



ÊNIO RICARDO LÔBO PEREIRA

**O ENSINO DA QUEDA DOS CORPOS NO PERÍODO GALILEU-NEWTON:
CONTRIBUIÇÕES DAS ABORDAGENS INTERNALISTA E EXTERNALISTA
DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA
FEVEREIRO DE 2019**

ÊNIO RICARDO LÔBO PEREIRA

O ENSINO DA QUEDA DOS CORPOS NO PERÍODO GALILEU-NEWTON:
CONTRIBUIÇÕES DAS ABORDAGENS INTERNALISTA E EXTERNALISTA DA
HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (PPG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador(es):

Prof. Dr. Wagner Duarte José

Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva

Vitória da Conquista
Fevereiro de 2019



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Aos 27 dias do mês de fevereiro de 2019, às 15 horas, na Sala 08 do Módulo II, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "O ENSINO DA QUEDA DOS CORPOS NO PERÍODO GALILEU-NEWTON: CONTRIBUIÇÕES DAS ABORDAGENS INTERNALISTA E EXTERNALISTA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA", de autoria de Ênio Ricardo Lôbo Pereira, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo(a) professor(a) Dr(a). Wagner Duarte José, orientador(a) do(a) mestrando(a) e contou com a participação dos professores Dr(a). Ferdinand Martins da Silva, Dr(a). Valmir Henrique de Araújo e Dr(a). Maria Deusa Ferreira da Silva, na condição de examinadores. A sessão teve a duração de 2h e 57 min. e a banca examinadora emitiu o seguinte parecer:

o mestrado foi aprovado contudo serão necessárias correções apontadas pela banca, as quais devem estar corrigidas para entrega no prazo de trinta dias

A dissertação recebeu o conceito final: Aprovada

Wagner Duarte José
 Prof(a). Dr(a). Wagner Duarte José (UESB)
 Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Ferdinand Martins da Silva
 Prof(a). Dr(a). Ferdinand Martins da Silva (UESB)
 Examinador(a) Interno(a)/Coorientador

Valmir Henrique de Araújo
 Prof(a). Dr(a). Valmir Henrique de Araújo (UESB)
 Examinador(a) interno(a)

Maria Deusa Ferreira da Silva
 Prof(a). Dr(a). Maria Deusa Ferreira da Silva (UESB)
 Examinador(a) externo(a)

Ênio Ricardo Lôbo Pereira
 Ênio Ricardo Lôbo Pereira
 Discente

Luzidarcy de Matos Castro
 Prof. Dr. Luzidarcy de Matos Castro
 Coordenador do PPGMNPEF





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**O ENSINO DA QUEDA DOS CORPOS NO PERÍODO
GALILEU-NEWTON: CONTRIBUIÇÕES DAS
ABORDAGENS INTERNALISTA E EXTERNALISTA
DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**


AUTOR(A): ÊNIO RICARDO LÔBO PEREIRA

DATA DE APROVAÇÃO: 27 DE FEVEREIRO DE 2019


Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física - SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.


Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA


Prof. Dr. Wagner Duarte José (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador


Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva (UESB)
Examinador(a) interno/Coorientador(a)


Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo (UESB)
Examinador(a) interno(a)


Prof. Dra. Maria Deusa Ferreira da Silva (UESB)
Examinador(a) externo(a)

2019

Programa de Pós-Graduação da UESB
Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



P491e

Pereira, Ênio Ricardo Lôbo.

O ensino da queda dos corpos no período Galileu-Newton:
contribuições das abordagens internalista e externalista da história da ciência. /
Ênio Ricardo Lôbo Pereira, 2019.

48f. il.

Orientador (a): Dr. Wagner Duarte José.

Dr. Ferdinand Martins da Silva

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino
de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2019.

Inclui referência F. 40-42.

1. Física – Ensino-aprendizagem. 2. História da ciência – Sequência didática. 3.
Internalismo e externalismo – Ensino de física. I. José, Wagner Duarte. II. Silva,
Ferdinand Martins da. III. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Mestrado

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha mãe, que mesmo não estando mais ao meu lado, continua sendo meu exemplo e caminho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Dr. Wagner Duarte José, pelo comprometimento, dedicação e principalmente, cuidado, fazendo com que eu não me permitisse esmorecer nesse momento tão importante. Agradeço profundamente pela gentileza de compartilhar comigo o seu saber e experiência.

À minha esposa Fernanda, pela paciência, compreensão, carinho e amor dispensado em todos os momentos.

Aos meus irmãos pelos incentivos para que eu continuasse no caminho certo.

Aos colegas do mestrado, que sempre foram incentivadores e apoiaram até o final desta caminhada.

Aos professores do MNPEF-UESB pelos ensinamentos e contribuições nos meus estudos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código De financiamento 001.

RESUMO

O ENSINO DA QUEDA DOS CORPOS NO PERÍODO GALILEU-NEWTON: CONTRIBUIÇÕES DAS ABORDAGENS INTERNALISTA E EXTERNALISTA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Ênio Ricardo Lôbo Pereira

Orientador(es):

Prof. Dr. Wagner Duarte José
Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva

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

O trabalho desenvolvido nessa dissertação apresenta a aplicação de uma sequência didática para o ensino da História da Ciência (HC) com contribuições das abordagens internalista e externalista no desenvolvimento da queda dos corpos, a partir da evolução dos conceitos físicos e do contexto social, econômico e cultural à época. Apresentamos um relato da aplicação da sequência didática, que foi desenvolvida como produto educacional no Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Vitória da Conquista - BA/UESB - 2018. Utilizando a história da ciência para desenvolver o ensino-aprendizagem em Física, no âmbito da Mecânica, a proposta didática desenvolvida procurou propiciar uma metodologia diferenciada, mais dinâmica para os estudantes, caracterizando a evolução do pensamento científico nas visões internalistas e externalistas da ciência com relação ao período Galileu-Newton no recorte temático do estudo do movimento. Com o uso da HC, foi possível perceber que os estudantes manifestaram maior interesse na disciplina, deixando de associá-la exclusivamente aos cálculos. Os estudantes entenderam que as leis e os conceitos não estão associados unicamente aos estudos dos cientistas e que esse desenvolvimento ocorre ao longo do tempo sofrendo influências a partir de diversos contextos, sendo estes sociais, culturais e econômicos.

Palavras-chave: Sequência didática. História da Ciência. Internalista e externalista. Ensino-aprendizagem em Física.

Vitória da Conquista
Fevereiro de 2019

ABSTRACT

THE TEACHING OF THE FALL OF BODIES IN THE GALILEO-NEWTON PERIOD: CONTRIBUTIONS OF THE INTERNALIST AND EXTERNALIST APPROACHES OF THE HISTORY OF SCIENCE

Ênio Ricardo Lôbo Pereira

Orientador(es):

Prof. Dr. Wagner Duarte José

Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva

Abstract of master's submitted to Programa de Pós-Graduação (PPG) in the National Professional Master's Degree Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

The work developed in this dissertation presents the application of a didactic sequence for the teaching of the History of Science (HC) with contributions of the internalist and externalist approaches allowing the notion of the development of the fall of bodies from the evolution of the physical concepts and the social, economic context and cultural at the time. We're showing a report the application of a didactic sequence, which was developed as an educational product in the National Professional Master of Teaching Physics (MNPEF) - Vitória da Conquista - BA / UESB-2018. Using the history of science to develop teaching-learning in Physics, in the scope of Mechanics, the didactic proposal developed tried to propitiate a methodology more attractive for students and which allows a more dynamic learning, characterizing the evolution of scientific thought in the internalist and externalist visions of science in relation to the Galileo-Newton period in the thematic clipping of the study of the movement. With the use of the HC, it was possible to perceive that the students expressed greater interest in the discipline, no longer associating it exclusively with the calculations. The students understood that laws and concepts are not only associated with the studies of scientists and that this development takes place over time undergoing influences from diverse contexts, these being social, cultural and economic.

Keywords: Didactic Sequence. History of Science. Internalist and externalist. Teaching-learning in Physics.

Vitória da Conquista
Fevereiro de 2019

Sumário

Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: Referencial Teórico	5
2.1 Breve compêndio da História da Ciência no Ensino de Física.....	5
2.2 Algumas contribuições da HFC no ensino de Física.....	7
Capítulo 3: Breve histórico da Física do movimento	11
3.1 “Internalismo” versus “externalismo” no ensino de física.	11
3.2 A Física de Aristóteles.....	13
3.3 A Física do Impetus.....	15
3.4 A Física Galileana	16
3.5 A Física Newtoniana	19
Capítulo 4: Metodologia.....	24
Capítulo 5: Resultados e Discussões	28
Capítulo 6: Considerações Finais	37
Referências	39
Apêndice A Planos de aula.....	42
Apêndice B Produto educacional – Sequência didática para o ensino da queda dos corpos por meio das abordagens internalista e externalista da história da ciência.....	47

Capítulo 1: Introdução

Durante a minha jornada estudantil, tive diversas dificuldades para chegar a cursar uma graduação e, neste exato momento uma pós-graduação. Me recordo que fiz todo ensino fundamental (1º ao 9º ano) em uma escola de referência na cidade de Brumado-Ba, mesmo sendo da rede pública de ensino. O Centro Municipal de Educação Agamenon Santana (CMEAS), ainda funciona, mas atende somente estudantes do Ensino Fundamental II (6º ao 9º ano), diferente da época que estudei lá. Enquanto estude, eu tinha uma cobrança maior dos professores, pois minha Mãe trabalhava como merendeira do CMEAS, e isto oportunizava aos professores indicar os caminhos para que eu me empenhasse mais nas diversas disciplinas, mas com mais afinco na matemática, pois uma das professora que eu tive, Graça, nos exigia sempre além do que os outros achavam necessário. Dessa foram, sinto que consegui me desenvolver lá, em função de, ao chegar no Ensino Médio, destoar dos demais colegas, principalmente nas disciplinas das áreas de Ciência da Natureza e Matemática e suas Tecnologias.

O interesse por Física surgiu logo na 1ª série do Ensino Médio e, enquanto os meus colegas achavam tudo muito complicado, eu ficava maravilhado com os cálculos que envolviam os “bloquinhos”. A professora da época, Sandra, com formação em engenharia civil, e mesmo não tendo formação específica para lecionar, sinto que contribuiu muito para meu interesse, já nessa época, em cursar Física e ser professor. Sabia que pensar em fazer um curso superior após o término do Ensino Médio era um sonho distante, mas não o iria abandonar. Antes da conclusão do Ensino Médio na cidade de Brumado-Ba, fui aprovado na seleção do CEFET (Atualmente IFBA), para cursar o técnico em eletrônica na cidade de Vitória da Conquista, mesmo sem finalizar a formação básica, o edital permitia cursar, desde que eu estive matriculado na 3ª série do Ensino Médio, e assim o fiz, ao sair da minha cidade e, no ano de 2005, me fixar em Vitória da Conquista para concluir o Ensino Médio no turno vespertino, e no turno noturno iniciar os estudos em técnico em eletrônica, que era oferecido em quatro módulos (2 anos).

No ano de 2006, no segundo semestre, e ainda cursando o último módulo do curso técnico, comecei o curso de licenciatura em Física na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), após o ingresso através do vestibular. Nesse momento, iniciei um estágio do curso técnico na empresa ELETEC, e permaneci lá, depois como funcionário até o final do ano de 2008. Em 2009 foi o ano que iniciei a docência, com turmas do Ensino Médio e turmas do ensino Técnico, em função da minha formação técnica.

Após um ritmo intenso de estudos, conclui a graduação em Física em 2011 e obtive aprovação no concurso público para professor da educação básica do estado da Bahia, mas assumi no exato momento em função da universidade atrasar a entrega do diploma. No ano seguinte, 2012, iniciei uma pós-graduação também na UESB, em Mídias Educacionais. Essa pós foi concluída somente em 2014, pois o último módulo foi oferecido de forma atrasada. Este foi o ano que assumi o concurso, após um procedimento judicial. Da época que assumi o concurso, até esse exato momento, não tive a oportunidade de trabalhar exclusivamente com a disciplina de Física, pois o colégio não ofertava a quantidade necessária para completar minha carga horária, e eu tive que trabalhar com a disciplina de química por diversas vezes.

Em 2015, me inscrevi para a primeira seleção do MNPEF, polo UESB, obtendo aprovação e iniciando o mestrado no ano seguinte, em 2016. No mestrado, vi um novo desafio, que foi me aperfeiçoar ainda mais das leis e conceitos que regem a Física e entender um pouco mais das teorias de ensino, tentando organizá-las e entendendo os contextos possíveis de aplicação de cada uma na Educação Básica.

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) coloca como finalidades da etapa final da educação básica, Ensino Médio, a formação e aprimoramento do educando, bem como uma preparação que lhe possibilite aprender os fundamentos científico-tecnológicos e desenvolver um pensamento crítico acerca das mudanças possíveis em seu contexto social.

Porém, o ensino de Física atualmente utiliza-se de uma metodologia de ensino ainda tradicional que impõe uma dificuldade a ligação entre o estudo da ciência e o cotidiano. O que se vê nas salas de aula são práticas de ensino apoiadas na resolução de problemas sem que o aluno possa dinamizar e estabelecer o desenvolvimento de conhecimento científico necessário e suficiente. Como o conhecimento promovido pelas aulas tradicionais de Física estabelece poucas relações com o mundo real, os alunos aguardam o momento em que todo o conteúdo teórico apresentado ganhe realismo e lhes capacite a melhor entender o ambiente em que vivem e que eles possam relatar fenômenos ou acontecimentos que envolvam conhecimentos físicos.

Visto dessa forma, o Ensino de Física deve fortalecer os conhecimentos dos alunos, associando-os com as tecnologias que lhe são contemporâneas. Considerando as orientações e leis que regem a educação brasileira e, sobretudo, a necessidade da reformulação do ensino de física, este trabalho pretende propor uma metodologia diferenciada para o desenvolvimento do Ensino de Física no âmbito da queda dos corpos, a partir da seguinte questão de pesquisa: *Como desenvolver uma sequência didática para o ensino de conceitos de Física, no Ensino Médio, relacionados à queda dos corpos, nas abordagens internalistas e externalistas, tendo em vista a melhoria da compreensão conceitual da física?*

Ao desenvolver uma sequência didática (SD) sobre a história da ciência no ensino de física, nosso objetivo geral foi verificar a potencialidade dessa SD para o ensino da queda dos corpos por meio das abordagens internalista e externalista da história da ciência. Mais especificamente, caracterizar a evolução do pensamento científico nas visões internalistas e externalistas da ciência com relação ao período Galileu-Newton no recorte temático do estudo do movimento e estruturar um conjunto de atividades e orientações para o desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino da queda dos corpos.

Por externalista, entende-se que é o estudo do desenvolvimento da ciência analisando as influências sociais, bem como a necessidades, de diferentes épocas, e observando também o conteúdo científico para os diferentes períodos históricos, que partem para uma abordagem do desenvolvimento da ciência associado às influências e necessidades sociais, culturais e econômicas das diferentes épocas. Podem ser caracterizadas como internalistas as análises que tratam esse desenvolvimento com um ponto de vista mais epistemológico, analisando a consistência das teorias em si e interpretando a participação dos grandes nomes da ciência durante esses episódios de revolução científica. (ZANETIC, 1984). É importante conhecer a história da ciência, pois, segundo Prestes e Caldeira (2009), a história promove a melhor compreensão dos conceitos científicos e métodos, as abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas, além de favorecer conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas.

A estratégia metodológica que adotamos pode ser um passo importante na motivação dos educandos. Segundo as Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio (OCNEM), o trabalho com a história da ciência possibilita “enriquecer” o ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos, e possibilita a visão da ciência como uma construção humana (BRASIL, 2006, p.64).

Essa proposta didática foi desenvolvida no 1º ano do ensino médio no Colégio Estadual Doutor Orlando Leite, Vitória da Conquista. Para a realização, produzimos uma sequência didática (SD) com: planos de aulas, questionário de sondagem e roteiros de dois experimentos sobre queda dos corpos. A junção destes materiais compõe o produto educacional. A produção de dados foi feita através da análise das gravações de áudio, diário de bordo e questionários.

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma: no capítulo 2 temos o referencial teórico em que é abordado o ensino de física por meio da História da Ciência (HC) através das abordagens internalistas e externalistas. No capítulo 3 há um breve histórico sobre a física do movimento, expondo a Física de Aristóteles a Galileu e finalizando com as contribuições de Newton e o estudo de suas Leis. No capítulo 4, abordamos a metodologia descrevendo a

sequência didática desenvolvida e os instrumentos utilizados para produção de dados. No capítulo 5, é feita análise e discussão sobre a aplicação do produto educacional. E no capítulo 6, encontram-se as considerações finais. No apêndice descrevemos o produto educacional.

Capítulo 2: Referencial Teórico

Realizar um trabalho em sala de aula com História da Ciência (HC) requer entender o conhecimento desenvolvido ao longo do tempo e quais foram as influências determinantes para que a Física, como parte dessa análise, tenha desenvolvido diversas áreas do estudo e em determinadas épocas (ZANETIC, 1988). Dessa forma, para analisar os fenômenos sociais, econômicos e culturais que deram um caminho para o conhecimento científico, vamos analisar os aspectos internalistas e externalistas que estão associados a essa evolução a partir de contribuições de alguns estudiosos, como João Zanetic e Olival Freire.

2.1 Breve compêndio da História da Ciência no Ensino de Física

A característica tradicional do ensino de Física nas escolas públicas de Ensino Médio, muitas vezes é decorrente da precariedade do sistema educacional que é carente de materiais e recursos tecnológicos. A falta de um vínculo entre o conhecimento ensinado e o mundo no qual os estudantes se encontram inseridos provoca um desinteresse nestes, que não enxergam aplicabilidade e utilidade do conhecimento, fazendo diminuir a possibilidade destes enxergarem a externalidade do Ensino, que seria a análise de como o aluno pode desenvolver o conhecimento a partir de seu contexto social. É imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ele atua diretamente na sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional.

O Ensino Médio tem passado, nos últimos anos, por diversas alterações e, como não podia deixar de ser, o Ensino de Física vem sofrendo reflexos destas mudanças. Entretanto, a Física ainda é considerada, pelos professores, uma disciplina difícil de ser ensinada devido à necessidade de que o aluno tenha uma base matemática, visto que esse modelo tradicional exige a realização de inúmeros cálculos. Com isso, gera-se uma dificuldade nos estudantes em entender a aplicação do que se estuda em Física, ou seja, os fenômenos físicos propriamente ditos, contidos nas equações matemáticas, dificultando, assim, o ensino e a aprendizagem da Física. Para Zanetic (2005, p. 21):

O ensino de física dominante se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares. Para mudar esse quadro o ensino de física não pode prescindir, além de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social.

O desenvolvimento de uma SD para a utilização da HC é importante para avaliar o aprendizado que os estudantes envolvidos nesse processo podem obter e, assim, verificar se há uma melhora no entendimento dos conceitos. Além disso, também desmistificar a compreensão da Física como uma disciplina baseada em cálculos. Há evidentemente a associação, pela maioria dos estudantes, da disciplina Física com os cálculos. (PEREIRA, 2016).

Uma análise importante sobre a utilização didática da História e Filosofia da Ciência (HFC) foi feita por FREIRE JR (2012) no livro Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino. A partir de uma revisão das publicações nas principais revistas brasileiras - Ciência & Educação (C&E), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) - e uma revista espanhola* - Enseñanza de las Ciencias (Enz), e que estão relacionadas ao Ensino de Ciências, foi possível determinar a quantidade e em qual área do Ensino de Ciências as publicações estavam associadas. Esse levantamento foi feito para as publicações desde a década de 1980 até meados do ano de 2011, sendo possível destacar que de um total de 160 artigos associados ao Ensino de Ciências, 106 são voltados ao Ensino de Física e, somente 14 trabalharam com intervenção efetiva em sala de aula, sendo que 13 foram em publicações brasileiras e 1 artigo foi na publicação espanhola. A partir de uma análise minuciosa sobre a época de publicação e sobre os temas associados, foi possível determinar a evolução quantitativa destas publicações e quais revistas se dedicaram mais a publicar artigos sobre a temática da HFC.

Analisando a perspectiva das publicações com intervenções didáticas em sala de aula, os autores conseguiram indicar, em termos percentuais, quais revistas possuíam mais publicações com pesquisas que fizeram investigação sobre as intervenções didáticas orientadas por HFC em salas de aulas de Física. Em função das análises dessas publicações, os autores entenderam que pode haver certa predominância no Brasil das pesquisas em Ensino de Física em relação às outras áreas de ensino de ciências, quando se trata do uso didático de HFC.

Uma caracterização importante realizada pelos autores foi em relação à classificação, indicando como a intervenção didática foi realizada, se dentro de uma perspectiva somente do uso da História da Ciência (HC), somente da Filosofia da Ciência (FC) ou dos dois conjuntamente (HFC). Além disso, houve uma caracterização em relação ao nível de ensino que cada artigo foi aplicado, sendo 9 artigos com intervenção didática no ensino superior, 4 artigos com aplicações no ensino médio e 1 artigo com desenvolvimento da proposta no ensino fundamental. Com relação à temática externalista/internalista os 14 artigos representados não

trazem uma abordagem que trabalhe com estas, mesmo em artigos que utilizaram textos históricos para abordar a HFC.

Uma análise importante feita pelos autores foi em relação aos objetivos propostos e o que foi alcançado com a aplicação didática da HFC nas salas de aula, especialmente em estudantes que cursam o ensino superior, alunos de licenciatura em Física. Uma descrição da receptividade destes foi descrita. E para Peduzzi (2012, p.31):

É justificável que os alunos, em nível mais avançado de ensino, tenham concepções mais resistentes à mudança, entretanto, isso levanta um problema sério: alunos em estágio mais amadurecido de instrução, mantendo suas concepções pouco amadurecidas sobre a ciência. Esse problema agrava-se mais ainda considerando que, em grande parte, são alunos de licenciatura em Física. Assim, chama-se a atenção para a necessidade de maiores intervenções de ensino com a preocupação de propiciar concepções mais críticas sobre a ciência aos alunos do Ensino Básico – no âmbito do qual parece ser mais fácil promover mudanças de concepções –, bem como promover maiores esforços para modificar as concepções de ciência dos futuros professores.

Para finalizar a análise das publicações, os autores entenderam que há uma grande quantidade de pesquisadores trabalhando com a temática HFC, principalmente em Física, porém a aplicação em sala de aula ainda é bem pequena. Em relação à orientação ao uso da HFC, os autores indicaram que os trabalhos fluem para três importantes vertentes: objetivos a serem atingidos, estratégias de ensino e materiais instrucionais.

Para Zanetic (2013), há um desequilíbrio nos trabalhos em relação ao uso da abordagem externalista, em relação à internalista. Embora haja produções científicas que indiquem trabalhar tanto com uma temática quanto a outra, ou, às vezes, as duas, ele acredita haver depreciação para a abordagem externalista. Ao analisar o artigo *História da Ciência e ensino de Física: uma análise meta-historiográfica*, Zanetic indica que a apresentação das diferentes concepções sobre as abordagens internalista e externalista da história da ciência, por parte de historiadores e filósofos, não possibilita uma igualdade no tratamento das duas abordagens por parte das autoras.

2.2 Algumas contribuições da HFC no ensino de Física

Para abordar as pesquisas que envolvem o estado do conhecimento de HFC no ensino de Física, realizamos uma atualização dos estudos de Freire Junior (2012) nos mesmos periódicos considerando os artigos envolvendo HFC no ensino de Física, no período de 2011 a 2018, conforme destaca a Tabela 1, a seguir (OBSERVAÇÃO: o número destacado em parêntesis refere-se ao número de propostas desenvolvidas no ensino médio):

TABELA 1 – Consulta em publicações no período 2011 - 2018

Periódico	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
Ciência e Educação (C&E)	1							
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)	2	3	4	4	11 (1)	7	9	3 (1)
Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)						1		1 (1)
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	6 (1)	3	16 (1)	6	7	1	11	10
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)				1	1	2	1	2 (1)
Total	9 (1)	6	20 (1)	11	19 (1)	11	21	16 (3)

* primeiro semestre

Encontramos 44 artigos que falam sobre a HFC, ou HC, sendo 1 da Revista Ciência e Educação (C&E), mas que não era aplicada ao ensino de Física. No Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), foram encontrados 43 artigos sobre a temática, mas somente 2 artigos com aplicação em sala de aula, um no ano 2015 e outro no ano de 2018. Na revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), a análise permitiu encontrar 2 artigos com aplicação efetiva em sala de aula, mas um é aplicado ao ensino superior, o artigo publicado em 2016, e o outro, que foi aplicado no ensino médio, publicado em 2018.

Analisando as publicações da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), foram encontrados 60 artigos que tratam de HC. Com um total de 3 artigos que tratam de aplicação da HC em sala de aula, estes foram publicados nos seguintes anos: 2011, 2013 e 2015. O último artigo, porém, traz a aplicação com estudantes do ensino superior, não tendo relação direta com a nossa proposta que é a análise de aplicações em ensino médio. Com relação aos artigos publicados na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), foram analisados 8 artigos que tratavam da HC, sendo que 7 artigos tratam de Física, e destes 7, somente 1 artigo trouxe resultados sobre a aplicação em sala de aula usando a HC (artigo publicado em 2018). A seguir destacamos todos os 6 artigos, encontrados nos diversos periódicos, voltados ao contexto escolar do Ensino Médio.

Sobre o artigo *A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio* publicado no CBEF, Guttman e Braga (2015) apresentam uma proposta de introdução de questões relativas à Natureza da Ciência, sendo colocadas duas teorias distintas para confrontação. Estas teorias tratam da origem do universo e são divergentes, sendo uma defensora de um universo com uma origem definida, o Big Bang, e a outra de um Universo

Eterno. Os autores concluíram que os estudantes passaram a ter uma visão mais complexa sobre Ciência.

No artigo *O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia*, Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2018) fizeram uma adaptação para o ensino de Física no ensino médio através da criação de um jogo didático de um episódio histórico que envolveu Einstein e Friedmann. Neste artigo, foram analisados argumentos envolvendo a oposição entre Einstein e Friedmann e as concepções dos estudantes sobre o papel dos erros na ciência. Houve um equilíbrio entre o número de estudantes que apoiaram cada cientista. Com essa proposta, os autores notaram que surgiram argumentos interessantes dos estudantes sobre o papel dos erros na ciência, que motivaram a problematização do mito dos grandes gênios que nunca erram e cuja autoridade não deve ser questionada.

Vital e Guerra (2018) em *Os sentidos que os estudantes atribuem ao ensino de Física e à sua abordagem histórica*, publicado pela IENCI, analisaram o desinteresse dos estudantes pela aprendizagem dos conteúdos de Física e consideraram a importância da disciplina citada para a formação básica e propuseram uma investigação no sentido que estudantes atribuem à Física e à abordagem que adota a História da Ciência como viés de apresentação, discussão e reflexão sobre os conteúdos da disciplina. Com base no referencial teórico-metodológico fornecido, foram analisados os enunciados produzidos pelos estudantes e seu professor de Física em entrevistas individuais e semiestruturadas. A análise revelou a incidência de elementos constituintes da cultura do ensino de Física na atribuição de sentidos que, embora reconheçam a importância da disciplina, a consideram de difícil compreensão, introdutória e dispensável para o prosseguimento dos estudos em determinadas áreas. Como conclusão, pontuaram que há a necessidade de investimentos na formação docente que habilite os professores a problematizarem a cultura de ensino que apresenta a Física exclusivamente através de cálculos e fórmulas. Afirmaram ainda que a transformação dessa cultura pode contribuir para a produção de novos sentidos em relação à Física e sua abordagem histórica.

Na revista RBEF, no período analisado, obtivemos dois artigos. O primeiro, *A carga específica do elétron. Um enfoque histórico e experimental* (SILVA, SANTOS E DIAS, 2011) apresenta uma proposta para determinação da razão carga/massa do elétron para estudantes do ensino médio. Introduziram a teoria com um texto de história: *The Discovery of Subatomic Particles*, de Steven Weinberg. Após a leitura, os estudantes realizam quatro experimentos, participando desde a montagem experimental. Os experimentos e os resultados obtidos foram descritos de forma separada. No segundo artigo, *História e a filosofia da ciência: caminhos*

para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio (MORAIS E GUERRA, 2013), há uma pesquisa que serviu de orientação para a construção, aplicação e avaliação de um projeto pedagógico, cujo propósito era trazer discussões de Física moderna ao ensino de energia, num curso de Física de 1ª série do Ensino Médio. Os resultados da pesquisa apontaram que o uso da história e filosofia da ciência como eixo condutor do projeto pedagógico possibilitou trazer à sala de aula, discussões em torno ao processo de construção da ciência que possibilitaram o estudo de questões de física moderna, relacionadas ao conceito de energia.

E por fim, a análise será feita no artigo publicado na RBPEC, em 2018, *Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência*, Santos (2018) apresenta uma proposta fundamentada na perspectiva histórica, de inserção de Natureza da Ciência (NC) de maneira contextualizada na Educação Básica, discutindo como a aplicação de tal proposta favoreceu a compreensão dos estudantes sobre ciências. A proposta foi um júri simulado que envolvia aspectos históricos da Ciência e que teve como tema a vida pessoal e profissional de Marie Curie. A proposta foi desenvolvida em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública federal do sudeste do Brasil. As aulas desenvolvidas foram registradas em vídeo e as falas dos estudantes foram transcritas, o que possibilitou utilizar uma adaptação do perfil de Dimensões de Confiabilidade da Ciência como ferramenta de análise de dados, identificando e caracterizando os aspectos de NC que permearam as falas dos estudantes durante o júri simulado, assim como o modo que tais aspectos foram utilizados por eles para se posicionar. No artigo, os autores concluíram que a aplicação de tal proposta favoreceu a compreensão dos estudantes sobre ciências e contribuiu para uma alfabetização científica mais ampla, ou seja, para a formação de estudantes crítico-reflexivos.

Capítulo 3: Breve histórico da Física do movimento

Neste capítulo, há um breve histórico sobre a física do movimento, expondo a Física aristotélica e as características desta sobre o movimento dos corpos; há também a história e contribuições da Física do Impetus, principalmente dos estudiosos Benedetti e Buridan; a história dos estudos e contribuições de Galileu também é desenvolvida nesse capítulo, falando principalmente dos seus experimentos e das primeiras formulações propostas; e finalizando o capítulo, há um relato da vida de Newton, colocando em foco seus estudos e contribuições para a mecânica, a partir do seu livro *Principia* e quais contribuições sociais e econômicas foram determinantes para que ele fizesse essa grande contribuição para a Física.

3.1 “Internalismo” versus “externalismo” no ensino de física.

Zanetic (2005) faz uma análise do estudo dessas duas visões destacando que, na internalista, há um interesse em analisar como ocorreu a descoberta e as ligações entre as diversas teorias, observando que há uma abordagem exclusivamente epistemológica, centrada nos aspectos conceituais.

Na visão externalista, a ciência evolui numa relação dialética com a sociedade e a tecnologia nas diferentes épocas. Há um destaque para as influências sociais que marcaram o desenvolvimento da ciência, ou seja, as necessidades, que a sociedade de cada época, poderiam determinar o conteúdo das teorias científicas.

Entender e apresentar a evolução do conhecimento não se caracteriza uma tarefa fácil, pois além de indicar os personagens importantes nesse processo, há de se destacar também toda a história nos diversos períodos. Quando as ideias e os pensamentos sobre a ciência que Aristóteles desenvolveu são trabalhados e, posteriormente, observando a evolução dos conceitos da ciência a partir de trabalhos desenvolvidos por cientistas já no final da idade média, acredita-se que no intervalo destes períodos nada foi produzido, mas o estudo da história da ciência não indica isso. Inclusive, em uma análise dos trabalhos de Galileu, é notório que este desenvolveu suas pesquisas baseadas em contribuições de diversos cientistas, e de diferentes épocas, como exemplo podemos citar as diversas fases atreladas aos trabalhos de Galileu, quando este aceitou as categorias do movimento desenvolvido por Aristóteles, posteriormente trabalhou com o conceito de *impetus*, conceito proposto na Grécia – com Buridan – e desenvolvido e modificado, posteriormente, por diversos pensadores medievais. Após isso, e

toda influência envolvida, Galileu teve o desenvolvimento do seu lado mais criativo, ao desenvolver uma Física mais próxima da matemática e da experimentação.

Embora Copérnico não tenha desenvolvido grandes ideias sobre os movimentos dos corpos, assim como fez com o estudo dos corpos celestes, pois ainda aceitava as noções sobre movimentos naturais e violentos, propostos por Aristóteles, seus trabalhos foram importantes para a evolução conceitual a partir de novos cientistas, como Kepler e Galileu que conseguiram desenvolver substancialmente a mecânica em diversos caminhos, sendo tais trabalhos uma base para que Newton desenvolvesse todo o seu trabalho, que foi de Fundamental importância para a mecânica (ZANETIC, 1988).

No estudo do artigo sobre as raízes sociais e econômicas do *Principia* de Newton, que foi desenvolvido pelo físico soviético Boris Hessen, Freire Jr (1993) afirma que há duas questões contrárias, mas importantes. Primeiramente, destaca a importância do contexto social da Inglaterra do século XVII na Mecânica Newtoniana, indicando que a produção de ciência não fica fora do contexto social.

Em seguida, apresenta uma outra visão, ponderando que Hessen não trabalha com a mudança de pensamento que ocorreu na época, ou seja, não dispõe das possibilidades e razões que fizeram Newton deixar de trabalhar com a mecânica aristotélica e desenvolver uma nova mecânica, levando em conta o modelo de Copérnico, mesmo sendo este não evidentemente superior empiricamente, na época, ao modelo de Ptolomeu.

Na perspectiva internalista, Araújo Filho (2006) pontua que uma grande evolução no estudo da Ciência e na explicação de diversos fenômenos físicos foi desenvolvida por Galileu ao trabalhar com uma metodologia empírica, associada a uma linguagem matemática. Nas seções seguintes, destacamos aspectos da evolução da ciência considerando o aspecto externalista do desenvolvimento da ciência.

Esse novo pensamento proposto por Galileu foi importante para fazer com que o pensamento científico não fosse orientado mais pelos dogmas da igreja, sendo possível responder antigas questões sobre os fenômenos físicos, como por exemplo, a continuidade do movimento, e que não tinha mais solução com as antigas formas de se fazer o conhecimento, pois as novas condições daquele mundo necessitavam de ideias mais firmes, mais coerentes, e essa necessidade da sociedade é fruto da visão externalista.

Galileu desenvolveu, também, novos conceitos a partir de suas observações astronômicas, sendo que estas foram feitas a partir dos aperfeiçoamentos, feitos por Galileu, no telescópio. É importante ressaltar que Galileu teve como modelo de estudo as ideias copernicanas, e que determinaram, dentro da visão internalista, o pensamento de Galileu.

Essa metodologia do pensamento científico permitiu a Newton desenvolver leis matemáticas para a interação entre os corpos celestes, em um período em que havia muita dúvida de como essa relação poderia se dar, e permitiu a continuação do estudo do movimento dos corpos, também estudado e definido por Galileu. Newton conseguiu explicar a queda dos corpos e determinou que esta queda se dava em função da aceleração gravitacional terrestre, até então, pouco estudada. Apesar de conseguir desenvolver ferramentas matemáticas e evoluir o pensamento científico, Newton sofreu resistência em relação às suas teorias na época, o que lhe causou profundo desconforto, porém continuou seus estudos e chegou às explicações sobre a continuidade do movimento, que já eram estudadas por Galileu. Sendo assim, Newton construiu as leis da mecânica, falando da inércia, da aceleração e das forças atuantes nos corpos.

3.2 A Física de Aristóteles

Aristóteles (384 a.C.–322 a.C.) foi um importante filósofo e o pensador grego com maior influência na cultura ocidental. Os trabalhos de caráter científico mais antigos que chegaram a nós, são formados pela sua obra. Sendo discípulo do filósofo Platão, foi além do seu mestre, abordou e pensou sobre diversas áreas, entre elas, a geometria, física, metafísica, astronomia, matemática e principalmente lógica. Enquanto Platão era a favor da existência do mundo das ideias e do mundo sensível, Aristóteles defendia que poderíamos captar o conhecimento no próprio mundo que vivemos. Sendo um crítico das ideias platônicas, Aristóteles mostrou grande capacidade quando escreveu uma série de obras nas quais aprofundava, e muitas vezes, modificava as doutrinas de Platão. A teoria de Aristóteles, de forma geral, é uma refutação ao seu mestre (PEDUZZI, 2009).

A Física Aristotélica é conhecida, também, como a Física do senso comum, pois é a ciência que fica ‘evidente’ a partir da intuição. Aristóteles estudou com frequência a natureza, procurando relações entre si das observações realizadas. Com um trabalho comparativo, ele fez tentativas de explicações dos fenômenos a partir de outras constatações. Em alguns casos, utilizou da analogia, em situações que se observava semelhanças, e em outros casos, fez o uso do testemunho humano e, trabalhando com a indução, partia para o desenvolvimento de uma teoria geral. Outro fato interessante nos estudos e desenvolvimento das teorias de Aristóteles era o não confronto, pois ele não verificava suas teorias. Para Rosmorduc (1988, p 30):

Não há aí nada de absurdo, nada de espontaneamente chocante. Este ainda é muitas vezes o raciocínio comum de vários de nossos contemporâneos,

inclusive de cientistas, fora de sua atividade profissional. Para Aristóteles, o resultado deste método, embora muitas vezes contestado, conduziu por vezes a hipóteses sobre as quais a posteridade mais ou menos longínqua não foi sempre negativa.

Um fato interessante da vida de Aristóteles ocorreu em 343 a. C., quando foi convidado a ser tutor de Alexandre, filho do rei Filipe II da Macedônia. O interesse do rei era que seu sucessor fosse um filósofo requintado e Aristóteles permaneceu com Alexandre durante quatro anos.

Quando retornou à Atenas, em 335 a. C., fundou sua própria escola, a “Liceu”. Lá, disponibilizou aulas públicas sobre variados temas, como a Lógica, da qual é considerado pai, pois ensinou a todos os que vieram depois dele a pensar com clareza. Fundou o estudo da Biologia, quando ensinou aos seus discípulos a fazer observações e classificações corretas sobre os seres vivos.

Aristóteles, diferente do que era trabalhado pelos pitagóricos, não trabalhava com a ideia de geometrização nos estudos sobre a Natureza. Ele acreditava que tudo partia para uma causa final, para um propósito. Uma análise interessante foi feita em relação ao Universo, que ele acreditava ser um organismo vivo, complexo e governado por uma finalidade.

Ainda falando sobre a natureza, ou a filosofia natural, Aristóteles trabalhava as experiências, as entidades empíricas, distantes das entidades matemáticas. E ele pensava na Matemática como um instrumento científico que possibilita a análise do mundo somente por um ponto de vista quantitativo, e que não permitiria entender a natureza das coisas.

Ao estudar o movimento dos objetos, o dividiu em movimento natural e o movimento violento ou forçado. No movimento natural, houve a definição de que é o movimento das coisas derivado delas mesmas, como exemplo se tem a queda de uma pedra em relação ao chão, que é o seu lugar natural. Já o movimento violento indica que houve um movimento contrário ao que o objeto faria, e nesse caso, uma pedra sendo jogada para cima indicaria tal movimento, pois sua natureza é ir em direção ao chão (PIRES, 2008).

Quando Aristóteles fez um estudo do conceito de gravidade, este estava associado ao corpo ser pesado, o que era definida como corpos graves. Segundo Rosmorduc (1988, p 75) o conceito de Aristóteles sobre tal tema era:

De acordo com as quantidades respectivas de “peso” e de “leveza” que um corpo contém, ele tenderá tanto a cair – seu lugar natural é embaixo -, tanto a subir – seu lugar natural é em cima. Sendo assim, se esse corpo é colocado em presença de uma outra matéria contendo, por exemplo, mais peso e menos leveza que ele, ele terá, dentro dessa matéria, tendência a subir.

Sobre essa definição, Aristóteles usou como exemplo a análise de um pedaço de madeira que flutua na água, mas cai quando é solto no ar.

No sentido aristotélico, o conceito de gravidade expressa uma propriedade intrínseca dos corpos graves, ou seja, os corpos pesados. Essa definição vem da tendência destes de se moverem em direção ao centro da terra. Aristóteles acreditava que a massa (peso) influenciava na queda dos corpos e os corpos restritos às leis da física terrestre eram formados por quatro elementos (terra, água, ar e fogo), sendo a terra o mais pesado dos elementos, seguido da água e, posteriormente o ar e o fogo (PIRES, 2008).

3.3 A Física do Impetus

A Física do Impetus é entendida como um conjunto de estudos e tentativas para a reelaboração da Física aristotélica. Há indícios que essa corrente de pensamento tenha surgido ainda na época de Aristóteles e foi uma fase de pensamento que durou até a Física Galileana. Entre os principais nomes que contribuíram para essa corrente, destacaremos Buridan e Benedetti.

Os defensores desta Física iniciam seus argumentos a partir de uma crítica da ideia de Aristóteles, que não explicava como o ar iria possibilitar o movimento de corpos muito pesados (extremamente graves), como pedras e balas de canhão. Para um melhor entendimento, vamos usar o exemplo de um lançamento oblíquo de um objeto, em que há uma ‘atuação’ do Impetus nesse movimento enquanto ele está no ar, e entender que ao fim do movimento - quando a pedra atinge o solo – o Impetus zerou, deixou de existir no corpo. Nesse exemplo é possível entender como a ideia da continuidade do movimento é proposta pelos estudiosos a partir do Impetus, que seria associado a uma grandeza que permitia o deslocamento, ou seja, uma categorização motriz (ARAÚJO FLHO, 2006).

Jean Buridan (1300-1358) trabalhou com uma versão modificada da Física do Impetus. Ele não admitia que o impetus era algo que durava apenas um certo tempo, como imagina os pensadores gregos dessa corrente, pois ele resolve considerar o impetus permanente, que seria um agente atuante até o surgimento uma resistência ou de forças opostas.

Uma outra análise diferenciada feita por Buridan foi na relação do impetus, que este acreditava ser proporcional à quantidade matéria, massa do corpo e à sua velocidade. Essa análise poderia ser aplicada em movimentos lineares e circulares, sem distinção. Com isso, o conceito de impetus desenvolvido por Buridan tratava, de certa forma, de conceitos de momento linear e momento angular, sendo que tais conceitos só foram conhecidos a partir de Newton.

Buridan também aplicou o seu conceito de impetus à queda acelerada de objetos, quando definiu que conforme o movimento de corpos pesados ficaria mais rápido, em função inicialmente da gravidade, e posteriormente com o impetus adquirido em comum com o movimento, este se torna mais forte e maior. O que era muito comum na época e que muitos estudiosos não deixavam claro, era a relação de dependência da velocidade com o tempo decorrido, ou a distância decorrida, e Buridan também não explicou (ZANETIC, 1994).

Um dos grandes críticos de Aristóteles, e que fazia parte dessa corrente, foi Giambattista Benedetti. Ele chegou a afirmar que a explicação do fenômeno do arremesso por Aristóteles não tinha valor algum. Aristóteles indicava que o movimento seria sustentado pelo ar, que seguia o corpo, mas Benedetti indicava que este ar iria reter este corpo, ao invés de fazê-lo se movimentar. Com isso, para indicar como o corpo se manteria em movimento, ele definiu que o movimento se daria pela impressão deste, denominado *impetus*. Apesar de indicar uma confusão de definição e associada ao senso comum, e ainda assim atrelada à cosmologia aristotélica, a Física do impetus nega a ação motriz do meio, conforme era tratado por Aristóteles.

Benedetti também defendeu uma formulação diferente da de Aristóteles, que acreditava que a velocidade era proporcional à razão da força e a resistência do meio:

$$V \propto \frac{F}{R}$$

Na formulação que Benedetti defendia, a velocidade não poderia aumentar indefinidamente, ao ponto que a resistência do meio se anulava, como era na formulação aristotélica:

$$V \propto (F - R)$$

Benedetti associava o aumento da rapidez do movimento com a rarefação crescente dos meios, mas a sua formulação acabou ficando limitada, pois ela não permitia indicar movimento quando haveria igualdade entre a força motriz e a resistência ($F=R$) (ARAÚJO FILHO, 2006).

3.4 A Física Galileana

Galileu Galilei nasceu em Pisa, em 15 de fevereiro de 1564, e seu pai, Vincenzo Galilei tinha habilidades em Matemática e Música, não queria que seu filho se tornasse músico ou matemático, em função de serem profissões com baixa remuneração. O pai de Galileu queria que ele estudasse medicina, na universidade local, em Pisa. Porém, por falta de dinheiro Galileu deixou a universidade sem concluir o curso de medicina. Mas ele estava mais interessado nos

estudos matemáticos e investigações dos fenômenos naturais, tendo desenvolvido vários instrumentos, como a balança hidrostática, um tipo de compasso geométrico que permitia medir ângulos e áreas, um termômetro e é considerado o precursor do relógio de pêndulo, mas esse fato requer confirmação, pois conta-se que este, usando o seu pulso como relógio, conseguiu verificar que um candelabro preso no teto de uma igreja tinha oscilações com duração constante, qual fosse a amplitude. Contudo, há relatos que o candelabro só foi instalado vários anos depois do suposto acontecimento.

Galileu teve que deixar a Universidade em 1585, pois estava sem dinheiro, e não obteve o grau de doutor, mas ele não parou com seus trabalhos matemáticos e as investigações, tendo publicado um ensaio em que descreve a invenção da balança hidrostática. Escreveu um tratado sobre a determinação do centro de gravidade dos sólidos e, em função desse trabalho, foi chamado de o Arquimedes de seu tempo. Após várias tentativas, Galileu conseguiu se tornar professor na Universidade de Pisa, onde trabalhou com a teoria do ímpeto proposta por Philoponus, usando a relação proposta por este ($V = F - R$). Nos anos seguintes, Galileu conseguiu realizar várias experiências sobre a queda dos corpos, refutando de forma ofensiva as ideias aristotélicas e os defensores destas. Em contraste, porém, demonstrou grande admiração por Arquimedes. Há considerações históricas de que a publicação dos trabalhos de Arquimedes durante a Renascença foi um dos principais fatores que levaram à matematização da Natureza, sendo essa a principal característica da revolução Científica. Foi sob a influência de Guidobaldo dal Monte que Galileu adotou os princípios da filosofia de Arquimedes (PIRES, 2008).

Galileu é considerado o pai da ciência moderna, pois embora tenha havido estudos anteriores sobre as leis dos movimentos, nenhum foi realizado de forma tão detalhada e quantitativa, conforme Galileu fez. Podendo ser considerado um inovador na utilização da matemática de forma consciente e sistemática como uma linguagem que exprime toda uma realidade física, sendo um método que se apoia na experiência. Desde Galileu se conhece sobre a queda dos corpos, a gravidade e o que ela produz. Essas compreensões originaram de inovações relacionadas aos conceitos de espaço, tempo, velocidade e aceleração, e que foram desenvolvidas por Galileu (ROSMORDUC, 1988).

Galileu teve influência de grandes pensadores, como Clavius, Oresme, Bradwardine, Benedetti entre outros, quando tentou elaborar novas propostas que pudessem explicar o fenômeno do movimento. E, utilizando correções na lei de movimento de Aristóteles, sendo uma delas o reconhecimento de que o movimento acelerado podia ser tanto de maneira uniforme como não uniforme, Galileu conseguiu revolucionar o estudo do movimento. Com essa análise,

ele pode obter uma descrição melhor e mais precisa dos fenômenos, propondo uma formulação das leis que regem os fenômenos e separando a ideia de um posicionamento meramente contemplativo. Esta nova postura de Galileu possibilitou ao distanciamento da ciência em relação à filosofia

Outro grande influenciador nos trabalhos de Galileu foi Arquimedes. Após deixar a universidade sem nenhum título e retornar à Florença, ele se pôs a estudar Euclides e Arquimedes privativamente. De 1585 até 1589 Galileu deu suas primeiras aulas em Florença e em 1586 ele compôs um curto trabalho, no qual ele reconstruiu o raciocínio de Arquimedes na detecção da fraude da coroa de Heiron e aperfeiçoou a teoria do balanço hidrostático. Enquanto viveu em Pádua, a partir de 1600, Galileu solucionou problemas técnicos da Mecânica e de aplicações desse conhecimento técnico, sendo um deles a invenção de uma bomba para fazer subir a água (ARAÚJO FILHO, 2006).

Ainda falando sobre a queda dos corpos e as investigações de Galileu, ele concluiu que a queda dos corpos se dá de forma acelerada em todo o trajeto e não apenas em parte dele, mudando seu pensamento anterior. Ele afirmou que um corpo em movimento natural aumenta a sua velocidade de forma proporcional à distância do ponto em que iniciou seu movimento. Quando Galileu publicou, em 1638, o seu livro “Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”, ele reformulou essa concepção errada da queda livre e propôs que a velocidade é proporcional ao tempo e não à distância de queda, associando ainda à queda dos corpos a um movimento com aceleração constante. Essa análise ele conseguiu entender “depois de longas reflexões”, conforme expõe em seu livro.

Galileu enfrentou dificuldades na realização de experiências com a queda livre, pois essa se dá de uma forma muito rápida, o que dificultava obter medidas bem precisas de tempo. Galileu vislumbrou uma alternativa ao experimento da torre de Pisa para investigar a relação entre o peso de um corpo e sua velocidade de queda. Os experimentos sobre o movimento de corpos num plano inclinado são detalhadamente descritos por Galileu na sua famosa obra “Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”.

Utilizando um plano inclinado para diluir a rapidez dessa descida, Galileu propôs a hipótese de que qualquer que fosse a aceleração de um objeto deslizando sobre um plano inclinado o seu movimento seria, assim como o de um corpo em queda livre, um movimento uniformemente acelerado. Essa é uma hipótese bem aceitável, pois um corpo que desce um plano com uma certa inclinação está, quando se analisa a variação de velocidade, em uma situação intermediária a outras duas: de um lado a que envolve uma superfície horizontal, onde um objeto nela colocado em repouso, neste caso, permaneceria parado; e de outro a que se

refere a uma superfície com 90° de inclinação, em que o objeto cairia como se não existisse a referida superfície.

Através da experiência com o plano inclinado, Galileu validou que os espaços são percorridos pela esfera em quadrados de tempos ($d \propto t^2$), e isso em todas as inclinações do plano, mas deve-se notar que essa relação entre as variáveis pode ser estabelecida em diversos níveis de aproximação. Galileu sabia das limitações de seu experimento, dos efeitos retardadores do meio no deslocamento dos corpos e das medidas aproximadas para o tempo. Então, ele não procurava uma proporcionalidade exata entre as variáveis distância e tempo ao quadrado. A relação experimental por ele obtida é, sem dúvida, aproximada, mas muito importante porque, a partir dela, ele pode inferir que o movimento uniformemente acelerado, a rigor, não é o movimento que um corpo executa ao cair, pois há resistência em seu deslocamento, o que poderia alterar o minimamente o movimento da esfera. A queda de um corpo com aceleração constante só ocorre em uma situação ideal, ou seja, quando não ocorre nenhuma resistência ao seu deslocamento. Essa situação só ocorre no “vácuo”, e somente aí se tem, de forma exata, a proporcionalidade $d \propto t^2$ (PEDUZZI, 2009).

Galileu foi o primeiro, em um espaço de 300 anos, a submeter as leis do movimento à prova do rigor da experiência e demonstrou que podiam ser aplicadas ao mundo fenomenológico. Apesar de parecer simples, ou de pouca importância, o seu trabalho foi capaz de compreender como relacionar as abstrações com o mundo real, pois os princípios físicos usados por Galileu já eram conhecidos desde meados do século XIV.

Essa característica particular de Galileu, de combinar o ponto de vista matemático do mundo com aspectos empíricos obtidos pela observação crítica dos fenômenos naturais, expõe a concepção experimental conhecida hoje em dia (ARAÚJO FLHO, 2006).

3.5 A Física Newtoniana

Isaac Newton nasceu na Inglaterra, em Woolsthorpe, na data de 25 de dezembro, mas pelo calendário oriundo da reforma papal, consta 4 de janeiro de 1643. Essa diferença se dá pelo fato de a Inglaterra, na época, não ter adotado este calendário utilizado na Itália. Newton era filho de um fazendeiro, também chamado Isaac Newton, e que faleceu meses após seu nascimento. Com isso, sua mãe casou-se novamente, mas acabou não indo morar com ela e seu padrasto, tendo sido deixado com sua avó materna. Há indícios que esta separação teve forte influência no comportamento de Newton, como o sentimento de insegurança e as tendências psicóticas.

Newton demonstrou desde cedo habilidades mecânicas, construindo moinhos, relógios de água, pipas, entre outras coisas, mas no início de sua vida escolar, no liceu de Grantham, se mostrou um estudante indiferente, mas por ocasião de uma confusão com um colega de escola, mudou sua conduta e acabou se tornando o melhor aluno da classe. Com sua mãe ficando viúva novamente, Newton teve que deixar a escola por questões financeiras, e ela imaginava que ele pudesse cuidar da fazenda da família, pois tradicionalmente os homens cuidariam dos negócios de toda a família, mas Newton nunca se interessou nesse tipo de trabalho, retornando seus estudos em Grantham após conselho de seu tio.

Newton estudou no Trinity College, de Cambridge, tendo se matriculado em 1661 e obteve o grau de bacharel em humanidades, já em 1665. Seu trabalho científico sofreu forte influência de seu professor e orientador Isaac Barrow, quando foi orientado a estudar novamente o livro de Euclides. Além disso, fez um importante estudo sobre a Geometria de Descartes, sendo que esse estudo o inspirou a realizar trabalhos originais em matemática. E, ao que tudo indica, Newton foi um autodidata em Matemática, pois no currículo do Trinity College não havia essa disciplina (PIRES, 2008).

Com a publicação do *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Princípios matemáticos de filosofia natural), em 1687, Newton protagoniza um dos mais importantes capítulos na história da física, pois promoveu a grande transformação intelectual que deu origem à ciência moderna.

O *Principia* emerge em uma ciência que sofreu uma agitação a partir da nova postura filosófica. As hierarquias e qualidades finalísticas e ocultas da filosofia natural aristotélica não fazem mais sentido à discussão. E estudando as leis do movimento, Newton iniciou a compreensão dos fenômenos físicos (como a queda dos corpos) e desenvolveu novos estudos para se ter a compreensão de muitos outros fenômenos físicos (como a reflexão e a refração), biológicos (como a circulação sanguínea), fisiológicos (como as sensações), astronômicos (como o movimento dos astros) e químicos (PEDUZZI, 2011).

Sua obra, *Principia* é considerada uma das mais influentes na história da ciência. Publicada em 1687, esta obra descreve a lei da gravitação universal e as três leis de Newton, que fundamentaram a mecânica clássica. O prestígio de Newton fez com que as atenções da ciência virassem numa direção de não produção por muito anos, isso em função dos trabalhos desenvolvidos por ele, que tinham o caráter altamente perfeito, e não eram alcançados pelos seus contemporâneos. Mas, esse abrandamento do avanço científico na Inglaterra e no resto do mundo culto, mesmo que em menor grau, foi influenciado, também, por fatores sociais e econômicos. Houve uma redução nos investimentos da produção científica que era aplicada nas

navegações, no comércio e na manufatura, para se investir na terra, ou seja, na produção agrícola. Com isso, usou-se métodos técnicos melhorados, mas que ainda contavam com a operação manual, que foi o suficiente, durante algum tempo, na produção de tecidos e alguns artigos manufaturados (BERNAL, 1965).

A mecânica de Newton, juntamente com os trabalhos de Galileu, contradiz a ‘mecânica’ de Aristóteles sobre a queda dos corpos, a lei da inércia, a proporcionalidade da força e da aceleração. A partir destes trabalhos, novos princípios foram propostos, constituindo uma verdadeira “revolução” científica na mecânica. Segundo Rosmorduc (1988, p 81), as principais leis do movimento são em números de três, e a primeira lei, que foi denominada “lei da inércia”, pode ser enunciada que “todo corpo permanece no estado de repouso ou de movimento uniforme no qual ele se encontra, a menos que alguma força aja sobre ele e o obrigue a mudar seu estado de movimento.”

Dessa forma, estando um corpo em movimento, se for nula a resultante das forças e dos momentos das forças que atuam sobre este corpo, ele seguirá em movimento uniforme. Isso indica que a velocidade é constante e sua trajetória é, portanto, uma reta.

Ainda utilizando a definição de Rosmorduc (1988, p 81), a segunda lei, que foi denominada posteriormente nos tratados como “princípio fundamental da dinâmica” é enunciada que “as modificações que ocorrem na quantidade de movimento ($\vec{P}=m.\vec{v}$) são proporcionais à força motriz e se realizam na linha reta onde esta força foi imprimida.”

Como para Newton, a massa de um corpo permanece invariável, as alterações da quantidade de movimento só têm relação com v . A segunda lei, portanto, enuncia a proporcionalidade entre a força e a alteração da velocidade, ou seja, a aceleração, que se tornou precisamente definida por Newton, mas teve uma noção dessa grandeza esboçada por Galileu. E a terceira lei, que foi chamada “princípio da ação e reação” e é específica, e de forma devida, a Newton, Rosmorduc (1988, p 82) definiu seu enunciado como “a ação é sempre igual e oposta à reação, isto é, as ações de dois corpos, um sobre o outro, são sempre iguais e em direção opostas.”

O Físico soviético Boris Hessen, através de um artigo apresentado, em 1931, no II Congresso Internacional da História da Ciência e Tecnologia, em Londres trouxe uma importante análise dos trabalhos desenvolvido por Newton e as características da sociedade em que ele viveu, indicando influências de ordem social, econômica, marítima e militar. O interesse por seus trabalhos e sua personalidade têm sido uma busca de diversos cientistas, de diferentes lugares do mundo e, também, de diferentes épocas. Tudo isso se deve à enorme quantidade de descobertas científicas que seus trabalhos proporcionaram, pois são considerados brilhantes e

inovadores. E, com isso, sua nova metodologia científica determinou um novo rumo na produção científica, desenvolvendo uma grande influência nas novas produções científicas.

O que se mais se tenta estudar é como Newton conseguiu propor mudanças tão radicais no desenvolvimento da ciência, quais as principais influências foram determinantes para essa mudança de pensamento em relação aos cientistas anteriores. Questões pessoais determinaram um comportamento diferenciado de Newton, que era classificado com introspectivo e de personalidade forte. Mas, as principais influências nos trabalhos de Newton podem ser classificadas como de origem externalistas, devido à grande quantidade de produções científicas e nas diversas áreas de conhecimento. Os brilhantes sucessos das ciências naturais durante os séculos XVI e XVII foram condicionados pela desintegração da economia feudal, pelo desenvolvimento do capital mercantil, das relações marítimas internacionais, da indústria pesada (mineração), e da necessidade do aperfeiçoamento das armas militares.

Quando se trata dos meios de transporte, o desenvolvimento por meios fluviais era importante em função da velocidade e da quantidade de material que poderia ser transportada. Questões sobre como melhorar a estabilidade dos barcos, a localização em função da latitude e longitude e o aperfeiçoamento da bússola, foram resolvidas por Newton quando ele estudou a hidrodinâmica e o movimento dos corpos em diferentes meios, desenvolveu um importante estudo sobre os corpos celestes e formulou a teoria da gravitação universal, além do desenvolvimento de estudos em ótica, feitos a partir do uso de instrumentos óticos já existentes.

O poder unificador e profético das leis desenvolvidas por Newton era centrado na revolução científica e na difundida noção de que a investigação racional pode revelar o funcionamento mais intrínseco da natureza. Elaborando um estudo contrário ao de Aristóteles, iniciou sua jornada no sentido de mudar a maneira de pensar em 1664, quando começou a fazer anotações sobre os trabalhos de pensadores europeus modernos, como Galileu e Descartes. No desenvolvimento do pensamento científico clássico, ele fez uma grande contribuição, conseguindo completar o novo modelo de pensamento. Com Newton, a ciência abandonou a visão aristotélica associada à natureza e passou a trabalhar com um modelo mais pitagórico, desenvolvendo a ciência a partir de números. Essa mudança de pensamento em relação à ciência propiciou que os novos estudos fossem fundamentados nas necessidades da sociedade, que envolvem questões sociais, econômicas e militares.

Uma grande contribuição de Newton trata sobre a balística, quando ele fez investigações sobre o voo de uma bala através do ar, realizando estudos sobre a resistência do ar e as causas do desvio. Como tratado por Hessen (1931, p 46) no final do século XVII a artilharia deixou de

ter características medievais em diferentes países, sendo incluída aos exércitos e possibilitando um grande desenvolvimento desses armamentos:

Conseqüentemente, experiências sobre a relação entre calibre e carga, a relação do calibre com o peso e o comprimento do caminho no fenômeno do recuo, desenvolveram-se em larga escala. O progresso da balística deu-se de mãos dadas com o trabalho dos mais proeminentes físicos.

Galileu fez um estudo sobre a trajetória parabólica de uma bala; Torricelli, Newton, Bernoulli e Euler ocuparam-se sobre os outros aspectos, como o voo dessa bala, a resistência oferecida pelo ar e os motivos dos desvios da bala durante sua trajetória parabólica.

Capítulo 4: Metodologia

O estudo realizado constitui uma pesquisa qualitativa, onde é frequente que os pesquisadores procurem entender os fenômenos, segundo a perspectiva dos participantes e, a partir daí, situe sua interpretação dos fenômenos estudados. A modalidade desta pesquisa será o estudo de caso, caracterizado como sendo exame detalhado de um ambiente, de um sujeito ou de uma situação em particular (NEVES, 1996). Essa modalidade de estudo realizada permitiu uma análise dos sujeitos, dentro de um contexto específico, a partir de uma reflexão dos resultados obtidos, para uma melhoria dentro do ensino de Física.

A pesquisa foi realizada no Colégio Estadual Doutor Orlando Leite, localizado na Rua H, s/n, Urbis II-Bairro Bateias, Vitória da Conquista-Bahia. É uma escola de pequeno porte com oito salas de aula, localizada na periferia da cidade, que proporciona o ensino fundamental e médio presenciais, e na modalidade regular.

O público estudantil é composto por jovens adolescentes e, em alguns casos, adultos, que buscam desenvolver os estudos com o propósito de terminarem o ensino médio (etapa final da educação básica). Em função de condições socioeconômicas, a maioria dos alunos almeja, ao término desse processo, ingressar no mercado de trabalho, enquanto a minoria compartilha o desejo de concluir a educação básica intentando melhores condições profissionais, alguns, aprovação em cursos superiores e realização de cursos técnicos.

A disciplina Física é ofertada no período diurno em seis turmas, que compõem o ensino médio, sendo três turmas no turno matutino e três no turno vespertino. O trabalho foi desenvolvido na turma da 1ª série do ensino médio do turno vespertino. Os alunos escolheram a turma pela sua disponibilidade em relação ao turno e à disponibilidade de vagas oferecidas pela escola. Os professores dispõem de duas aulas com duração de 50 minutos cada em um dia da semana, ao longo do ano, para desenvolver os conteúdos referentes à 1ª série do Ensino Médio.

No desenvolvimento da nossa abordagem metodológica, alguns instrumentos foram utilizados com a finalidade de produção de dados para auxiliarem nossas análises. As observações durante as aulas foram registradas por meio de anotações e captação de áudio, no decorrer de duas aulas por semana. A partir dessas informações produzidas, foram feitos diários de bordo, resultando num total de 04 diários, ao final do processo.

A secretaria estadual de educação (SEC) fornece uma caderneta, que é idêntica em toda a rede estadual, onde o professor relata, de forma bem simplificada, o desenvolvimento do conteúdo programático e quais atividades foram realizadas em sala de aula.

Nos registros buscamos destacar a maneira como o planejamento foi desenvolvido, a postura dos estudantes durante as aulas e suas falas, evidenciando dificuldades ou potencialidades do trabalho.

No período de novembro de 2017 a dezembro de 2017 foi realizada a aplicação do produto educacional do MNPEF, que consiste em uma Sequência Didática, no Colégio Estadual Doutor Orlando Leite, na 1ª série do Ensino Médio, em uma turma de 22 estudantes.

Inicialmente foi aplicado um questionário de sondagem sobre conceitos de queda dos corpos (movimento vertical). O teor das questões foi de ordem conceitual sobre aspectos, importância e contribuição da temática. Desse modo, o método considerado tornou-se importante neste estudo, pois possibilitou a reflexão e interpretação das respostas de cada sujeito bem como a relação destas com a literatura para melhores inferências sobre os dados obtidos.

A SD contemplou desde o pensamento aristotélico, a definição do *impetus*, passando pelos importantes estudos de Galileu (fase galilaica) até as Leis de Newton e seus estudos do movimento dos corpos, em duas análises. Na primeira, a evolução do conhecimento foi trabalhada a partir da visão *internalista*, em que esta trabalha como a teoria evolui e quais lógicas estão associadas às descobertas que originam o pensamento. Na visão *externalista*, trabalhou-se todo o contexto histórico que fez com que os pensadores tivessem tais indagações e buscassem solucionar os problemas que estavam associados ao seu contexto social. Nesse sentido, foram utilizados recursos, como imagens, músicas e poesias de diversas épocas, mas associados ao período em que o conhecimento científico estudado estava em evidência.

A abordagem internalista foi desenvolvida a partir da discussão de leis e conceitos da Mecânica articuladas a pequenos experimentos aplicados com os estudantes, a fim de induzi-los a refletir e discutir os pontos defendidos pelos cientistas ou pensadores de cada fase histórica. Moraes e Junior (2014) afirmam que os estudantes, motivados por sua curiosidade, buscam novas descobertas, questionam assuntos, o que favorece uma aprendizagem mais significativa.

Durante o estudo de cada fase e aplicação do projeto foram desenvolvidas algumas atividades experimentais para que os estudantes pudessem identificar a evolução do conhecimento em cada período. As atividades desenvolvidas durante a aplicação da SD estão a seguir:

Atividade experimental 1 – Essa atividade consistiu em abandonar bolas de diferentes massas (isopor, bola de tênis e bola de plástico), de uma determinada altura, que foi definida e medida com o equipamento necessário (trena), e que permitiu analisar, a partir do tempo de

queda e altura, a velocidade média de queda de cada bola, o que possibilitou refutar a relação das velocidades médias com a massa das bolas abandonadas em queda livre, já que Aristóteles associava a velocidade de queda de um corpo, de forma proporcional, à massa (peso) do corpo em questão. Após feita essa análise, foi exibido um vídeo com uma experiência de queda, no vácuo, de uma pena e uma bola de boliche, permitindo aos estudantes constatar que a massa não interfere na queda dos corpos.

Atividade experimental 2 - Foi aplicada no segundo momento. Observação da queda de esferas metálicas em diferentes líquidos, e de diferentes densidades, onde se verificou a análise feita por Benedetti, em que se define o aumento da velocidade, até um valor limite, conforme os meios vão ficando rarefeitos.

Nessa etapa, iniciamos o processo com um experimento que consistia em verificar o tempo de queda de esferas metálicas em diferentes líquidos e, a partir disso, analisar uma das teorias associadas à Física do Impetus, que indicava que a velocidade de queda de um corpo aumentava conforme se diminuía a densidade do meio onde ocorria tal movimento. Essa teoria foi proposta pelo Físico Giambattista Benedetti, que era um crítico da Física proposta por Aristóteles. Para a realização dessa atividade experimental inicial, o tempo total utilizado foi de 24 min e 56 s, sendo que foram utilizados diversos líquidos, com diferentes densidades: álcool ($d=0,89 \text{ g/cm}^3$), glicerina ($d=1,26 \text{ g/cm}^3$), água ($d= 1 \text{ g/cm}^3$) e óleo de soja ($0,90 \text{ g/cm}^3$).

Na realização do experimento foi observado que o tempo de queda das esferas metálicas, em tubos de tamanhos iguais, não estava associado às densidades dos meios, de forma que a teoria que Benedetti propôs, associado a velocidade de queda nos meios com suas densidades não era consistente, pois as esferas metálicas foram soltas, respectivamente, na glicerina, com um tempo e queda de 2,31 s, na água, com tempo de queda de 0,59 s, no álcool, com tempo de queda de 0,51 s e, por final, no óleo de soja, com tempo de queda de 1,7 s.

Ainda falando da Física do Impetus, foi exibido um vídeo para que os estudantes pudessem observar como diferentes líquidos (glicose, água, óleo, álcool e querosene) se comportam ao serem misturados e colocados em um único recipiente (tubo de vidro). Após a apresentação do vídeo, com duração de 5 min e 20 s, foi feita uma revisão sobre a aula anterior e também foi explicado o porquê do comportamento dos líquidos citados.

Na continuidade da aula foi concluído o estudo sobre a Física do Impetus. Nesse momento, foi feita uma análise sobre o desenvolvimento das ideias que deram fundamento à Física do Impetus, a partir da refutação da Física aristotélica. Observamos como a ideia da continuidade do movimento proposta pelos estudiosos a partir do Impetus, que seria associado a uma grandeza que permitia o deslocamento, ou seja, uma categorização motriz. Para

exemplificar o estudo, foi utilizado a análise do lançamento oblíquo, onde foi possível observar a ‘atuação’ do Impetus nesse movimento, e entender que ao fim do movimento - quando a pedra atinge o solo – o Impetus zerou, deixou de existir no corpo.

Ainda no terceiro encontro, foi iniciado o trabalhado sobre a Física de Galileu. Neste momento inicial de estudo sobre os trabalhos de Galileu, um vídeo sobre a vida de Galileu foi exibido para que os estudantes pudessem conhecer sua vida e seus principais estudos associados à Física. Há citações sobre as inúmeras contribuições de Galileu para a ciência, e como essas descobertas foram tratadas pela rígida análise da Igreja Católica.

Após o final do vídeo, houve algumas considerações a partir de perguntas específicas, como a análise do telescópio, o melhoramento feito por ele e as primeiras observações feita do céu com um telescópio. Uma parte importante nesse contexto foi colocar a evolução da ciência a partir dos trabalhos desenvolvidos por Galileu.

Na última aplicação da SD, um vídeo sobre a vida de Isaac Newton foi trabalhado. Nesse vídeo, há informações sobre a vida de Newton, em uma análise social e, também, sobre os seus estudos, indicando trabalhos associados à ótica e sobre seu grande trabalho, o *Principia*.

Na continuidade da aula, foi realizada uma análise do contexto social de Newton, verificando que as ferramentas matemáticas disponíveis não foram suficientes para que ele pudesse desenvolver seus estudos. Dessa forma, Newton desenvolveu sua própria matemática: o cálculo. Isso se deu a partir de sua necessidade desenvolver o conhecimento da época, sendo essa uma questão que envolve uma influência tanto internalista, quanto externalista, pois as questões de mundo influenciaram sua busca por novos conhecimentos, como entender o movimento dos corpos celestes.

No apêndice A destacamos o plano de ensino e as atividades que estruturam o conjunto de orientações e atividades para o desenvolvimento dessa sequência didática para o ensino da queda dos corpos.

Em todas as aulas, os estudantes foram questionados sobre como acreditavam que os conceitos foram evoluídos, de tempos em tempos, quais influências estes poderiam enxergar na exibição dos vídeos, na análise de cada período histórico, ou das imagens que refletem o contexto de cada época.

Capítulo 5: Resultados e Discussões

Neste capítulo serão apresentados os resultados e relatos das atividades desenvolvidas durante a aplicação da SD e implementação do produto educacional.

Considerando as respostas do questionário de sondagem, em que na primeira proposição os estudantes foram questionados se concordavam com a análise de Aristóteles sobre o movimento dos corpos, classificado como movimento natural, e a constituição dos objetos (ver página 52), foi possível perceber que os estudantes ainda utilizavam de concepções espontâneas alternativas ligadas ao senso comum. Dos 13 estudantes participantes, 9 responderam acreditar na explicação de Aristóteles, enquanto 3 informaram aceitar em parte a explicação proposta por Aristóteles, e somente 1 estudante disse não acreditar na explicação. A seguir, temos algumas respostas à questão 01, sendo dos que acreditavam, parcialmente acreditavam e não acreditavam, respectivamente:

Estudante 1: *Sim. Porque os corpos teriam os mesmos movimentos e velocidades.*

Estudante 2: *Sim. Acredito que ele pesquisou bastante sobre o assunto e que ele deve ter uma boa explicação para essa análise ou comparação.*

Estudante 3: *Em partes sim, em questão do peso concordo, porém em que cada elemento procura voltar de onde saiu, não.*

Estudante 4: *Não, pois sabemos que os elementos não são definidos assim: 'água, fogo, terra e ar', e sim de centenas de elementos.*

Em relação à segunda questão da sondagem, em que os estudantes são orientados a marcar uma alternativa que indique o estado de movimento e a orientação vetorial da gravidade de uma esfera metálica que foi lançada e atingiu o ponto mais alto da trajetória, dos 13 estudantes que responderam, somente três indicaram a resposta correta, que indicava velocidade nula e aceleração vertical e para baixo. Fazendo uma análise sobre a alternativa incorreta mais indicada, foi possível notar que a maioria dos estudantes, em um total de 6, acreditavam que no ponto mais alto a velocidade da bola seria máxima, ou seja, estes acreditam que a velocidade de um corpo em movimento vertical de subida tende acelerar e não desacelerar.

Com relação à análise da última questão, os estudantes foram indagados a responder sobre a negação de Aristóteles em relação ao movimento no vazio, indicando que a velocidade

atingiria um valor infinito, e se eles acreditavam nessa afirmação de Aristóteles. As explicações divergiram bastantes, mas 06 estudantes acreditavam que a velocidade não atingiria um valor infinito, enquanto 07 estudantes acreditavam que sim. Quatro respostas estão expostas a abaixo:

Estudante 5: *Não, porque o corpo vai cair e vai chegar ao chão e não vai ter como ele atingir um valor infinito.*

Estudante 6: *Não, porque haverá ponto de chegada pra esse objeto.*

Estudante 7: *Sim. Ela vai cair no vácuo e não vai ter um ponto.*

Estudante 8: *Sim, quanto mais alto é lançado um determinado corpo, mais forte será sua velocidade.*

Após a aplicação do questionário de sondagem, para produção de dados sobre o conhecimento que os estudantes possuíam sobre queda dos corpos e a Física Aristotélica, a atividade 1 foi aplicada. Nessa atividade, alguns estudantes interagiram com o experimento, que consistiu em deixar cair esferas de massas e materiais diferentes para a verificação do tempo de queda, e se havia influência da massa nesse movimento de queda. Durante o experimento, que envolveu esferas plásticas e metálicas de massas diferentes, houve discussões a respeito do tempo de queda, se seriam iguais ou não. O diálogo entre o professor e os estudantes está a seguir:

Professor: *Observem a queda das esferas metálicas idênticas. Se estas caem juntas, ou se uma cai depois da outra.*

Estudante 1: *Caíram juntas.*

Estudante 2: *Caíram juntas.*

Estudante 3: *Caíram juntas.*

Professor: *Em uma análise rápida, vocês acham que caíram juntas, é isso?*

Estudante 2: *Tinha que ser em câmera lenta.*

Professor: *Vamos lá, mais uma vez.*

...

Professor: *Observem agora a queda das esferas diferentes. Solte elas da altura dos olhos.*

Estudante 1: *Caíram juntas não, professor!*

Estudante 4: *Não caíram juntas não.*

Professor: *Vamos fazer mais uma vez.*

Estudante 1: *Caíram juntas.*

Estudante 4: *Caíram juntas.*

Estudante 2: *A densidade não muda nada na hora de cair não.*

Professor: *Não é a densidade, é a massa.*

Estudante 2: *Então é isso, a densidade não ajuda nada na hora de cair, só a gravidade.*

Professor: *Consequentemente a gente entende que não há interferência da massa.*

No diálogo acima, o professor orientou que os estudantes realizassem o experimento para analisar como as esferas de diferentes materiais iriam cair. Os estudantes discutiram sobre o tempo de queda de cada uma e compreenderam que a massa não influenciava na queda das esferas. Ao fim do diálogo, um estudante indicou que a densidade como uma grandeza que não influencia, mas o professor orientou-o a analisar a massa dos corpos.

Com a aplicação dos experimentos alguns fatores são determinantes para que os estudantes ficassem mais atentos, e um deles é o uso de experimento para explicação do conteúdo. Como os estudantes já haviam estudado queda livre e lançamento de corpos no vácuo, houve questionamentos a respeito do movimento feito pelas esferas de plástico e de metal, analisando a diferença no tempo de queda destas quando soltas no ar:

Professor: *No estudo que nós fizemos sobre os movimentos verticais no vácuo, as equações tinham relação com a massa?*

Estudante 1: *Não!*

Estudante 2: *Não!*

Professor: *Mas Aristóteles não analisava dessa forma, pois ele tinha uma análise intuitiva. Ele não era um pensador empírico. Então, essa ideia dele de associar o movimento dos corpos à massa não era verdadeira.*

Infelizmente, em decorrência do tempo programado para a aula, não foi possível que todos os estudantes interagissem com o experimento. Este é um fator limitante que precisa ser melhor planejado em uma nova aplicação da SD.

No segundo encontro, foi realizado um experimento com quedas de corpos em diferentes líquidos, caracterizando uma das ideias da Física do Impetus, mais precisamente Benedetti, que acreditava que a velocidade aumentava com a rarefação dos meios. Nesse experimento, os estudantes verificaram o tempo de queda da esfera metálica nos tubos com os

líquidos citados. Os estudantes foram orientados a participarem fazendo medidas dos tempos das quedas. A seguir há um diálogo durante o experimento:

Professor: *Vamos usar a água, que tem densidade de $1,00 \text{ g/cm}^3$, e o óleo, com densidade de $0,9 \text{ g/cm}^3$, o álcool, com $0,89 \text{ g/cm}^3$ de densidade e a glicerina, que tem $1,26 \text{ g/cm}^3$.*

...

Professor: *Nesse experimento a gente vai analisar uma esfera metálica caindo em um tubo que está com glicerina e medir o tempo.*

Estudante 2: *Glicerina? O que é isso?*

Professor: *É um líquido viscoso.*

...

Professor: *Observa aí estudante 2, estudante 3 vai soltar a esfera.*

Estudante 3: *Pode ir?*

Professor: *Pode*

...

Professor: *Quanto? 2,31 s. Então, essa é a primeira análise.*

...

Professor: *Agora, a esfera vai cair em um tubo com água. Estudante 2 vai fazer a medida do tempo.*

Estudante 2: *Deu nem para piscar foi muito rápido.*

Professor: *Você tem que prestar atenção, pois é rápido mesmo.*

...

Professor: *Preste atenção!*

Estudante 2: *Deu menos de 1 s. Foi 0,59 s.*

Professor: *Isso. Deu menos de 1 s.*

...

Professor: *Vamos lá, pessoal! Agora vamos fazer com o álcool.*

Estudante 2: *Parece água.*

...

Professor: *Preste atenção. E2, vamos lá!*

Estudante 2: *0,51 s*

Professor: *Menos de 1 s.*

Estudante 2: *Se tivéssemos um sensor seria melhor, né?*

Professor: *Sim. Seria mais preciso.*

...

Professor: *Esse outro aqui, que é o quarto experimento é com o óleo. Óleo de soja, com densidade de 0,9 g/cm³.*

Professor: *Essa análise aqui é sobre a Física do Impetus, em que um dos estudiosos desse período foi Benedetti, que acreditava que a velocidade aumentava com a rarefação dos meios.*

...

Estudante 2: *A água do mar é diferente de água pura?*

Professor: *Sim, pois há uma maior concentração de sal.*

...

Professor: *Vamos observar novamente.*

Estudante 2: *1,7 s.*

Professor: *Comprova o que Benedetti afirmava?*

Estudante 1: *Não! Está errada.*

Professor: *Isso, pois a densidade do óleo é menor que a da água, mas ela foi mais rápida na água.*

...

Professor: *O que quero mostrar para vocês é isso. A Física foi se desenvolvendo e melhorando os conceitos a partir de observações, experimentos.*

No diálogo anterior o professor indica a realização do experimento para analisar como os corpos iriam cair em diferentes líquidos. Os estudantes compreenderam que a densidade não influenciava na queda da esfera metálica. Além disso, eles conseguiram associar os aspectos internalistas que fizeram a ciência evoluir, conforme ARAÚJO FILHO (2006) pontua como importantes de serem considerados. Em uma análise externalista, podemos identificar a influência das navegações, pois o estudo do comportamento e movimento de corpos em meios líquidos foi fundamental para melhoria da navegação para essa época, até metade do século XVI, que indicou grandes mudanças nas navegações a partir da utilização de meios de localização em mar aberto, como os corpos celestes e, principalmente, a bússola, conforme HESSEN (1971), “ela tornou-se de uso universal apenas na segunda metade do século XVI. Os mapas geográficos marítimos surgiram nessa época.”

Sobre o movimento dos corpos em meios líquidos e o conhecimento das leis, Hessen pontua que esse estudo melhora a qualidade da flutuação, pois esse movimento em um meio

resistente faz parte do estudo da hidrodinâmica, que é o estudo do movimento dos corpos, nesse caso, na água.

Na conclusão dessa etapa, foram destacadas ideias que deram fundamento à Física do Impetus, a partir da refutação da Física aristotélica, como por exemplo, a ideia da continuidade do movimento proposta pelos estudiosos associando-o a uma grandeza que permitia o deslocamento, ou seja, uma categorização motriz. Para exemplificar o estudo, foi utilizado a análise do lançamento oblíquo, onde foi possível observar a ‘atuação’ do Impetus nesse movimento, e entender que ao fim do movimento - quando a pedra atinge o solo – o Impetus zerou, deixou de existir no corpo.

Uma dificuldade encontrada foi a respeito da definição do que seria o Impetus. Um estudante questionou se seria uma aceleração, ou a gravidade, mas foi colocado que o Impetus seria uma grandeza que possibilitava o movimento, mas não estava associada a nenhum tipo de aceleração.

Ao final desta aula, foram trabalhados os fatores internalistas e externalistas associados aos estudos dos cientistas que estavam envolvido com a Física do Impetus, onde indicamos a busca por novas concepções para a definição de determinadas áreas da Física, como o estudo do movimento dos corpos, e a relação com a sociedade em que tais cientistas estavam inseridos, como foi o estudo dos movimentos balísticos para equipamentos de grande artilharia. Foram considerados, portanto, os aspectos discutidos por ZANETIC (1984) e FREIRE JUNIOR (1993), ainda que de forma expositiva.

Os estudantes não tiveram uma participação ativa nessa aula, fazendo poucas observações. O que foi possível perceber é que as aulas com experimentos tendem a aguçar a curiosidade destes, fazendo surgir muitos questionamentos sobre a atividade desenvolvida. O que poderia ser alterado nessa aula seria a forma como foi apresentada. Talvez seria possível dialogar mais com os estudantes, propondo que estes fizessem análises sobre o que foi exposto para que pudessem interagir mais, com perguntas e exposição de possíveis dúvidas.

Na segunda aula desse dia, foi iniciado o trabalho sobre a Física de Galileu. Neste momento inicial de estudo sobre os trabalhos de Galileu, um vídeo sobre a vida de Galileu foi exibido para que os estudantes pudessem conhecer sua vida e seus principais estudos associados à Física, suas contribuições para a ciência, e como essas descobertas foram tratadas pela rígida análise da Igreja Católica.

Em uma análise do contexto social em que Galileu vivia, abordei as influências que o fizeram estudar e desenvolver as principais teorias associadas o movimento dos corpos, como

a artilharia pesada utilizada tanto pelos navios, como em canhões fixos no chão. Durante essa análise, um estudante perguntou como funcionava a artilharia utilizada nos navios:

Estudante 2: *Eles perceberam que os tiros não podiam ser retos, né?*

Professor: *Não, pois em longas distâncias, a bala do canhão iria cair antes.*

Estudante 2: *Eles entenderam isso pelos canhões?*

Professor: *Sim. Pode se dizer que também foi. Pois havia a necessidade de entender como as grandes armas, o que se chama de artilharia pesada, poderia ser melhorada.*

...

Professor: *Esse caso indica ser uma abordagem externalista, que expõe pra gente as dificuldades e a evolução do pensamento a partir do convívio social de cada cientista.*

Outra pergunta interessante feita por um dos estudantes foi sobre a diferença entre Aristóteles e Galileu em relação ao pensamento e o desenvolvimento das suas teorias. Enquanto Aristóteles tinha as suas teorias a partir de seus pensamentos e suas observações, Galileu foi mais além a partir de experimentos e observações mais elaboradas:

Estudante 5: *Qual a diferença entre Galileu e Aristóteles? Quais as mudanças que houve?*

Professor: *Aristóteles imaginava as coisas, era bem intuitivo.*

Estudante 5: *Ele não confirmava suas ideias com experimentos?*

Professor: *Ele não fazia experimentos. Já Galileu era um experimentador. A ciência de hoje é moderna em função disso. Várias pesquisas.*

Na última parte da aplicação da SD, apresentamos a vida de Isaac Newton. Nesse contexto, houve desenvolvimento de informações sobre a vida de Newton, em uma análise social e, também, sobre os seus estudos, indicando trabalhos associados à ótica e sobre seu grande trabalho, o *Principia*. Neste trabalho, Newton fez uma revolução ao explicar a gravidade, e consequentemente matematizou a força gravitacional, indicando sua atuação entre dois corpos que estão a uma determinada distância um do outro. Essa parte é importante para explicar como os corpos fazem os movimentos verticais, ou seja, o que os fazem movimentar.

Fazendo uma análise do contexto social de Newton, é possível ver que as ferramentas matemáticas disponíveis não foram suficientes para que ele pudesse desenvolver seus estudos. Dessa forma, Newton desenvolveu sua própria matemática: o cálculo. Isso se deu a partir de sua necessidade desenvolver o conhecimento da época, sendo essa uma questão que envolve uma influência tanto internalista, quanto externalista, pois as questões de mundo influenciaram sua busca por novos conhecimentos, como entender o movimento dos corpos celestes, ou explicar como se formam os arco-íris. E falando sobre os estudos desenvolvidos por Newton na ótica, foi discutido com os estudantes sobre como ele conseguiu trazer um novo olhar para explicar os fenômenos naturais, ou seja, a ciência também modifica o ambiente, a cultura, e a sociedade, de forma geral. Essa mutação caracteriza uma questão externalista e ocorre com o desenvolvimento internalista. Mas muitos se opuseram à essas explicações, como foi o caso do poeta contemporâneo de Newton, Keats que dizia que os arco-íris constavam agora no catálogo das coisas vulgares (ZANETIC, 2005).

Sobre essa análise, há um destaque sobre o seguinte diálogo sobre como era a relação entre a cultura, em uma análise geral, e o desenvolvimento da ciência:

Professor: Newton fez trabalhos em diversas áreas, e uma delas foi a ótica, e que acabou irritando os poetas da época, pois ele conseguiu explicar perfeitamente como funciona um arco-íris, que era tratado somente como um fenômeno natural, sem relação com a ciência.

Estudante 2: E eles tratavam o arco-íris como?

Professor: Bom, os poetas enxergavam como algo que não tinha relação com a ciência. E, para explicar, Newton falou sobre como a luz branca sofre a dispersão, separação em outras cores, após passar por gotículas de água nas nuvens.

Estudante 2: Então Newton sabia que a luz branca tinha todas as cores?

Professor: Newton estudou a composição da luz branca, e que ela pode se separar em diversas cores. Um exemplo para entendermos é aquele disco colorido que quando você roda, ele fica branco. Esse disco é chamado disco de Newton.

Os estudantes tiveram uma participação satisfatória, fazendo perguntas sobre como Newton conseguiu pensar o movimento dos corpos e o desenvolvimento de expressões matemáticas para explicar tal movimento:

Estudante 5: Professor e a questão da maçã. O que ele queria mostrar?

Professor: *Olha, não se tem certeza que Newton começou a pensar sobre a gravidade depois que uma maçã caiu sobre sua cabeça. Por que a maçã? Porque é muito comum na Europa. Então ele pensou e analisou com uma metáfora: “O que faz uma maçã cair sobre a sua cabeça?”*

Estudante 2: *A maçã seria os planetas e nossa cabeça seria estrela?*

Professor: *Não. Ele trabalhou, nesse caso, no movimento vertical dos corpos. Lembra do movimento natural de Aristóteles? Já Newton não tinha mais essa ideia.*

Estudante 5: *Aristóteles fez análise dos 4 elementos, né?*

Professor: *Isso, mas Isaac Newton vai falar da gravidade. Ele começa estudar e desenvolve cálculos associados aos movimentos dos corpos na terra e dos corpos celestes.*

Com o uso da HC, foi possível perceber que os estudantes criam um interesse na disciplina, deixando de associá-la exclusivamente aos cálculos. Ao observarem que o conhecimento científico foi desenvolvido ao longo do tempo, e que este foi sofrendo influências a partir de diversos contextos, sendo estes sociais, culturais e econômicos, alguns estudantes entenderam que as leis e os conceitos não estão associados unicamente aos estudos dos cientistas, conforme a fala/questionamento do estudante 2: *Então a ideia era melhorada com o passar do tempo, né?*

Capítulo 6: Considerações Finais

Estudar a história da ciência como proposta de ensino de Física é relevante em função de esta proporcionar o entendimento da evolução de todo o pensamento científico ao longo de um período. Mesmo quando a ciência das épocas passadas não tem mais respaldo científico, vale salientar que para o estudo do desenvolvimento de todo o pensamento desde determinada época, até o conceito atual e moderno, é importante para que o ensino de Física faça ligações dentro do contexto histórico, e não fique exposto somente como ‘partes’ de um conteúdo.

Considerando as perspectivas internalista e externalista, a história da ciência é importante para destacar o motivo de o cientista ter se envolvido, naquele período, com o determinado tema. Quais motivações? São de ordem conceitual, ou estavam relacionadas às situações para desenvolvimento da sociedade vigente? Fazendo essas análises pontuais, é possível inserir o estudo da história da ciência no ensino de Física, para que o estudante possa compreender diversos aspectos sobre a ciência e a prender a ciência em si.

Enquanto a SD foi aplicada, verificamos que os estudantes se tornaram mais ativos e participativos em função da aplicação de uma nova metodologia. A curiosidade em saber o que de novo poder vir, e que as aulas não serão pautadas no ensino tradicional, fez com que a interação nas aulas e a discussão dos conceitos físicos evoluísse de uma forma mais eficaz. Durante todas as etapas de aplicação, os estudantes tiveram interesse em participar das discussões e dos experimentos que auxiliaram o desenvolvimento da SD. Com essa metodologia, foi possível estudar física e modificar as ideias não científicas (concepções espontâneas) a respeito dos conceitos básicos associados à queda dos corpos e às Leis de Newton.

É perceptível as dificuldades nas definições dos conceitos físicos. Houve também dificuldades em compreenderem conteúdos aplicados ao experimento de queda dos corpos em diversos meios em relação à densidade e viscosidade, não ensinados anteriormente, quando foi trabalhado com os estudantes cinemática, queda livre e lançamentos verticais. Esta foi uma das limitações da implementação da SD pois estes conteúdos vinham sendo abordados de forma compartimentalizada.

Outro fator limitante foi a disponibilidade de material a respeito da visão externalista, conforme ZANETIC (2013) já havia ressaltado, refletindo-se na extensão ainda tímida dessa abordagem.

Foi possível notar que, com o desenvolvimento da atividade sobre a HC, os estudantes desenvolveram aprendizagem sobre o tema tratado, e conseguiram associar os aspectos sociais que fizeram o conhecimento científico ser desenvolvido especificamente naquela época, ou ao longo dela. Alguns estudantes reconheceram a importância da HC para o aprendizado da Física, sobretudo, considerando que esses conhecimentos enriquecem a formação dos estudantes do Ensino Médio, possibilitando conhecer mais sobre uma importante área de estudo da Física.

Nesse contexto, é evidente que alguns estudantes ainda não entendem o papel da HC no desenvolvimento e enriquecimento do aprendizado em Física, mas o papel do professor no desenvolvimento dos diversos conteúdos de Física, no decorrer do Ensino Médio, utilizando a HC, pode modificar essa ideia e possibilitar um maior interesse por essa área associada à Física.

A partir dos resultados, reflexões e considerações feitas durante o desenvolvimento da SD, sugerimos que a HC, em uma análise do desenvolvimento dos conceitos físicos - visão internalista – e dos demais estudos relacionados às questões sociais, econômicas e culturais que influenciaram os cientistas em suas diferentes épocas - visão externalista - seja trabalhada na 1ª série do Ensino Médio, especificamente no desenvolvimento dos conteúdos da mecânica. Além disso, com essa abordagem, será possível demonstrar aos estudantes a importância da HC para a formação do conhecimento científico.

Referências

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**, Secretaria de Educação Básica, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Vol. 2. 2006. Disponível em:

http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf Acesso em 19 de maio de 2017.

ARAÚJO FILHO, W. D. **A Gênese do pensamento Galileano**, Salvador: Editora Gráfica da Bahia, 2006.

BERNAL, J. D. **Ciência na História, III vol.**, Lisboa: Livros Horizontes, coleção movimento, 1965.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J.A. **Metodologia de Ensino de Ciências**. São Paulo: Ed. Cortez, 1990.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**, 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE JR, O. Sobre as raízes sociais e econômicas dos ‘*Principia*’ de Newton. **Revista da SBHC**, n. 9, p. 51-64, 1993.

FREIRE JR, O. In PEDUZZI, L.; MARTINS, A.; FERREIRA, J. (Org.) **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 9-64.

HESSEN, B. **As raízes sociais e econômicas do “Principia” de Newton**. Tradução João Zanetic e Maria Regina D. Kawamura. São Paulo, 1971. p. 37-55.

MORAES E JUNIOR, Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 4, n. 3, p. 61-67, 2014.

MORAES, R. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**, 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

NEVES, J. L. **Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades.** FEAUSP **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, V.1, N° 3, 1996

PEDUZZI, L. O. Q. **Evolução dos conceitos da Física.** Florianópolis: Editora da UFSC/EAD/CED/CFM, 2011.

PEDUZZI, L. O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 13, n1: p.48-63, abr.1996.

PEDUZZI, L. O. Q. PEDUZZI, S. S. **Física Básica A.** Florianópolis: Editora da UFSC/EAD/CED/CFM, 2009.

PRESTES E CALDEIRA, A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 1-16, 2009.

PEREIRA, E. R. L. Ensino de Física através de softwares gratuitos simuladores de experimentos. In: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 68., 2016, Porto Seguro. **Anais...** São Paulo: SBPC, 2016. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/68ra/>
Acesso em 23 de setembro de 2017.

PIETROCOLA, M. **Ensino de física:** conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Ed. da UFSC. Florianópolis, 2001.

PILETTI, N. PILETTI, C. **História da educação: de Confúcio a Paulo Freire.** Editora contexto. São Paulo, 2012.

PIRES, A. S. T. **Evolução das ideias da Física.** Editora livraria da Física. São Paulo, 2018.

ROSMORDUC, J. **Uma história da Física e da Química (De Tales a Einstein).** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1988.

ZANETIC, J. Resenha: Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 30, n. 1: p. 227-236, abr. 2013.

ZANETIC, J. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49), jan./abr. 2006.

ZANETIC, J. Física e Cultura. **Revista Ciência e Cultura**, v. 57, n 3., 2005.

ZANETIC, J. **Evolução dos Conceitos da Física**. 1994. Aula ministrada no curso de Física, do Instituto de Física da USP. São Paulo. 1994.




ZANETIC, J. Dos “*principia*” da mecânica aos “*principia*” de Newton. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 5 (Número Especial): 23-35, jun. 1988.

ZANETIC, J. A propósito do Artigo de B. Hessen sobre o “*Principia*” de Newton. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 6, n 1, p 33-36, 1984.

Apêndice A

Planos de aula

ATIVIDADE 1 – A FÍSICA ARISTOTÉLICA

  	COLÉGIO ESTADUAL DOUTOR ORLANDO LEITE
1 – IDENTIFICAÇÃO:	
Tema: A Física Aristotélica - visões externalistas e internalistas.	
Professor: Ênio Ricardo Lôbo Pereira	
2 – OBJETIVOS	
<p>→ Contextualizar a evolução histórica do conhecimento científico analisando a física aristotélica;</p> <p>→ Estudar as influências sociais e culturais que permitiram a Aristóteles definir sua ciência;</p> <p>→ Estudar a visão internalista no desenvolvimento dos conceitos relacionados à Física;</p> <p>→ Dialogar sobre como a evolução dos conceitos ocorreu à época.</p>	
3 – METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE ENSINO	
<p>Aplicação de questionário para verificação de conceitos prévios; uso de experimentação sobre queda dos corpos; exposição de vídeo sobre a queda dos corpos no vácuo; debate e discussão sobre a física aristotélica.</p> <p>Iniciar a atividade com a aplicação de um questionário de verificação sobre o conhecimento dos estudantes a respeito da Física aristotélica. Essa atividade durará, em média, 20 min;</p> <p>→ Realizar experiências de queda dos corpos com a participação dos estudantes, para análise e refutação da lógica aristotélica, que tinha como base relacionar a velocidade dos corpos com a massa destes respectivos corpos. Essa atividade será feita em um período de 25 min;</p> <p>→ Exibir um vídeo feito pela NASA sobre a queda dos corpos. Nesse vídeo há uma experimentação sobre a queda dos corpos no ar, sofrendo uma resistência deste meio, e a queda dos mesmos corpos no vácuo. O vídeo tem duração média de 5 min, sendo que será disponível aos estudantes mais 10 min para eventuais discussões sobre a diferença no movimento dos corpos;</p>	

→ Nos 30 minutos finais analisar a física aristotélica, sendo que a abordagem indicará as influências internalistas e externalistas que determinaram o desenvolvimento deste pensamento por Aristóteles. Haverá uma exposição do método aristotélico, conhecido como método dedutivo, indicando as razões de Aristóteles não ter praticado um método científico;

4 – RECURSOS DIDÁTICOS

Mídia impressa, equipamentos para experiência de queda dos corpos, equipamento multimídia.




5 – BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO FILHO, Walter. **A Gênese do Pensamento Galileano**. 1. ed. Editora Gráfica da Bahia, 2006.

ZANETIC, J. Física e Cultura. **Revista Ciência e Cultura**, vol. 57, n 3. São Paulo, 2005.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 13, n1: p.48-63, abr.1996.

ATIVIDADE 2 – A FÍSICA DO IMPETUS

  
1 – IDENTIFICAÇÃO:
Tema: A Física do Impetus.
Professor: Ênio Ricardo Lôbo Pereira
2 – OBJETIVOS
<p>→ Compreender o desenvolvimento de um pensamento crítico à Física aristotélica;</p> <p>→ Estudar as influências sociais e culturais que determinaram a evolução do pensamento sobre a Física do Impetus;</p> <p>→ Analisar as contribuições das visões internalistas no desenvolvimento dos conceitos relacionados à Física do Impetus;</p> <p>→ Debater sobre o surgimento dessa nova ciência nas diferentes épocas.</p>
3 – METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE ENSINO

Uso de experimentação sobre o movimento de corpos em diferentes meios líquidos; exposição de vídeo sobre a densidade de diferentes líquidos; debate e discussão sobre a Física do Impetus e sua evolução contrária a ideia de Aristóteles

→ A atividade será iniciada com uma introdução do que é definida a Física do Impetus, e como ela começou a ser definida. Essa atividade durará, em média, 15 min;

→ Após essa atividade inicial, realizar experiência de deslocamento de corpos esféricos em diferentes meios líquidos, com densidades diferentes e conhecidas - a atividade será feita com o auxílio dos estudantes. Essa atividade servirá para que os estudantes observem como as velocidades dos corpos esféricos variam em função das densidades dos líquidos. Essa atividade será feita em um período de 25 min;

→ Na segunda aula será exibido um vídeo que trata sobre densidade de líquidos. Nesse vídeo há uma torre com diferentes líquidos, com cores e densidades diferentes, para que os estudantes possam entender como a densidade influencia a disposição dos líquidos na torre. O vídeo tem duração média de 5 min, sendo que será disponível aos estudantes mais 5 min para eventuais discussões sobre a densidade dos líquidos, ou para sanar dúvidas recorrentes;

→ Nos 30 minutos finais será feita uma análise sobre a Física do Impetus abordando os principais cientistas que influenciaram esse pensamento, bem como as características internalistas e externalistas que fizeram com que estes cientistas desenvolvessem ideia que refutavam a 'física' Aristotélica.

4 – RECURSOS DIDÁTICOS

Equipamentos para experiência de deslocamento de corpos em líquidos de diferentes densidades e equipamento multimídia.


5 – BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO FILHO, Walter. **A Gênese do Pensamento Galileano**. 1ª ed. Editora Gráfica da Bahia, 2006.



ZANETIC, J. Física e Cultura. **Revista Ciência e Cultura**, vol. 57, n 3. São Paulo, 2005.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 13, n1: p.48-63, abr.1996.

ATIVIDADE 3 – A FÍSICA GALILEANA

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO		COLÉGIO ESTADUAL DOUTOR ORLANDO LEITE	
1 – IDENTIFICAÇÃO:			
Tema: A Física Galileana			
Professor: Ênio Ricardo Lôbo Pereira			
2 – OBJETIVOS			
<ul style="list-style-type: none"> → Entender o desenvolvimento das ideias de Galileu em diversas áreas do conhecimento da Física; → Estudar as influências sociais e culturais que possibilitaram Galileu a desenvolver novos pensamentos dentro dos conhecimentos da Física; → Analisar as contribuições das visões internalistas no desenvolvimento dos conceitos relacionados ao pensamento Galileano; → Debater sobre a evolução proporcionada pelos estudos desenvolvidos por Galileu. 			
3 – METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE ENSINO			
<p>Apresentação de vídeos sobre a vida de Galileu e suas descobertas; debate e discussão sobre os estudos desenvolvidos por Galileu e como estes influenciaram a evolução de novas ideias.</p>			
4 – RECURSOS DIDÁTICOS			
Equipamento multimídia.			
5 – BIBLIOGRAFIA			
<p>ARAÚJO FILHO, Walter. A Gênese do Pensamento Galileano. 1ª ed. Editora Gráfica da Bahia, 2006.</p>			
<p>ZANETIC, J. Física e Cultura. Revista Ciência e Cultura, vol. 57, n 3. São Paulo, 2005.</p>			

ATIVIDADE 4 – A FÍSICA NEWTONIANA

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO		COLÉGIO ESTADUAL DOUTOR ORLANDO LEITE	
1 – IDENTIFICAÇÃO:			
Tema: A Física Newtoniana			
Professor: Ênio Ricardo Lôbo Pereira			
2 – OBJETIVOS			
<ul style="list-style-type: none"> → Entender como Newton desenvolveu seu pensamento científico e como contribuiu no desenvolvimento da ciência; 			

- Estudar as influências sociais e culturais que Newton teve para que pudesse desenvolver suas pesquisas e metodologias no desenvolvimento de novos conhecimentos na Física;
- Analisar as contribuições das visões internalistas nos estudos de Newton e que possibilitaram o desenvolvimento dos conceitos da Física;
- Discutir a evolução da ciência a partir das contribuições de Newton;
- Estudar as leis de Newton analisando os processos matemáticos da segunda lei e o desenvolvimento desde a primeira lei até a terceira lei.
- Estudar e analisar conceitos e métodos básicos da Mecânica Newtoniana, especificamente nas três leis de Newton.

3 – METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE ENSINO

Apresentação de um vídeo sobre a vida de Newton e suas contribuições na ciência; debate e discussão sobre os estudos desenvolvidos por Newton no movimento dos corpos e em outras áreas do conhecimento científico.

4 – RECURSOS DIDÁTICOS

Equipamento multimídia, pincel e quadro branco.

5 – BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO FILHO, Walter. **A Gênese do Pensamento Galileano**. 1ª ed. Editora Gráfica da Bahia, 2006.

ZANETIC, J. Física e Cultura. **Revista Ciência e Cultura**, vol. 57, n 3. São Paulo, 2005.

Apêndice B

Produto educacional – Sequência didática para o ensino da queda dos corpos por meio das abordagens internalista e externalista da história da ciência



PRODUTO EDUCACIONAL

O ENSINO DA QUEDA DOS CORPOS NO PERÍODO GALILEU-NEWTON: CONTRIBUIÇÕES DAS ABORDAGENS INTERNALISTA E EXTERNALISTA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Ênio Ricardo Lôbo Pereira

Orientador(es):
Prof. Dr. Wagner Duarte José
Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva

Vitória da Conquista
Fevereiro de 2019

APRESENTAÇÃO

Este roteiro apresenta uma Sequência Didática (SD) sobre o ensino da queda dos corpos por meio das abordagens internalista e externalista da história da ciência, para ser aplicada no desenvolvimento dos conteúdos da Mecânica por um período de aproximadamente 8 horas/aula, que geralmente ocorrem na 1ª série do Ensino Médio.

A abordagem internalista trabalha como ocorreu a descoberta e as ligações entre as diversas teorias, observando que há uma abordagem exclusivamente epistemológica, centrada nos aspectos conceituais. A abordagem externalista explica a evolução da ciência numa relação dialética com a sociedade e a tecnologia nas diferentes épocas. Há um destaque para as influências sociais que marcaram o desenvolvimento da ciência, ou seja, as necessidades, que a sociedade de cada época, poderia determinar o conteúdo das teorias científicas (ZANETIC, 2005).

É esperado que este trabalho possa contribuir para a melhoria do ensino de Física nas escolas de Ensino Médio, oportunizando aos educadores uma inovação no ensino da queda dos corpos, utilizando a HC. Mesmo com os currículos escolares engessados, e orientados às áreas específicas da Física, que costumam atender os processos seletivos, a proposta deste trabalho se encaixa em diversos aspectos, pois permite um trabalho de análise das visões internalistas e externalistas em várias áreas da Física. Zanetic (2006, p. 43) expõe que:

(...) o ensino da física não pode prescindir da presença da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com outras áreas da cultura, como a literatura, letras de música, cinema, teatro, etc (...) Opto por uma história que contemple tanto a evolução conceitual e metodológica da física quanto sua relação com outras áreas do conhecimento e com a sociedade de uma maneira geral, enfim a física inserida no processo histórico.

É importante ressaltar, também, que essa metodologia busca ampliar a visão sobre as novas propostas educacionais, que permitem desenvolver um trabalho fora do contexto do ensino tradicional.

SUMÁRIO

Orientações iniciais	51
Desenvolvimento das atividades	51
Questionário de sondagem.....	52
Atividade 1: A Física aristotélica	53
Atividade 2: A Física do <i>Impetus</i>	56
Atividade 3: A Física Galileana.....	59
Atividade 4: A Física Newtoniana.....	62
Referências	65

ORIENTAÇÕES INICIAIS

– Apresentar a SD, indicando como será aplicada, em relação ao conteúdo didático, quantas aulas de aplicação e proposta dessa metodologia;

– Aplicar um questionário de sondagem para análise do conhecimento prévio dos estudantes em relação aos conteúdos estudados e uma possível presença de concepções espontâneas. (ver página 52).

DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

Atividade 1 – A Física aristotélica:

Realizar experiências de queda de corpos com diferentes massas, realizando medidas das suas respectivas massas e seus tempos de queda. (página 54).

Atividade 2 – A Física do *Impetus*:

Realizar experiências de queda de corpos com esferas metálicas em diferentes líquidos, realizando medidas dos tempos de quedas. (página 56).

Atividade 3 – A Física Galileana:

Apresentar vídeos sobre a história de Galileu Galilei, analisando os aspectos da sua vida durante as fases de desenvolvimento dos seus importantes trabalhos sobre a queda dos corpos. (página 59).

Atividade 4 – A Física Newtoniana:

Apresentar vídeos sobre a história de Isaac Newton, analisando os aspectos da sua vida durante as fases de desenvolvimento do seu importante trabalho sobre as leis da mecânica (página 62).

QUESTIONÁRIO DE SONDA GEM

Questão 01 – Aristóteles acreditava que os objetos ou corpos encontrados na natureza eram compostos de quatro elementos: água, terra, fogo e ar. Dessa forma, definiu que a consequência de um objeto ser leve ou pesado se dava pela quantidade de cada elemento na sua constituição, sendo a terra naturalmente pesada e o fogo naturalmente leve. Com base nisso, ele definiu que o movimento dos corpos se dava na busca ao seu lugar natural, ou seja, um movimento da natureza dos corpos.

Você concorda com a explicação de Aristóteles sobre o movimento natural dos corpos? Explique.

Questão 02 – Falando sobre o movimento natural dos corpos, discutido por Aristóteles, em que os corpos tendem a se deslocar para o local que lhes pertencem, ou seja, do qual são formados, então quando uma bola metálica é lançada verticalmente para cima, podemos dizer que no ponto mais alto de sua trajetória:

- (A) a velocidade da bola é máxima, e a aceleração da bola é vertical e para baixo.
- (B) a velocidade da bola é máxima, e a aceleração da bola é vertical e para cima.
- (C) a velocidade da bola é nula, e a aceleração da bola é nula.
- (D) a velocidade da bola é nula, e a aceleração da bola é vertical e para baixo.
- (E) a velocidade da bola é mínima, e a aceleração da bola é vertical e para cima.

Questão 03 – Nos estudos da dinâmica aristotélica havia uma definição sobre o movimento no vazio (vácuo). Aristóteles negava o movimento no vazio, pois ele imaginava que, sem a resistência de algum meio, a velocidade de um corpo atingiria um valor infinito, e esta possibilidade era inconcebível segundo a concepção aristotélica do movimento.

Se um corpo cair continuamente no vácuo, sua velocidade poderá atingir um valor infinito? Explique.

Atividade 1 – A Física aristotélica

OBJETIVOS

- Contextualizar a evolução histórica do conhecimento científico analisando a física aristotélica;
- Estudar as influências sociais e culturais que permitiram a Aristóteles definir sua ciência;
- Estudar a visão internalista no desenvolvimento dos conceitos relacionados à Física;
- Dialogar sobre como a evolução dos conceitos ocorreu à época.

ROTEIRO

Na continuação das atividades, após a aplicação do questionário, o professor pode realizar um experimento de queda dos corpos, sendo esse geralmente esféricos e com diferentes massas. Nesse experimento os estudantes são orientados a aferir as massas dos objetos, para constatação que possuem valores diferentes, e analisar o tempo de queda destes, possibilitando discutir se a massa de um corpo pode influenciar na queda deste e entender o pensamento de Aristóteles, que afirmava haver influência da massa no movimento vertical de corpos. Além desse processo, o professor deve trabalhar os conceitos que Aristóteles tinha sobre a existência de somente 4 elementos (terra, fogo, água e ar) e o 5º elemento (éter), que na ideia dele, existia somente no Universo, fora da superfície terrestre. (Ver página 55 – figura A.4).

Em continuidade ao roteiro da SD, na segunda aula o professor pode trabalhar o vídeo sobre o experimento de queda de corpos no vácuo, que foi realizado pela NASA (<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>). A aplicação do vídeo é importante para que os estudantes possam entender a diferença no movimento dos corpos quando estes caem em um ambiente com resistência do ar, e com ausência dela.



Figura A.1: Experimento de queda dos corpos Fonte<<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>>

Finalizando as atividades da segunda aula, o professor pode utilizar a primeira parte do Manual da SD, fazendo a apresentação deste, e indicando o desenvolvimento científico pelas visões internalistas e externalistas para o período aristotélico. (Ver figuras A.2, A.3, A.4 e A.5).

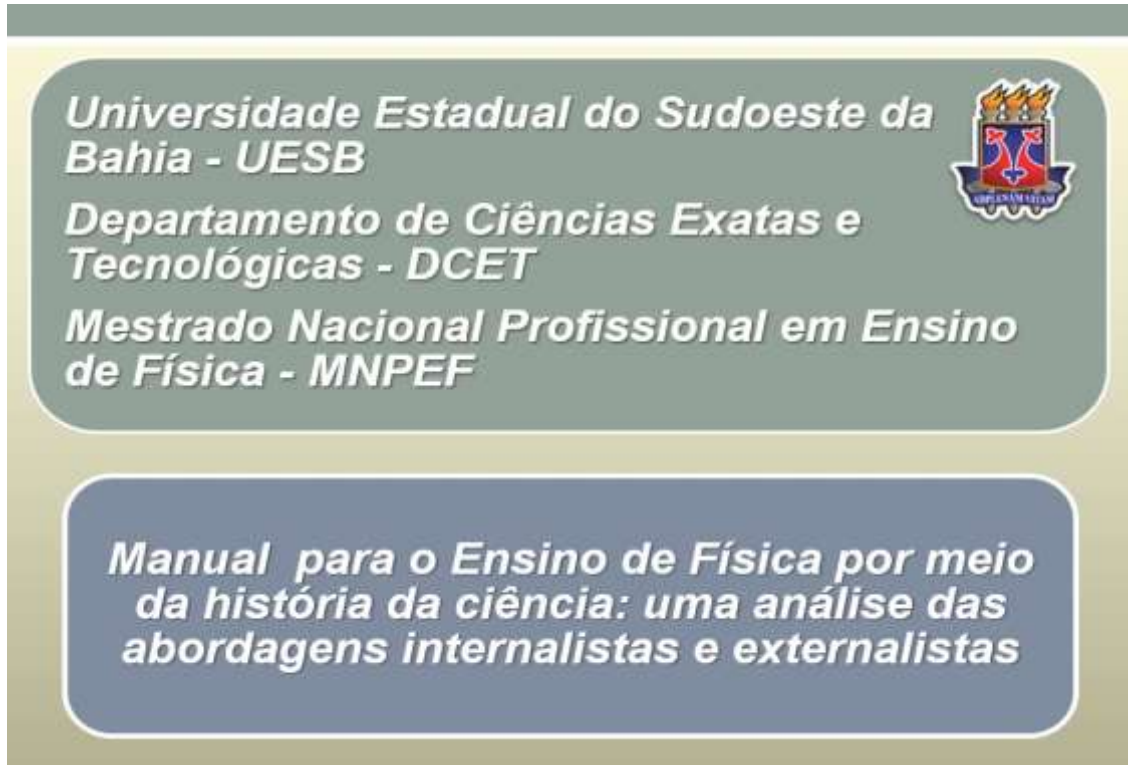


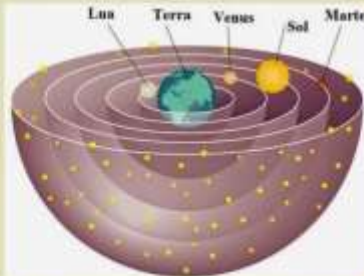
Figura A.2: Manual da SD



Figura A.3: Manual da SD

A Física Aristotélica

Aristóteles acreditava que os objetos ou qualquer corpo da natureza eram compostos somente de quatro elementos: água, terra, fogo e ar. Cada corpo tinha em si uma porcentagem maior ou menor destes elementos, o que indicava um objeto ser mais leve ou pesado.



<http://fisicamaxima.blogspot.com.br>

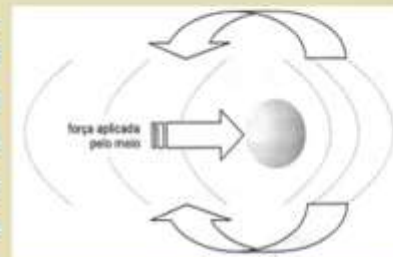


<http://eteviprimetroe.blogspot.com.br>

Figura A.4: Manual da SD

A Física Aristotélica

Aristóteles estudou o 'movimento natural' dos corpos, onde definiu que tal movimento seria em linha reta, com sentido para cima ou para baixo determinado na vertical, e qualquer movimento diferente deste seria classificado com um movimento violento, ou contrário à natureza dos corpos.



<https://delateta.files.wordpress.com/2008/01/antiperistasis-2.jpg?w=468>

Figura A.5: Manual da SD

Atividade 2 – A Física do *Impetus*

OBJETIVOS

- Compreender o desenvolvimento de um pensamento crítico à Física aristotélica;
- Estudar as influências sociais e culturais que determinaram a evolução do pensamento sobre a Física do *Impetus*;
- Analisar as contribuições das visões internalistas no desenvolvimento dos conceitos relacionados à Física do *Impetus*;
- Debater sobre o surgimento dessa nova ciência nas diferentes épocas.

ROTEIRO

Nessa etapa, o processo pode ser iniciado com um experimento que consiste em verificar o tempo de queda de esferas metálicas em diferentes líquidos e, a partir disso, analisar uma das teorias associadas à Física do *Impetus*, que indica que a velocidade de queda de um corpo aumentava conforme se diminuía a densidade do meio onde ocorre o movimento de queda. Essa teoria foi proposta pelo Físico Giambattista Benedetti, que era um crítico da Física proposta por Aristóteles. Para realizar essa atividade experimental inicial, o tempo utilizado é de aproximadamente 25 min, para organização dos líquidos nos tubos. Podem ser utilizados diversos líquidos, com diferentes densidades. É recomendável pelo menos quatro líquidos, como: álcool ($d=0,89 \text{ g/cm}^3$), glicerina ($d=1,26 \text{ g/cm}^3$), água ($d= 1 \text{ g/cm}^3$) e óleo de soja ($0,90 \text{ g/cm}^3$).

Nessa etapa final sobre a Física do *Impetus*, o professor pode apresentar um vídeo para que os estudantes possam observar como diferentes líquidos (glicose, água, óleo, álcool e querosene) se comportam ao serem misturados e colocados em um único recipiente, no caso um tubo de vidro (<https://www.youtube.com/watch?v=6JCxDhOVKcM>). O vídeo tem duração de 5 min e 20 s.

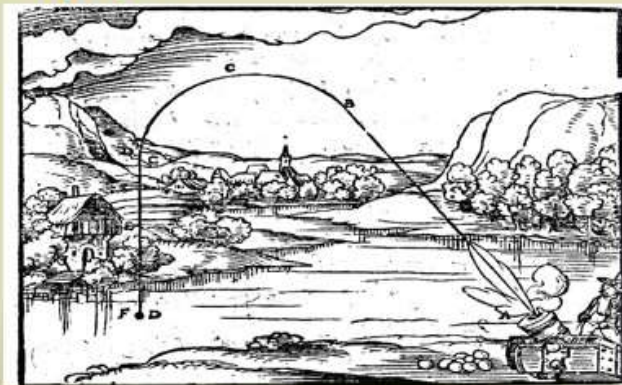


Figura A.6: Experimento da coluna dos líquidos
Fonte <<https://www.youtube.com/watch?v=6JCxDhOVKcM>>

Na continuidade da aula foi concluído o estudo sobre a Física do *Impetus* com o uso do material do manual (ver figuras A.7 e A.8). Nesse momento, é possível fazer uma análise sobre o desenvolvimento das ideias que deram fundamento à Física do *Impetus*, a partir da refutação da Física aristotélica. É importante observar como a ideia da continuidade do movimento proposta pelos estudiosos a partir do *Impetus*, que seria associado a uma grandeza que permitia o deslocamento, ou seja, uma categorização motriz. Exemplificando a noção da continuidade do *Impetus* uma análise do lançamento oblíquo pode ser realizada, onde é possível observar a ‘atuação’ do *Impetus* nesse movimento, e entender que ao fim do movimento - quando a pedra atinge o solo – o *Impetus* zera, deixando de existir no corpo.

A Física do Impetus

A Física do Impetus reuniu ideias de pensadores de diferentes épocas, inclusive à época de Aristóteles. O início desse pensamento é uma crítica à explicação de Aristóteles para a continuidade do movimento de um projétil.



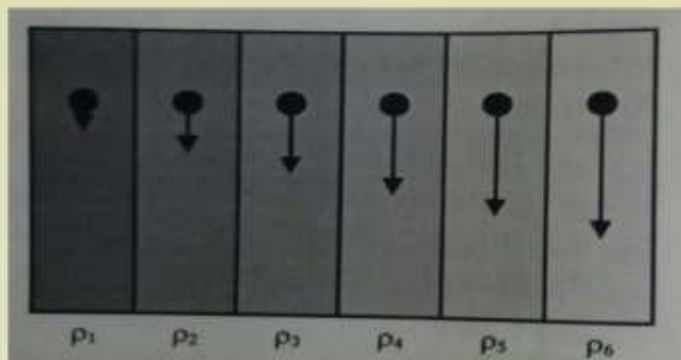
http://nautilus.fis.uc.pt/softo/Read_o/RV/virtual_water/articles/art3/Image2.gif



O TERMO FÍSICA DO IMPETUS DESIGNA O CONJUNTO DE TENTATIVAS DE REELABORAR A FÍSICA DE ARISTÓTELES.

Figura A.7: Manual da SD

A Física do Impetus



A ideia de Aristóteles sobre a não existência do vazio também foi negada pelos estudiosos da Física do Impetus, pois afirmaram que a demonstração aristotélica sobre este tema não tinha fundamento e nem validade.

Benedetti afirmava que aumentando a rarefação do meio, a rapidez do movimento aumentará.

Figura A.8: Manual da SD

Atividade 3 – A Física Galileana

OBJETIVOS

- Entender o desenvolvimento das ideias de Galileu em diversas áreas do conhecimento da Física;
- Estudar as influências sociais e culturais que possibilitaram Galileu a desenvolver novos pensamentos dentro dos conhecimentos da Física;
- Analisar as contribuições das visões internalistas no desenvolvimento dos conceitos relacionados ao pensamento Galileano;
- Debater sobre a evolução proporcionada pelos estudos desenvolvidos por Galileu.

ROTEIRO

Na etapa da SD, em que se trabalha sobre a Física Galileana, o professor pode apresentar um vídeo (parte 1) sobre a vida de Galileu Galilei e o desenvolvimento de seus trabalhos (<https://www.youtube.com/watch?v=m84brvmGgs0>). Nesse processo, os estudantes poderão conhecer aspectos da vida do cientista e seus principais estudos associados à Física. O vídeo tem duração de 10 min, e com citações sobre as inúmeras contribuições de Galileu para a ciência, e como essas descobertas foram tratadas pela rígida análise da Igreja Católica.

Na segunda aula da SD, o professor irá trabalhar com a continuação do vídeo do trabalho sobre a vida de Galileu e a Física Galileana foi feita com a exibição do segundo vídeo (parte 2) ainda tratando sobre sua vida e o progresso dos seus trabalhos científicos (<https://www.youtube.com/watch?v=9ObOMYXjG5k>). Esse vídeo é a continuação do primeiro vídeo exibido sobre Galileu e tem, também, 10 min de duração.

É importante destacar as importantes contribuições de Galileu na ciência: aperfeiçoamento do telescópio, estudos e observações importantes sobre o movimento dos corpos celestes. Além de desenvolver estudos sobre os corpos celestes, Galileu também estudou o movimento dos corpos, que é a parte importante dessa SD, sendo que suas contribuições sobre esse estudo fizeram com que a análise da queda dos corpos partisse para uma problematização mais matemática, com utilização de equações e funções. (Ver figuras A.9, A.10, A.11 e A.12).

A Física Galileana

Galileu Galilei foi um importante pensador científico que modificou a forma de fazer a ciência na época. Ao fazer experimentos e propor expressões matemáticas para resolução dos problemas a respeito do movimento dos corpos, diminuiu a influência do pensamento intuitivo.



<https://www.resumoscoliar.com.br/fisica/quem-foi-descobertas-e-legado-de-galileu-galilei/>

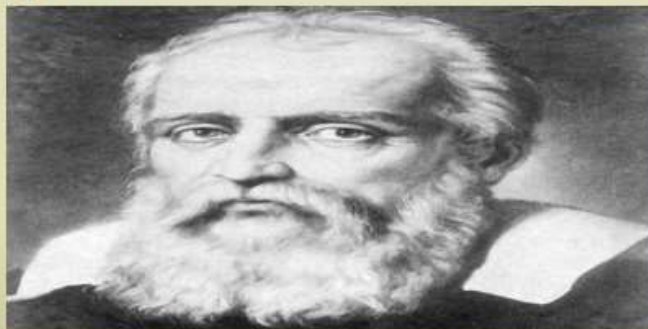


GALILEU NÃO FOI O INVENTOR DA LUNETAS, MAS CONSEGUIU APERFEIÇOÁ-LA E APONTOU PARA O CÉU, FAZENDO OBSERVAÇÕES DO PLANETA VÊNUS.

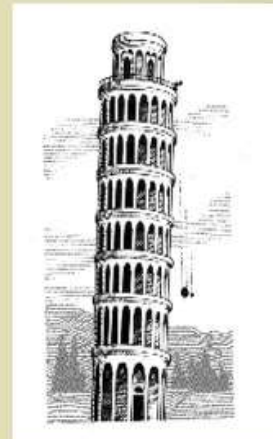
Figura A.9: Manual da SD

A Física Galileana

Galileu tinha como objetivo, ao estudar a queda dos corpos, refutar a hipótese de Aristóteles, segundo a qual a velocidade de queda de um corpo é proporcional a seu peso. Para Galileu, o peso não deveria ter qualquer influência na velocidade de queda.



<http://cleofas.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Galileu-Galilei.jpg>



http://2.bp.blogspot.com/_RqmLQe_jB9IE/TD0tZYBxuSI/AAAAAAAAAZ4/b8GSKWqkcWQ/s1800/pisa.gif

Figura A.10: Manual da SD

A Física Galileiana



<http://ircamera.as.arizona.edu/Astr2016/images/galileo1.jpg>

Galileu vislumbrou uma alternativa ao experimento da torre de Pisa para investigar a relação entre o peso de um corpo e sua velocidade de queda. Os experimentos sobre o movimento de corpos num plano inclinado são detalhadamente descritos por Galileu na sua famosa obra *Discursos sobre duas novas ciências*.

Figura A.11: Manual da SD

A Física Galileiana



<http://1.bp.blogspot.com/-WL8aQgWyYBo/VHG0yDP9sFI/AAAAAAAAABLk/FYXgMXP--JA/s1800/Galileo-02.jpg>

Galileu teve como principal contribuição para a ciência o método científico, pois a ciência até esse momento tinha uma metodologia aristotélica.

Desenvolveu ainda vários instrumentos como a balança hidrostática, um tipo de compasso geométrico que permitia medir ângulos e áreas, o termômetro de Galileu e o precursor do relógio de pêndulo.

Figura A.12: Manual da SD

Atividade 4 – A Física Newtoniana

OBJETIVOS

- Entender como Newton desenvolveu seu pensamento científico e como contribuiu no desenvolvimento da ciência;
- Estudar as influências sociais e culturais que Newton teve para que pudesse desenvolver suas pesquisas e metodologias no desenvolvimento de novos conhecimentos na Física;
- Analisar as contribuições das visões internalistas nos estudos de Newton e que possibilitaram o desenvolvimento dos conceitos da Física;
- Discutir a evolução da ciência a partir das contribuições de Newton;
- Estudar e analisar conceitos e métodos básicos da Mecânica Newtoniana, especificamente nas três leis de Newton.

ROTEIRO

Nessa etapa final da SD, o professor trabalhará com um vídeo de 12 min sobre a vida de Isaac Newton (<https://www.youtube.com/watch?v=LWMOzNQI268>). Nesse vídeo, há informações sobre a vida de Newton, em uma análise social e, também, sobre os seus estudos, indicando trabalhos associados à ótica e sobre seu grande trabalho, o *Principia*. Durante a SD o professor pode citar a revolução que Newton fez ao explicar a gravidade, e conseqüentemente matematizar a força gravitacional, indicando sua atuação sobre dois corpos que estão a determinada distância um do outro. Essa parte é importante para explicar como os corpos fazem os movimentos verticais, ou seja, o que os fazem movimentar.

Fazendo uma análise do contexto social de Newton, é possível ver que as ferramentas matemáticas disponíveis não foram suficientes para que ele pudesse desenvolver seus estudos. Dessa forma, Newton desenvolveu sua própria matemática: o cálculo. Isso se deu a partir de sua necessidade desenvolver o conhecimento da época, sendo essa uma questão que envolve uma influência tanto internalista, quanto externalista, pois as questões de mundo influenciaram sua busca por novos conhecimentos, como entender o movimento dos corpos de forma geral. (Ver figuras A.13 e A.14).

A Física Newtoniana

Isaac Newton foi um cientista inglês que fez estudos e contribuições na matemática e em diversas áreas da ciência, como a mecânica, a óptica e a gravitação e seus efeitos.

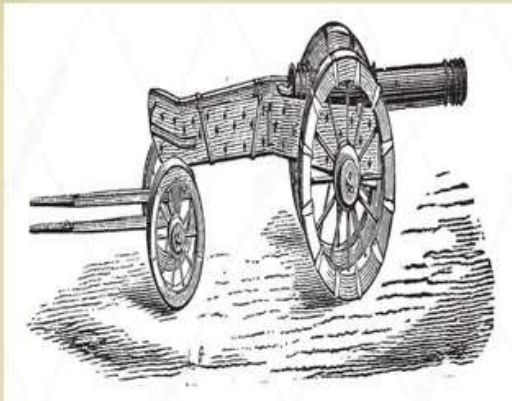


NEWTON É CONSIDERADO O PAI DA CIÊNCIA MODERNA, POIS FEZ IMPORTANTES CONTRIBUIÇÕES EM DIVERSAS ÁREAS DO CONHECIMENTO.

<http://osdocumentario.blogspot.com.br/2015/10/isaac-newton-pai-da-ciencia-moderna-ers.html>

Figura A.13: Manual da SD

A Física Newtoniana



<https://pt.depositphotos.com/9095437/stock-illustration-cannon-with-limber-vintage-engraving.html>



<http://ufos-wilson.blogspot.com.br/2015/12/isaac-newton.html>

“Os problemas apresentados e resolvidos por Newton são de importância fundamental para a balística extrínseca, cujo desenvolvimento estava intimamente ligado ao da artilharia pesada.”

HESSEN, B. As raízes sociais e econômicas do 'Principia' de Newton. 1931

Figura A.14: Manual da SD

A parte final da SD pode ser desenvolvida com a utilização do quadro e pincel, com o professor trabalhando as três leis de Newton: discutindo e exemplificando a lei da Inércia; desenvolvendo o Princípio Fundamental da Dinâmica (PFD), a partir da análise da quantidade de movimento e discussão da lei da ação e reação.

Referências

ARAÚJO FILHO, Walter Duarte de. **A Gênese do pensamento Galileano**, Salvador: Editora Gráfica da Bahia, 2006.

FREIRE JR, Olival. Sobre as raízes sociais e econômicas dos ‘*Principia*’ de Newton. **Revista da SBHC**, n. 9, p. 51-64, 1993.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 13, n1: p.48-63, abr.1996.

ZANETIC, J. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49), jan./abr. 2006.

ZANETIC, J. Física e Cultura. **Revista Ciência e Cultura**, v. 57, n 3., 2005.

ZANETIC, J. Dos “*principia*” da mecânica aos “*principia*” de Newton. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 5 (Número Especial): 23-35, jun. 1988.

ZANETIC, J. A propósito do Artigo de B. Hessen sobre o “*Principia*” de Newton. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 6, n 1, p 33-36, 1984.