÂMICA.....	146
FORÇA.....	146
TIPOS DE FORÇA	147
FORÇA PESO.....	147
FORÇA NORMAL	147
FORÇA DE ATRITO	148
FORÇA DE TRAÇÃO	149
PRIMEIRA LEI DE NEWTON	150
SEGUNDA LEI DE NEWTON	151
TERCEIRA LEI DE NEWTON.....	152
E COMO FUNCIONA O AVIÃO?	153
E COMO FUNCIONA O FOGUETE?	155
CAPÍTULO 12 - AVALIAÇÃO DE DINÂMICA	161
CAPÍTULO 13 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	165
REFERÊNCIAS	166

CAPÍTULO 1 - UEPS: A MECÂNICA (CINEMÁTICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA

Contexto

A UEPS proposta nesta sessão busca abordar o conteúdo de cinemática, partindo dos primeiros pensamentos sobre o conceito de movimento e chegando ao que temos atualmente. Para tanto, procura-se discutir aspectos da história e filosofia da ciência por meio da utilização do cinema e levantando debates sobre a questão de gênero e questões étnico-raciais na física.

Objetivo geral

Utilizar o cinema como organizador prévio para discutir os conceitos de cinemática, além de abordar como a ciência é influenciada pelo contexto sócio-histórico, político, econômico e cultural.

Objetivos específicos

- f) Desconstruir a ideia de que a ciência é feita por homens brancos;
- g) Apresentar a história do conceito de movimento a partir do filme *Alexandria*;
- h) Revisar os conceitos de cinemática;
- i) Apresentar possibilidades de utilização da cinemática no cotidiano;
- j) Apresentar como os conceitos estudados durante as aulas auxiliam no entendimento sobre como funciona o voo do avião.

Materiais necessários

- f) Computador;
- g) Acesso à Internet;
- h) Aplicativo *Google Meet* – videoconferência;
- i) Apresentação de Power point;
- j) Filme;

O processo de implementação desta UEPS ocorreu em 8 aulas de 54 minutos.

Aspectos sequenciais

- 9) Situação inicial (2 aulas): a aula iniciará com a apresentação do filme *Alexandria*. Em seguida será entregue um questionário aos alunos para levantar uma discussão com base nas respostas deles aos questionamentos feitos pelo professor.
- 10) Situações-problema: após os alunos assistirem o filme devem ser levantadas situações-problema por meio de questões sobre ciência (ver Apêndice C): i) Por quem a ciência é produzida?; ii) O que é necessário para ser um bom cientista?; iii) Mulheres são boas cientistas?; iv) Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro?; e v) Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê?. Para situações-problema de ciência, deve-se sugerir aos alunos que desenvolvam três experimentos de cinemática: ‘Dominó’, “Experimento trajetória do objeto” e ‘Acelerômetro’. Após a abordagem dos experimentos, deverá ser entregue um questionário (ver Apêndice D), para levantar questionamentos como: i) o que as experiências podem ajudar a entender a cinemática e ii) que leis são essas?
- 11) Revisão: iniciar uma aula de revisão utilizando a “Apresentação de slides 1”. As questões ali colocadas são: i) sobre o papel da mulher na ciência; ii) apresentação do papel importante das mulheres na ciência, focando na imagem de Hipátia; iii) abordagem da história da cinemática e como questões sociopolíticas influenciam no desenvolvimento da ciência; e iv) exposição introdutória da cinemática.
- 12) Nova situação-problema, em um nível mais alto de complexidade: por meio da “Apresentação de slides 2”, deve-se buscar problematizar em um nível de complexidade maior, por meio das seguintes atividades: i) Breve revisão dos tipos de movimento; ii) Breve revisão cinemática; iii) Explicação do uso da cinemática.
- 13) Avaliação somativa individual: as avaliações deverão ocorrer por meio de questões abertas que exijam o máximo de transformação no conteúdo abordado. Não deverão ser utilizadas questões que tenham respostas que possam ser encontradas no material instrucional sem uma reflexão prévia.

- 14) Aula expositiva dialogada integradora final: usando a “Apresentação de slides 2”, será retomado todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas com os alunos.
- 15) Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada na participação dos alunos nas atividades, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.
- 16) Avaliação da própria UEPS: sugere-se que, em um grande grupo, os alunos avaliem as estratégias de ensino empregadas na UEPS e seu próprio aprendizado. Além disso, o docente deverá avaliar a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos e, se necessário, reformular algumas atividades.

Total de aulas: 8 aulas.

CAPÍTULO 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME *ALEXANDRIA*

Discussão sobre o filme Alexandria.

O filme apresenta a história de Hipátia que foi uma filósofa, matemática e astrônoma. Diferente das mulheres que viviam em Alexandria na época, ela conseguiu a oportunidade de estudar pois era filha de Teón de Alexandria. Ele foi astrônomo e prolífico autor, que editou e comentou obras de pensadores como Euclides. Hipátia foi a primeira mulher matemática de que se tem conhecimento seguro e detalhado.

Referências: O mistério da brutal morte de Hipátia, a primeira matemática da História. Disponível em :<<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46501897>>, acesso em nov. 2020.

Com base no filme, responda as questões a seguir.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#)



*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1- Por quem a ciência é produzida? *

Sua resposta

2- O que é necessário para ser um bom cientista? *

Sua resposta

3- Mulheres são boas cientistas? *

Sua resposta

4- Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro? *

Sua resposta

5- A cultura de uma sociedade pode interferir para o progresso da ciência? Por quê? *

Sua resposta

6- Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê? *

Sua resposta

7- Em alguns momentos do filme, Hipátia faz algumas discussões sobre Física. Quais? *

Sua resposta

8- Sobre os conceitos físicos abordados durante o filme, relate sobre a evolução desses conceitos. *

Sua resposta

9- Na cena em que Hipátia está no barco foi realizado um experimento. Qual o princípio relacionado ao experimento? ela estava correta em sua hipótese?

Sua resposta

10- Qual é o modelo utilizado para descrever os movimentos dos corpos celestes? Este modelo é diferente de qual utilizamos atualmente? Explique. *

Sua resposta

CAPÍTULO 3 - EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA – MRU E MRUV

❖ Trajetória

Materiais necessários

- Bola
- Cadeira

Como montar

- 1) Você deve primeiramente pedir ajuda de um colega para realizar este experimento;
- 2) Depois, um de vocês deve sentar em uma cadeira e observar o outro.

❖ Dominó

Materiais necessários

- Trena, régua ou fita métrica
- Cronômetro
- Joguinho de dominó

Como montar

- 1) O aluno 1 deve fazer uma fila (deve ser reta) com as peças de dominó de forma que todas fiquem igualmente espaçadas;
- 2) O aluno 2 deve ficar no comando do cronômetro, que deve ser ativado assim que for dado o peteleco que dará início ao movimento e parado quando o último dominó cair (Comando pode ser feito por um aluno 3);
- 3) De posse de todos os dados (tempo total e distância total), os alunos devem calcular a velocidade média por meio da equação: $V = \text{distância} / \text{tempo}$.

❖ Acelerômetro

Materiais necessários

- Bolinha de isopor ou rolha de cortiça
- Recipiente transparente de plástico com tampa de rosca
- Barbante
- Massa epóxi
- Supercola

Como montar

- 1) Fixe com a supercola umas das pontas do barbante na bolinha de isopor ou na rolha de cortiça;
- 2) Fixe a outra ponta do barbante na tampa do recipiente com massa epóxi ou supercola;
- 3) Encha o recipiente de água com a bolinha ou a rolha dentro e tampe-o, de modo que ele fique bem vedado;
- 4) Vire o recipiente e apoie-o sobre a tampa – a bolinha ou a rolha ficará suspensa.


CAPÍTULO 4 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA

Experimentos

A cinemática é uma parte da física que busca estudar o movimento dos corpos, de pontos, ou sistemas de corpos, porém nesse estudo não são considerados a massa dos corpos e nem as forças que são aplicadas sobre eles (Gaspar 2000).

Em alguns momentos do filme "Alexandria", Hipátia aborda discussões sobre o movimento dos corpos celestes. Na época em que se passa o filme, acreditava-se que o sol girava em torno da Terra. Em alguns momentos do filme ela faz experimentos tentando resolver uma dessas questões trazidas sobre o movimento, determinando o seu deslocamento, a velocidade e a aceleração em cada instante.

Referências: GASPAR, Alberto. Física Mecânica. São Paulo, Ed. Ática, 2000.
O mistério da brutal morte de Hipátia, a primeira matemática da História. Disponível em : <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46501897>>, acesso em nov. 2020.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#) 

***Obrigatório**

E-mail *

Seu e-mail _____

1- O que os experimentos podem mostrar a respeito do movimento dos corpos? *

Sua resposta _____

2- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento 1? *

Sua resposta _____

3- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento 2? *

Sua resposta _____

4- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento 3? *

Sua resposta _____

5- O que é velocidade e aceleração? *

Sua resposta _____

6- Qual unidade que é trabalhada no SI e usualmente de velocidade, deslocamento e tempo? *

Sua resposta _____

7- No experimento 1, foi usado o tamanho da régua para medir a distância (30 cm) e o tempo de execução do experimento foi de 0,53 ms (0,05 s), qual será a velocidade? *

Sua resposta _____

8- No experimento 3, a bolinha é lançada verticalmente para cima, em duas situações diferentes, uma quando você está em repouso e a outra quando você está se movimentando. Seu colega (irmão, mãe, pai...) observa a bola voltar a sua mão, qual a trajetória do objeto (quando vocês está parado)? *

Sua resposta _____

9- No experimento 3, a bolinha é lançada verticalmente para cima, em duas situações diferentes, uma quando você está em repouso e a outra quando você está se movimentando. Seu colega (irmão, mãe, pai...) observa a bola voltar a sua mão, qual a trajetória do objeto (quando vocês está em movimento)? *

Sua resposta _____

10- Como as experiências podem ajudar a entender sobre o estudo no movimento? *

Sua resposta _____

CAPÍTULO 5-TEXTO PARADIDÁTICO CINEMÁTICA

Cinemática

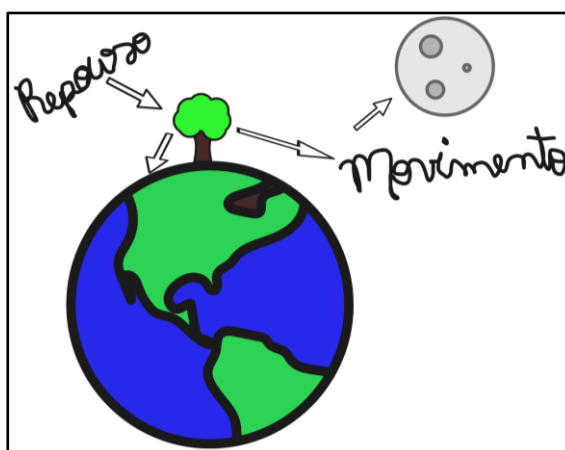
Quando ouvimos falar em movimento, nos vem à mente, por exemplo, um carro, mas como descrever o que está ocorrendo? A cinemática é a área da física que estuda o movimento dos corpos, mas sem considerar as suas causas. Quando falamos em movimento, na linguagem do cotidiano, seus significados e liga à vida e é amplo, no entanto, na física, o termo ‘movimento’ adquire uma definição mais precisa e restrita (GASPAR, 2000). O estudo sobre o movimento vem de muito tempo e possuiu definições diferentes e contribuições de muitos cientistas que ajudaram a construir a ideia de movimento que temos atualmente.

Conceitos iniciais: repouso, movimento, referencial, espaço e tempo

Primeiramente, para definir o que é ‘movimento’ e ‘repouso’ precisamos definir um referencial, pois somente podemos definir esses termos considerando um corpo em relação a uma referência, ou seja, movimento e repouso são conceitos relativos. A sua definição consiste na mudança de posição em relação a determinado ponto de referência (GASPAR, 2000).

Dessa forma, tudo é uma questão de referencial, por exemplo: um poste está em repouso em relação ao planeta Terra, mas está em movimento em relação à Lua (Figura 1). Normalmente, adotamos um referencial em um sistema de coordenadas para melhor localizar sua posição (SALES; MAIA, 2011).

Figura 14 - Exemplo de referencial

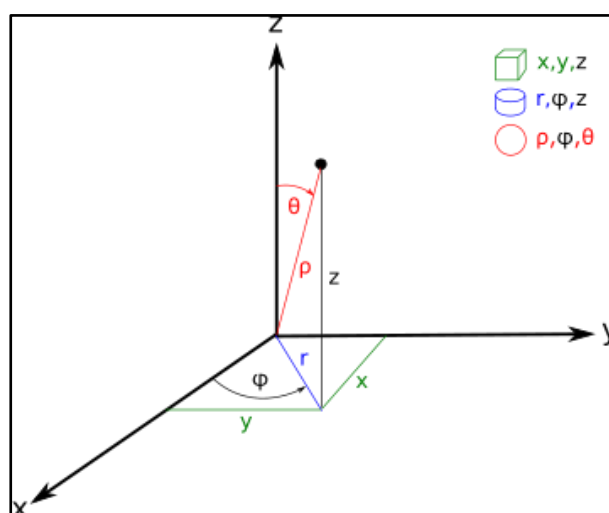


Fonte: elaborada pela autora (2021).

O referencial é um ponto ou um conjunto infinito de pontos em um corpo ou em um ponto qualquer do espaço com relação ao qual se podem precisar a posição (s) e o instante (t) de qualquer evento. Existem dois tipos de referências: i) referencial inercial, que é aquele em que uma partícula livre está em repouso ou em MRU; e ii) referencial não inercial, que é aquele em que uma partícula livre não está em repouso nem em MRU (VASCONCELOS, 2007).

O referencial mais adotado em física é o referencial cartesiano (Figura 2), que traz três eixos ortogonais entre si que passam por um ponto denominado origem (X, Y e Z). Podemos usar o plano tridimensional ou bidimensional ou até mesmo o unidimensional. Nesse tipo de referencial usamos coordenadas cartesianas para localizar um ponto (NUSSENZVEIG, 2013).

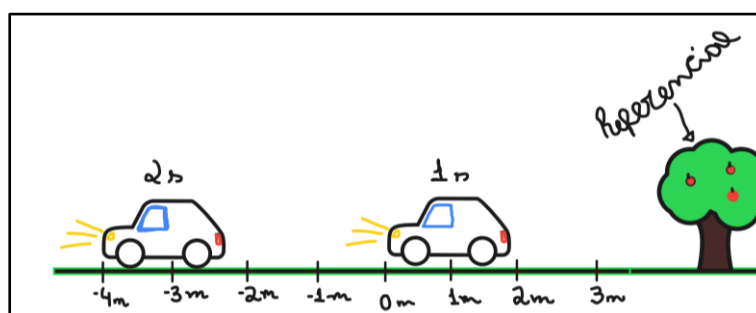
Figura 15 - Sistema de coordenadas



Fonte: disponível em: <https://pt.planetcalc.com/7952/>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

Dessa forma, adotando um referencial, podemos definir se o corpo está ou não em movimento. Segundo Gaspar (2000), um corpo está em movimento quando a posição dele varia com o decorrer do tempo em relação a um referencial (Figura 3).

Figura 16 - Exemplo de movimento



Fonte: elaborada pela autora (2021).

Contudo, nos referimos a “ponto material”, mas não o definimos em termos físicos, consideramos como “ponto material” um corpo de que podemos desprezar suas dimensões quando comparadas às dimensões de outro corpo que se está estudando. Em contrapartida, temos o corpo extenso, que é aquele do qual não podemos desprezar as dimensões, como por exemplo, um carro fazendo manobras na garagem de uma casa (SALES; MAIA, 2011).

Desse modo, como referencial e repouso são importantes para conhecer o conceito de movimento, os termos ‘espaço’ e ‘tempo’ também são conceitos fundamentais na mecânica. Para o espaço e o tempo temos duas visões: i) a visão Newtoniana, para a qual o espaço é absoluto, existindo independentemente de um ponto material; e ii) a de Einstein, para a qual o espaço seria uma propriedade posicional dos pontos materiais (NUSSENZVEIG, 2013).

Para descrever o movimento de uma partícula, é necessário descrever a sua posição e como ela se move (TIPLER; MOSCA, 2009).

Considerando um ponto ‘P’ dentro de um espaço tridimensional como um vetor de posição ‘r’ que determina a distância e a direção de ‘P’ a partir de uma origem ‘O’, podemos expressar isso com três vetores unitários, ‘x’, ‘y’ e ‘z’, apontando nas direções dos três eixos (TAYLOR, 2013).

Na mecânica clássica, o tempo é um parâmetro universal ‘t’ com o qual todos os entes estão de acordo. O estudo da mecânica clássica envolve a escolha de um sistema de referência que pode ser explícita ou implícita. Nem todos os sistemas são fisicamente equivalentes, apenas em sistemas especiais, chamados de “sistemas inerciais”, as Leis de Newton são válidas e, como veremos adiante, sistema inercial é um sistema não acelerado (HALLIDAY, 2008).

Conceito iniciais: posição, trajetória, distância percorrida e deslocamento

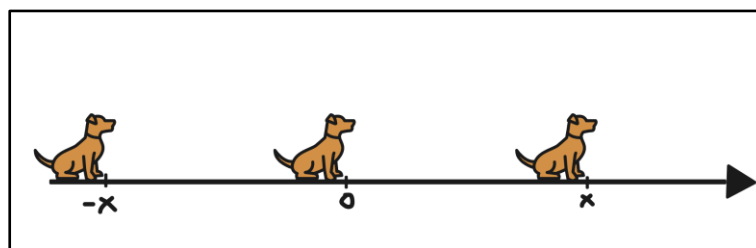
Definiremos agora alguns conceitos básicos que precisam ser distintos para compreender a cinemática.

Posição é um conceito definido como sendo um lugar marcado na trajetória em relação a um ponto de referência. Normalmente usamos o plano cartesiano para marcar os pontos (Figura 4) (GASPAR, 2005).

Dessa forma, localizar um objeto significa determinar a posição do objeto em relação a um ponto de referência, frequentemente a origem (ou ponto zero) de um eixo, como o eixo x. A Figura 4 apresenta o cachorrinho em três posições distintas: no marco zero (a origem); no ponto x, para a direita, que é sentido positivo do eixo, ou seja, o sentido em que os números

(coordenadas) que indicam a posição dos objetos aumentam de valor; e a outra posição é no sentido oposto, ou seja, o sentido negativo (HALIDAY, 2008).

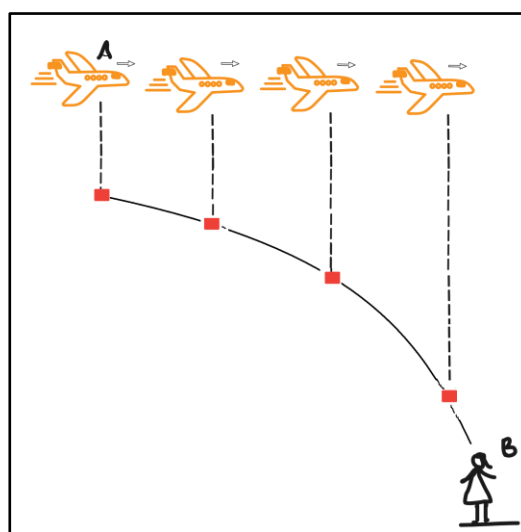
Figura 17 - Posição



Fonte: elaborada pela autora (2021).

Já **trajetória** podemos definir como sendo as sucessivas posições que um móvel descreve em relação a um referencial, por exemplo, um avião deixa cair um pacote, a trajetória que o pacote descreve para um observador dentro do avião é em linha reta enquanto para um observador que está no solo vai ver a trajetória em uma parábola (Figura 5) (GASPAR, 2005).

Figura 18- Trajetória



Fonte: elaborada pela autora (2021).

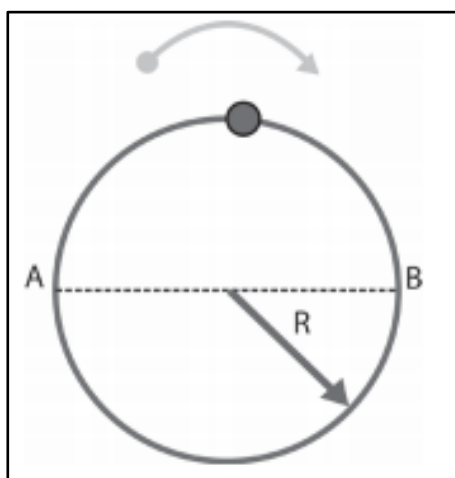
Definidos os conceitos de posição, referencial e trajetória, agora vamos tratar do conceito de **distância percorrida**, que está diretamente relacionado à posição do objeto em determinado móvel em relação ao referencial, no entanto, na distância percorrida todo o trajeto realizado pelo móvel é importante. Trata-se de uma grandeza escalar, sendo um conceito pouco preciso e um valor que depende do comprimento da trajetória. É representado pelas letras s , x ou d (GASPAR, 2005).

Analogamente, o **deslocamento** também trabalha com a posição do móvel, porém, neste caso é preciso conhecer apenas a posição inicial e a final. Trata-se de uma grandeza vetorial, que é representada pelas letras **x**, **s** e **d**, porém, com um vetor em cima (ou em negrito, como nesse caso). Dessa forma, o que é levado em conta é a mudança de uma posição s_1 para uma posição s_2 . O deslocamento é dado por meio da Equação (1) (HALLIDAY, 2008).

$$\Delta\vec{S} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1 \quad (1)$$

Suponhamos que temos um automóvel que se desloca do ponto A ao ponto B em uma rotatória de uma rodovia (Figura 6). Sendo o raio R dessa rotatória igual a 7,5 m e o espaço percorrido de A a B sobre a rodovia igual a 23,55 m, quanto mede em quilômetros o deslocamento desse automóvel? É igual, maior ou menor do que o espaço percorrido (SALES; MAIA, 2011)?

Figura 19 - Exemplo automóvel rotatória



Fonte: Sales e Maia (2011, p. 29).

Sabemos que o deslocamento é dado por (2):

$$\Delta\vec{S} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1 \quad (2)$$

Onde:

$\vec{S}_2 = 15\text{m}$ é a posição final do automóvel, que no caso da Figura 6 é o ponto B;

O valor da distância entre os dois pontos, quando se trata de uma rotatória seu valor é

2R;

\vec{S}_1 é o ponto inicial do movimento, ponto A, considerado igual a 0.

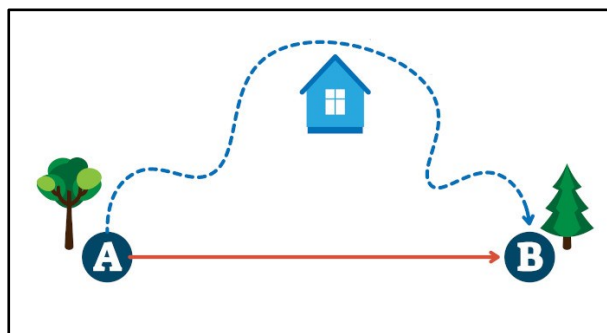
Portanto, o nosso deslocamento será:

$$\Delta\vec{S} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1 = 15 - 0$$

$$\Delta\vec{S} = 15 \text{ m ou } \Delta\vec{S} = 0,015 \text{ km}$$

Nesse exemplo, conseguimos observar a diferença entre o espaço percorrido, que foi de 23,55m, e o deslocamento do móvel, que foi de apenas 15m (Figura 7) (SALLES; MAIA, 2011).

Figura 20 - Distância percorrida X deslocamento



Fonte: Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/deslocamento-e-espaco-percorrido.htm>. Acesso em: 20 maio de 2021

A Figura 7 apresenta a diferença entre o conceito de distância percorrida e deslocamento. O deslocamento é a distância entre a posição inicial e a posição final, porém, para calcularmos a distância percorrida, consideramos todas as posições que o corpo ocupou ao longo do tempo (PIETROCOLA, 2016).

Velocidade

Costumamos relacionar o conceito de velocidade, em nosso dia-a-dia, à medida da rapidez ou da lentidão com que os corpos se movem. Embora esse conceito seja intuitivo, está correto e faz sentido, pois a velocidade dos corpos é sempre dada pela razão com que a sua posição varia com o tempo. A relação é demonstrada por meio da Equação (3) (HALLIDAY, 2008).

$$\Delta\vec{v} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} \quad (3)$$

Onde:

$\Delta\vec{v}$ = Variação da velocidade

s_f = posição final

s_i = posição inicial

T_f = tempo final

T_i = tempo inicial

Para medir a velocidade, pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), usamos as grandezas de comprimento, no caso o metro (m), em relação à unidade de tempo, no caso o segundo (m/s). Também são usadas outras unidades, mas estas são múltiplos ou submúltiplos das unidades já citadas (HALIDAY, 2008).

Rapidez média, velocidade média, velocidade instantânea e velocidade relativa

A **Rapidez** é a medida de quão rapidamente algo se move, sendo medida em unidade de distância por unidade de tempo, conforme a Equação (4) (HEWITT, 2002).

$$R = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} \quad (4)$$

Rapidez média também é conceituada erroneamente como “velocidade escalar média”, que é a medida de quão rapidamente algum móvel se move, medida por uma unidade de distância dividida por tempo (Equação (5)). Alguns livros traduzem o termo para “velocidade escalar média”, porém, quando estamos tratando de ‘velocidade’, estamos nos referindo à uma grandeza vetorial, logo, ela não poderia ser denominada como ‘escalar’ (HEWITT, 2002).

$$R_{\text{média}} = \frac{\text{distância total percorrida}}{\text{tempo}} \quad (5)$$

Contudo, essa é uma forma diferente de descrever “com que rapidez” uma partícula está se movendo. Enquanto a velocidade média envolve o deslocamento da partícula, ds , a velocidade escalar média é definida em termos da distância total percorrida, independentemente da direção. Portanto (HALLIDAY, 2008):

A **rapidez instantânea** faz referência à medida da velocidade a cada instante, como num velocímetro de um carro, no qual nós podemos verificar a velocidade no instante, apenas olhando para o aparelho, no entanto o velocímetro não mostra a direção e o sentido em que o carro está se movendo (HEWITT, 2002). Essa **rapidez instantânea** é o módulo da velocidade,

ou seja, a velocidade desprovida de qualquer indicação de direção e sentido. Devemos ter cuidado, pois a rapidez escalar e a rapidez média podem ser muito diferentes. A velocidade escalar de um objeto que está se movendo a uma velocidade de + 5 m/s é a mesma (5 m/s) que a de um objeto que está se movendo a -5 m/s (HALLIDAY, 2008).

Já a **velocidade média** é uma grandeza vetorial sendo definida como sendo a razão entre o deslocamento e o tempo necessário para esse movimento (6) (SALLES; MAIA, 2011).

$$\Delta \vec{v} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} \quad (6)$$

Quando estamos descrevendo a rapidez com que o objeto está se movendo, sua direção e o sentido de seu movimento, estamos nos referindo ao conceito de velocidade (HEWITT, 2002).

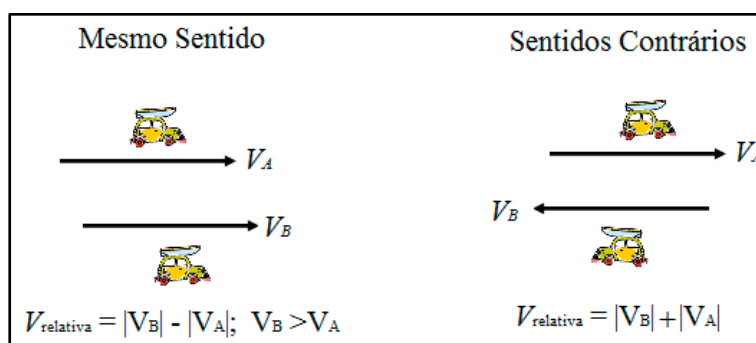
Se definimos dados cada vez menores de tempo, poderíamos definir a sua velocidade em cada instante, e essa velocidade recebe o nome de **velocidade instantânea** (PIETROCOLA, 2016). Essa velocidade é obtida a partir da velocidade média reduzindo o intervalo de tempo (t), até tomá-lo próximo de zero. Dessa forma, a velocidade média se aproxima de um valor limite, que podemos definir a partir da Equação (7) (HALLIDAY, 2008).

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (7)$$

Desse modo, v é a taxa com a qual a posição x está variando com o tempo em um dado instante, ou seja, v é a derivada de s em relação a t. A quantidade ds/dt que encontramos na Equação (7) é chamada de “derivada de s em relação a t”, e o processo para encontrá-la é denominado de ‘derivada’ ou ‘diferenciação’. Os dxs e dts que aparecem separadamente são denominados ‘diferenciais’ (FEYNMAN, 2009).

Contudo, também temos a **velocidade relativa**, ou seja, não existe uma velocidade absoluta, ela é relativa a um referencial (Figura 8). Mas quando falamos no referencial, tratamos como sendo em repouso, mesmo quando vamos tratar de carros em movimento, pois a velocidade será em relação ao referencial solo (repouso). Se o carro A está ultrapassando o carro B, ambos no mesmo sentido, a velocidade relativa entre os dois será a diferença entre as velocidades. Já se o carro A está se move em sentido contrário ao carro B, estando eles em um cruzamento, a velocidade relativa será a soma das velocidades (PIETROCOLA, 2016).

Figura 21 - Velocidade relativa



Fonte: disponível em: <https://infoenem.com.br/fisica-entendo-e-utilizando-velocidade-relativa/>.

Aceleração

Até o momento abordamos os conceitos de movimento e introduzimos o conceito de velocidade, mas o que acontece quando a velocidade varia? Bem, nesse caso estamos nos referindo ao conceito de aceleração (FEYMAN, 2008).

Quando a velocidade do móvel varia num intervalo de tempo, nós a denominamos ‘aceleração’. Usamos esse termo diariamente, quando estamos em um automóvel, nas expressões como “pé na tábua” ou “pisa fundo”, o conceito-chave de sua definição é o termo ‘variação’. Definimos a aceleração por meio da Equação (8) (HEWITT, 2002).

$$\text{Aceleração} = \frac{\text{variação de velocidade}}{\text{intervalo de tempo}} \quad (8)$$

A unidade usada, segundo o Sistema Internacional é o m/s^2 , contudo, podem ser usadas as variações, como km/h^2 ou km/h.s (PIETROCOLA, 2016).

Dizemos que a partícula sofreu uma aceleração (ou foi acelerada), quando ocorre a variação da sua velocidade. Para movimentos ao longo de um eixo, a aceleração média (a_m) em um intervalo de tempo Δt é definida pela Equação (9) (HALLIDAY, 2008).

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \quad (9)$$

Temos que, a partícula tem uma velocidade v_i no instante t_i e uma velocidade v_f no instante t_f . Quando essa aceleração tende a um tempo extremamente pequeno, ou seja, quando o intervalo de tempo tende a zero ($\Delta t \rightarrow 0$), nós chamamos de **aceleração instantânea**

(PIETROCOLA, 2016). A aceleração instantânea (ou, simplesmente ‘aceleração’) é dada por meio da Equação (10) (HALIDAY, 2008).

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (10)$$

Em outros termos, a taxa na qual a velocidade de uma partícula varia num dado instante é chamada de aceleração instantânea. Graficamente, a aceleração em qualquer ponto é a inclinação da curva de $v(t)$ nesse ponto. Dessa forma, podemos fazer uma relação entre as equações 7 e 10 para obter a derivada segunda da posição $x(t)$ em relação ao tempo nesse instante, conforme apresenta a Equação (11) (HALIDAY, 2008).

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{ds}{dt} \right) = \frac{d^2s}{dt^2} \quad (11)$$

O sinal da aceleração e da velocidade são contrários e são usados para demonstrar o sentido do movimento. Aceleração positiva significa que a velocidade do objeto está aumentando (movimento acelerado), já a aceleração negativa significa que a velocidade está diminuindo (movimento retrógrado), ou seja, que o objeto está desacelerando (HALIDAY, 2008).

Aceleração – Planos inclinados de Galileu

Galileu, ao estudar sobre movimento a partir das experiências com os planos inclinados desenvolveu o conceito de aceleração. Na busca por respostas sobre a queda de corpos, Galileu usou os planos inclinados para tornar os movimentos acelerados mais lentos. Ele percebeu que, ao deixar uma bola rolar para baixo em um plano inclinado, ela iria ser mais rápida na mesma quantidade em sucessivos tempos, chegando à conclusão de que a bola adquire uma aceleração constante (Equação (12)) (HEWITT, 2002).

$$\text{Velocidade adquirida} = \text{aceleração} \times \text{tempo} \quad (12)$$

Contudo, não apenas esses experimentos, mas muitos outros, auxiliaram a estabelecer que o movimento de queda livre de um corpo, ou lançado verticalmente, na medida em que a resistência do ar possa ser desprezada, é um movimento uniformemente acelerado, no qual a aceleração é a mesma para todos os corpos (embora sofra pequenas variações de ponto a ponto

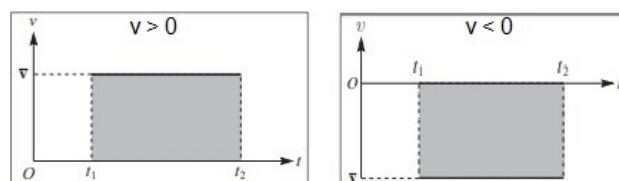
da Terra). Esta aceleração foi chamada de “aceleração da gravidade”, sendo indicada por ‘g’ e seu valor aproximado é de $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ (NUSSENZVEIG, 2013).

Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

É denominado “Movimento Retilíneo Uniforme” aquele no qual o objeto desloca-se em apenas uma direção e não atua nenhuma força sobre ele, ou aquele movimento em que há várias forças atuando sobre ele, porém elas se anulam, por exemplo: um avião que desenvolve um velocidade constante, atuando sobre ele está a força que a ação da turbina propulsora executa, que se anula com a resistência que a atmosfera exerce sobre ele, e em que a força peso do avião é compensada pela força de sustentação das suas asas (PIETROCOLA, 2016).

Quando um carro está com velocidade constante, ou seja, quando um carro está em movimento em relação a um referencial e a velocidade não muda em qualquer posição, este será chamado de Movimento Uniforme. A velocidade instantânea nesse tipo de movimento é considerada igual à velocidade média, dessa forma, $V_{\text{instantânea}} = V_{\text{média}} = \text{constante}$, e o gráfico é uma reta paralela ao eixo das abscissas, como mostra a Figura 9 (NUSSENZVEIG, 2013).

Figura 22 - Gráfico velocidade



Fonte: Nussenzveig (2013, p. 47).

Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Quando a velocidade varia conforme muda a posição do móvel, temos o conceito de aceleração. O MRUV é aquele em que o movimento do objeto está em uma trajetória retilínea e sua velocidade aumenta ou diminui em valores iguais em intervalos de tempo iguais (GASPAR, 2005). A aceleração nesse tipo de movimento é considerada constante (independentemente do tempo), dada pela Equação (13).

$$a(t) = a = \text{constante} \quad (13)$$

No qual a condição de ‘constante’, para um vetor, significa constante em módulo, direção e sentido.

CAPÍTULO 6 - ATIVIDADE AVALIATIVA SOBRE CINEMÁTICA

Lista Exercícios MRU e MRUV

*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1. Um automóvel parte do repouso e atinge a velocidade de 100 km/h em 8s. Qual é a aceleração desse automóvel? *

Sua resposta

2. Uma partícula em movimento retilíneo movimenta-se de acordo com a equação $v = 10 + 3t$, com o espaço em metros e o tempo em segundos. Determine para essa partícula: a) A velocidade inicial; b) A aceleração; c) A velocidade quando $t=5s$ e $t= 10s$ *

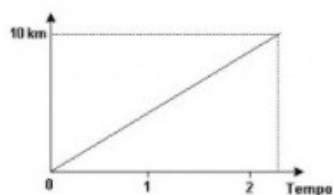
Sua resposta

3- (Enem 2011) Para medir o tempo de reação de uma pessoa, pode-se realizar a seguinte experiência: I. Mantenha uma régua (com cerca de 30 cm) suspensa verticalmente, segurando-a pela extremidade superior, de modo que o zero da régua esteja situado na extremidade inferior. II. A pessoa deve colocar os dedos de sua mão, em forma de pinça, próximos do zero da régua, sem tocá-la. III. Sem aviso prévio, a pessoa que estiver segurando a régua deve soltá-la. A outra pessoa deve procurar segurá-la o mais rapidamente possível e observar a posição onde conseguiu segurar a régua, isto é, a distância que ela percorre durante a queda. O quadro seguinte mostra a posição em que três pessoas conseguiram segurar a régua e os respectivos tempos de reação. A distância percorrida pela régua aumenta mais rapidamente que o tempo de reação porque *

Distância percorrida pela régua durante a queda (metro)	Tempo de reação (segundo)
0,30	0,24
0,15	0,17
0,10	0,14

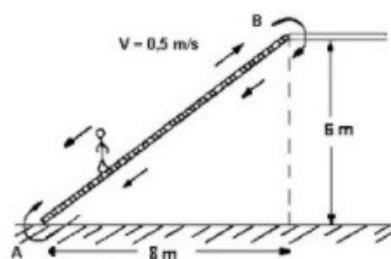
- a) energia mecânica da régua aumenta, o que a faz cair mais rápido.
- b) resistência do ar aumenta, o que faz a régua cair com menor velocidade.
- c) aceleração de queda da régua varia, o que provoca um movimento acelerado.
- d) aceleração da régua tem valor constante, o que gera um movimento acelerado.
- e) velocidade da régua é constante, o que provoca uma passagem linear de tempo.

4. (Enem 2008) O gráfico a seguir modela a distância percorrida, em km, por uma pessoa em certo período de tempo. A escala de tempo a ser adotada para o eixo das abscissas depende da maneira como essa pessoa se desloca. Qual é a opção que apresenta a melhor associação entre meio ou forma de locomoção e unidade de tempo, quando são percorridos 10 km? *



- a) carroça - semana
- b) carro - dia
- c) caminhada - hora
- d) bicicleta - minuto
- e) avião - segundo

5. (UFPE) A escada rolante de uma galeria comercial liga os pontos A e B em pavimentos consecutivos a uma velocidade ascendente constante de 0,5 m/s, conforme mostrado na figura. Se uma pessoa consegue descer contra o sentido de movimento da escada e leva 10 segundos para ir de B até A, pode-se afirmar que sua velocidade, em relação à escada, foi em m/s igual a: *



- a) 0,0
- b) 0,5
- c) 1,0
- d) 1,5
- e) 2,0

6. (UFPE) um atleta caminha com uma velocidade de 150 passos por minuto. Se ele percorrer 7,20 km em uma hora, com passos de mesmo tamanho, qual o comprimento de cada passo? *

- a) 40,0 cm
- b) 60,0 cm
- c) 80,0 cm
- d) 100 cm
- e) 120 cm

7. (UERJ) Uma estrada recém-asfaltada entre duas cidades é percorrida de carro, durante uma hora e meia, sem parada. A extensão do percurso entre as cidades é de, aproximadamente: *

- a) 103 m
- b) 104 m
- c) 105 m
- d) 106 m

8. (UFRRJ) "Maurice Greene, o homem mais rápido do Planeta". Ex-vendedor de hambúrguer bate o recorde mundial dos 100 metros em Atenas. Não faz muito tempo, Maurice Greene era um dos muitos adolescentes americanos que reforçavam o orçamento familiar vendendo hambúrgueres em Kansas City, sua cidade. Mas ele já corria desde os 8 anos e não demorou a descobrir sua verdadeira vocação. Trocou a lanchonete pela pista de atletismo e ontem se tornou o homem mais rápido do planeta ao vencer os 100 metros do meeting de Atenas, na Grécia, estabelecendo um novo recorde mundial para a prova. Greene, de 24 anos, correu a distância em 9s 79, superando em cinco centésimos de segundo a marca anterior (9s 84), que pertencia ao canadense Dono Van Bailey desde a final olímpica de Atlanta, em julho de 1996. Jamais um recordista conseguira tal diferença desde a adoção da cronometragem eletrônica, em 1978. GLOBO: 17 de junho de 1999. Com base no texto acima, pode-se afirmar que a velocidade média do homem mais rápido do planeta é de aproximadamente: *

- a) 10,21 m/s.
- b) 10,58 m/s.
- c) 10,62 m/s.
- d) 10,40 m/s.
- e) 10,96 m/s.

:::

9. (UEL-PR) Um trem de 200 m de comprimento, com velocidade escalar constante de 60 * * km/h, gasta 36 s para atravessar completamente uma ponte. A extensão da ponte, em metros, é de:

- a) 200
- b) 400
- c) 500
- d) 600
- e) 800

10. (FEI-SP) No movimento retilíneo uniformemente variado, com velocidade inicial nula, a * * distância percorrida é:

- a) diretamente proporcional ao tempo de percurso
- b) inversamente proporcional ao tempo de percurso
- c) diretamente proporcional ao quadrado do tempo de percurso
- d) inversamente proporcional ao quadrado do tempo de percurso
- e) diretamente proporcional à velocidade

CAPÍTULO 7 - UEPS: A MECÂNICA (DINÂMICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA

Contexto

A UEPS proposta nesta sessão busca abordar o conteúdo de Dinâmica e os conceitos que serão trabalhados são: Primeira Lei de Newton, inércia; Segunda Lei de Newton, força, aceleração; Terceira Lei de Newton, força e suas interações, par de ação e reação; além dos conceitos que temos atualmente. Para tanto, procura-se discutir aspectos da história e filosofia da ciência por meio da utilização do cinema, levantando debates sobre a questão de gênero e a questão étnico-racial na física.

Objetivo geral

Utilizar o cinema como organizador prévio para discutir os conceitos de Dinâmica, além de abordar como a ciência é influenciada pelo contexto sócio-histórico, político, econômico e cultural.

Objetivos específicos

- f) Desconstruir a ideia de que a ciência é feita por homens brancos;
- g) Apresentar a história sobre as Leis de Newton a partir do filme *Estrelas além do Tempo*;
- h) Revisar os conceitos de Dinâmica;
- i) Apresentar as possibilidades de utilização no cotidiano da Dinâmica;
- j) Apresentar como os conceitos adquiridos durante as aulas ajudam a entender como é o funcionamento dos foguetes.

Materiais necessários

- g) Computador;
- h) Acesso à Internet;
- i) Aplicativo *Google Meet* – videoconferência;
- j) Apresentação de Power point;

- k) Filme
- l) Simuladores computacionais.

O processo de implementação desta UEPS ocorreu em 5 aulas de 54 minutos.

Aspectos sequenciais

- 9) Situação inicial (2 aulas): a aula iniciará com a exibição do filme *Estrelas além do tempo*. Em seguida será entregue um questionário aos alunos para levantar uma discussão com base nas respostas deles aos questionamentos feitos pelo professor.
- 10) Situações-problema: a partir da exibição do filme, levantar situações-problema com questões sobre ciência: i) Por quem a ciência é produzida?; ii) O que é necessário para ser um bom cientista?; iii) Mulheres são boas cientistas?; iv) Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro?; e (v) Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê?. Para situações-problema de ciência, deve-se sugerir aos alunos que desenvolvam três experimentos de dinâmica: “Carro de Newton”; “Bexiga foguete” e “Corrida de antiácidos”, a fim de promover a reflexão sobre: i) O que essas experiências podem ajudar a entender a dinâmica; e ii) Que leis são essas?.
- 11) Revisão: iniciar uma aula de revisão utilizando a “Apresentação de slides 1”. As questões ali colocadas são: i) discussão acerca da segregação racial e da discriminação étnico-racial; ii) apresentação do papel importante das mulheres na ciência, focando na vida e obra de Katherine Johnson; iii) abordagem da histórica da dinâmica e de como questões sociopolíticas influenciam no desenvolvimento da ciência; e iv) uma exposição introdutória da dinâmica.
- 12) Nova situação-problema, em um nível alto de complexidade: por meio da “Apresentação de slides 2”, deve-se buscar problematizar em um nível de complexidade maior, por meio das seguintes atividades: i) breve revisão dos conceitos iniciais de cinemática; ii) breve revisão das Leis de Newton; iii) explanação sobre como as Leis de Newton explicam o funcionamento dos

foguetes; iv) discussão superficial da equação do foguete; e v) como o foguete funciona.

- 13) Avaliação somativa individual: as avaliações deverão acontecer por meio de questões abertas que exijam o máximo de transformação acerca do conteúdo abordado. Não deverão ser utilizadas questões que tenham respostas que possam ser encontradas no material instrucional sem uma reflexão prévia.
- 14) Aula expositiva dialogada integradora final: utilizando a “Apresentação de slides 2”, deve-se retomar todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas pelos alunos.
- 15) Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada na participação dos alunos nas atividades, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.
- 16) Avaliação da própria UEPS: sugere-se que, em um grande grupo, os alunos avaliem as estratégias de ensino empregadas na UEPS e seu próprio aprendizado. Além disso, o docente deverá avaliar a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos e, se necessário, reformular algumas atividades.

Total de aulas: 5.

CAPÍTULO 8 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO

Discussão sobre o filme Estrelas além do tempo

O filme "Estrelas além do tempo" é baseado no livro de Margot Lee Shetterly, que conta a história de três matemáticas negras que foram trabalhar na equipe da NASA. Em pleno auge da corrida espacial que foi travada entre Estados Unidos e Rússia, durante a Segunda guerra mundial, e que vingava a segregação racial. Elas lutaram para realizar o sonho americano.

Referências: SHETTERLY, Margot Lee. Estrelas além do tempo. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2016.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#)



*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1- O que é segregação racial? *

Sua resposta

2- Como a segregação racial influenciou na construção da ciência? *

Sua resposta

3- Mulheres negras são boas cientistas? *

Sua resposta

4- Quais os desafios, ao longo do filme, que as protagonistas enfrentaram para fazer ciência? *

Sua resposta

5- A cultura de uma sociedade pode interferir para o progresso da ciência? Por quê? Como? *

Sua resposta

6- O que faz ser um cientista? *

Sua resposta _____

7- Qual a função que Katherine era responsável de executar na NASA? E qual foi o principal trabalho que ela ficou conhecida? *

Sua resposta _____

8- Em alguns momentos do filme, Katherine faz algumas discussões sobre Física. Quais foram? *

Sua resposta _____

9- Sobre os conceitos físicos abordados durante o filme, busque um exemplo e explique. *

Sua resposta _____

10- Qual foi a primeira tentativa de enviar o homem ao espaço? *

Sua resposta _____

11- O programa no qual as três protagonistas foram contratadas, qual era o nome? e qual era a função exercida por elas? *

Sua resposta _____

12- Durante o filme, você observou o preconceito de gênero ou racial? cite alguns momentos. *

Sua resposta _____

12- No filme, havia uma pressão para os EUA enviar um homem ao espaço, por quê? *

Sua resposta _____

CAPÍTULO 9- EXPERIMENTOS DE DINÂMICA

Experiência 1 - Bexiga Foguete (NASA)

Materiais necessários

- Bexiga
- Mangueira ou canudo
- Linha de lã ou barbante
- Fita adesiva

Procedimentos

- 1) Prenda a linha em uma cadeira ou em uma mesa;
- 2) Corte um pedaço de canudo, passe a linha por ele e, em seguida, encha a bexiga de ar (fique segurando para não sair o ar) e cole com a fita no canudo;
- 3) Por fim, solte a bexiga, deixando o ar sair, e veja o que acontece.

Figura 23 -Experimento bexiga foguete



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Experiência 2 - Carro de Newton (NASA)

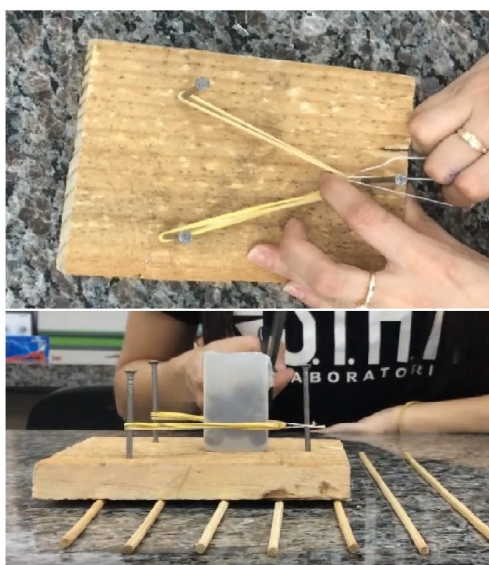
Materiais necessários

- Corda de algodão
- Dois elásticos
- Frascos de medicamentos
- Palitos de churrasco (mínimo 7 palitos)
- Régua
- 3 pregos
- Tesoura
- Pedação de madeira
- Sementes de pipoca, anilhas, moedas, mármore, clipes de papel etc. (para encher o potinho)

Procedimentos

- 1) Corte a madeira em 13cm;
- 2) Fure o pedaço de madeira com os três pregos (conforme mostra figura 11);
- 3) Dentro do pote de medicamentos, coloque as sementes de pipoca, arruelas etc.

Figura 11 - Experimento carro de Newton



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Experiência 3 - Corrida de Antiácidos (NASA)

Materiais necessários

- Dois beakers ou copos plásticos
- Dois antiácidos
- Cronômetro
- Água

Procedimentos

- 1) Coloque nos dois beakers a mesma quantidade de água;
- 2) Amasse um dos antiácidos e deixe o outro inteiro;
- 3) Ao mesmo tempo, coloque em um dos beakers o antiácido inteiro e no outro o antiácido amassado.

Figura 11 – Corrida de Antiácidos



Fonte: elaborado pela autora (2021).

CAPÍTULO 10 - QUESTIONÁRIOS SOBRE OS EXPERIMENTOS DE DINÂMICA

Experimentos - Leis de Newton

Segundo Andrade, Lopes e Carvalho (2009), a experimentação é um dos meios de se relacionar com o todo que envolve a ciência, sendo considerada uma aliada de cientistas para que pudessem estabelecer suas ideias. Dessa forma, considera-se a experimentação como uma forma de linguagem aceita pela comunidade. Porém, nem tudo foi comprovado pela experimentação, a muitas teorias que até hoje não há comprovação experimental (COUTO, 1999). Esse roteiro tem o propósito de mostrar aos alunos conceitos de MRU e as três leis de Newton através de experimentos simples e fáceis de recriar em casa.

Referências: Disponível em: <<http://posgrad.fee.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1161.pdf>>. Acesso em: 25 jun.

2020.

COUTO, L. F. Feyerabend e a máxima do "Tudo Vale": a necessidade de se adotar múltiplas possibilidades de metodologia na construção de teorias científicas. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 12, n. 3, 1999.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#)



*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1- Qual a relação dos três experimentos com a mecânica Newtoniana? *

Sua resposta

2- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento da corrida de antiácidos? *

Sua resposta

3- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento do balão foguete? *

Sua resposta

4- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento do carrinho de Newton? *

Sua resposta

5- O que você entende pelo conceito de força? *

Sua resposta

6- Qual unidade que é trabalhada no SI para representar a grandeza de força? *

Sua resposta

7- No experimento do carro de Newton, qual a relação entre o número de elásticos usados e a distância percorrida pelo carro? *

Sua resposta

8- No experimento do carro de Newton, qual a relação da massa do bloco e a distância percorrida? *

Sua resposta

9- No experimento da bexiga, se estivesse no vácuo a bexiga também iria se mover? *

Sua resposta

10- No experimento da corrida de antiácidos, ao esmagar o antiácido. Por que a reação ocorreu mais rápido? *

Sua resposta

11- Como as experiências podem ajudar a entender os três Princípios de Newton? *

Sua resposta

12- No experimento da corrida de antiácidos, o que esse experimento sugere sobre o fornecimento de combustível para um melhor desempenho, tudo de uma vez ou em pequenas porções? *

Sua resposta

13- Qual a relação que os três experimentos com a explicação de como os foguetes podem voar? *

Sua resposta

CAPÍTULO 11-TEXTO PARADIDÁTICO DINÂMICA

Dinâmica

A dinâmica é a área da mecânica que estuda os movimentos dos corpos considerando as suas causas. A descoberta da lei da dinâmica, ou lei de movimento, foi um momento dramático na história da ciência, pois, antes do tempo de Newton, o movimento das coisas, como o dos planetas, era um mistério, mas, a partir de Newton, surgiu um entendimento completo sobre o fenômeno (FEYMAN, 2009).

Até o momento, estudamos sobre o movimento, mas sem a necessidade de conhecer o que o causou. Entretanto, a dinâmica estuda o movimento como um todo, procurando saber o que ocorrerá em dadas circunstâncias físicas (NUSSENVEIG, 2013).

Na dinâmica temos o estudo das relações entre a força e a aceleração, chamada de **Mecânica Newtoniana**, em homenagem a Isaac Newton (1642-1727), que foi um dos primeiros a estudar tal relação e que formulou as três leis básicas de movimento. Contudo, a mecânica newtoniana é considerada um caso especial de duas grandes teorias, visto que ela não pode ser usada para corpos com velocidades muito elevadas, comparáveis à velocidade da luz, nesse caso deve ser usada a Teoria da Relatividade Restrita, de Einstein, que é válida para qualquer velocidade. Outro caso em que a Mecânica Newtoniana não pode ser usada é quando os corpos envolvidos são muito pequenos, de dimensões atômicas ou subatômicas (como no caso dos elétrons de um átomo), em que deve ser usada a teoria da Mecânica Quântica (HALLIDAY, 2008).

Força

A palavra força é usada diariamente, sendo relacionada com o ato de puxar, empurrar ou apertar um corpo que está em nossa volta. Esses corpos muitas vezes podem se deformar, devido à força aplicada sobre eles (PIETROCOLA, 2016).

O conceito de força também se relaciona à massa do objeto e à aceleração exercida. Por exemplo, se um corpo está acelerando, então existe uma força sobre ele. Isso é o que as Leis de Newton dizem. Portanto, a definição mais bela e precisa de força imaginável talvez simplesmente consista em dizer que força é a massa de um objeto multiplicada pela sua aceleração (FEYMAN, 2009).

Dessa forma, a força é medida com base na aceleração que produz e, visto que a aceleração é uma grandeza vetorial, a força também é grandeza vetorial, logo, para defini-la precisamos do seu módulo (em Newtons), sua direção e seu sentido. Todas as regras para trabalhar com vetores também são válidas para trabalhar com as forças. Por esse motivo, se duas forças estão agindo sobre o mesmo corpo, devemos calcular sua força total ou força resultante, somando vetorialmente todas as forças envolvidas. Denominamos essa forma de calcular de “princípio de superposição para forças” (HALLIDAY, 2008).

Tipos de Força

Existem diversos tipos de forças, que podem ser divididas em “forças de campo” e “forças de contato” (obs.: na escala microscópica, os corpos não entram em contato direto). As **forças de campo** são aquelas que não necessitam de contato direto com o corpo, como no caso da força gravitacional e da força elétrica, dentre outras. Enquanto as **forças de contato** são aquelas que precisam entrar em contato direto com o corpo, como no caso da força de tração e da força de elástica, dentre outras (PIETROCOLA, 2016).

Força peso

A força peso é um exemplo de uma força que atua sobre uma partícula sem que precise haver contato direto com o agente responsável pela força (no caso, o planeta Terra). Forças elétricas e magnéticas sobre partículas carregadas são exemplos análogos (NUSSENVEIG, 2013).

O módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente, medida em relação ao solo, é chamado de peso P , ou seja, o P de um corpo é igual ao módulo F_g da força gravitacional que age sobre o corpo. Substituindo F_g por mg , obtemos a Equação (14) (HALLIDAY, 2008).

$$P = mg \text{ (peso) (14)}$$

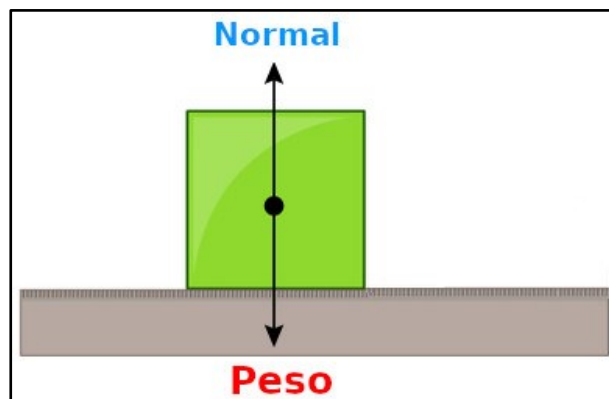
Força Normal

Quando você fica em pé em um colchão, você permanece em repouso, pois a Terra o puxa para baixo. Dessa forma, o colchão se deforma sob o seu peso e empurra você para cima

(Figura 11). O nome dado a esse empurrão exercido pelo colchão ou pelo piso é “força normal” F_N e ela é uma força perpendicular ao piso (HALLIDAY, 2008).

Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal F_N que é perpendicular à superfície. (HALLIDAY, 2008, p. 104).

Figura 24 - Força normal e força peso



Fonte: disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/forca-normal.htm>. Acesso em: 20 de maio 2021.

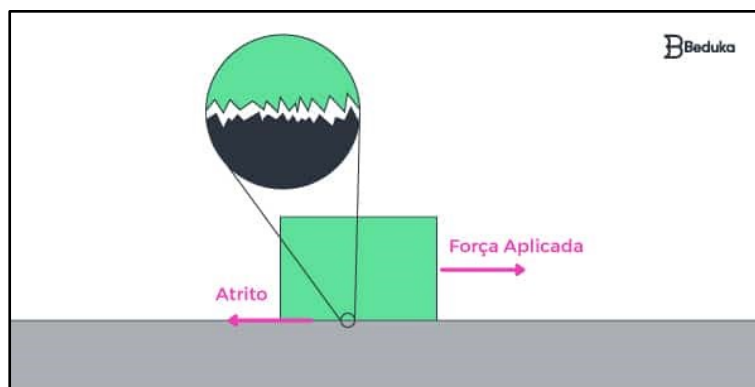
Portanto, no caso da Figura 11, se a mesa e o bloco não estão acelerados em relação ao solo, $a_y = 0$ e a Equação (15) nos dá:

$$F_N = m \cdot g(15)$$

Força de atrito

Ao empurrar um corpo sobre uma superfície, a interação dos átomos do corpo com os átomos da superfície faz com que haja uma resistência ao movimento. Essa resistência é paralela à superfície e aponta em sentido oposto ao do movimento ou tendência ao movimento, a qual chamamos de “força de atrito” ou simplesmente “atrito” (Figura 12) (HALLIDAY, 2008).

Figura 25 - Força de atrito



Fonte: disponível em: <https://beduka.com/blog/materias/fisica/o-que-e-forca-de-atrito/>.

Existem dois tipos de força de atrito: força de atrito estático e força de atrito dinâmico. A **força de atrito estático** é aquela em que o movimento iniciará quando a força F for superior a força aplicada, sendo definida pela Equação (16) (HALLIDAY, 2008).

$$F_{\text{atest}} = \mu_{\text{est}} \cdot N \quad (16)$$

Sendo que F_{atest} é a força de atrito estático, μ_{est} é o coeficiente de atrito estático e N é a Força Normal.

A **força de atrito dinâmico** é aquela que atua se o corpo estiver se movendo no sentido contrário ao movimento do objeto. Ela é definida pela Equação (17) (HALLIDAY, 2008).

$$F_{\text{atd}} = N \cdot \mu_{\text{d}} \quad (17)$$

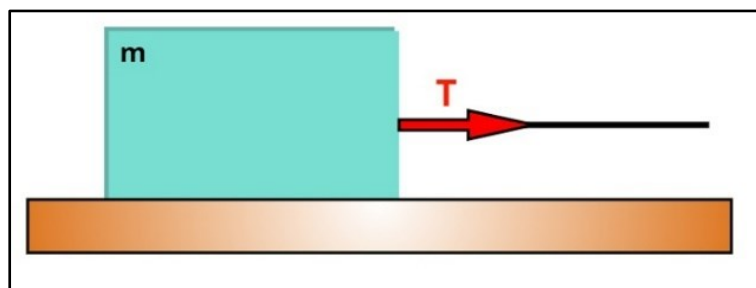
Nela, F_{atd} é a força de atrito dinâmico, μ_{d} é o coeficiente de atrito dinâmico e N é a Força Normal.

Força de tração

A força relacionada à situação em que uma corda (ou um fio, cabo ou outro objeto do mesmo tipo) é presa a um corpo e é esticada é denominada “força de tração”, pois a corda está sendo tracionada (puxada). Desse modo, dizemos que a força de tração de tensão da corda é o módulo T da força exercida sobre o corpo. Como exemplo, podemos citar que quando há uma força exercida pela corda sobre o corpo há um módulo $T = 50 \text{ N}$ e a tensão da corda é 50 N . Consideramos, frequentemente, que a corda não possui massa (a massa da corda é desprezível em comparação à massa do corpo ao qual ela está presa) e é inextensível (o que significa que o

comprimento da corda não muda quando é submetida a uma força de tração) (Figura 13) (HALLIDAY, 2008).

Figura 26 - Força de tração



Fonte: disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/tracao.htm>.

A força de tração é definida pela Equação (18).

$$T = m \cdot a(18)$$

Nela é a tração (N), **m** é a massa (kg) e **a** é a aceleração (m/s²).

Primeira Lei de Newton

O princípio da Inércia, ou Primeira Lei de Newton, está relacionado à massa do corpo ou à inércia do corpo. Esse conceito não foi descoberto apenas por Newton, tendo havido contribuições de dois grandes cientistas, como Galileu Galilei e René Descartes (PIETROCOLA, 2016).

A Primeira Lei Newton pode ser descrita as seguintes formas:

Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele. (NUSSENZVEIG, 2013, p. 93).

A aceleração de um corpo não depende apenas das forças ou da força de atrito, mas também da inércia deste corpo, que, por sua vez, depende da massa que ele possui, sendo que quanto maior a massa, maior será a quantidade de matéria que ele tem e, conseqüentemente, mais inércia esse corpo possuirá. O conceito de massa está relacionado à quantidade de matéria e também à medida de inércia ou lerdeza em resposta a qualquer esforço realizado para movimentá-lo (HEWITT, 2002).

Outro ponto importante para compreensão desta lei é o fato de que ela não é válida em qualquer referencial. Os referenciais em que ela é válida são denominados referenciais inerciais. A Terra não é um referencial inercial, entretanto o movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo afeta muito pouco, na escala de laboratório, os movimentos usuais e, na prática, nessa escala, empregar o laboratório como referencial inercial é uma boa aproximação (o movimento de rotação da Terra pode ser evidenciado, conforme veremos no Capítulo 13, pela experiência do pêndulo de Foucault). Por outro lado, um referencial ligado às estrelas fixas é, com excelente aproximação, um referencial inercial, e é a ele que nos referiremos, em princípio, daqui por diante (NUSSENVEIG 2013).

Segunda Lei de Newton

Quando estamos, por exemplo, observando corpos, vemos que eles não mantêm o mesmo movimento, pois eles podem sair de seu estado de repouso e logo estar em movimento. Essas alterações sofridas pelos objetos são resultadas de uma ou de até mais forças imprimidas sobre ele. A Segunda Lei de Newton, ou o Princípio Fundamental da Dinâmica, permite relacionar a força resultante sobre um objeto com a aceleração produzida por ele e com a inércia (HEWITT, 2002). Portanto, definimos a Segunda Lei de Newton do seguinte modo:

Para uma partícula qualquer de massa m , a força resultante F sobre a partícula é sempre igual à massa m vezes a aceleração da partícula. (TAYLOR, 2013, p. 13).

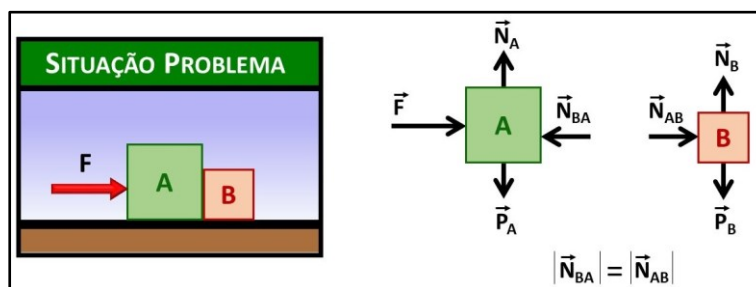
Em outras palavras, a força resultante sobre um corpo é proporcional à massa do corpo e à aceleração adquirida por ele. Matematicamente, temos o que explicita a Equação (19) (PIETROCOLA, 2016):

$$\vec{F} = m \cdot a \quad (19)$$

Embora pareça uma equação simples, deve-se ter cuidado ao usá-la. Primeiramente, devemos escolher o corpo ao qual vamos aplicá-la para, em seguida, efetuarmos a soma vetorial de todas as forças envolvidas sobre o corpo, porém não as forças que agem sobre outros corpos envolvidos na mesma situação. Definir claramente a que corpo vamos aplicar a Segunda Lei de Newton é um fator muito importante ao usar essa equação. Dessa forma, para solucionar problemas envolvendo a Segunda Lei de Newton, desenhamos um **diagrama de corpo livre**

(imagem) no qual o único corpo mostrado é aquele para o qual estamos somando as forças. Como se trata de uma grandeza vetorial, ela é equivalente a três equações para as componentes, uma para cada eixo de um sistema de coordenadas xyz (HALLIDAY, 2008).

Figura 27 - Segunda Lei de Newton



Fonte: disponível em: <https://www.kuadro.com.br/resumos-enem-vestibulares/fisica/estatica/diagrama-de-corpo-livre?id=222&topicId=4326>.

Matematicamente, podemos encontrar a força nas coordenadas xyz por meio das Equações (20):

$$\vec{F}_{res,x} = m \cdot a_x, \vec{F}_{res,y} = m \cdot a_y, \vec{F}_{res,z} = m \cdot a_z, \quad (20)$$

Um problema ao usar a Segunda Lei de Newton está em usá-la na relatividade restrita, pois se constata que o fato de m depender da velocidade da partícula é desprezível, enquanto a partícula não atinge velocidades comparáveis à velocidade da luz no vácuo. Além disso, ao usarmos a Mecânica Newtoniana, limitamo-nos ao macroscópico, excluindo objetos pertencentes à escala atômica, aos quais se aplicam as Leis da Mecânica Quântica. Dessa forma, nos limitamos em utilizá-la apenas para o domínio não relativístico (NUSSENVEIG, 2013).

Terceira Lei de Newton

A força, em um sentido mais amplo, é a interação entre uma coisa e outra. Consideremos que quando uma pessoa empurrar uma parede, a parede também empurrará a pessoa. O que ocorre é que há um par de forças envolvidas, a força que a pessoa exerce e a força que a parede exerce (HEWITT, 2002).

As forças nunca ocorrem sozinhas, sempre há interação entre dois corpos, e essa relação, conhecida como Terceira Lei de Newton, é definida do seguinte modo e conforme a Equação (21):

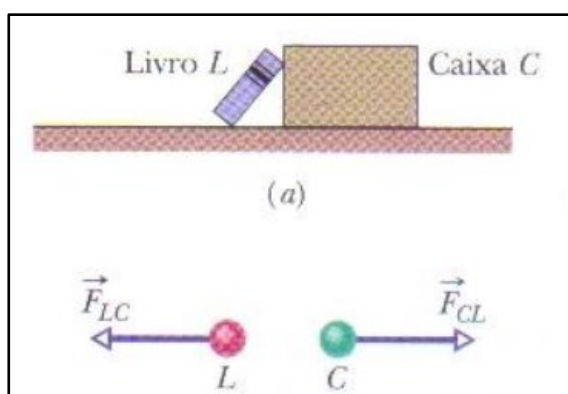
Se o objeto 1 exerce uma força F_{21} sobre o objeto 2, então objeto 2 sempre exerce uma força de reação F_{12} sobre o objeto 1 dada por: $F_{12} = -F_{21}$. (TAYLOR, 2013, p. 32).

$$\vec{F}_{ação} = -\vec{F}_{reação} \text{ ou } F_{ação} = F_{reação} \quad (21)$$

É importante destacar que as duas forças sempre ocorrem e desaparecem ao mesmo tempo e que elas não ocorrem no mesmo corpo, por essa razão elas nunca se anulam e são colineares (ocorrem no mesmo ponto, mas em sentido oposto) (PIETROCOLA, 2016).

A Terceira Lei de Newton também é conhecida como “Princípio da Ação e Reação”, pois para toda ação temos uma reação de igual módulo e direção, porém em sentidos opostos. Entretanto, cabe ressaltar que a ‘ação’ e a ‘reação’ estão sempre aplicadas a corpos diferentes. Essa afirmação está ilustrada na Figura 15 (NUSSENZVEIG, 2013).

Figura 28 - Exemplo da Terceira Lei de Newton



Fonte: Halliday (2008, p. 107).

Na Figura 15, \vec{F}_{LC} é uma força aplicada à partícula C, e \vec{F}_{CL} está aplicada à partícula L (NUSSENZVEIG, 2013).

E como funciona o avião?

A explicação convencional do voo do avião, usando a Lei de Bernoulli, apresenta problemas graves que precisam ser discutidos, inclusive no ensino médio. A explicação que utiliza as Leis de Newton pode demonstrar coerentemente como se origina a aceleração do ar para baixo da asa.

A abordagem utilizada aqui foi apresentada por Weltner *et al.* (2001) e é uma abordagem que se baseia nas Leis de Newton, particularmente nas equações da Hidrodinâmica

de Euler. Comumente, já se associa a explicação da sustentação do rotor de um helicóptero com base nas Leis de Newton, sendo que um fluxo de ar é empurrado e acelerado para baixo, resultando que o rotor exerce uma força sobre o ar. A reação é a sustentação e, por analogia, normalmente, explica-se a propulsão à hélice ou a jato. Levando em conta essas explicações, a asa exerce a mesma função da hélice do helicóptero (WELTNER *et al.*, 2001).

Se existe uma movimentação da superfície horizontalmente, ela acelera o ar em repouso, em torno de si para baixo, de tal forma que exerce uma força vertical no ar. E a contraforça é a sustentação, cuja equação é denominada Kutta-Joukowski, em homenagem aos estudos de Martin Wilhelm Kutta e Nikolai Joukowski acerca do tema, sendo que a sustentação de um trecho da asa de envergadura de 1 metro é dada pela Equação (22).

$$F = \rho \cdot v \cdot \Gamma \quad (22)$$

Considerando F a força da sustentação, ρ a densidade do ar, v a velocidade relativa do escoamento e Γ a circulação, definida como representado na Equação (23).

$$\oint \vec{v} \cdot d\vec{s} \quad (23)$$

Conforme as equações de Euler, a circulação não depende do caminho de integração, portanto, em um escoamento, tem-se que a circular é dada segundo a Equação (24):

$$v = \frac{\Gamma}{2\pi \cdot R} \quad (24)$$

Pode-se perceber que a velocidade é proporcional ao inverso da distância R em relação ao centro da circulação e a direção dela é perpendicular ao raio. Na dinâmica dos fluidos, determina-se o escoamento estacionário em torno de uma asa a partir do escoamento potencial calculado pelas equações de Euler, antepondo a ele escoamentos circulares com centros na linha média do perfil da asa sob a condição de que a superposição provenha em um escoamento paralelo à superfície. Dessa forma, constrói-se o escoamento. A partir da Lei de Bernoulli é possível deduzir desse escoamento as velocidades e determinar as distribuições de pressão, a partir das quais se calcula a sustentação. Nessa abordagem, fica claro que a circulação e a Lei de Bernoulli estão envolvidas no cálculo da sustentação. No entanto, a relação física entre circulação e sustentação é quase oculta. Por sua vez, a equação Kutta-Joukowski relaciona a mudança do impulso vertical de um escoamento com a sustentação. Podemos perceber que a asa muda o fluxo de impulso do escoamento gerando a sustentação e a circulação (WELTNER *et al.*, 2001).

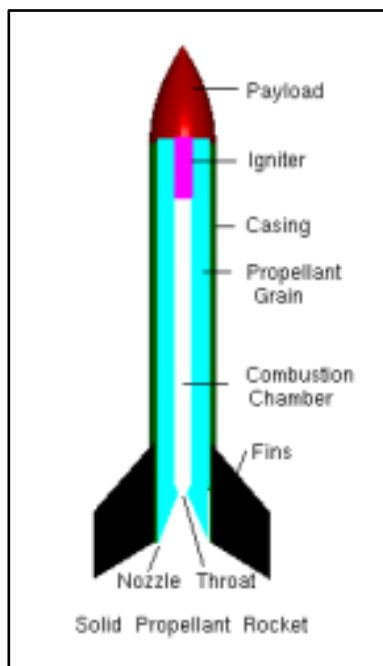
E como funciona o foguete?

A forma mais simples de descrever o que é um foguete é explicando o seu funcionamento básico, que se trata apenas de uma câmara que envolve um gás sob pressão, havendo uma pequena abertura que permite ao gás escapar e, desse modo, em conformidade com Terceira Lei de Newton, impulsionar o foguete em direção oposta à do gás expelido, ou seja, a ação gerada pela expulsão do gás leva a uma reação que movimenta o foguete na direção oposta (HEWITT, 2002).

Contudo, o tamanho do motor de um foguete é determinado por três princípios fundamentais: força de empuxo ou tração F_T , impulso específico I_{sp} e fluxo mássico \dot{w} (TAYLOR, 2017).

Os foguetes, em sua maioria, utilizam dois tipos de propelentes: sólidos ou líquidos. A otimização do desempenho de um foguete depende do tipo de propelente que será adotado. Os mísseis, foguetes de pequeno porte (VLS) ou foguetes auxiliares, em geral operam com propelentes sólidos, como é o caso dos foguetes brasileiros que são lançados da base de Alcântara. Um foguete que utiliza propelente sólido possui quatro partes principais (Figura 17): i) uma caixa que contém o propelente sólido e que é capaz de suportar a pressão quando o foguete está operando, normalmente feita de metal de alta resistência ou de materiais compostos, como vidro, Kevlar e carbono; (ii) o propelente sólido principal (*propellant grain*), que ocupa a maior parte da caixa; (iii) a câmara de combustível (*combustion chamber*), que canaliza a descarga dos produtos da combustão; e (iv) o ignitor (*igniter*), que inicia o funcionamento do foguete, normalmente compostos que liberam calor, como materiais pirotécnicos (KUENTZMANN, 2012; ADAMI; MORTAZAVI; NOSRATOLLAHI, 2017).

Figura 29 - Representação do funcionamento do foguete de propelente sólido.

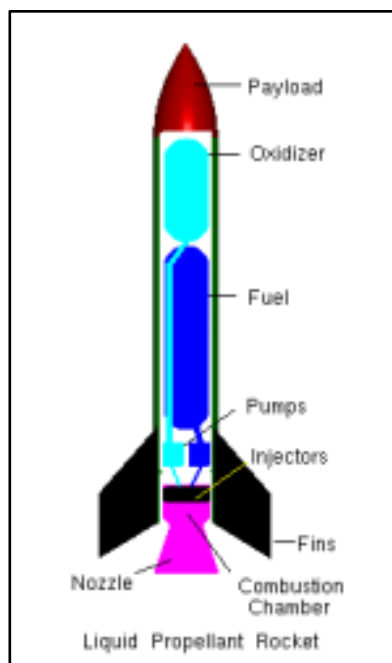


Fonte: Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/TRCRocket/practical_rocketry.html>. Acesso em: maio de 2020.

Para dar início ao funcionamento de um foguete de propelente sólido, no topo do motor há um ignitor que envia um sinal elétrico que inflama o propelente principal, onde há o combustível e o oxidante. Após iniciada a queima, a temperatura dos gases oriundos da combustão pode variar entre 2000 K e 3800 K, sendo que, uma vez iniciada a combustão, não é possível suspendê-la até que todo o propelente seja consumido. Quando a energia térmica proveniente dos gases é convertida em energia cinética, os gases são ejetados através do bocal (*nozzle*), ressaltando-se que o desenho do bocal tem grande importância no desempenho desse tipo de foguete, pois determina como grande parte da energia total vai ser convertida em cinética. Contudo, os motores de propelentes sólidos têm menos eficiência do que aqueles de propelentes líquidos, o que os torna desvantajosos em relação a esse aspecto, porém eles têm a vantagem de não necessitarem de tanques líquidos antes de operarem (KUENTZMANN, 2012; ADAMI; MORTAZAVI; NOSRATOLLAHI, 2017).

Já os foguetes que utilizam o propelente líquido (MPL) são considerados mais eficientes em relação aos de propelentes sólidos, no entanto a quantidade de componentes que os constituem torna o seu funcionamento mais complexo. Os foguetes que utilizam esse tipo de propelente são os foguetes espaciais. A principal diferença é que os foguetes de propelentes líquidos utilizam tanques de armazenamento separados, um para o combustível (*fuel*) e outro para o oxidante (*oxidizer*). Além disso, também possuem outras partes importantes, tais como: bombas (*pumps*), uma câmara de combustão e um bocal (*nozzle*) (Figura 2) (NASA, 2019).

Figura 30 - Representação do funcionamento do foguete de propelente líquido



Fonte: Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/TRCRocket/practical_rocketry.html>. Acesso em: maio de 2020.

Os propelentes são armazenados nos tanques de onde posteriormente serão bombeados pelo sistema de alimentação para a câmara de combustão. O combustível para esse tipo de foguete é geralmente hidrogênio líquido ou querosene. Já o oxidante é geralmente o oxigênio líquido. Quando estão na câmara, o oxidante e o combustível são misturados, por meio de injetores que elevam a temperatura e pressão a altos valores, e o gás, ao se expandir, é ejetado por meio do bocal na extremidade inferior. Um fator extremamente importante é a massa desse tipo de foguete: quanto maior a massa, maior a dificuldade de ele sair do chão. Além disso, os foguetes de propelente líquido são muito maiores do que os foguetes de propelente sólido. Ressalta-se que a qualidade do foguete pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso (NASA, 2019).

Ao contrário dos aviões, os foguetes não precisam de atmosfera para operar. Pelo contrário, funcionam melhor na ausência de atmosfera. Para queimar sem matéria, basta que o foguete já carregue combustível e oxidante, como nos dois tipos de casos descritos. Durante uma viagem espacial, você pode até desligar o motor. O movimento é inercial e pode ser facilmente explicado pela Primeira Lei de Newton. Estritamente falando, a força de movimento resultante não é zero, porque ela é afetada por várias gravidades, então não se moverá ao longo de uma linha reta (SILVEIRA, 2019).

Para um foguete sair da plataforma de lançamento, pode-se dizer que ele deve produzir um empuxo (não confundir com o termo da física de fluidos) maior do que seu peso. Sendo um

caso ideal aquele com 91% em massa de propelentes, 3% de tanques, motores etc. e 6% de carga útil, como satélites, astronautas ou espaçonaves (NASA, 2019). A eficácia de um foguete é chamada de Termo de Fração de Massa (sigla MF, em inglês). Essa expressão é obtida por meio da Equação (25).

$$M_F = \frac{\text{Massa dos propelentes}}{\text{Massa total}} \quad (25)$$

O MF de um foguete ideal seria, portanto, 0,91. Um foguete perfeito teria MF 1,0, mas não faria muito sentido fazer um lançamento sem carga útil. Quanto menor o MF, menor o alcance do foguete. A critério de curiosidade, os ônibus espaciais tinham MF em torno de 0,82. Para foguetes muito grandes, uma solução é descartar partes ao longo do lançamento. Como é o caso dos ônibus espaciais que ejetam partes suas ao longo do lançamento. Essa técnica é conhecida pelo termo em inglês *staging* (NASA, 2019).

Construir um foguete de vários estágios tem sua vantagem, pois desse modo podem ser ejetadas carcaças de estágios anteriores, levando a uma diminuição considerável da sua massa, dado que as carcaças constituem um peso morto considerável (tanques de combustível e motores), partindo para o estágio seguinte com uma nova massa inicial bem menor e de uma nova velocidade inicial igual à velocidade final do estágio anterior (NUSSENZVEIG, 2013).

Portanto, para descrever o movimento do foguete precisa-se levar em consideração que se trata de um corpo de massa variável. Assim sendo, podemos descrever a equação da velocidade do foguete em função da massa e obtê-la sem causar confusão com sinais (FOWLES; CASSIDAY, 1998).

Aplicando aos foguetes, primeiro devemos considerar que a razão da troca de massa é um valor negativo. Dessa forma, uma massa $m(t)$ com velocidade $v(t)$ e que se movimenta em um meio qualquer é adicionada a uma massa Δm em que a velocidade $u(t)$ é menor, mas no mesmo sentido e direção de $v(t)$. Considerando um tempo $t + \Delta t$, a massa acumulou menor Δm , de tal maneira que sua massa é agora $m(t + \Delta t) = m(t) + \Delta m$, e sua velocidade é $v(t + \Delta t)$. Assim, a variação do momento linear é dada pela Equação (26) (TAYLOR, 2013).

$$\Delta P = (P_{total})_{t+\Delta t} - (P_{total})_t \quad (26)$$

Reescrevendo a Equação (26), agora em termos de massa e velocidade, tem-se a Equação (27).

$$\Delta P = (m + \Delta m)(v + \Delta v) - (mv + u\Delta m) \quad (27)$$

Considerando a velocidade de relativa à m , pode-se reescrever a Equação (27) na forma da Equação (28).

$$\Delta P = m\Delta v + \Delta m\Delta v - V\Delta m \quad (28)$$

Agora, dividindo os dois lados por Δt obtemos a Equação (29).

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = (m + \Delta m)\frac{\Delta v}{\Delta t} - V \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (29)$$

Aplicando o limite de $\Delta t \rightarrow 0$, chega-se à Força externa (como gravitacional ou resistência do ar), como mostrado na Equação (30).

$$F_{ext} = m \cdot a - V m \quad (30)$$

A equação mostra a que é aceleração, sendo a taxa com que o motor do foguete expele massa. A equação é bem semelhante à da Segunda Lei de Newton, porém encontramos o fator $-mv_{ex}$ desempenhando o papel da força. Por essa razão, esse produto é frequentemente chamado de propulsão (Equação (31)) (TAYLOR, 2013).

$$Propulsão = -m \cdot v_{ext} \quad (31)$$

Aplicando-se a equação para o movimento de um foguete, obtém-se a Equação (32).

$$m \cdot a - V m \quad (32)$$

Separando os membros e integrando, pode-se chegar à Equação (33).

$$\int dv = \int V \frac{dm}{m} \quad (33)$$

Em seguida, assumindo que V é constante, ao integrar nos limites encontra-se a Equação (34).



$$\int_{v_0}^v dv = -V \int_{m_0}^m \frac{dm}{m}$$
$$v = v_0 + V \ln \frac{m_0}{m} \quad (34)$$

Essa é a equação da rapidez do foguete, assim v_0 é a velocidade inicial; m_0 é a massa inicial do foguete; 'm' é a massa em qualquer tempo; e 'V' é a rapidez com que o combustível é ejetado do foguete (NUSSENZVEIG, 2013).

CAPÍTULO 12-AVALIAÇÃO DE DINÂMICA

Lista de exercícios de Dinâmica

Dinâmica é o campo da física que descreve o movimento dos corpos e suas causas.

 karolsouza18@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#) 

***Obrigatório**

Por que a velocidade de um paraquedista se torna constante depois de alguns segundos de queda? Explique *

Sua resposta

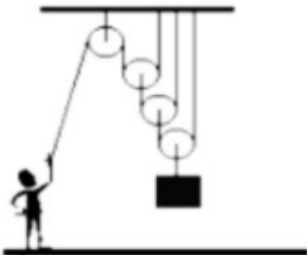
Os Estados Unidos enviaram o primeiro homem a Lua em 1969. Neil Amstrong foi o primeiro a desembarcar na superfície lunar e ao desembarcar percebeu que ao saltar era mais lento e demorado. Por que isso aconteceu? *

Sua resposta

Um bloco de massa $m = 5 \text{ Kg}$, realiza movimento uniforme numa mesa horizontal sob ação de uma força horizontal $F = 10 \text{ N}$. Determine o coeficiente de atrito sob o corpo. ($g_{\text{Terra}} = 10 \text{ m/s}^2$) *

Sua resposta

Determine a força que o homem deve exercer no fio para manter em equilíbrio estático o corpo suspenso de 800 N (equivalente a uma pessoa de 80 kg na terra). Os fios e as polias são ideais e não existe nenhum tipo de atrito. *



Sua resposta

Um menino chuta uma pedra, exercendo nela uma força de 100 N. Quanto vale a reação dessa força, quem a exerce e onde está aplicada essa reação? *

Sua resposta

Um corpo com massa de 0,8 kg foi empurrado por uma força que lhe comunicou uma aceleração de 3 m/s^2 . Qual o valor da força? *

Sua resposta

Qual o peso de um carro de massa de 500 kg ? Esse valor sofreria modificação se ele estivesse a 100 km/h numa rodovia? *

Sua resposta

A respeito do conceito da inércia, assinale a frase correta: *

- Um ponto material tende a manter sua aceleração por inércia.
- Uma partícula pode ter movimento circular e uniforme, por inércia.
- O único estado cinemático que pode ser mantido por inércia é o repouso.
- Não pode existir movimento perpétuo, sem a presença de uma força.
- A velocidade vetorial de uma partícula tende a se manter por inércia; a força é usada para alterar a velocidade e não para mantê-la.

As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. Fisicamente, a função do cinto está relacionada com a: *

- Primeira Lei de Newton
- Lei de Snell
- Lei de Ampère
- Lei de Ohm
- Primeira Lei de Kepler

(PUC-RS) Para exemplificar pares de forças, segundo o princípio da ação e reação, são apresentadas as seguintes situações: 1. Ação: a Terra atrai os corpos. Reação: os corpos atraem a Terra. 2. Ação: o pé do atleta chuta a bola. Reação: a bola adquire velocidade. 3. Ação: o núcleo atômico atrai os elétrons. Reação: os elétrons movem-se em torno do núcleo. O par de forças ação-reação está corretamente identificado : *

- somente na situação 3.
- somente na situação 2.
- somente na situação 1.
- nas situações 2 e 3.
- nas situações 1 e 2.

(F.F.O. Diamantina-MG) De acordo com a Terceira Lei de Newton, duas forças que formam um par ação-reação apresentam estas características, exceto: *

- mesmo módulo.
- mesma direção.
- sentidos opostos.
- atuam em corpos diferentes.
- anulam-se uma à outra.

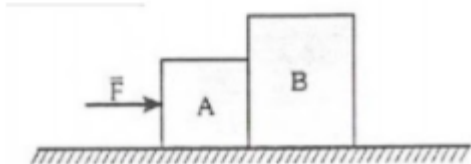
(F.C.Chagas) um corpo adquire aceleração de $4,0 \text{ m/s}^2$, quando sofre uma força resultante de 320 N . A massa do corpo, em kg, é: *

- 320
- 80
- 40
- 20
- 13

Qual a força mínima que deve ser feita para levantar um automóvel com massa 800kg?

Sua resposta

Os corpos A e B encontram-se apoiados sobre uma superfície horizontal plana perfeitamente lisa. Uma força de intensidade 40 N é aplicada em A conforme indica a figura. determine: (Dados $m_A=2$ Kg e $m_B= 8$ Kg) a) a aceleração dos corpos A e B; b) a força que A exerce em B; c) a força que B exerce em A. *



Sua resposta

Para cada uma das seguintes interações, identifique as forças de ação e reação.
a) um martelo bate num prego. b) a gravidade da Terra puxa um livro para baixo.
c) a lâmina de um helicóptero empurra o ar para baixo. *

Sua resposta

Identifique a força que atua num foguete, explique. *

Sua resposta

CAPÍTULO 13 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional desenvolvido nesta proposta tem a finalidade de ajudar os professores na prática pedagógica. Pretendeu-se introduzir os conteúdos de Cinemática e de Dinâmica por meio de filmes associando a história e filosofia da ciência para auxiliar na construção de uma visão de ciência para além do senso comum. Para tanto, foi utilizado a teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira e a epistemologia de Paul Feyerabend.

Para a proposta foram apresentados filmes com uma abordagem de gênero e étnico-racial. A proposta também utilizou experimentos didáticos de baixo custo, fácil montagem e aplicação através de vídeos que foram apresentados para aos alunos no decorrer das aulas e retomados quando necessário. Embora este produto educacional tenha sido criado para o ambiente virtual, todo o material pode ser reproduzidos em sala de aula.

Quanto à relevância deste produto, a utilização de filmes e a história da ciência podem contribuir para a educação brasileira, trazendo avanços em sala de aula (virtual), pois os alunos, mesmo que remotamente, participaram mais das aulas e conseguiram fazer conexões com o seu cotidiano. A física em sala de aula e a mostrada no filmes e nos vídeos das experiências despertaram a curiosidade dos alunos, proporcionando discussões.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. A. N.; LOPES, N. C.; CARVALHO, W. L. P. Uma análise crítica do laboratório didático de física: a experimentação como uma ferramenta para a cultura científica. *In: ENPEC - ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: 8 nov. 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- COUTO, L. F. Feyerabend e a máxima do “Tudo Vale”: a necessidade de se adotar múltiplas possibilidades de metodologia na construção de teorias científicas. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 12, n. 3, 1999.
- FEYNMAN, R. P. *et al.* **Lições de Física**. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2009.
- GASPAR, A. **Física: Mecânica**. São Paulo: Ática, 2000. v. 1
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física volume 1: Mecânica**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- HEWITTT, P. G. **Física conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: <https://www.nasa.gov>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Mecânica**. São Paulo: Editora Blucher, 2013. v. 1.
- PIETROCOLA, M. **Física em contextos**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
- SALES, G. L.; MAIA, M. C. **Física básica I**. Coordenação de Cassandra Ribeiro Joye. Fortaleza: UAB/IFCE, 2011.
- TAYLOR, J. R. **Mecânica clássica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1.
- VASCONCELOS, T. A importância da educação na construção da cidadania. **Revista Saber (e) Educar**, n. 12, 2007.