



Ébano Henrique da Silva Rizério

O BAÚ DE GALILEU: TEXTOS LITERÁRIOS DE TEMÁTICA CIENTÍFICA NA
ABORDAGEM ASPECTOS DA MECÂNICA RELACIONADOS À QUEDA DOS
CORPOS

Vitória da Conquista -BA
Agosto – 2018



O BAÚ DE GALILEU: TEXTOS LITERÁRIOS DE TEMÁTICA CIENTÍFICA NA
ABORDAGEM ASPECTOS DA MECÂNICA RELACIONADOS À QUEDA DOS
CORPOS

Ébano Henrique da Silva Rizério

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado Profissional em 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. Valmir Henrique de Araújo
Prof. Dr. Wagner Duarte José

Vitória da Conquista -BA
Agosto - 2018

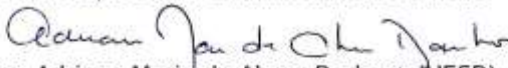


ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 26 dias do mês de setembro de 2018, às 16h00, no Auditório do Módulo IV, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "**O baú de Galileu: uso de textos literários de temática científica na abordagem aspectos da mecânica relacionados à queda dos corpos**", de autoria de Ébano Henrique da Silva Rizério, 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. Valmir Henrique de Araújo, orientador(a) do(a) mestrando(a) e contou com a participação dos professores Dra. Adriana Maria de Abreu Barbosa, Dr. Ferdinand Martins da Silva e Dr. Wagner Duarte José, na condição de examinadores. A sessão teve a duração de 2 h e 10 min. e a banca examinadora emitiu o seguinte parecer: favorável a aprovação
sem restrições. O discente tem até 60 dias para
fazer as considerações da banca


A dissertação recebeu o conceito final:
aprovada


Prof. Dr. Valmir Henrique Araújo (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador


Profa. Dra. Adriana Maria de Abreu Barbosa (UESB)
Examinador(a) externo(a)


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


Prof. Dr. Wagner Duarte José (UESB)
Examinador(a) interno(a) / Coorientador(a)


Ébano Henrique da Silva Rizério
Discente


Prof. Dr. Luizdarcy 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 BAÚ DE GALILEU: USO DE TEXTOS LITERÁRIOS DE TEMÁTICA
CIENTÍFICA NA ABORDAGEM ASPECTOS DA MECÂNICA RELACIONADOS
À QUEDA DOS CORPOS**

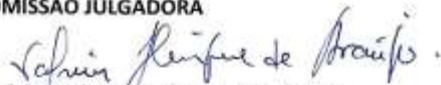
AUTOR(A): ÉBANO HENRIQUE DA SILVA RIZÉRIO

DATA DE APROVAÇÃO: 26 DE SETEMBRO DE 2018

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.

Área de concentração: Ensino de Física.

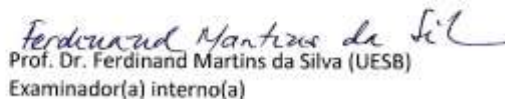
COMISSÃO JULGADORA



Prof. Dr. Valmir Henrique Araújo (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador



Profa. Dra. Adriana Maria de Abreu Barbosa (UESB)
Examinador(a) externo(a)



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



Prof. Dr. Wagner Duarte José (UESB)
Examinador(a) interno(a)/Coorientador(a)

2018



Programa de Pós-Graduação 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



R529b

Rizério, Ébano Henrique da Silva.

O Baú de Galileu: textos literários de temática científica para abordar aspectos da mecânica relacionados à queda dos corpos. / Ébano Henrique da Silva Rizério, 2018.

148f. il.

Orientador (a): Dr. Valmir Henrique de Araújo.

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, 2018.

Inclui referência F. 139 - 140.

1. Ensino de física. 2. Narrativa poética da ciência. 3. Queda dos corpos. 4. Textos literários de temática científica. I. Araújo, Valmir Henrique de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 530.7

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

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

Dedicatória

À mulher da minha vida Bruna Camilier pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, muito comuns para quem tenta trilhar novos caminhos. Sem você nenhuma conquista valeria a pena. Te amo.

A minha mãe Adelaide Rizério, que dignamente me apresentou ao caminho da honestidade e persistência.

A minha madrinha Arlete Rizério, que me incentivou a dar passos largos academicamente.

Agradecimentos

A Deus por me presentear com a vida.

A realização de uma pesquisa como esta só foi possível com o apoio de vários colaboradores. Aos meus colegas e professores de mestrado, com quem dividi momentos tensos e divertidos ao longo do curso. A união e fraternidade que tivemos me ajudaram a persistir.

Aos Professores Valmir Henrique de Araújo e Wagner Duarte José, meus orientadores que fizeram parte de todo o processo de escrita dessa dissertação de forma sábia, simples, serena e poética e que contribuíram significativamente na organização de ideias e estrutura do texto. Muito obrigado.

Ao amigo Vinicius Pedreira, pelo incentivo ao aprimoramento contínuo e pelo companheirismo, que exemplifica a ética não fingida.

A CAPES, pelo apoio financeiro ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

RESUMO

O Baú de Galileu: Textos Literários de Temática Científica para Abordar Aspectos da Mecânica Relacionados à Queda dos Corpos

Ébano Henrique da Silva Rizério

Orientador(es):

Valmir Henrique de Araújo

Wagner Duarte José

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

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma pesquisa acerca da queda dos corpos com o uso de Textos Literários com Temática Científica (TLTC) ou Narrativa Poética da Ciência, no ensino de Física, na 1ª série do Ensino Médio. O trabalho resulta de pesquisas realizadas ao longo dos anos 2016 e 2017 no âmbito do Programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, do polo 62, sediado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- UESB, campus Vitória da Conquista – BA. O objetivo é verificar o potencial do Texto Literário de Temática Científica (TLTC) no ensino de Física, no que se refere a construção do saber científico da temática Queda dos Corpos. A metodologia é qualitativa de campo. Os textos utilizados foram selecionados após análise bibliográfica e tendo em vista a potencialidade de envolvimento que esses textos podem oferecer na promoção da aprendizagem, e que possibilitassem a discussão de aspectos da história da ciência, das concepções primeiras de grandezas e fenômenos físicos diretamente relacionados com a temática. O trabalho tem como suporte teórico autores como Araújo (2008, 2009, 2012) e Zanetic (1989, 1998, 2006) que defendem a necessidade de uma aproximação entre ciências e artes, especialmente a literatura, como ação necessária para unificação dos saberes. Propomos a seguinte sequência de atividades: leitura e discussão de textos literários de temática científica (TLTC); realização de experimentos mentais com discussão e escrita a respeito do fenômeno pensado; executar fisicamente os experimentos mentais propostos na atividade anterior; escrita de um TLTC, a partir dos conhecimentos concebidos ao longo das aulas dessa sequência didática. Acreditamos que esse tipo de abordagem tem potencial de contribuir para a aprendizagem na perspectiva conceitual, considerando-se o comprometimento e envolvimento que os estudantes podem ter durante a realização da mesma, assim como através das discussões promovidas ao longo de sua execução. Como resultado identificou-se um avanço no entendimento concernente aos conceitos apresentados, que foi expresso verbalmente nas intervenções realizadas ao longo da aplicação da sequência didática e também na elaboração dos TLTC's como produto didático-pedagógico final o qual representa o objetivo do trabalho. Ademais, notamos a grande motivação entre os estudantes na realização das atividades, evidenciada através da participação em sala de aula, pelas curiosidades, pelo riso e envolvimento com a atividade.

Palavras-chave: Ensino de Física; Narrativa poética da ciência; Queda dos corpos; Textos literários de temática científica.

ABSTRACT

THE BAU OF GALILEO: SCIENTIFIC THEMATIC LITERARY TEXTS TO ADDRESS MECHANICAL ASPECTS RELATED TO THE FALL OF THE BODIES

Ébano Henrique da Silva Rizério

Supervisor(s):

Valmir Henrique de Araújo

Wagner Duarte José

Master's Dissertation presented to the Postgraduate Program of the State University of Southwest of Bahia in the National Master's Course in Physics Teaching (MNPEF), pole 62, as part of the requirements necessary to obtain the Master's degree in Physics Teaching.

This work presents the development of a research about the fall of bodies with the use of Literature Texts with Scientific Thematic (TLTC) or Poetic Narrative of Science, in Physics teaching, in the 1st grade of High School. The work is the result of researches carried out over the years 2016 and 2017 under the Program of the National Professional Masters of Physics Teaching - MNPEF, polo 62, located at the State University of Southwest of Bahia - UESB, campus Vitória da Conquista - BA. The objective is to verify the potential of the Literature Text of Scientific Theme (TLTC) in the teaching of Physics, regarding the construction of the scientific knowledge of the subject Fall of the Bodies. The methodology is qualitative field. The texts used were selected after a bibliographical analysis and considering the potential of these texts to offer in the promotion of learning, and to allow the discussion of aspects of the history of science, the first conceptions of greatness and physical phenomena directly related to thematic The work has theoretical support authors such as Araújo (2008, 2009, 2012) and Zanetic (1989, 1998, 2006) who defend the need for an approximation between sciences and arts, especially literature, as a necessary action to unify knowledge. We propose the following sequence of activities: reading and discussion of literary texts on scientific topics (TLTC); realization of mental experiments with discussion and writing about the phenomenon thought; physically perform the mental experiments proposed in the previous activity; writing of a TLTC, from the knowledge conceived throughout the classes of this didactic sequence. We believe that this type of approach has the potential to contribute to learning from a conceptual perspective, considering the commitment and involvement that the students can have during the realization of the same, as well as through the discussions promoted throughout their execution. As a result, it identified an advance in the understanding regarding the concepts presented, which was expressed verbally in the interventions carried out along the application of the didactic sequence and also in the elaboration of the TLTC's as final didactic-pedagogical product which represents the objective of the work. In addition, we noticed the great motivation among the students in the accomplishment of the activities, evidenced through the participation in classroom, curiosities, laughter and involvement with the activity.

Keywords: Physics Teaching; Poetic Narrative; Fall of two bodies; Literary texts with scientific themes.

Sumário

Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Panorâmico Estado do Conhecimento	7
2.1. Levantamento bibliográfico.....	7
2.1.1. Conteúdo dos artigos encontrados	8
2.2. Ampliando a Busca.....	11
2.2.1. Revista Brasileira de Ensino de Física	11
2.2.2. Caderno Brasileiro de Ensino de Física.....	12
2.3. Queda dos corpos – Breve Histórico	14
2.4. Experimentos Mentais - Gedankenexperiment.....	17
Capítulo 3 Referencial Teórico.....	19
3.1 O Ensino de Física no Brasil	19
Capítulo 4 Metodologia e Percorso Metodológico.....	29
Capítulo 5 Análise e Discussões.....	37
Capítulo 6	57
Conclusões.....	57
Referências	59
Apêndice 1	66
Apêndice 2.....	67
Apêndice 3.....	69
Apêndice 4.....	71
Apêndice 5.....	73
Apêndice 6.....	75
Apêndice 7.....	78
Apêndice 8.....	80
Apêndice 9.....	84
Anexo A.....	141
Anexo B.....	143
Anexo C.....	145
Anexo D.....	147

Capítulo 1

Introdução

Farei o relato de minha jornada como estudante desde a remota turma do “prezinho” até as inquietações de pesquisa que abordo nessa dissertação.

Em 1990, aos três anos de idade, fui inserido como ouvinte em uma turma de pré-escolar de uma escola municipal na cidade de Brumado-Ba, onde fiquei até a 3ª série do Ensino Fundamental, hoje denominado de 4º Ano do Ensino Fundamental. Ainda me recordo desse período pela dificuldade em aprender as “continhas de vezes” - que só foi superada pelo esforço e repetição – e pelos “livrinhos” de histórias infantis que líamos em aula.

Além das atividades da escola, costumava realizar leituras diversas de livros que emprestava da Biblioteca Municipal. O hábito de leitura foi adquirido por incentivo de minha madrinha Arlete Rizério e reforçado por minha mãe, Adelaide Rizério. Aliás, a leitura era a nossa distração noturna, pois morávamos na casa que ela trabalhava como doméstica e não tínhamos rádio ou televisão para nos entreter.

As leituras que fazíamos eram de livros emprestados e de materiais descartados pelos padrões de minha mãe, dos quais fazíamos uma triagem para ver se havia algo interessante para lermos nas noites. Conseguíamos principalmente revistas jornalísticas e de fofoca, histórias em quadrinhos e jornais. Isso substanciou o hábito já existente de leitura e aguçou o prazer por fazê-la.

Já no final do Ensino Fundamental, após pedir orientações a professores e com minha madrinha, optei por fazer Magistério (Curso Normal) e tive meu primeiro contato com a docência ao estagiar em uma turma de educação de jovens e adultos (EJA) para 3ª e 4ª séries. Aprendi muito com as experiências de vida dos alunos e da professora responsável pela turma.

No decorrer do 2º ano de Magistério, uma das minhas professoras, que também era coordenadora de uma escola da rede particular na cidade, me ofereceu uma bolsa integral nesse colégio para que eu cursasse o 3º ano de Ensino Médio (EM). Essa oportunidade me afastaria do Magistério, no entanto me possibilitaria uma melhor preparação para, eventualmente, prestar vestibular com possibilidades de aprovação.

O medo de decepcionar as pessoas que estavam envolvidas na conquista da bolsa, o temor em não me adaptar em uma escola de outro nível social e receio de não

poder custear as atividades extras me fizeram protelar o aceite. Aceitei e em 2004, no terceiro ano do EM, tive contato pela primeira vez com uma disciplina que compõe Língua Portuguesa, a Literatura. Encantei-me com essa disciplina pelo fato de já ter o comportamento habitual da leitura e, conjuntamente, pela possibilidade de entender a escrita dos autores para além do aspecto meramente artístico de suas criações, desvendando o contexto no qual estavam inseridas.

Iniciei o 3º ano do EM sem perspectivas de cursar uma faculdade, mas isso foi mudando ao longo do ano. Entretanto, existia a dúvida sobre qual curso superior eu poderia fazer. Eu era um jovem com renda muito baixa e sem perspectivas formadas quanto ao futuro profissional e muito menos o futuro acadêmico. Diante dessas opções e após nova conversa com minha madrinha optei prestar vestibular para ao curso de Licenciatura em Física na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, campus de Vitória da Conquista- BA. A escolha foi pautada pela atração causada pelos desafios intrínsecos à área, além disso, tive de um professor da disciplina que me entusiasmou através de suas aulas inspiradoras.

Em meados de 2004 comecei o curso e tive a oportunidade de iniciar as atividades docentes de ensino em Física paralelamente ao curso de graduação, lecionando em um colégio da rede estadual, em um curso preparatório para vestibulares mantido pelo governo do estado da Bahia e ofertando aulas de reforço escolar. Durante esse primeiro ano de atuação profissional deparei-me com diversos problemas relacionados à minha prática em sala de aula, pois os dois anos de Magistério não deram conta de me preparar para tal função e meu curso superior estava apenas no início.

Em anos seguintes lecionei em escolas da rede particular em nas cidades de Brumado, Aracatu, Livramento de Nossa Senhora, Macaúbas e Vitória da Conquista, além de cursos pré – vestibulares, pude atuar como monitor em disciplinas da UESB e participar do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - PIBID, cuja ênfase era o ensino de Física através do uso de experimentos de baixo custo.

Ao me engajar no PIBID e com a sua proposta de abordagem da Física, pude perceber que a inquietação de ensinar uma Física apenas para resolver exercícios e preparar para provas de vestibulares não era exclusivamente minha. Leituras, discussões em grupos de estudos e participação em eventos educacionais me revelaram outras formas de abordar a Física que a aproximava de sua essência e pude trabalhar o ensino de Física a partir de brinquedos, músicas, experimentos, leituras e temas do cotidiano.

Apenas em 2012 concluí o curso de Licenciatura em Física e nos anos seguintes cursei simultaneamente duas especializações, uma em Ensino de Física e outra em Educação Ambiental e Sustentabilidade, pela Universidade Candido Mendes. Na primeira aprimorei o trabalho que desenvolvi no PIBID: uso de brinquedos para introduzir conceitos da Física.

Em 2014, desejando maior qualificação e buscando aprender mais sobre a Física e como ensiná-la candidatei-me a uma das vagas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF no recém implantado Pólo 62 na UESB, campus Vitória da Conquista -BA. Fui aprovado e pude encontrar no curso uma discussão da Física a partir de aspectos conceituais e filosóficos diferentes daqueles que havia tido acesso durante a graduação. Essa nova forma de discutir a Física me conduziu a um reencontro com a Literatura que foi intensamente amada e presente durante o ensino básico e agora estava negligenciada devido ao cartesianismo que desenvolvi ao longo da graduação.

O momento que definiu a temática que abordo foi a participação no XXII Simpósio Nacional em Ensino de Física – SNEF, que ocorreu na cidade de São Carlos-SP, em janeiro de 2017. Lá, assisti apresentações de trabalhos nos quais os autores utilizavam a literatura como elemento de discussão da Física.

Ainda que pareça exótica, a relação da Física com a Literatura não é uma novidade, antes se apresenta como uma herança filosófica e um dos grandes nomes da ciência que fez isso de modo invejável foi Galileu Galilei, considerado um dos grandes nomes da literatura italiana por ter uma escrita fluida e culta. Entre outros escritos, destaca-se a publicação de 1632, o “*Dialogo sopra i Massimi Sistemi Tolemaico e Copernicano*”, que é uma belíssima obra de literatura científica e, conforme denomina Araújo (2009), um Texto Literário de Temática Científica (TLTC) que aborda a Física astronômica por meio de um diálogo entre três personagens que se posicionam quanto às concepções de Universo.

Entender o mundo ao nosso redor é instigante e, muitas vezes, nos deparamos com situações com as quais nos perguntamos: O que explica esse fenômeno? Mas nem sempre temos uma resposta pronta que nos atenda ao anseio do momento. Responder aos ‘porquês’ da natureza é um desafio que se apresenta a ciência, mas para respondê-los se faz necessário que seja estruturado o pensamento racional - que é linear, concentrado e analítico pertence ao domínio do intelecto, cuja função é discriminar, medir e classificar fazendo com que o conhecimento racional seja fragmentado (CAPRA, 2006) - e o domínio emocional - a aprendizagem está diretamente ligada a

emoção, pois o existir humano é emocional (ULBRICHT et al, 2014) - que possibilita produção de conhecimento.

No ensino de Física nos deparamos com situações que não diferem dessa ideia, fazendo-se necessária a construção de uma sequência de apresentação didática dos temas a serem ensinados que favoreça a boa compreensão e seja eficaz para a aprendizagem. A proposta de **O Baú de Galileu: Textos Literários de Temática Científica para Abordar Aspectos da Mecânica Relacionados à Queda dos Corpos** traz a discussão da ciência a partir de leituras de textos literários de temática científica (TLTC), usando-os como instrumentos perturbadores do pensamento a respeito do tema e, desse modo, motivadores da reflexão sobre a temática que fazem referência.

Essa reflexão se justifica devido à recorrência de explicações baseadas no senso comum a respeito da queda dos corpos, que são compreendidas pelos indivíduos a partir de uma estruturação de pensamento lógico dedutivo sendo difíceis de substituir, especialmente, se o único recurso para consumir essa reconstrução for o uso de argumentações teóricas-conceituais. As concepções alternativas são ideias coerentes que o indivíduo desenvolve a respeito de fenômenos físicos e que resistem às mudanças, o que pode comprometer a aprendizagem do estudante,

As concepções alternativas (Viennot,1979; Solis Villa, 1985; Driver, 1986), também são chamados de erros conceituais, ideias intuitivas, concepções espontâneas, etc.:

- a) são encontradas em grande número de estudantes, de qualquer nível de escolaridade, inclusive universitário;
- b) cobrem uma vasta gama de conteúdos e tem amplo poder explicativo;
- c) diferem das ideias expressas através de conceitos, leis e teorias que os alunos tem que aprender;
- d) são muito difíceis de ser mudadas e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com ela (por exemplo, a persistência da associação entre força e movimento, mesmo entre alunos que já estudaram Mecânica no ensino médio e até na universidade);
- e) interferem no aprendizado a Física, sendo responsáveis em parte, pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas dessa matéria, acarretando um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas;
- f) apresentam semelhanças com esquemas de pensamento encontrados na evolução de teorias físicas (na Mecânica: física aristotélica, física do impetus, por exemplo), fornecendo uma forte evidência de que os erros dos alunos não são simplesmente indícios da ignorância (PEDUZZI, 2005, p. 53).

Nesse contexto, nos propusemos a responder a seguinte pergunta: Como discutir conceitos básicos da mecânica relacionados à queda dos corpos a partir de TLTC, tendo em vista a apropriação de conhecimentos científicos em contraposição às concepções intuitivas da aceleração da gravidade, massa e peso?

Desse modo, essa proposta intenciona apresentar a temática Queda dos Corpos através de TLTC, promover discussões por meio de textos associados ao uso de experimentos mentais e, assim, perceber as concepções existentes. Se justifica no fato de o processo de ensino-aprendizagem em Física ser complexo e carecer do uso diversificado de estratégias metodológicas com o propósito de envolver uma maior quantidade de estudantes, além de buscar a relação existente entre Ciência e Arte conforme aborda Araújo-Jorge.

Existem relações entre ciência, cultura e arte no processo de criação humana. No entanto, a discussão integrada dessas dimensões raramente se realiza nas salas de aula. Ciências e poesia pertencem à mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento de valor (ARAÚJO-JORGE, 2004, p. 38).

Araújo (2012) corrobora com a necessidade de aproximar Literatura e Física ao discutir a incoerência da separação dos saberes, que transparece a imagem de um mundo fragmentado no qual cada conhecimento científico pertence a um domínio da natureza e não se realiza uma conexão entre si, a fim de compor o todo da natureza.

Como problema de investigação analisamos a forma como o TLTC pode auxiliar na construção do saber científico, considerando o seu potencial de envolvimento com a temática Queda dos Corpos, tendo com objetivo geral verificar o potencial do TLTC no ensino de Física, no que se refere à construção do saber científico sobre a temática.

A seguir destacamos os objetivos específicos da pesquisa:

- Conhecer as concepções espontâneas dos estudantes sobre a temática a ser estudada;
- Estimular a elaboração de hipóteses a respeito da queda dos corpos;
- Realizar experimentos mentais para discussão do tema;
- Executar propostas experimentais constantes no roteiro de atividades mentais;
- Confeccionar um TLTC (poema, música, história em quadrinho, piada, cordel...) sintetizando o que foi discutido ao longo das aulas.
- Verificar a aprendizagem sobre os temas trabalhados;
- Elaborar um produto educacional com base na sequência didática desenvolvida.

Na tentativa de alcançar os objetivos propostos, a Sequência Didática foi aplicada em uma turma de estudantes do 1º ano do Ensino Médio (EM), de uma escola

da rede pública estadual da Bahia, na cidade de Vitória da Conquista- BA, no ano letivo de 2017 e fundamentamos as pesquisas em artigos publicados em revistas e periódicos especializados no ensino de Física, bem como nos trabalhos apresentados em eventos da mesma natureza.

Nessa dissertação, além da Introdução, Capítulo 1, tem-se o Capítulo 2 - Panorâmico Estado do Conhecimento, no qual apontamos os eventos, revistas e programas de ensino com debates e trabalhos correspondentes; no Capítulo 3 encontra-se o Referencial Teórico que discute as bases dos trabalhos citados no capítulo anterior; posteriormente, no Capítulo 4, expomos a Metodologia e Percurso Metodológico; e no Capítulo 5 – Análises e Discussões analisamos os dados dos questionários, das atividades mentais e da produção artística feita pelos aprendentes de ciência; por último temos o Capítulo 6 - Conclusões, onde avaliamos a sequência didática desenvolvida apontando as suas limitações e potencialidades.

Capítulo 2

Panorâmico Estado do Conhecimento

Para verificar a relevância do trabalho desenvolvido realizamos um levantamento bibliográfico analisando anais (disponíveis online) de eventos nacionais importantes que reúnem pesquisadores em ensino de Física a fim de identificar pesquisas que relacionem Literatura à Física, tendo em vista que a pesquisa está ligada ao emprego de textos literários no ensino de Física. Para maior precisão na pesquisa, utilizamos como critério de seleção a presença, nos títulos, de nomes de obras Literárias ou dos conceitos-chave: Contos, Cordel, Crônica, Literatura, Poemas, Poesia e Textos Literários, desde que estivessem relacionadas ao ensino de Física.

Para ter acesso aos trabalhos foi necessário realizar buscas na internet e nas páginas eletrônicas dos eventos onde estavam os anais, as atas ou a programação e analisamos todos os títulos dos trabalhos, sendo selecionados aqueles que possuíam em seus títulos conceitos chaves citados no parágrafo anterior e que são pertinentes a nossa pesquisa.

2.1. Levantamento bibliográfico

Entre os eventos verificados temos o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) que acontece a cada dois anos (periodicidade que se repete desde o sexto encontro) sendo organizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e que reúne professores e pessoas que estão envolvidas e interessadas no debate de questões que contribuam para a melhor qualidade no ensino de Física e o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), evento que ocorre a cada dois anos em alternância ao SNEF, também é promovido pela SBF e tem por finalidade o debate e disseminação de pesquisas realizadas no âmbito do ensino de Física. Apesar de ter sido feito o levantamento de trabalhos em todos os anais disponíveis online, resolvemos analisar apenas os trabalhos apresentados na última década (2008-2018), pois é o período que apresenta uma maior quantidade de artigos relacionados com o tema.

Além das fontes supracitadas, foi feita uma varredura entre as dissertações defendidas e disponíveis no site do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), programa nacional de pós-graduação coordenado pela SBF, cujo

público alvo são os professores de ensino fundamental e médio. Por ser um programa novo, existem poucos trabalhos disponíveis no site. Foram apenas 212 dissertações disponíveis em outubro de 2017. Foram encontrados 23 trabalhos nos quais havia alguma relação entre a Física e Literatura, e todos os trabalhos foram lidos na íntegra para fins de coleta de informações pertinentes a essa pesquisa. A Tabela 1 apresenta a distribuição de trabalhos por fonte e por ano.

Tabela 1 – Distribuição dos trabalhos pesquisados, classificados por fonte e ano de publicação.

FONTE	Número Total de Trabalhos	Anos (quantidade)
SNEF	20	2009(1); 2011(2); 2013(4); 2015(6); 2017 (7).
EPEF	3	2009(1); 2011 (2).
MNPEF	0	

Fonte: O autor (2018).

A partir da Tabela 1 percebemos que nos dez anos pesquisados a maior parte dos trabalhos se concentram nos três últimos anos, e atribuímos isso a participação dos autores nas discussões realizadas no âmbito do Programa de Institucional de Bolsa de Iniciação a Docência (PIBID), que é uma ação da Política Nacional de Formação de Professores do Ministério da Educação (MEC) e visa proporcionar aos licenciandos a vivência do ambiente escolar, seus trabalhos desenvolvidos relacionando Física a Literatura, conforme encontrados durante a pesquisa.

2.1.1. Conteúdo dos artigos encontrados

A forma com que os autores tratam o emprego do texto literário é muito parecida nos trabalhos de Santos et al (2017), Silva e Albuquerque (2017) e Silvério e Miyahara (2017) que fazem uso de vídeos, cordéis ou contos em uma Sequência Didática (SD), partindo da leitura do textos, desenvolvendo uma discussão coletiva e finalizando com um questionário. Todos os autores apontaram excelentes índices de acertos. Silva e Albuquerque (2017) também solicitaram aos estudantes que elaborassem uma história ou conto, com base nas discussões desenvolvidas ao longo da SD, nos quais puderam perceber a apropriação de conceitos da Física, apesar da superficialidade de seu uso.

Elaborar um produto que sintetize as aulas ao final da SD, uma história ou conto, é ponto de convergência dos trabalhos de Silva e Albuquerque (2017), Guilger e Forato (2015) Dantas et al (2013) e Oliveira (2015) e Lima e Ramos (2017) solicitaram a produção de um desenho. A leitura do TLTC é sempre o ponto de partida da aplicação da SD, mas a modalidade dos textos pode diferir um pouco. Gomes e Piassi (2011), por exemplo, propõe o uso da ficção como alternativa para a construção de um espaço dialógico no ambiente escolar, ao passo que Dantas et al (2013) utilizaram textos de revistas de divulgação científica. Sampaio e Santos (2013) e Fonseca et al (2015) defendem a necessidade de estabelecer relações interdisciplinares¹, seja entre as ciências naturais ou destas com as ciências humanas. Sampaio e Santos (2013) sugerem essa aproximação a partir da interpretação de um poema de Carlos Marighella, ao passo que Fonseca et al (2015) propõem a realização de um experimento para ressaltar o conteúdo das discussões. Barja (2013) apresenta a fusão entre Física e Poesia como potencialmente estimulante aumentando a receptividade dos estudantes aos temas da Física.

Outra modalidade de textos bastante utilizada são os cordéis, que estão presentes em Santos et al (2017), Lima e Germano (2013), Silva (2015) e Silva et al (2016). Santos et al (2017) usam um cordel referente a biografia de Isaac Newton contendo conceitos relativos a ótica geométrica e em sua SD realiza uma aula expositiva, exibição de vídeos, leitura do cordel e resolução de atividades; Lima e Germano (2013) propõem a leitura do cordel “Pitelim e o estudo das ondas”, seguida de uma palestra sobre Ondas e uma verificação de aprendizagem via questionário; Silva (2015) e Silva et al (2016) se propõem em declamar o Cordel e analisar cada um de seus versos. Ao professor cabe realizar questionamentos com base no que está sendo discutido, ampliando, reforçando ou corrigindo os conteúdos abordados nos folhetos.

Silva (2015) relata que houve resistência a essa metodologia para ensino da Física, mas aponta que no decorrer da aula os estudantes se sentiram mais a vontade para intervir utilizando a argumentação científica. Silva et al (2016) concluíram que

¹ Adotaremos o conceito de interdisciplinaridade de Leis (2005), que afirma que a atividade interdisciplinar é um ponto de cruzamento entre atividades (disciplinares e interdisciplinares) com lógicas diferentes, mas com finalidades comuns.

essa abordagem é potencialmente significativa para o ensino de Física indicando uma maior disposição para aprender.

March e Leite (2011) revela a importância de se trabalhar a relação Ciência e Literatura na formação de professores para que eles estejam aptos a mediar atividades de leitura e discussão em sala de aula. Em Souza et al (2017), Ramos et al (2015) e Oliveira (2015) vemos que há aplicações em cursos de licenciatura de Física e Pedagogia que visam essa reaproximação entre saberes, mas são pontuais e não constituem prática regular.

Esses autores enfatizam a importância da imaginação no fazer ciência e sua potencialidade de se aproximar daqueles que não demonstram afinidade com a matéria. Oliveira (2015), por exemplo, utiliza uma diversidade de textos para discutir a Física, como livro *Alice no País do Quantum, Entrevista com Kepler* de Alexandre Medeiros, *Poema para Galileo* de Antônio Gedeão, *História de um Átomo* de Rodolfo Teófilo, trechos de *Rerum Natura* de Lucrécio e *O Tempo e o Espaço do Tio Albert* de Russel Stannard. Ramos et al (2015), além da leitura, propõe aos licenciandos que encenem trechos do livro *O Guia dos Mochileiros da Galáxias*.

O livro *Alice no País do Quantum* também é explorado por Lima e Ricardo (2015). Eles estimulam os estudantes a ler e criar pseudos conceitos sobre os conceitos e os fenômenos descritos e com resultado observaram que os estudantes abstraíram alguns dos conceitos da Física Moderna e Contemporânea e Mecânica Quântica. Em sua SD os autores também fazem uso do capítulo XVII da *Era dos Extremos* de Hobsbawn para embasar as discussões.

Textos de escritores com veia literária (EVC)² também são explorados na SD. Menezes e Moraes (2009), que fazem um paralelo entre o mago “bruxo velho” de Machado de Assis e Albert Einstein; Lima e Ramos (2017) utilizaram um conto de Lima Barreto, Silva et al (2017) usaram trechos de obra *Os serões de Dona Benta* de Monteiro Lobato, Fonseca (2017) faz uso de uma crônica *O mundo pelas cobras* de Luís Fernando Veríssimo, Guilger e Forato (2015) exploram a *Divina Comédia* de Dante Alighieri e Corato et al (2016) faz uso de trecho da obra de Victor Hugo, *O Corcunda de Notre Dame*.

Além desses trabalhos, encontramos um levantamento bibliográfico nas atas do SNEF, ENPEC e EPEF relacionando a poesia no ensino de Física realizado por Silva e

² Ver definição em 3.3.1.

Silva (2016). Este trabalho se assemelha ao nosso quanto à metodologia de busca, pois avaliam as páginas eletrônicas dos eventos, seleciona os trabalhos através dos títulos e fazem a leitura deles, mas se restringe apenas em realizar o levantamento, ou seja, contabilizou os trabalhos e os descreveu. Na conclusão, consideram insuficientes as iniciativas que propõem a religação da Física a Poesia.

2.2. Ampliando a Busca

Buscando ampliar ainda mais o panorâmico estado do conhecimento fizemos uma análise de algumas revistas dedicadas ao ensino de Física (Revista Brasileira de Ensino de Física –RBEF e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física), e nos ativemos às publicações da última década, tendo em vista que a imensa maioria das publicações nos eventos estudados se concentram nesse período.

2.2.1. Revista Brasileira de Ensino de Física

A RBEF é uma publicação da SBF com enfoque na melhoria do ensino de Física onde apresenta artigos sobre aspectos teóricos e experimentais de Física, materiais e métodos instrucionais, desenvolvimento de currículo, pesquisa em ensino, história e filosofia da Física, política educacional e outros temas pertinentes ao ensino de Física. Nessa revista encontramos apenas dois trabalhos publicados nos anos de 2012 e 2017.

Lima e Almeida (2012) propõem, para a formação de professores, o uso de textos em linguagem alternativa para abordar aspectos relacionados à história da ciência e literatura de divulgação científica. Na pesquisa, os envolvidos foram 15 estudantes de licenciatura em Física e utilizou-se textos de diversas áreas de conhecimento que tratavam da temática eleita: a nanotecnologia. A ênfase do trabalho foi usar os textos como elemento de contextualização das aulas e levar os estudantes a uma reflexão e, desse modo, “formar cidadãos que tenham condições de refletir sobre as novas tecnologias e, principalmente, de compreender e de assumir posições favoráveis ou contrárias às inovações delas decorrentes” (LIMA E ALMENDA, 2012, p. 8).

Correia e Sauerwein (2017) fazem uma análise de atividades de ensino de Física com o uso de textos de divulgação científica (TDC) aplicados em turmas de 2º ano do ensino médio e executado por duas licenciandas em Física. Em suma, as atividades propostas pelas licenciandas consistiram em propor aos estudantes a leitura dos TDC,

anotar as dúvidas sobre os termos utilizados na construção do texto e elaborar uma pergunta sobre ele ou dar título a trechos em destaque no TDC.

Intencionava-se fazer uso das interpretações dos estudantes para promover a discussão e a articulação do TDC com a abordagem do conteúdo programático. Apesar disso, as licenciandas não conseguiram valorizar as concepções primeiras e recorreram ao ensino conteudista para que conseguissem dar conta do que havia planejado no plano de aula. Com exceção do desvio da proposta, o uso dos TDC mostrou ser eficaz, como afirma Correia e Sauerwein (2017, p. 14) “pois essas atividades favoreceram o desenvolvimento de habilidades relacionadas às expressões oral e escrita dos alunos, potencializaram a articulação entre conteúdo de Física e o cotidiano do aluno, motivando novas leituras e geraram atitude nos alunos”.

2.2.2. Caderno Brasileiro de Ensino de Física

No Caderno Brasileiro de Ensino de Física – CBEF encontramos quatro trabalhos dos quais dois analisam as potencialidades do uso de textos para o ensino de Física (FERREIRA E RABONI, 2013; SOUZA E NEVES, 2016), outro faz uma revisão bibliográfica de pesquisas que versam sobre Física e Literatura (LIMA E RICARDO, 2015), enquanto o outro propõe uma ponte entre Física e literatura através da análise de um texto da literatura clássica (DRIGO FILHO E BABINI, 2016).

Os trabalhos de Ferreira e Raboni (2013) e Souza e Neves (2016) defendem que o uso da literatura para o Ensino da Física propicia o melhor entendimento de conceitos não contemplados numa abordagem tradicional, pois ampliam as possibilidades de compreensão do leitor.

(...) essas particularidades a nosso ver, podem propiciar ao aluno o desenvolvimento da capacidade de interpretar com mais propriedade assuntos científicos e igualmente os não científicos, em ampla diversidade de contextos tornando-o acima de tudo, um leitor do mundo que o rodeia (FERREIRA E RABONI, 2013, p. 100).

Souza e Neves (2016) defendem ainda que o gosto pela leitura deve ser disseminado e atribuem a escola essa responsabilidade, além de favorecer a leitura crítica e seletiva:

A leitura busca a compreensão do mundo; o leitor deve ter a consciência do que está lendo e buscar um envolvimento com o texto. A leitura, como um ato de estudo, não deve ser considerada como um passatempo, mas uma atividade séria, onde os leitores devem procurar investigar e classificar as dimensões opacas do seu conhecimento (SOUZA E NEVES, 2016, p. 1146).

Lima e Ricardo (2015) realizam uma revisão bibliográfica de pesquisas que focam nas relações, dificuldades e propostas didáticas entre Física e Literatura. Eles apontam a Tese de doutorado do Zanetic (1989) como a primeira obra brasileira a buscar “aproximar a Física de uma dimensão cultural” (LIMA E RICARDO, 2015, p. 582).

Nesse artigo, os trabalhos avaliados são separados em três categorias:

i. A leitura no ensino de ciências/física. Apresentamos as pesquisas que focam as relações entre física e literatura, ou que articulem a física com a leitura e com a literatura, mostrando seu potencial didático. ii. O papel da divulgação científica no ensino de ciências/física. Nessa categoria apresentamos as pesquisas que tratam da divulgação científica, ficção científica e romances no ensino de ciências/física. iii. A analogia e a metáfora no ensino de ciências/física. Nessa última categoria relacionamos as vantagens didáticas no uso de analogias e metáforas no ensino de ciências/física (LIMA E RICARDO, 2015, p. 583).

Em suas considerações finais, apontam a necessidade da inserção de leituras na formação inicial e continuada dos professores, tendo em vista que trabalhar com textos traz insegurança a muitos dos profissionais, pois esses ficam mais seguros em utilizar as famosas listas de exercícios. E ao concluir defendem a necessidade de se levar a leitura ao ensino de ciências.

As relações e os apontamentos obtidos dos trabalhos analisados em nossa revisão bibliográfica são bem claros: deve-se levar a leitura para o ensino de ciências. Isso traz significado e facilita a compreensão dos alunos em relação aos conceitos físicos, permitindo melhor entendimento a respeito dos fenômenos que estudam. A grande maioria dos trabalhos identificaram, inclusive, o termo **prazer em se estudar a física**, aumentando a empatia por parte dos alunos, o que, claramente, facilita o trabalho do professor, subsidiando-o na construção do conhecimento científico que pretende ensinar, uma vez que os recursos literários utilizados já fomentaram a curiosidade dos alunos (LIMA E RICARDO, 2015, p. 602. Grifo nosso).

Drigo Filho e Babini (2016) propõem uma ponte entre Física e Literatura através da análise de um trecho do livro *Divina Comédia*, de Dante Alighieri. Em seu artigo aponta Sir Charles P. Snow como precursor da discussão e crítica sobre a “divisão entre

a cultura literária (...) e da cultura das ciências naturais (...)” (DRIGO FILHO E BABINI, 2016, p. 1048).

A proposta destina-se a estudantes de ensino superior aborda o universo do mundo literário e aponta possíveis questões matemáticas a serem resolvidas utilizando princípios da Gravitação Universal e o princípio da conservação da energia, com pode ser visto no trecho abaixo.

Um cálculo mais rigoroso para se determinar a velocidade com que (...) atingiria a superfície da Terra pode ser feito usando a conservação de energia. Para tanto, um pouco de cálculo integral é necessário. A variação da energia potencial (ΔU) é encontrada pela integral da força, nesse caso, a força gravitacional (DRIGO FILHO E BABINI, 2016, p. 1052).

No artigo, os autores focam em um problema matemático de conservação da energia mecânica e o texto serve apenas com um figurante numa abordagem clássica de ensino, o que diferencia da proposta da SD aqui desenvolvida, onde o texto é ponto de partida e de fechamento da aula.

2.3. Queda dos corpos – Breve Histórico

A queda dos corpos é um fenômeno natural que nos instiga. Afinal, por que os corpos caem?

As explicações sobre as causas da queda de um corpo foram sendo moldadas ao longo dos séculos, e foram atribuídas às questões místicas, lógicas ou experimentais. Se buscarmos a origem do pensamento racional, certamente, chegaremos aos primeiros filósofos gregos que queriam entender a origem do mundo e da natureza a partir de explicações racionais, tendo em vista que o povo grego antigo era fortemente convicto de que os deuses eram os fundadores e mantenedores da ordem e desordem no mundo, por isso, mesmo o surgimento das explicações racionais foi um desenvolvimento vagaroso.

Tivemos Tales de Mileto, primeiro a explicar o surgimento do mundo sem necessidade de invocar deuses e colocando a água com o elemento fundamental, ou seja, tudo surgiu da água, em sua concepção. Anaximandro, contemporâneo a Tales, determinou com precisão as estações climáticas e colocou uma substância mágica, o *ápeiron*, como elemento fundamental. Anaximenes, seu sucessor, já defendia a ideia de

o ar ser a substância fundamental, sendo a água era o ar condensado, a terra a água compactada e o fogo seria o ar rarefeito.

Heráclito, filósofo do século V a.C., não acreditava em elementos fundamentais, em contrapartida defendia que o que há na natureza é uma transformação contínua. Anaxágoras já defendia a *sementes* como partículas muitíssimo pequenas que compunham todas as coisas. Nessa mesma linha de pensamento, Leucipo de Mileto, séc. V a.C., acreditava que os átomos compunham todos os corpos. Essas partículas muito pequenas se ligavam umas a outras para formar novos elementos e esses átomos eram de uma substância denominada *protos*.

Empédocles, século V a.C., identificou quatro raízes fundamentais da natureza a partir das quais toda a matéria seria constituída. Essas raízes, que Platão passa a chamar de elementos, são: terra, água, ar e fogo. Além dessas raízes materiais, ele acrescentou o AMOR e o ÓDIO como elementos capazes de unir ou separar as raízes, ou seja, explicar as transformações que podem ocorrer com a matéria.

Aristóteles, quatro séculos antes de Cristo, explicava o movimento dos corpos nas proximidades da superfície da Terra, em conformidade com o movimento espontâneo da matéria, de acordo com o seu lugar natural. Para Aristóteles, a matéria era composta de uma combinação entre quatro elementos: a terra, a água, o ar e o fogo, que estavam relacionadas com quatro quantidades primárias, o quente, o frio, o úmido e o seco.

Para Aristóteles eram válidas a combinações ilustradas no Quadro 1.

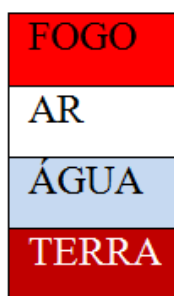
Quadro 1- Quadro das combinações entre quantidades as primarias resultando no elemento fundamental.

Quantidade Primária 1	Quantidade Primária 2	Elemento resultante
Frio	Seco	Terra
Frio	Úmido	Água
Quente	Úmido	Ar
Quente	Seco	Fogo

Fonte: O autor (2018).

Segundo ele, a posição natural desses objetos era a terra sob a água, esta sob o ar e este sob o fogo, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1- Distribuição das substâncias encontradas na natureza em suas posições naturais.



Fonte: O autor (2018).

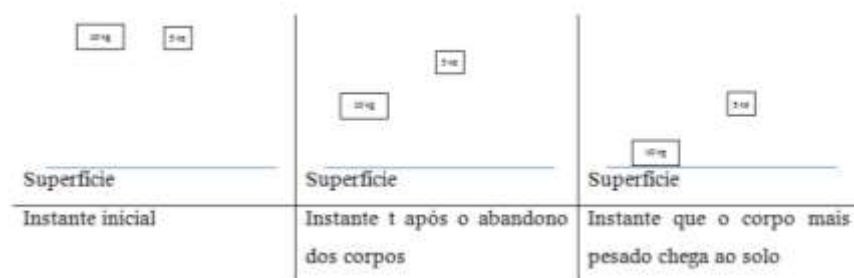
De acordo com a distribuição de Aristóteles, uma pedra, cuja composição está associada com o elemento terra, se abandonada no ar, desce até atingir o solo. Se a mesma pedra for abandonada sobre uma bacia contendo água, ela irá afundar assumindo seu lugar devido. Desse modo, o corpo sempre busca, por meio de movimentos espontâneos, se situar em sua posição pré-definida.

O movimento ocorrido quando um elemento se dirige a seu lugar de origem é denominado de movimento natural, sendo que esse movimento não é causado por qualquer tipo de força. Os movimentos que são contrários a isso, são chamados de movimentos violentos, como por exemplo, uma pedra arremessada para cima.

Para Aristóteles (PIRES, 2011), a massa influencia diretamente na velocidade com a qual o corpo retorna a sua posição de origem, desse modo, um bloco de 5 kg de ferro cai mais vagarosamente se comparado ao tempo de queda de um bloco de 10 kg. O mesmo é válido para o fogo, a porção de fogo maior é mais rápida em seu movimento ascendente.

A figura 2 ilustra a sequência temporal da queda de dois corpos de massas diferentes, abandonados simultaneamente, e de uma mesma altura em relação a uma superfície. A ilustração representa a visão aristotélica sobre a queda dos corpos graves.

Figura 2 – Queda de corpos nas proximidades da terra – Representação da concepção aristotélica.



Fonte: O autor (2018).

Saltando alguns séculos de história, chegamos as discussões de Galileu a respeito da queda dos corpos. Galileu, no período em que lecionou matemática em Pisa, realizou relevantes investigações sobre o movimento natural e violento definidos por Aristóteles. A sua pretensão era obter uma regra aplicável a todos os corpos em queda. Para isso, realizou diversas experiências para verificação de suas hipóteses, as quais registrou em *De Motu* (um *manuscrito*) e, anos depois, afirma, em carta destinada a um religioso, que encontrou tal lei. Em sua conjectura, defendia a demonstração a partir do postulado de que a velocidade de um corpo em queda cresce proporcionalmente ao espaço percorrido.

2.4. Experimentos Mentais - Gedankenexperiment

A realização de atividades experimentais é essencial para o ensino de Física, pois além de permitir a visualização direta do fenômeno gera uma aproximação afetiva entre o estudante e o objeto de estudo que pode levar a uma melhor compreensão. No entanto, a execução dessas atividades costuma cair em duas condições limitadoras: uso de roteiros rígidos que não permitem a intervenção do aluno ao longo de sua execução e a falta de equipamento e espaço físico para se executar a atividade.

Como opção a essas limitações, podemos utilizar o recurso dos experimentos mentais ou experiências de pensamento, que consistem em realizar todas as etapas de um experimento apenas com o recurso da imaginação.

Ausentes como atividade prática rotineira dos filósofos clássicos, os experimentos físicos davam lugar, na Grécia Antiga, aos experimentos praticados apenas no intelecto. Tais “experimentos pensados” ou ainda “mentais” permitiram a Aristóteles fundar um edifício filosófico de explicação da natureza cujos alicerces e envergadura se mostrou tão robusto que persistiu até os trabalhos de Galileu e de alguns de seus contemporâneos e antecessores. Galileu, incomparável defensor das práticas experimentais (...) (KIOURANIS, 2010, p.1507-1).

No final do século XIX os experimentos mentais, agora chamados de *gedankenexperiment*, retomam a cena nas ciências especialmente para explicar aspectos da Termodinâmica, posteriormente com a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade, tendo Albert Einstein como um de seus beneficiários. Bodanis (2017) ressalta a importância de seus experimentos de pensamento e cita a proposta de um

elevador em queda que conduziram às previsões precisas a respeito do desvio da luz das estrelas na proximidade do Sol e da máquina que amplia a luz, que se tornou o nosso laser.

Durante um longo período, os experimentos mentais estiveram confinados aos campos da física e da filosofia. Por não se apoiarem necessariamente em base empírica, os trabalhos envolvendo EM são particularmente parecidos, podendo estar na interface entre filosofia e ciência. (...) Embora tenham permanecido por um longo período em campos específicos do conhecimento, nas três últimas décadas denota-se uma explosão de interesse sobre experimentação pensada que atinge várias disciplinas, inspiradas na publicação de diversos livros e artigos, **alguns deles, destinados à educação** (KIOURANIS, 2010, p. 1507-3 grifo nosso).

Os experimentos de pensamento possuem um imensurável valor didático, pois conduzem os estudantes a uma elaboração de estratégias que antecipem resultados práticos, exigindo que utilizem de sua memória para acessar conhecimentos que contribuam para o bom andamento da experiência de pensamento e que pode levá-los a novas formas de explicar fenômenos. Por isso, se faz necessário o bom planejamento desse tipo de atividade e “sua estruturação física é bastante econômica em termos de condições de contorno, conduzindo a resultados e conclusões de modo rápido e eficaz. Em alguns casos, relatam os autores, os estudantes são capazes eles mesmos de gerar novos a partir de outros propostos anteriormente” (KIOURANIS, 2010, p. 1507).

Capítulo 3

Referencial Teórico

3.1 O Ensino de Física no Brasil

O ensino de Física no Brasil é objeto de diversas pesquisas entre os educadores, os quais buscam compreender o fenômeno associado à dificuldade de aprendizado dos conhecimentos da área, bem como pouco interesse que a disciplina gera nos estudantes, tendo em vista o distanciamento entre o saber escolar e o seu cotidiano, assim como do uso de uma linguagem matemática para representar os fenômenos.

Ainda hoje, embora não seja de modo revelado, a qualidade do ensino de Física ainda é medida através da quantidade de temas abordados ao longo do ano letivo, o que é reforçado devido às exigências de se preparar o estudante para a realização dos processos seletivos para entrada no nível superior de ensino, o ENEM e as provas de vestibulares. As aulas consistem na explanação de temas, sem muito significado para os estudantes, e as avaliações são discursivas ou de múltipla escolha, que ensejam apenas a replicação das abordagens trazidas nos livros textos e o estudante participa como mero espectador do espetáculo do conhecimento, não tendo vez para protagonizar, ou quem sabe, coadjuvar o processo de ensino-aprendizagem.

Essa realidade não é exclusividade do ensino básico, ela se estende ao ensino superior (RIZÉRIO et al, 2017) conforme revela pesquisa realizada no Instituto Federal do Norte de Minas e publicada no XXII SNEF, onde os autores constataram que apesar de os professores defenderem uma prática avaliativa não classificatória, mas preocupada com a aprendizagem dos alunos, eles não conseguem executar com frequência esse tipo de avaliação e tem dificuldades em aplicar práticas não quantitativas.

Araújo Filho, em seu livro "A Gênese do Pensamento Galileano" (2006), relata a inquietação pela qual Galileu passou ao entrar na Universidade de Pisa para estudar Medicina. Galileu se deparou com um ensino extremamente teórico, tendo os manuais como principais fontes do saber, o que não lhe motivava. E em contrapartida, as aulas de Matemática e Artes Mecânicas lhe causavam fascínio.

No livro "Notas Autobiográficas", Albert Einstein, um dos cientistas mais conhecidos na comunidade não científica, expõe sua insatisfação com o ensino que lhe foi dado:

(...) como estudantes, erámos **obrigados a acumular** essas noções em nossas mentes para os exames. Esse tipo de coerção tinha (para mim) um efeito frustrante.(...) É um grave erro supor que a satisfação de observar e pesquisar pode ser promovida por meio da coerção e da noção de dever (EINSTEN, 1982, p. 25-26, grifo nosso).

Apesar de termos uma separação geográfica e temporal entre Galileu, Einstein e nós, percebemos elementos do processo educacional que não foram alterados ao longo dos séculos: a memorização de informações sem realizar a análise de seus significados.

Freire (2016) corrobora com o trecho anteriormente mencionado ao defender que “formar é muito mais do que puramente treinar o educando no desempenho de suas destrezas”, pois ao ensinar não estamos formando resolvedores de exercícios, os estudantes não devem meramente reproduzir as soluções de questões e achar que possuem conhecimento da Física e da natureza. O ensino vai, além disso, e diversas ações de professores e pesquisadores indicam algumas tendências no ensino de Física que são eficazes para a criação de ambiente favorável a aprendizagem das quais destacamos a relação entre Física e Literatura.

Os estudantes são sujeitos aos domínios de razão e emoção, e, por isso, temos de tratá-los como tal. Devemos conduzir o ensino para que os conhecimentos adquiridos na vida escolar sejam úteis e prazerosos.

Quando nos referimos a utilidade dos conteúdos escolares, queremos que eles sirvam para além da avaliação do ano escolar ou processo seletivo para inserção no nível superior. A utilidade aqui citada está associada a compressão íntima do mundo ao nosso redor que fará com que o estudante perceba a natureza em níveis mais profundos, vislumbrando uma realidade não imediata.

O foco de ensino de Física no desenvolvimento de problemas é uma construção didática que permanece até hoje, pois esse modelo se adaptou bem ao trabalho em sala de aula, com material didático construído para esse sentido, assim como o fato de os professores terem se adaptado a esse tipo de prática. Esperar que os estudantes leiam mais e resolvam menos exercícios é improvável dentro desse modelo consolidado, apesar de ser recomendada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

Ler e interpretar informações apresentadas em diferentes linguagens e representações (técnicas) como, por exemplo, um manual de instalação de equipamento, características de aparelhos eletrodomésticos, ou esquemas de montagem de móveis (BRASIL, 2002, p. 8. grifo nosso).

As avaliações são elaboradas dentro dos parâmetros passados em aula e os alunos treinam de acordo com o que foi ministrado, no entanto, a aprendizagem efetivamente não ocorre, já que boa parte do que fazem na prova é esquecido após a realização da mesma.

Porque mudar é tão difícil?

A Física é uma ciência na qual a transposição didática iniciou em passado distante e adquiriu estabilidade que lhe confere um lastro didático pedagógico, o qual tem muita resistência em ser substituído por outro. A mudança deve se dar devido à necessidade em despertar o interesse do aluno; revelar uma valorização social do conhecimento; demonstrar a utilidade o conhecimento. Se um dos níveis estiver sem ser contemplado, a validade do conhecimento é questionada.

3.2 Física e Literatura

3.2.1 Literatura

A literatura pode ser entendida como um dos ramos da arte que faz uso de escrita, em prosa ou verso. De acordo com Oliveira (2012), os filósofos gregos foram os primeiros a tentar organizar a produção literária que continha as narrativas ou declamações que envolviam temas que emocionava e interessa aos ouvintes. As manifestações literárias não eram impressas, por questões óbvias relacionadas a ausência de tecnologia adequada para tal fim. O que havia era a declamação oral das obras literárias:

A literatura ganha sentido no momento em que determinado público especializado dela se ocupar e propõe interpretações e leituras que devem sustentar nos elementos de composição de suas obras. Assim, a crítica literária se propõe com uma intuição que valida e justifica a existência disto a que chamamos literatura (OLIVEIRA, 2012, p. 11).

Hoje existem diversas classificações da literatura, mas todas estão relacionadas a um dos três gêneros literários: épico ou narrativo; lírico; e dramático. Ao épico estão associados o conto, a fábula, a epopeia, a novela, a crônica, o ensaio e o romance. A elegia, ode, écloga e soneto pertencem ao gênero lírico. E no gênero dramático temos o auto, a comédia, a tragédia, a tragicomédia e a farsa.

3.2.2 Reconnectando os saberes Física e literatura

Quando se fala em cultura o que se apresenta à mente são manifestações artísticas como a música, a literatura, a dramaturgia, ou mesmo manifestações folclóricas. Improvavelmente a Física será colocada como uma integrante da cultura, pois parece ser pertencentes a universos distintos e distantes, a primeira evoca a imagem de racionalidade e um alto grau de complexidade, ao passo que a segunda parece ser mais descomprometida com a razão, sendo muito imaginativa e emotiva e por isso tem menor complexidade na sua compreensão.

Cultura é quase sempre uma evocação de obra literária, sinfonia ou pintura, cultura erudita, enfim. Tal cultura internacional ou nacional, traz a mente um quadro de Picasso ou Tarsila, uma sinfonia de Bethovem ou de Vila Lobos, um romance de Dostoiévski ou de Machado de Assis, enquanto que a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou um tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell (ZANETIC, 2005. p.1).

Zanetic (2005), em seu artigo “Física e Cultura” cita Charles P. Snow, que em meados do século XXI, afirma que o distanciamento entre as comunidades de cientistas e escritores dificulta a resolução de diversos problemas da humanidade e enfatiza que essa separação traz implicações de natureza ética, epistemologia e educacional e caso isso aconteça será necessário uma aproximação entre essas duas culturas (Física e Literatura), pois são fundamentais para a boa formação de um cidadão contemporâneo.

Ele faz, nesse artigo, um apanhado histórico sobre a abordagem da Física através de obras literárias ao longo dos séculos e nota que há diversos pontos de contato entre essas duas culturas, mas nem sempre a relação entre ambas é concordante. Nomes como Dante Alighieri (1265-1321), com o poema *A divina Comédia*, que aborda o modelo cosmológico vigente, Camões (1524-1580), em *Os Lusíadas*, também faz alusão a cosmologia; o inglês John Milton (1608 -1674), em *O paraíso perdido*, Kepler, considerado o percussor da ficção científica, autor da novela *Sonho*, que descreve uma viagem a Lua. J. W. Goethe (1749-1832), poeta alemão, recusava os estudos da óptica desenvolvidos por Newton e seu contemporâneo John Keats (1795-1821), repudiava a destruição poética do arco-íris que Newton havia feito ao explicá-lo.

Enquanto Goethe e Keats repudiavam a forma como a ciência vinha destruindo o encantamento poético da natureza, Edgar Allan Poe (1809-1849) faz uso da ciência como recurso poético em seu poema *Heureka*, tendo o cuidado de deixar claro que ele é um “simples produto artístico” e que os leitores fizessem apenas uma análise poética do texto e não uma avaliação científica. O russo F. Dostoiévski (1821-1881) em *Os*

irmãos Karamazov e o inglês H. J. Wells (1866-1946) no romance *A máquina do tempo* realizam uma previsão ou reafirmação de aspectos da ciência do fim do século XIX e início do século XX. Já o francês Émile Zola (1840-1902) intencionava inserir cada vez mais nas obras literárias e teatro aspectos da Física Clássica:

Não somos nem químicos, nem físicos, nem fisiólogos. Somos simplesmente romancistas que nos apoiamos nas ciências (...) o artista parte do mesmo ponto que o cientista. ele se coloca diante da natureza, tem uma ideia a priori e trabalha segundo esta ideia (ZANETIC apud Zola, 2005. p. 20).

O que percebemos na análise temporal realizada por Zanetic (2005) é que Física e Literatura sempre foram abordadas em um mesmo espaço imaginativo ao longo dos tempos, apesar de causar estranheza quando afirmamos que ambas pertencem ao mesmo domínio criativo. Ambas são formas de interpretar o mundo e juntas podem potencializar o aprendizado das ciências, ampliando os limites de compreensão da natureza e não se limitando a uma mera utilização de um método matemático para representação de fenômenos.

É claro que a aprendizagem da solução de problemas típicos, que envolve o domínio de uma metodologia de trabalho, um formalismo matemático adequado, a utilização correta de grandezas e unidades físicas, bem como a avaliação final do resultado obtido, é parte fundamental da aquisição de conhecimentos físicos, é a parte que evidencia o potencial do que foi aprendido na solução de problemas teóricos e/ou práticos. Sem chegar a essa aplicação do conhecimento científico raramente se poderá dominar as teorias que o compõem. Porém, esse aspecto, basicamente técnico da aprendizagem científica, não é suficiente para fornecer uma visão razoável do complexo sistema representado por qualquer ramo do conhecimento, especialmente a Física (ZANETIC, 1989, p. 17).

Araújo-Jorge (2004) menciona pesquisa realizada com estudantes universitários, norte americanos e brasileiros, na qual eles associam o pensamento artístico com emoção, liberdade e prazer. O pensamento científico está ligado à razão, à repressão, à limitação, à disciplina e a análise crítica. Ela conclui que essa construção de ideias gera uma “visão negativa da ciência, na qual não há espaço para imaginação criatividade e intuição” (ARAÚJO-JORGE, 2004, p.80).

Araújo-Jorge (2004) faz uso de uma frase, de Henry Poincaré, que é pertinente para justificarmos a leitura artística da natureza, que é objeto de estudo da Física:

O cientista não estuda a natureza porque ela é útil; ele estuda a natureza porque esse deleita nela, e se deleita nela porque é bela.

Se a natureza não fosse bela, não valeria a pena ser conhecida, e se não valesse a pena ser conhecida, a vida não valeria a pena ser vivida (ARAÚJO-JORGE apud Henry Poincaré, 2004, p. 27).

É interessante notar que as manifestações artísticas ao explicar ou apresentar um tema da Física podem levar os estudantes a terem uma apreciação inicial e um envolvimento emocional com o tema e isso conduzirá a uma potencial aprendizagem.

Ciência e poesia pertencem a mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimentos e valor. (...) As aproximações entre Ciência e poesia revela-se, no entanto, muito ricas se olhadas dentro de um mesmo sentimento do mundo. A criatividade e a imaginação são o húmus comum de que se nutrem (MOREIRA, 2002, p.17).

O envolvimento emocional do estudante com o tema estudado é fundamental, sendo necessário criar novas combinações que requerem uma sensibilidade emocional e física, requerendo o uso apurado dos sentidos em conjunção com a mente e mãos e alcançar a superação dos obstáculos que segmentam os conhecimentos, ou seja, aproximam áreas aparentemente distantes.

Para Maturana (2005), o ser humano é resultado de uma mistura de emoção e razão. Para ele, a emoção não deve ser um limitante de nossas ações, mas uma possibilidade, no entanto, percebe-se nas aulas de Física que estudantes comumente não sorriem, ficam atentos, mas não se alegram.

Além disso, tem-se uma recriminação, às vezes aberta, mas na maioria dos casos velada, a manifestação de suas emoções, contudo essas emoções podem ser importantes indicadores de aprendizagem. Não é possível desligar a nossa parte emotiva como se fosse um aparelho eletrônico que possui função de liga e desliga. As emoções nos acompanham todo o tempo.

(...) Dizer que a razão caracteriza o humano é um antolho, porque nos deixa cegos frente à emoção, que fica desvalorizada com algo animal ou como algo que nega o racional. Quer dizer, ao nos declararmos seres racionais vivemos uma cultura que desvaloriza as emoções, e não vemos o entrelaçamento cotidiano entre razão e emoção, que constitui nosso viver humano, e não nos damos conta de que todo sistema racional tem um fundamento emocional (MATURANA, 2005. p. 25.).

Araújo (2012), um dos pesquisadores que se dedica em relacionar a ciência com a literatura de uma forma desobediente, fora daquilo que se espera como estratégia de construção de conhecimento e religação de saberes, descreve que a narrativa poética da

ciência busca (re)conectar a ciência, homem e literatura, pois pertencem a um mesmo campo de saber. O conhecimento não é somente medida; é poesia.

Portanto, a poesia age com suas faces multissignificativas do fazer científico criativo, linguagem literária e encantamento da natureza, bem como de fazer-criar no sentido esotérico de organização do conhecimento em uma estratégia narrativa no ensino de ciências (ARAÚJO, 2008, p.).

Araújo (2009) escreve, com base em Bachelard, que o ser humano, ao procurar entender a natureza através da experimentação, não a reproduz com exatidão, mas usa a imaginação e a distorce, transformando o que é natural em intelectual. Esse refazer científico é considerado um habitar poético. Cita o físico alemão e criador da mecânica quântica Werner Karl Heisenberg, ao afirmar que a divulgação científica só se efetiva se a comunicação for acessível a todos, ou seja, deve ser clara e simples o suficiente para a compreensão dos não cientistas. Portanto, conclui que é necessário que haja comunicação.

Para Heisenberg (1981, p. 123), uma das características mais importantes do desenvolvimento e análise da física moderna é a experiência a demonstrar que os conceitos da linguagem cotidiana, mesmo com imprecisão. Parecem exibir uma estabilidade maior na expansão do conhecimento que os termos precisos que a linguagem científica ostenta. Isso porque a linguagem cotidiana, apesar da imprecisão, está ligada a uma ampla experiência de vida, enquanto que a linguagem científica é decorrente de uma idealização (...) Essa imprecisão da linguagem, que a princípio pode parecer uma desvantagem ou deficiência, ganha cores na reflexão de alguns outros pensadores(...) a linguagem é tanto mais poética quanto mais vaga e imprecisa for (ARAÚJO, 2009, p. 8).

A comunicação em linguagem simples demonstra o nível de conhecimento e entendimento a que o informante chegou, segundo Araújo (2009). Desse modo, entende-se que uma linguagem literária tem uma maior probabilidade de ser compreendida se comparada ao uso indiscriminado de equações. Ademais essa aproximação entre os saberes desperta a curiosidade e imaginação dos estudantes. Nesse contexto, justificamos o uso de uma linguagem poética na introdução dos conteúdos trazendo à tona as emoções por meio da linguagem.

3.3 O Texto Literário de Temática Científica (TLTC)

Araújo (2012) esclarece que a “literatura é ela própria o meio de aproximação entre duas culturas, entre ela mesma e a física” (ARAÚJO, 2012, p. 152), desse modo o

TLTC pode ser identificado através de seu conteúdo científico abordado, que depende do público a ser alcançado e dos recursos literários utilizados na construção do texto

(...) por serem estratégicos em causar prazer e emoção afetiva no leitor, a saber: bases na história e na tradição, emprego de ironia e humor, entrelaçamento de arte e ciência, uso de metáforas e analogias, vínculos com o cotidiano, espaço para a metafísica e a religião, referências à cultura popular, reconhecimento dos erros humanos e dessacralização da ciência.” (COELHO e SALOMÃO, 2014).

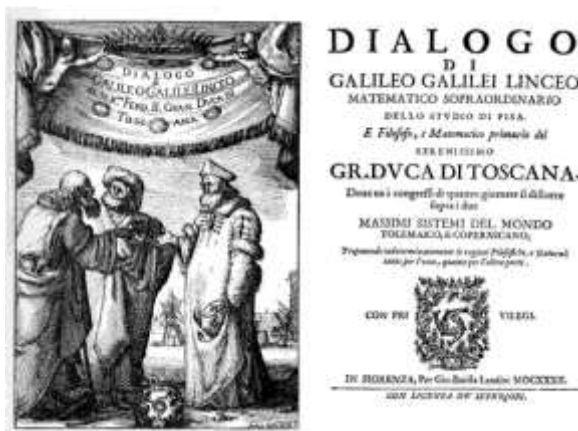
Podemos tomar emprestado o que Morin (2004) explica sobre a poesia, ao dizer que devido a sua linguagem, ela nos aproxima do mistério da natureza, que está além do racional. É exatamente esse o propósito do TLTC, aproximar a ciência que estuda a natureza do leitor, através de uma abordagem acessível.

3.3.1. Escritor de Veia Científica (EVC) e Cientista de Veia Literária (CVL)

O TLTC pode ser escrito por um cientista com veia literária (CVL) ou escritor com veia científica (EVC), classificação realizada por Zanetic (1998), o qual entende que o CVL é aquele que está ligado ao fazer científico e que produz obras, ou trechos de obras que podem ser entendidas como obras literárias e o EVC é aquele que em sua escrita insere elementos de ciência que podem dar ritmo e encantamento ao texto.

Grandes nomes da Física podem ser classificados como CVL, como por exemplo o Johannes Kepler, o percussor da ficção científica, ao descrever uma viagem a lua, e Galileu Galilei, em seu livro revolucionário *Diálogo sobre os dois máximos sistemas* (Figura 1), que merece destaque nessa dissertação.

Figura 1- Capa do Livro Diálogo



Fonte: <https://abrancoalmeida.com/2013/02/22/dialogos-sobre-os-dois-principais-sistemas-do-mundo-de-galileu/>. Acesso em 09 de junho de 2018

Em o *Diálogo*, Galileu realiza uma defesa do modelo cosmológico de Copérnico³ e defende a liberdade de expressão, bastante limitada no século XVI. O livro foi escrito em italiano e possuía em sua descrição um cenário teatral dentro de um palácio situado no grande canal de Veneza. Apresenta três personagens que dialogam e debatem sobre o arranjo dos céus e dos seus elementos, ou a constituição e organização do mundo, portanto trata dos dois sistemas cosmológicos principais. Sagredo, um nobre requintado buscando a verdade; Salviati, um copernicano vivaz e revolucionário em suas ideias, que representa o próprio Galileu; e o esnobe Simplício, um filósofo aristotélico de mente fechada, que não crê em argumentos que não sejam baseados nas concepções um dia postas por Aristóteles e endossados pela Igreja Católica. O trecho abaixo mostra um dos diálogos entre os três personagens a respeito do movimento dos corpos.

SALVIATI: ... Diga-me agora: Suponhamos que se tenha uma superfície plana lisa como um espelho e feita de um material duro como o aço. Ela não está horizontal, mas inclinada, e sobre ela foi colocada uma bola perfeitamente esférica, de algum material duro e pesado, como o bronze. A seu ver, o que acontecerá quando a soltarmos?

SIMPLÍCIO: Não acredito que permaneceria em repouso; pelo contrário, estou certo de que rolaria espontaneamente para baixo.

SALVIATI ... E por quanto tempo a bola continuaria a rolar, e quão rapidamente? Lembre-se de que eu falei de uma bola perfeitamente redonda e de uma superfície altamente polida, a fim de remover todos os impedimentos externos e acidentais. Analogamente, não leve em consideração qualquer impedimento do ar causado por sua resistência à penetração, nem qualquer outro obstáculo acidental, se houver.

SIMPLÍCIO: Compreendo perfeitamente, e em resposta a sua pergunta digo que a bola continuaria a mover-se indefinidamente, enquanto permanecesse sobre a superfície inclinada, e com um movimento continuamente acelerado.

SALVIATI: Mas se quiséssemos que a bola se movesse para cima sobre a mesma superfície, acha que ela subiria?

SIMPLÍCIO: Não espontaneamente; mas ela o faria se fosse puxada ou lançada para cima.

SALVIATI: E se fosse lançada com um certo impulso inicial, qual seria o seu movimento, e de que amplitude?

SIMPLÍCIO: O movimento seria constantemente freado e retardado, sendo contrário à tendência natural, e duraria mais ou menos tempo conforme o impulso e a inclinação do plano fossem maiores ou menores (GALILEU apud NUSSENZVEIG, 2007, p. 66).

3 O livro de Nicolau Copérnico *De revolutionibus* havia sido proibido por meio do édito de 1616, da Inquisição romana. Nesse livro, Copérnico apresenta ideias relacionadas ao Heliocentrismo, onde aponta a Terra como mais um dos corpos que orbitam em torno da estrela central, o Sol.

Entre os EVC, estão alguns dos grandes nomes da literatura mundial, como o Dante Alighieri, o Luís de Camões, o Edgar Allan Poe e o Dostoiévski como escritores que, cada um em sua época, descrevia em seus textos aspectos da ciência vigente, “mesmo quando distantes de suas especialidades mais específicas, não como se fossem ‘donos da verdade’, mas como indivíduos de extrema sensibilidade que produziram reflexões que podem nos auxiliar no diálogo inteligente com o espaço–tempo em que vivemos” ‘ (ZANETIC, 2006, p. 26).

Capítulo 4

Metodologia e Percurso Metodológico

4.1 Sequência Didática com uso de TLTC para Ensinar Queda dos Corpos

Apesar de ser recomendada através dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a articulação entre áreas dos saberes ainda é escassa na prática docente, e quando ocorre, por vezes, é desarticulada ou sem a real interdisciplinaridade. No capítulo Panorâmico Estado do Conhecimento percebemos que alguns dos trabalhos simplesmente descrevem aplicações didáticas enquanto outros apenas sugerem a aproximação entre Física e Literatura.

Esse trabalho consiste na análise uma SD desenvolvida em uma turma de 1º ano do EM do Colégio Estadual Doutor Orlando Leite, situado na cidade de Vitória da Conquista-Ba, com a temática Queda dos Corpos na qual o foco foi verificar o potencial do uso de TLTC no ensino de Física no que se refere a construção do saber científico. Essa estratégia didática se ocupa em avaliar aspectos qualitativos da aula verificando as ideias intuitivas, o processo de aprendizagem e uma potencial alteração das concepções, por isso a metodologia deste trabalho é uma pesquisa de campo do tipo qualitativa.

Para Silveira e Córdova (2009) “a pesquisa qualitativa não se preocupa com a representatividade numérica, mas, sim com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc.” Quanto a pesquisa de campo, Kahlmeyer-Mertens et al (2007) descrevem como sendo uma pesquisa feita em lugares da vida cotidiana e para isso é necessário ir ao campo, pois assim será possível coletar dados que serão analisados por uma variedade de métodos tanto para a coleta quanto para a análise.

Nesse trabalho, o campo de pesquisa foi a sala de aula, onde os dados foram coletados enquanto o professor pesquisador:

(...) observa participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, registrando eventos, talvez através de audiotapes ou de videotapes - coletando documentos tais como trabalhos de alunos, materiais distribuídos pelo professor, ocupa-se não de uma amostra no sentido quantitativo, mas de grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando escrutinar exaustivamente determinada instância tentando descobrir o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares (MOREIRA, 2003, p.24).

Conforme recomendação de Moreira (2003), os dados foram coletados através da gravação de imagens e áudios, além dos questionários e textos produzidos em decorrência das aulas, com o propósito de, posteriormente, servem para interpretação qualitativa e avaliação da possível aprendizagem dos temas abordados.

A SD foi realizada em oito aulas, ao longo de quatro semanas, numa carga horária semanal de duas horas aula, tendo como conteúdo chave a queda dos corpos, pertencente ao programa previsto pelo professor da disciplina.

A abordagem realizada buscou explorar ao máximo as grandezas envolvidas na queda de um corpo, para isso, tomamos como ponto de partida os conceitos prévios dos estudantes, para que assim as discussões pudessem ser melhor orientadas. Para que isso fosse possível seguimos alguns passos metodológicos:

- Passo 1 – A turma foi esclarecida sobre a sequência didática, seu período de aplicação, seus objetivos, e sequência de atividades desenvolvidas. Nesse momento, também informamos sobre a gravação das aulas e da necessidade de assinar um termo de livre esclarecido por eles ou seus responsáveis.

- Passo 2 - Para orientar a seleção dos TLTC que foram utilizados nas aulas seguintes, foi aplicado um questionário para levantamento do acervo cultural dos estudantes e para conhecer as concepções primeiras a respeito da temática, tendo em vista o entendimento freiriano, que aborda que os conhecimentos “informais das ruas, nas praças, no trabalho, nas salas de aula das escolas, nos pátio dos recreios, em que variados gestos de alunos, de pessoal administrativo, de pessoal docente se cruzam cheios de significação” (FREIRE, 2016, p. 44). Desse modo, não incorremos no erro frequente no qual os professores, ao entrarem em sala, introduzem as suas aulas, independente do conteúdo a ser trabalhado, sem realizar qualquer tipo de levantamento, sondagem, sobre o grau de conhecimento que os alunos apresentam sobre o tema a ser ministrado. Simplesmente iniciam suas aulas e transferem aquilo que predispuseram trabalhar na aula, seguindo a sequência exposição-treinamento-prova escrita.

- Passo 3 – Realizamos a análise do questionário que serviu para que no encontro seguinte já se tenha traçado um perfil geral da turma, quanto a seus hábitos, suas preferências e seu grau de conhecimento da temática. Isso é fundamental para que se obtenha resultados melhores com a execução da sequência didática.

- Passo 4 - No segundo encontro, os estudantes foram divididos em grupos (Figura 4), um representante pegou um pacote de textos no BAÚ DE GALILEU (caixa

na qual os textos foram postos previamente a aula). Os estudantes fizeram a leitura dos textos coletivamente e relataram os aspectos da ciência que estão apresentados, especialmente, identificando a temática abordada. O professor ficou atento às discussões e realizou intervenções necessárias para o bom andamento da atividade.

FIGURA 4 – Estudantes reunidos em grupo realizando leitura dos TLTC's



FONTE: O autor (2017)

- Passo 5 - Os estudantes descreveram textualmente o extrato das suas discussões para entregar ao professor (isso serviu como instrumento de análise das concepções alternativas).

- Passo 6 - Então, iniciou uma conversa, mediada pelo professor, entre os estudantes a respeito dos textos lidos com interesse de expor aquilo que foi discutido internamente aos grupos no momento anterior da aula. Essa iniciativa serve para por em prova a capacidade argumentativa dos estudantes e verificar, por meio do discurso, o envolvimento emocional alcançado durante essa etapa.

Também nesse momento é possível avaliar a aceitação da linguagem literária como recurso para ensinar ciência.

- Passo 7 - No encontro seguinte incrementou-se atividades experimentais, realizadas em grupo. Essas atividades foram desenvolvidas em dois momentos, devido as suas particularidades, pois temos *Experimentos Mentais* e posteriormente a reprodução mecânica dos *Experimentos mentais*.

Cada grupo recebeu um roteiro que consta as atividades experimentais a serem discutidas.

Inicialmente, os estudantes se empenharam em executar os Experimentos Mentais propostos. É importante que solicite aos estudantes para não reproduzir os experimentos nesse momento, tendo em vista que a proposta é de que todo o roteiro seja executado mentalmente, com o intuito de que elaborem a situação fazendo

representações mentais, inserindo os agentes físicos palpáveis e avaliando todo o processo experimental. Esse processo criativo é manifesto em muitos momentos de nossa vida sendo evidenciado nas manifestações das artes cênicas, nas quais o autor cria uma situação que posteriormente tentará reproduzir. Os estudantes escreverão a suas observações mentais sobre cada experimento proposto e entregarão ao professor.

- Passo 8 – O professor, após uma reorganização das cadeiras em semicírculo, realizou a demonstração dos experimentos mentais (Figura 5). Durante a execução o professor dialogou com os estudantes a fim de extrair as suas concepções iniciais, e após a realização de cada atividade os estudantes puderam confrontar suas respostas com os resultados vistos, confirmando-os, avaliando as variáveis que não haviam considerado inicialmente, ou mesmo questionando a validade do experimento.

FIGURA 5 – Professor realizando a demonstração dos experimentos propostos



FONTE: O autor (2017)

Nesse momento o professor buscou relacionar os conceitos trabalhados em aula com as novas concepções sobre eles e bem como com as leituras dos TLTC's, levando os estudantes a uma reflexão sobre o conteúdo dos textos e a validade das abordagens realizadas nos mesmos.

- Passo 9 - Para finalizar a SD, os estudantes produziram uma manifestação artística da temática. Essa forma de apresentar os resultados dos estudos realizados é interessante, pois permite externar o envolvimento emocional com o tema assim como promover a aprendizagem.

Devido à limitação de carga horária, foi necessário fazer um corte temático, pois não tínhamos como prever a reação dos estudantes a essa metodologia, além da amplitude de variáveis que podem ser tratadas com os textos. Assim sendo focamos em

discutir um pouco da história da ciência e compreender a resistência do ar, a ação gravitacional e diferenciar massa de peso.

O receio da proposta não ser aceita se deve ao fato de que os estudantes não esperam fazer leituras durante as aulas de Física, a expectativa é que sejam feitos exercícios por intermédio de equações pois ler e escrever não são de competência da Física

Também tomamos o cuidado de não selecionar textos que causassem dificuldade em sua interpretação ou que promovessem a criação de novos obstáculos epistemológicos, pois isso poderia causar grandes dificuldades ao tentar desconstruí-los.

A interação professor-aluno é outro ponto fundamental nesse trabalho, uma vez que o professor atua com elemento facilitador da aprendizagem e não se posiciona com detentor exclusivo do saber, mas como um ser capaz perceber que o ambiente escolar é um espaço de relações sociais e afetivas (KULLOK, 2002). Nesse caso buscamos entender e valorizar os erros conceituais usando-os como ponto de partida para o encaminhamento das aulas, pois elas não podem ser simplesmente ignoradas ou apagadas.

4.2. Desenvolvimento

4.2.1Primeiro encontro (duas aulas)

O primeiro encontro, que contou com a presença de 17 alunos, iniciou com a apresentação da proposta de trabalho - pesquisa, da divisão das atividades ao longo das semanas, esclarecemos a turma que os fins da pesquisa é meramente acadêmico e que em momento algum eles serão identificados nominalmente. Esse esclarecimento se fez necessário para que eles estivessem mais a vontade para interagir e responder com espontaneidade e sinceridade, visto que alguns poderiam ficar constrangidos em errar algum item.

Logo após foi realizada a leitura, conjuntamente aos estudantes envolvidos, do Termo de Consentimento de Livre Esclarecido (TCLE) (Anexo 1) e realizado todos os esclarecimentos sobre os orientadores da pesquisa, da espontaneidade em participar, com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa e poderiam se retirar da pesquisa em qualquer momento, sem sofrer sanções ou passar por constrangimentos. Também esclarecemos que não receberiam qualquer incentivo financeiro ou teriam qualquer ônus. Foram informados o objetivo é acadêmico da pesquisa, que, em linhas

gerais é verificar a eficiência de uma sequência didática no ensino de Física com uso de Textos Literários de Temática Científica (TLTC). Também explicitamos que o uso das informações da pesquisa estão submetidas às normas éticas, deixando claro que as aulas da sequência didática seriam gravadas em vídeo e áudio, apenas para fins de construção de diário de bordo e que não serão veiculadas em qualquer meio de comunicação, nem exibidas para terceiros com fins não acadêmicos. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelo pesquisador mestrando e seus orientadores. Cada estudante recebeu duas cópias do TCLE sendo que os menores de 18 anos deveriam levar para que seus pais ou responsáveis assinassem e os maiores de 18 anos assinariam em campo próprio. Após a assinatura das vias o professor fica com uma cópia e o estudante com a outra. Muitos não compreenderam bem a finalidade do TCLE, por isso foram recorrentes as intervenções dos estudantes pedindo esclarecimentos sobre o mesmo.

No momento seguinte, requisitamos a turma que respondesse ao Questionário de Sondagem (Anexo 2) contendo quatro perguntas relacionadas a queda dos corpos. Conforme estimado inicialmente, após cerca de 50 minutos todos os estudantes já haviam finalizado essa atividade. Nesse questionário alguns alunos não se esforçaram para responder, especialmente as questões discursivas, outros responderam muito rapidamente, contudo poucos se detiveram na análise detalhada das questões para oferecer respostas coerentes.

4.1.2. Segundo encontro (duas aulas)

No segundo encontro iniciamos a aula recolhendo o TCLE que havia sido entregue na aula anterior. Após essa etapa realizamos uma divisão dos estudantes em 5 grupos para que realizassem as atividades do dia. Logo após sugerimos a leitura dos TLTC's que estavam no Baú de Galileu (Figura 6) enrolados em forma de pergaminhos. Os estudantes deveriam ir ao Baú e recolher apenas um pergaminho para realizar a leitura individualmente, mas que posteriormente explanassem para os demais componentes do grupo qual a temática de seu texto. Aconteceu de em um grupo ter duas ou mais pessoas com o mesmo texto já que utilizamos apenas quatro TLTC's.

FIGURA 6 – O Baú de Galileu



FONTE: O autor (2017)

Essa aula foi gravada em vídeo com o auxílio de duas câmeras, no entanto, ambas descarregaram a bateria ao longo da aplicação, desse modo tivemos os registro de apenas 35 minutos em vídeo.

Para não perder os relatos do restante da aula, utilizamos o celular para gravar os áudios. Essa estratégia se mostrou bastante eficaz, tanto pela qualidade dos áudios, pois captamos os diálogos de modo mais próximo aos alunos já que o celular estava no bolso do professor, quanto pela maior espontaneidade dos estudantes, que atribuímos à ausência da câmera.

Após a leitura e discussão, iniciou a produção de um pequeno texto onde os estudantes deveriam analisar os aspectos de ciência contidos no texto, se posicionando favorável ou não aos argumentos apresentados nos textos lidos. Esse registro configura um dos instrumentos para nossa análise dos conceitos prévios dos estudantes. Em nosso planejamento previmos que a leitura e discussão durassem cerca de 20 minutos, mas persistiu por mais de uma hora.

Após recolher os textos, os grupos se desfizeram e iniciamos um debate coletivo sobre os textos. Nesse momento o professor mediou a argumentação indicando o texto que seria abordado; perguntando aos estudantes qual é a história do texto; quais aspectos de ciência estão indicados no texto; e se os conceitos de Física utilizados estão corretos.

Não foi possível discutir todos os textos nesse dia, ficando para a próxima semana o fechamento da análise dos textos.

4.2.3. Terceiro encontro (duas aulas)

O terceiro encontro inicia-se efetivamente com a socialização do entendimento da leitura dos textos lidos na semana anterior e ainda não analisados coletivamente. O

professor introduz a mediação e segue a mesma sequência de ações da aula anterior retomando aspectos já discutidos.

Durante as discussões sempre se busca associar os textos a partir de elementos comuns e por fim os estudantes fizeram um extrato de grandezas físicas que os textos abordam conforme indicado a seguir:

Temática dos textos: Queda dos corpos.

Conceitos Físicos Presentes: Gravidade; Massa; Peso; Resistência do ar; Velocidade.

Na etapa seguinte da aula, solicitamos que formassem grupos de até 5 pessoas para realizar uma investigação e análise com registro escrito de uma sequência de Atividade Experimentos Mentais (Anexo 3).

Os grupos começaram a estudar as perguntas contidas no roteiro entregue. Foi esclarecido que a atividade é apenas de pensamento e que não deveriam ser reproduzida nesse momento, apesar disso vários estudantes esboçaram fazer e foi necessário chamar a atenção em vários momentos a fim de que não realizassem efetivamente a experimentação. E depois da discussão solicitamos que escrevessem as percepções, com o intuito de termos esses registros para consultas posteriores.

Após recolher os roteiros os estudantes posicionaram suas cadeiras em semicírculo e o professor se posicionou ao centro para mediar a atividade. Princípios perguntando aos membros de grupos diferentes sobre o que haviam colocado como resposta as perguntas dos experimentos mentais. Nesse momento os componentes dos grupos interagiram de forma enérgica quando outro grupo respondia de forma diferente. Passado esse momento de entusiasmo o professor realizou a demonstração do experimento proposto e avaliou as argumentações, buscando valorizar todas as respostas dadas.

4.2.4. Quarto encontro (duas aulas)

Nesse último encontro iniciamos lembrando toda a sequência das aulas, rememorando as histórias lidas, relacionando os conceitos aprendidos com aqueles presentes nos textos. Foi aplicado um Questionário de Verificação (Anexo 4) com o objetivo de criar uma base de dados para comparar com as respostas dadas no Questionário de Sondagem, logo após disponibilizamos um tempo para que realizassem a produção de um produto artístico literário que comunique com a temática trabalhada ao longo das aulas.

Capítulo 5

Análise e Discussões

Para melhor entender o que se processou durante a SD, fizemos um diário de bordo de cada aula, construído a partir da percepção do professor durante a aula e das gravações de áudio e vídeo. As gravações foram essenciais para que pudéssemos pontuar com maior fidelidade as conversas, opiniões e reações dos estudantes na aula.

A seguir apresentamos a análise das respostas aos questionários aplicados e diálogos ocorridos durante as aulas.

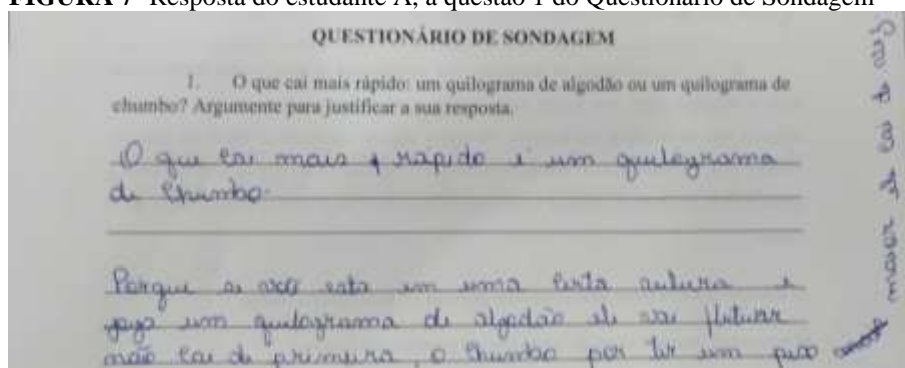
5.1. Avaliação das respostas dos alunos – Questionário de Sondagem

A seguir comentamos o padrão de respostas verificadas as perguntas presentes no Questionário de Sondagem.

Pergunta 1 – O que cai mais rápido: um quilograma de algodão ou um quilograma de chumbo? Argumente para justificar a sua resposta.

Conforme esperado, a maioria dos estudantes (15) afirmaram que o chumbo deve chegar primeiro ao solo, pois seu peso é maior. Nas Figuras 7, 8 e 9 podemos ver algumas das respostas dos estudantes.

FIGURA 7- Resposta do estudante A, a questão 1 do Questionário de Sondagem



FONTE: O autor (2017)

FIGURA 8 - Resposta do estudante B a questão 1 do Questionário de Sondagem

O algodão é mais leve e o chumbo muito pesado então o chumbo cai mais rápido.

FONTE: O autor (2017)

Figura 9- Resposta do estudante C a questão 1 do Questionário de Sondagem.

Um quilograma de chumbo, pesa
menos do que 1kg peso.

FONTE: O autor (2017)

Percebemos que esse padrão de respostas corresponde ao pensamento aristotélico que afirma que o tempo de queda de um corpo está relacionado com o seu peso, sendo que quanto maior o peso do corpo, menor será o tempo de seu deslocamento vertical.

Apenas dois tiveram respostas diferentes, conforme visto nas figuras 10 e 11.

FIGURA 10 - Resposta do estudante D a questão 1 do Questionário de Sondagem

Os dois pesos possuem a mesma quantidade de massa

FONTE: O autor (2017)

FIGURA 11- Resposta do estudante E a questão 1 do Questionário de Sondagem

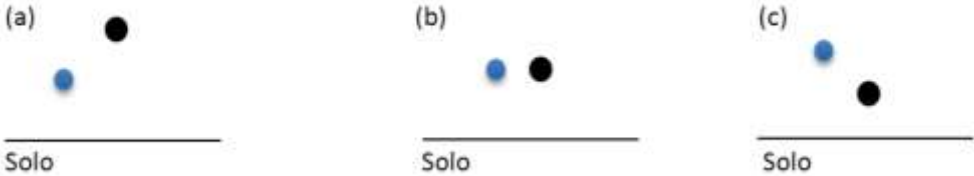
Os dois caem ao mesmo tempo
peso e ao mesmo peso.

FONTE: O autor (2017)

Um afirmou que ambos possuem a mesma massa, mas não definiu qual chega primeiro ao solo (Figura 10) e outro ofereceu a mesma resposta para justificar que ambos chegam ao solo juntos (Figura 11).

A seguir temos o enunciado da segunda pergunta.

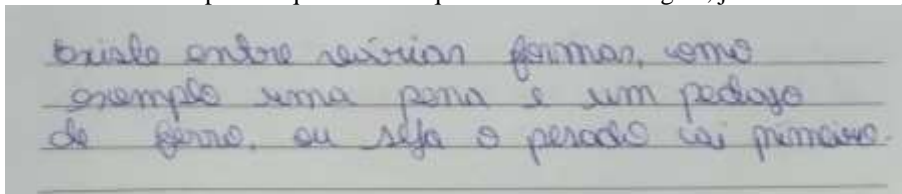
Pergunta 2 – Deixamos cair simultaneamente duas bolas de mesmo tamanho, uma de gude (esquerda) e uma de rolimã (direita). Após certo tempo de queda, qual imagem melhor apresenta a posição dessas bolas?



Justifique a sua resposta usando em seu argumento ao menos duas grandezas físicas.

As respostas a essa questão demonstram a presença da concepção espontânea de que corpos mais pesados caem primeiro, pois mais da metade dos estudantes assinalaram a alternativa (c) oferecendo explicações vagas para justificar a resposta, sendo que mais predominante foi atribuir a diferença de massas a diferença na velocidade de queda, conforme vemos na resposta de um dos estudantes na Figura 12.

FIGURA 12 – Resposta a questão 2 do questionário de sondagem, justificando a resposta (c)

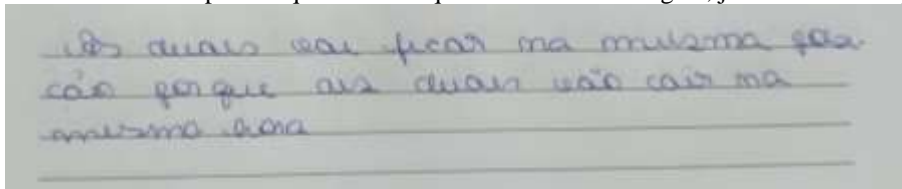


Existe entre as coisas formas, como exemplo uma pena e um pedaço de ferro, ou seja o peso da primeira.

FONTE: O autor (2017)

Quanto aos que assinalaram (b), alguns não estavam bem certos de suas escolhas, pois dois não justificaram as sua resposta e um entendeu que o tempo de queda depende do instante que abandonamos os corpos, o que sutilmente podemos interpretar que em seu entendimento a massa não interfere no tempo de queda dos corpos, em conformidade com o que observamos na Figura 13.

FIGURA 13 – Resposta a questão 2 do questionário de sondagem, justificando a resposta (b)

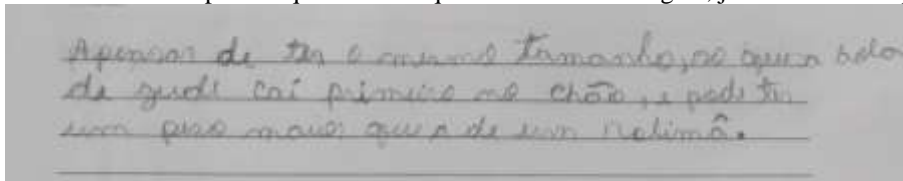


As duas vão ficar na mesma posição porque as duas vão cair na mesma hora.

FONTE: O autor (2017)

E três dos estudantes assinalaram a letra (a), dois não justificaram a resposta enquanto um alegou que a gude pode ter mais massa que a bolinha de rolimã chega primeiro ao solo (Figura 14) . Com essa resposta pudemos notar, além do fato de a estudante não saber definir bem os materiais de que são feitas as bolinhas, identificamos mais uma vez a concepção aristotélica respeito da queda dos corpos.

FIGURA 14 – Resposta a questão 2 do questionário de sondagem, justificando a resposta (a)



FONTE: O autor. (2017)

A seguir temos o enunciado da questão 3.

Pergunta 3 - Você já viu imagens de pessoas andando na superfície da Lua? A que se deve o movimento *lento* dos astronautas?

Um participante não opinou nesse item e outro respondeu que jamais viu as imagens referendadas na pergunta. Os que responderam sim, explicaram das mais diversas maneiras, conforme é possível verificar a seguir algumas das respostas obtidas no item:

“Eu acredito que é pela latitude onde o ar está mais forte e os astronautas acaba flutuando”;

“O movimento lento e por causa da gravidade do espaço é muito pesada fazem do que os astronautas levitam”;

“Por causa do oxigênio”;

“A grandeza da gravidade no espaço”;

“A gravidade que causa o movimento do astronauta na lua”;

“Por que a lua não tem a mesma quantidade de massa que a Terra”;

“Por causa do ar eu sei lá a explicação”;

“Por causa da baixa altitude e também da pressão”;

“Pois o tamanho da lua em relação a Terra é menor pois corpo maior atrai outro menor, mais sua massa for menor a gravidade mudará.”

Percebemos que não são padronizadas as respostas, apesar de alguns realizarem uma referência a influencia da gravidade, eles não têm muita propriedade para defender suas ideias. Essas respostas serviram de indícios para orientar as discussões nas aulas posteriores.

Pergunta 4: Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal estava num mirante sobre um rio e

alguém deixava cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, a altura de queda é a mesma (do biscoito e do jovem) e a resistência do ar é nula.

A situação descrita sobre esse comercial poderia ser interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.

Essa é a única questão que é exclusivamente de múltipla escolha e talvez a mais difícil, devido a combinação das concepções alternativas com as concepções científicas e, conforme esperado, a maior quantidade de estudantes assinalaram a alternativa (b), sendo coerente com as respostas das questões 1 e 2, o que demonstrou a forte presença da concepção espontânea de que corpos mais pesados tendem ser mais rápidos na queda.

5.2. TLTC's – Leitura e Discussões

O início da aplicação da SD nesse dia se deu com a divisão dos estudantes em grupos para realizar a leitura do TLTC's contidos no Baú de Galileu (Figura 4), onde cada componente foi até o Baú e retirou um dos textos que estava enrolado em forma de pergaminho. Após retirar o texto o estudante retornou ao seu lugar para realizar a leitura e posterior socialização do conteúdo lido, atentando para os aspectos relacionados a ciência e contexto geral do TLTC, além disso solicitamos que registrassem através de um pequeno texto as percepções iniciais sobre as leituras.

Como foram utilizados apenas quatro textos distintos, aconteceu de em um mesmo grupo mais de uma pessoa no grupo retirar o mesmo texto, mas isso não comprometeu a essência do procedimento.

Em nosso planejamento havíamos previsto um tempo de 20 minutos para essa etapa, mas perdurou por mais de uma hora.

Após uma hora aula, alguns já haviam terminado as atividades, ao passo que outros ainda estavam na leitura e outros escrevendo. Esperamos mais alguns minutos, mas percebemos que essa espera poderia levar muito mais tempo e assim comprometer o que havíamos planejado para as aulas. Daí, solicitamos aos que ainda não haviam

escrito o texto que entregassem do modo que estava, e então se empenharam em finalizar e entregaram os textos após 5 minutos.

Para iniciar a socialização das leituras, entregamos a todos uma cópia de cada texto, então começamos a falar dos aspectos relacionados aos TLTC's. Começamos pelo texto I “É perfeito como está” (Anexo 6) e cada um que leu o texto e opinou sobre o seu conteúdo. Dos alunos participantes, apenas quatro haviam lido esse texto e tão somente um falou, brevemente sobre o tratava o texto:

Estudante 1: Foi bacana pois falava de religião , ciência e um pouco de filosofia. E o texto é de uma pessoa que quer dar uma opinião sobre algum assunto.

Percebemos que ele não possuía propriedade para elaboração de seu discurso, talvez por falta de leitura sobre a temática, mas achamos relevante o comentário, pois a partir dele foi possível iniciar uma abordagem sobre desenvolvimento da ciência em um contexto histórico, filosófico, político e religioso, levando-os a entender que a ciência não surge do nada, ela está inserida em um contexto e é importante que se conheça esse contexto para que possamos compreender o que foi produzido, na época. Remetemos a Aristóteles, falamos sobre o geocentrismo primário e demos um o salto na história chegando a Galileu Galilei, inserindo-o na idade média onde a Igreja Católica Apostólica Romana –ICAR ainda possuía grande influência nos diversos setores da sociedade.

Ao longo dessa exposição, alguns dos estudantes estavam lendo o texto e após terminar as suas leituras começaram a intervir. Um dos estudantes comentou:

Estudante 2: “Oxe, o professor de História tá dando isso aí. Não tem haver com feudalismo e inquisição?”

Esse comentário é interessante, pois foi possível confirmar que há uma conexão entre saberes nessa aplicação didática onde podemos explorar como a História pode auxiliar na boa compreensão das ciências.

Outro estudante se manifesta e inicia um diálogo com o professor, transcrito a seguir:

Estudante 3: “Mas professor eu não entendi isso de mundo imóvel. Nós estamos girando em torno do Sol.”

Professor: “Exatamente Estudante 3. Esse conhecimento que você tem está corretíssimo de acordo com a ciência atual, mas na época as coisas eram diferentes.”

Estudante 3: “Não!”

Professor: “Esse texto se refere ao período entre os anos de 1400 e 1500, e nessa época ainda havia discussões sobre qual era a forma com que o Universo está organizado. A ideia predominante era que a Terra estava no centro de todo o Universo e desse modo tudo girava em volta da Terra. O que chamamos de Geocentrismo.”

Estudante 3: “Hã! Meu ex-professor de geografia já disse isso. Caiu até na prova”

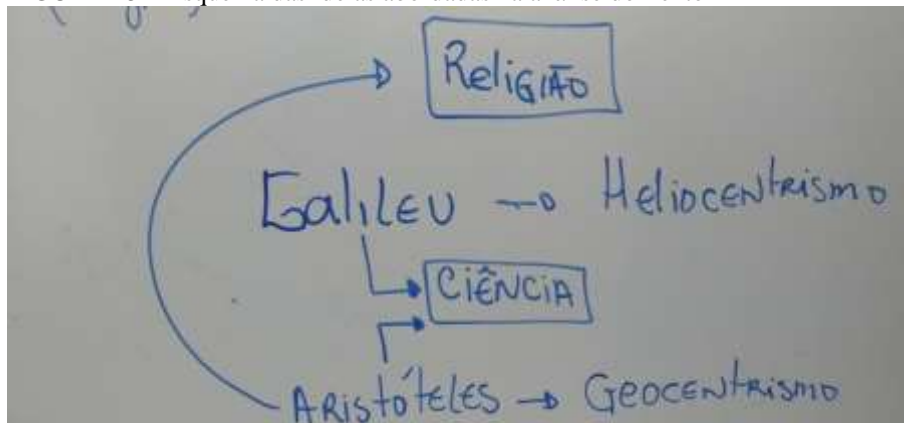
Estudante 4: “E tu errou!” (risos)

Professor: “Então você se lembra do nome da outra teoria que fala que é o Sol e não a Terra que está no centro?”

A essa pergunta não houve resposta imediata, com isso apresentamos as duas teorias cosmológicas evidenciadas no texto e discorremos sobre ideias de Aristóteles, Aristarco de Samos, Copérnico e Galileu, mas não aprofundamos nelas ou abordamos a concepção desenvolvida posteriormente por Kepler, apesar de ser possível realizar também essa abordagem.

Após anotar no quadro o extrato das discussões, Figura 15, iniciamos a análise do texto II “A cabeça que caiu na maçã” (Anexo 7).

FIGURA 15 – Esquema das ideias abordadas na análise do Texto I



FONTE: O autor (2017)

Para esse texto, percebemos inicialmente a maior disposição dos estudantes em participar, talvez devido ao fato de terem percebido através da análise do texto I que suas respostas são relevantes no encaminhamento das discussões. A seguir temos um excerto do diálogo inicial.

Estudante 4: “Esse texto fala ‘dum’ cara que... construiu uma ponte sem prego.”

Estudante 5: “Ele era bem inteligente e ‘tava’ na faculdade, mas não conseguiu estudar.”

Estudante 4: “É! Por causa da peste negra que ‘istudamo’ na da semana passada.”

Professor: “Legal! Estudaram em qual disciplina?”

Estudante 4: “ História.”

O argumento transcrito denota mais uma vez a relação entre os saberes e a possibilidade de harmonizá-lo em uma aula.

Outros estudantes foram realizando inferências nas quais abordaram sobre “o esconde-esconde” dos astros, sobre a atração entre os planetas, de como pode ser explicado por equações o tal “amor gordo” e um dos estudantes citou que o texto I e o texto II envolvem a mesma temática, que segundo eles é o Universo, tendo em vista que primeiro trouxe uma abordagem histórica dos modelos cosmológicos e o segundo explica o porquê do Universo ser organizado assim.

Um fragmento que muitos ficaram sem entender foi: “senti seu corpo flutuar e subir até a maçã que tinha soltado do galho.” Segundo os estudantes:

Estudante 6: “...não tem como flutuar. A maçã que cai. Igual no título.”

Professor: “O que tem o título?”

Estudante 6: “Fala que a cabeça que caiu na maçã, mas não é! É a maçã que cai na cabeça.”

Nesse momento fizemos uma pausa para lembrar alguns dos conceitos da cinemática: referencial; repouso; e movimento. Após explicar os conceitos e citar exemplos, o professor esclarece que também o texto tem uma linguagem figurada e poética, por isso se vale dessa inversão do movimento e o que permite uma maior fluidez na leitura.

Quando terminamos a análise do texto já havia se passado 7 minutos do fim da aula, por isso deixamos os outros escritos para serem estudados na aula da semana seguinte. Essa interrupção na sequência da análise dos textos causou preocupação, pois apesar de retomar aspectos dos textos na aula seguinte, a compreensão alcançada durante a aula não seria o mesmo. Em contrapartida, a permanência dos estudantes em sala, mesmo após o final do horário, foi um indicativo da participação e envolvimento dos estudantes na aplicação da SD.

Na semana seguinte, fomos abordados, antes da aula, por alguns alunos que começaram a falar sobre o questionário de sondagem, lembrando as questões e avaliando as suas respostas indicando que havia errado uma das questões, mas que perceberá esse erro somente após a discussão da aula anterior.

Logo retomamos de onde havíamos encerrado na aula anterior, revisando a essência daquilo que havia sido discutido na aula anterior. Como esperado, a turma contribuiu muito para que pudéssemos dar sequência a SD. Relembrou os modelos planetários, perseguição política e religiosa e observando o títulos : “Por que não posso ‘vuar’ ”; “A cabeça que caiu na maçã”; “Os corpos caem num dia de sol”, de três TLTC’s lidos na aula anterior perceberam que havia uma conexão entre eles, quando um dos estudantes gritou: “GRAVIDADE! Todos falam da gravidade”.

Tentamos extrair deles o conceito de gravidade e tivemos o diálogo a seguir:

Estudante 7: Ah! Esqueci.

Estudante 8: “Eu sei o que é, mas não sei com explicar! Mas é um coisa que puxa os objetos.”

Estudante 9: É uma aceleração!

Professor: Mas o que é aceleração?

Estudante 8: Que muda a velocidade do objeto.

A resposta do Estudante 8 revela a compreensão do que é aceleração, apesar de que em sua fala ele não indica que tipo de mudança ocorre, e de qual tipo de aceleração ele trata, ainda assim entendemos que ele se apropriou da essência do conceito de aceleração, pois a aceleração é a mudança sofrida pelo vetor velocidade, seja em seu módulo, direção ou sentido, e foi isso que buscamos esclarecer a turma, partido da resposta dada pelo estudante.

Seguimos a aula, agora buscando saber o que afeta na queda dos corpos, pois já havíamos conseguido entrar na discussão da temática.

Professor: O que então influencia na queda de um objeto?

Estudante 10: O peso.

Professor: O que é peso?

Estudantes: A massa!; Massa?; Uma massa; A massa é um osso, né?

Professor: Será que é a massa?

Estudante 11: É massa professor!

Professor: É massa?

Estudante 11: É!

Estudante 12: Talvez! É!

Estudante 11: É. Que é puxar pra cima e puxar pra baixo.

A massa do planeta. Não é?

Professor: Massa e peso são a mesma coisa?

Estudante 11: Hã! Eu lembro agora.

Professor: Massa tem relação com a nossa matéria ou inércia do corpo. Quando subo na balança estou medindo a minha massa. Quando você compra pão ou mortadela, você paga pela massa deles. Já o peso tem relação com o puxar do texto que lemos e que Estudante 11 citou, ou seja, é a força com que o planeta puxa o nosso corpo em sua direção. Essa força depende da gravidade do lugar.

Estudante 13: O peso pode mudar, mas nossa massa é mesma!

Professor: Isso mesmo! Dependendo da gravidade do local eu posso mudar o meu peso, mas a nossa massa é a mesma. Por exemplo, na Lua a gravidade é seis vezes menor que aqui na Terra. Então lá nós temos menos peso. No cotidiano costumamos usar peso e massa com sinônimos, mas não é a mesma coisa. Quando compramos lá o pão, aparece PESO em quilogramas, quando na verdade é a massa. Nesse momento um dos estudantes lembrou a Questão 3 do Questionário de Sondagem (Anexo 2) e esboçou uma explicação : “ Então é por isso que o astronauta é lerdo para andar. A gravidade da lua é menor. Não é?” Outro estudante demonstrou que havia abstraído o conceito ao citar um fragmento de um do Texto II (Anexo 7) : “Então professor no da cabeça na maçã, aquele pedaço...Pera aí! Achei. No pedaço ‘o amor era maior quanto mais massa tivessem’ fala da gravidade também”.

Após esse momento de conversa, percebemos através da expressão facial dos estudantes, nas quais demonstravam ter entendido a diferença entre os conceitos postos de massa e peso, e sentimos contemplados em um dos objetivos postos previamente.

Continuamos a conversa, agora sobre o Texto III – Por que não posso ‘vuar’ (Anexo 8) e Texto IV – Os corpos caem num dia de sol, e dois estudantes começaram a expor a indignação sobre esse texto:

Estudante 14: “Como pode falar que uma pena e uma barra de ferro caem ao mesmo tempo?”

Estudante 15: “É! O irmão mais velho tá ensinando errado!”

Professor: “Mas por que?”

Estudante 15: “Oxe professor! Porque o ferro é mais pesado. Vai cair primeiro.”

Seus colegas citaram que no questionário da primeira aula constavam questões sobre a queda de objetos de tamanhos e massas diferentes. Falaram da comparação da bola de gude e da bola de rolimã e perceberam semelhanças com a situação proposta, e concordaram com os estudantes 14 e 15, alegando que o ferro chegaria muito antes ao solo.

Encerramos essa etapa, revisando os conceitos abordados durante o período, contando sempre com a ajuda dos estudantes, que foram sempre personagens centrais da aula. Portanto retomamos a concepção de gravidade, referencial, peso, velocidade e modelos cosmológicos.

5.3. Gedankenexperiment

Na segunda parte do terceiro encontro solicitamos que formasse grupos com até quatro pessoas para realizar uma discussão e escrita de um texto referente às atividades mentais (Anexo 9).

Os grupos começaram a discutir sobre as perguntas contidas no roteiro entregue. Esclarecemos que as atividades era para serem resolvidas apenas no campo da imaginação e que não deveriam ser reproduzidas. Apesar do aviso vários alunos ficaram tentados em realizar a experimentação e foi necessário aborda-los para contê-los.

Alguns trechos dos diálogos gravados na aula estão na Tabela 2 juntamente com as percepções sobre as respostas.

TABELA 2 – Percepções sobre a argumentação dos estudantes.

Diálogo	Percepções
Estudante 16: A que cai primeiro é a amassada Professor: Por quê? Estudante 17: Porque a amassada tem mais massa.	Os estudantes estão associando massa com densidade.
Quem cai primeiro o caderno ou a folha de caderno Estudante 18: O caderno! Estudante 19: Ué gente. Eu sempre que tiver duas coisas caindo uma mais leve e uma mais pesada, eu sempre marco a mais pesada porque peso não consegue ficar no ar, ele desce.	Pensamento aristotélico, a massa influencia no tempo de queda. Maior massa, menos tempo.
Sobre bolinhas de mesmo material, mas de volumes diferentes: Estudante 20: Traduzindo uma gude maior e outra menor. Não é isso? Professor: Pode ser! Estudante 21: Por ser as duas de mesmo material, vai cair primeiro a gude maior. Obvio. Talvez sim talvez não! Porque a maior tem maior peso, mas a menor pode ser mais rápida.	O estudante está confuso, inicialmente atribuiu o tempo de queda ao material, pois segundo ele, materiais iguais caem no mesmo tempo. Apesar de achar obvia essa situação, logo se confunde na explicação, demonstrando uma falta de ferramental teórico sobre a situação.
Estudante 22: Quando fala a folha com caderno em cima, é colocar a folha debaixo do caderno? Professor: Sim isso mesmo. Estudante 22: Quando a folha tá em baixo o caderno tira a resistência, não é? Imagine um carro grande e um carro pequeno. O carro grande vai na frente, então ele vai, tipo, Estudante 23: Entendi, Entendi. É tipo o vácuo do carro. (...)	Agora os estudantes inserem o conceito de resistência do ar, conforme pretendíamos inicialmente discutir. Observamos que possuem conhecimento sobre a influência da resistência do ar, pois fazem uma analogia adequada com a situação proposta.

Estudante 22: Mas o caderno vai furar o atrito do ar e vai cair junto. Tô certo?	
Ainda sobre a folha sobre o caderno, outro grupo já havia visto uma experiência igual, reproduzida por outro professor afirmaram: “é ao mesmo tempo”. Questionamos a eles a causa de caírem ao mesmo tempo, e obtivemos a seguinte resposta: “Ao mesmo tempo por que o Professor X fez isso sala e caiu ao mesmo tempo.” Professor: Mas qual a justificativa? Estudante 23: Sei lá! Ele fez na sala e mostrou lá e caiu!	Nesse momento percebemos que por vezes usa-se o experimento no ensino de Física sem questionar ou refletir e não explora as causas e possibilidades envolvidas com o fenômeno.
Sobre a queda de dois corpos de mesmo volume, mas de massas diferentes. Estudante 23: A bola de aço cai primeiro. Professor: Porque? Estudante 23: Por que é mais pesada. Estudante 24: Não Professor: Não por quê? Estudante 24: Huuuum! Por que no texto falava que corpos de massas diferentes caem ao mesmo tempo, por que as duas bolinhas vão cortar o vento igual.	Nesse diálogo notamos a presença dos argumentos do senso comum e da concepção científica, onde já notamos que os estudantes estão mais reflexivos analisando o fenômeno e recorrendo as leituras prévias.

FONTE: O autor (2018)

Os estudantes anotaram as suas concepções na folha do roteiro e entregaram, então, solicitamos que fosse formado um semicírculo com as cadeiras, tendo em vista que reproduziríamos os experimentos propostos na aula anterior para serem resolvidos apenas mentalmente e essa configuração das cadeiras possibilita uma melhor visualização para os estudantes quando o professor se posiciona no centro da sala.

Antes de reproduzir a atividade proposta solicitamos que um aluno de cada grupo formado na aula anterior expusesse a resposta de seu grupo para os demais colegas. As respostas estão postas na tabela 3.

TABELA 3 – Resposta a pergunta: Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, duas folhas de ofício abertas, colocadas uma ao lado da outra, qual chegará primeiro ao solo?

Equipe 1: As folha caem juntas.

Equipe 2: Caem ao mesmo tempo, fazendo um movimentinho.

Equipe 3: E elas descem irregular. Tipo uma onda, sabe? E chegam juntas.

Equipe 4: Caem balançando no ar. Ela não desce reto. Pode chegar juntas, mas pode não chegar, porque o vento pode atrapalhar mais uma do que a outra.

FONTE: O autor (2018)

Para essa primeira pergunta os estudantes descreveram adequadamente como se dá o movimento da folha ao cair, falando que faz “um movimentinho”, “tipo uma onda”, “balançando no ar” ou “não desce reto” e concluem que chegam ao mesmo tempo. Um dos grupos alegou que as folhas podem não chegar simultaneamente ao solo devido à influência do ar.

Soltamos, algumas vezes, as folhas de acordo com o sugerido na atividade e verificamos que elas caem planando e o instante de chegada ao solo por vezes era simultâneo, por vezes não, confirmando as hipóteses lançadas inicialmente pelos estudantes.

Para a segunda pergunta, também indicamos as respostas através da Tabela 4.

TABELA 4 – Resposta a pergunta: Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, uma folha de ofício amassada e outra lisa, colocadas uma ao lado da outra, qual chegará primeiro ao solo?

Equipe 1: A amassada cai antes, porque a outra tá aberta, e vai flutuar.

Equipe 2: A amassada! Por que é mais pesada.

Equipe 3: A amassada cai primeiro, porque a folha aberta o vento não vai deixar ela cair e a amassada quebra o vento.

Equipe 4: Apesar das duas terem o mesmo peso a folha aberta fica sujeita ao ar e a outra não. Ela cai reto e a outra não.

FONTE: O autor (2018)

Observamos que alguns dos estudantes ainda haviam compreendido o conceito de massa, pois associava à mudança no formato de um objeto a alteração da massa. Em contra partida outros estudantes já conseguem identificar um importantíssimo elemento que influencia a queda dos corpos: a resistência do ar. Foi possível, então, explicar a relevância da resistência do ar indicando que a mesma retarda o movimento livre de corpos em queda.

Alguns estudantes citaram que para a folha aberta, a área de atuação da força de resistência do ar é uma maior se comparada com a bolinha amassada, portanto sofre maior resistência, retardando a sua queda.

Realizamos então o procedimento proposto, desse modo confirmamos que a folha amassada chega primeiro ao solo, devido a menor intensidade da força de resistência do ar que atua sobre ela, pois possui menor área se comparada a folha aberta.

Na tabela 5 temos as respostas a questão 3.

TABELA 5 – Resposta a pergunta: Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, uma folha de caderno e o próprio caderno, colocados um ao lado do outro, qual chegará primeiro ao solo?

Equipe 1: O caderno cai primeiro, porque a resistência do ar é menor no caderno. Ou Maior?

Equipe 2: Por ela é mais pesada e empurra a folha pra baixo. Como a massa dele é maior, a força que ele exerce pra tirar esse trem aí (referia-se a resistência do ar) é maior. Entendeu?

Equipe 3: O caderno. Por que é mais pesado.

Equipe 4: O caderno cai primeiro porque tem mais massa e mais folhas.

FONTE: O autor (2018)

Logo na primeira resposta transcrita percebemos que o estudante busca adequar o conceito recém-discutido de resistência do ar na sua resposta a pergunta, mas ainda não tem domínio de tal conceito para argumentar com segurança, o que já é demonstrado na segunda resposta. Para os outros dois comentários permanecem os argumentos de pensamento aristotélico, ou seja, a diferença no tempo de queda é atribuída a distinção dos valores das massas.

Realizamos então o procedimento proposto que confirmou a chegada do caderno primeiro ao solo. Nesse instante ficamos preocupados em reforçar o conceito prévio de que o tempo de queda depende da massa dos corpos, mas o dialogo dos estudantes nos tranquilizou. A seguir apresentamos a transcrição de um trecho desse diálogo.

Estudante 25: Tá vendo aí? O caderno caiu primeiro.

Estudante 26: Mas não é por causa do peso dele, só. Você não viu que a resistência do ar atrapalha “as coisa” cair? A força nos dois é mesma e a área também, só que a força do ar é pra cima e o peso é pra baixo. Tipo um cabo de guerra. Mas a força pra baixo no caderno é mais forte aí ele ganha velocidade e chega primeiro.

Observamos que o Estudante 26 consegue apresentar as forças que atuam sobre os objetos e insere, talvez de forma inconsciente, a ideia de vetor resultante ou força resultante. O estudante já demonstra uma apropriação da influência de resistência do ar no movimento de queda dos corpos.

Quanto as perguntas 3 e 4, analisamos elas simultaneamente, por tratarem de mesmos objetos em condições diferentes. Nas Tabelas 6 e 7 temos trechos do diálogo entre professor e alunos sobre as questões 3 e 4.

TABELA 6– Resposta a pergunta: Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, uma folha de caderno debaixo do próprio caderno, qual chegará primeiro ao solo?

Equipe 1: A folha chega primeiro porque ela tá por baixo e o caderno empurra ela

Equipe 3: Não, eu acho que a folha vai sair de baixo. Ela é leve, vai sair.

FONTE: O autor (2018)

TABELA 7: Resposta a pergunta: Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, uma folha de caderno em cima do próprio caderno, qual chegará primeiro ao solo?

Equipe 1: A folha vai voar.

Equipe 3: O caderno cai primeiro.

Equipe 4: Acho que as duas caem juntas.

FONTE: O autor (2018)

Fizemos o experimento várias vezes e comprovamos que em ambas as situações os objetos chegam juntos, o que causou uma grande comemoração de alguns dos

estudantes que se alegraram por terem acertados e os alunos que haviam discordado do resultado inicial se admiraram, pois foi diferente do que acreditavam previamente.

Essa atividade foi crucial para levar os estudantes ao entendimento que o fator primordial que influencia a queda dos corpos é a atuação da resistência do ar. Propomos novas situações para serem resolvidas mentalmente, que foram prontamente solucionadas utilizando esse recente conhecimento construído. Pudemos então chegar a conclusão que se eliminar ou desprezar a resistência do ar os corpos sempre cairão ao mesmo tempo, quando abandonados de uma mesma altura.

Para as perguntas seguintes alguns dos estudantes falavam a resposta dada previamente e uma nova resposta que acreditava ser, corrigindo a interpretação inicial, conforme podemos verificar na Tabela 8 e na Tabela 9.

TABELA 8 – Resposta a pergunta: Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, duas esferas de mesmo material e de massas diferentes, qual chegará primeiro ao solo?

Equipe 1: A gente colocou que a pequena cai primeiro, mas caem juntas.

Equipe 2: Mesma coisa que eles.

Equipe 3: A gente achou que a pequena cai primeiro, mas agora acho que caem juntas.

FONTE: O autor (2018)

TABELA 9 – Resposta a pergunta: Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, duas esferas de materiais diferentes e de mesmo volume (gude e rolimã), qual chegará primeiro ao solo?

Equipe 2: Rolimã, por que é mais pesada.

Equipe 3: Achava que era a rolimã, por ser mais pesada, mas agora acho que juntas.

Equipe 4: A gude. Não sei porque, mas é a gude.

FONTE: O autor (2018)

Observamos que alguns dos estudantes mudaram a concepção sobre o fenômeno por entenderem que a resistência do ar afeta o tempo de queda, mas não são todos que já conseguem notar tal influência para toda situação.

Ao realizarmos a atividade solicitamos a turma que olhasse para o chão, mas que se utilizassem do som com recurso para identificar qual bolinha chegou primeiro ao solo. Pedimos que ficassem atentos a quantidade de ruídos de impacto. Se percebessem apenas um, é porque caem juntas, caso escutassem dois sons é por que caem em tempos diferentes.

Já na primeira vez que soltamos as bolinhas alguns estudantes já perceberam que as bolinhas chegavam juntas, mas tivemos de refazer algumas vezes até que todos fossem convencidos do fato.

Os estudantes 14 e 15 ergueram as mãos e para lembrar o texto lido na aula anterior.

Estudante 14: Ô professor, a gente “tava” errado! A gente “falô” que o irmão mais velho “tava” ensinando errado “as coisa” pra o mais novo.

Estudante 15: Só que ele tá certo mesmo. A gente que não sabia.

Essa intervenção demonstra que os estudantes realizaram uma reconstrução de seus saberes e reavaliação suas concepções prévias ajustando-as de acordo com o novo conhecimento construído.

Para finalizar, solicitamos aos estudantes que fizessem uma produção literária abordando os temas discutidos em sala de aula, isso serviu de instrumento de avaliação de aprendizagem sobre os conceitos abordados.

5.4. Questionário de Verificação e Produto Cultural

O último encontro ficou reservado para a escrita de um TLTC por parte dos estudantes e para responder a um questionário de verificação. Ambas as ferramentas serviram como instrumento de avaliação do aprendizado. Para a escrita reservamos 70 minutos e os outros 30 minutos serviram para responder ao questionário de verificação.

5.4.1. Produções artísticas literárias dos estudantes

Dos quatro grupos formados na sala, um deles não elaborou em sala o texto que fora solicitado, mas entregou na semana seguinte, por isso apenas os textos das equipes 1, 2 e 3 foram compartilhados com a turma. Na tabela 10 apresentamos os textos produzidos pelos estudantes envolvido na SD, e conforme recomendação de Behrens (2000) a produção do texto, seja ele próprio ou baseado nas pesquisas e anotações de aula deve ser realizada preferencialmente em sala, e entendemos que o acompanhamento do professor é fundamental para nortear à escrita.

TABELA 10 – Textos produzidos pelos estudantes a respeito da temática Queda dos corpos

Grupo 01:

Heliocentrismo
A Terra se movia

Físico astronômico
Copérnico

Rotação
Se assim for
Não teria a expulsão

Nova Física
Galileu
Céu, Terra
Resistência e Queda

Equipe 02:

Duas bolas amigas, uma mais gorda que a outra, decidiram disputar entre si que era mais veloz e chegava ao chão primeiro.

Se lançaram de uma mesa e ao mesmo tempo.

Após a queda, que foi assistida por outra bola, começou uma discussão entre as bolas de quem ganhou.

Então a bola amiga disse:

- As duas ganharam, pois a diferença foi muito irrelevante, sendo possível só observar a uma câmera lenta.

Então as duas bolas saíram felizes com as duas ganhadoras.

Equipe 03:

Tamanho não é documento, pois na queda não importa o tamanho.

Igual com é na Lei, na queda todos são iguais.

Se não tiver resistência, nada pode nos parar.

Equipe 04:

Tudo que deixamos cair tem destino certo: o chão.

Isso acontece graças à existência de uma força física que se chama gravidade.

Se não “ouvesse” a existência da gravidade, tudo e todos estariam soltos flutuando incapazes de viver.

A atração gravitacional da Terra confere peso aos objetos e faz com que esses objetos caiam no chão, no chão.

FONTE: O autor (2018)

Como podemos observar a equipe 01 usa versos e buscou uma abordagem histórica, citando um modelo planetário e cientistas que possuem alguma relação com a temática. Ao finalizar seu texto, insere a temática central dessa SD. Já a equipe 02, que conta uma breve história dando vida a duas bolinhas e que se assemelha a uma das atividades mentais propostas, teve a preocupação de colocar que pode haver uma defasagem no tempo de queda de corpos de volumes diferentes, mas para pequenas alturas ela é desprezível. Quanto a equipe 3, eles fazem uso de ditados populares como analogia inteligente com aspectos relacionados a queda dos corpos e a equipe 4 coloca a gravidade como responsável pela queda dos corpos, apesar de trata-la como uma força em vez de aceleração.

Percebemos nos textos acima que houve uma compreensão do conteúdo estudado, apesar de não terem escrito textos mais extensos conforme desejávamos, mas conseguiram relacionar a influência da resistência do ar e a independência do tempo de queda em relação a massa dos corpos. Além disso, notamos que a história da ciência se faz presente na produção textual. Também destacamos que nenhum deles fala sobre todos os pontos trabalhados na SD, mas abordam apenas uma parte.

5.4.2. Análise das respostas ao Questionário de Verificação

Duas das perguntas constantes no Questionário de Verificação (Anexo 8) são idênticas a àquelas aplicadas no Questionário de Sondagem (Anexo 2), mas são inseridas duas questões inéditas. Repetimos duas questões, pois poderíamos comparar

os percentuais de acertos a elas antes e após a aplicação da SD, quanto às outras colocamos para que o questionário estivesse condizente com aquilo que foi desenvolvido no decorrer das aulas.

A seguir temos a Questão 1 do Questionário de Verificação.

1. Supostamente, Galileu, na Torre de Pisa, fez cair vários objetos pequenos, com o objetivo de estudar as leis do movimento dos corpos em queda. A respeito dessa experiência, julgue os itens, desprezando o efeito do ar.

I. A aceleração do movimento era a mesma para todos os corpos.

II. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal no mesmo instante que o mais leve.

III. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal com velocidade maior que o mais leve. São corretos:

a) todos

b) apenas o I

c) apenas o II

d) apenas o I e II

e) apenas I e III

Na questão notamos que mais 9 dos 17 alunos envolvidos concordam que corpos de massas diferentes chegam simultaneamente ao solo se abandonados no mesmos instantes e de uma mesma altura e 14 dos estudantes afirmam que os corpos caem com uma mesma aceleração, quantidade que reduz para 8 ao responder a questão 3, que aborda o mesmo aspecto, com pode ser verificado a seguir.

3. A cidade de Pisa, na Itália, teria sido palco de uma experiência, hoje considerada fictícia, de que Galileu Galilei, do alto da famosa torre inclinada, teria abandonado, no mesmo instante, duas esferas de diâmetros muito próximos: uma de madeira e outra de ferro. O experimento seria prova de que, em queda livre e sob a mesma influência causada pelo ar, corpos de:

a) mesmo volume possuem pesos iguais.

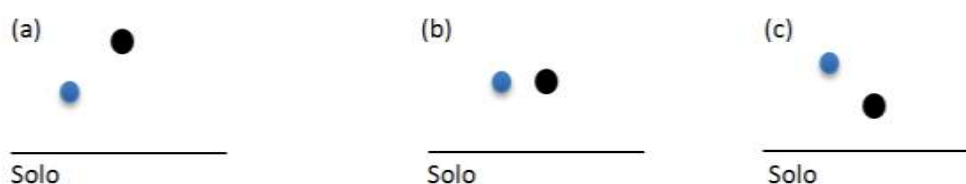
b) maior peso caem com velocidades maiores.

c) massas diferentes sofrem a mesma aceleração.

- d) materiais diferentes atingem o solo em tempos diferentes.
 e) densidades maiores estão sujeitos a forças gravitacionais menores

A seguir temos a Questão 2 do Questionário de Verificação.

2. Deixamos cair simultaneamente duas bolas de mesmo tamanho, uma de gude (esquerda) e uma de rolimã (direita). Após certo tempo de queda, qual imagem melhor apresenta a posição dessas bolas?



Justifique a sua resposta usando em seu argumento ao menos duas grandezas físicas como base da argumentação.

Essa questão esteve presente também no Questionário de Sondagem, e notamos através da tabela 11 um aumento relevante no número de estudantes que responderam adequadamente a essa questão.

TABELA 11 – Percentual de acertos as questão 2 nos questionários de sondagem e verificação

Resposta	Sondagem (%)	Verificação (%)
Alternativa (a)	3 (18,18%)	-----
Alternativa (b)	5 (29,41%)	14 (82,35%)
Alternativa (c)	9 (52,94%)	3 (16,65%)

FONTE: O autor (2018)

A alternativa (b) é a correta para essa questão, e verificamos o aumento no número de estudantes que assinalaram esse item, saindo de 5 para 14 estudantes, além disso, ao justificar a resposta todos fizeram adequadamente, sendo um importante indicador de aprendizagem.

A seguir temos a Questão 4 do Questionário de Verificação.

4. Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal estava num mirante sobre um rio e alguém deixava cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o

biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, a altura de queda é a mesma (do biscoito e do jovem) e a resistência do ar é nula.

A situação descrita sobre esse comercial poderia ser interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.

Para a questão 4, também pertencente ao Questionário de Sondagem, tivemos um crescimento mais discreto, mas que não podemos desprezar. Na sondagem 14 dos estudantes acreditavam na possibilidade da cena descrita acontecer, na verificação a quantidade reduziu para 9, o que significa que a maioria ainda não havia compreendido em sua totalidade os aspectos que influenciam a queda dos corpos e que não foram superadas algumas das concepções alternativas existentes antes da SD.

Capítulo 6

Conclusões

Após a realização da pesquisa podemos notar a efetiva aprendizagem alcançada pelos estudantes ao: realizar leituras, dialogar entre si, escrever suas concepções, implementar experimentos mentais e criação do produto artístico literário. Tudo isso promoveu um ambiente favorável à aprendizagem e permitiu-lhes uma maior capacidade de análise crítica da natureza e possibilitaram a aproximação da Física de suas vivências devido ao envolvimento construído com o objeto de estudo,

Entendemos e defendemos a importância da reaproximação entre Física e Literatura, inclusive de sua utilização em cursos de formação de professores, mas reconhecemos que essa não é a única forma de abordagem que pode trazer bons resultados. Diversas são as estratégias que visam levar um ensino de Física que se afaste do modo tradicional de aulas, que valorize o pensamento crítico, onde o estudante não seja apenas um coadjuvante, mas que desperte o interesse em participar ativamente. O uso ou criação de softwares e simuladores, aulas em laboratório, Física em quadrinhos, a Física dos brinquedos ou mesmo música e vídeos, são exemplos de metodologias alternativas para o ensino de Física.

Também temos ciência que esse trabalho não se encontra em seu estágio final, pois existem aspectos que podem ser aprimorados, por isso sugerimos aos pesquisadores em ensino de Física em buscar caminhos para isso. A ação conjunta com professores-pesquisadores em linguagens e história pode contribuir significativamente para bons resultados.

Na metodologia aqui proposta o professor atua de como mediador e gestor das inquietações conduzindo e promovendo o diálogo interpelativo e a interação social, criando possibilidades para a produção e construção do conhecimento, estando aberto as indagações e curiosidades além de saber lidar com as inibições demonstradas pelos estudantes, e reconhecemos que não é fácil esse papel, mas é possível.

A partir dessa SD, um produto educacional, Apêndice 9, foi elaborado com o intuito de auxiliar possíveis interessados em aplicar em suas aulas uma abordagem alternativa envolvendo TLTC's. Com o manual produzido, esperamos auxiliar aos professores a desenvolver tais atividades e que por meio delas seja possível despertar nos estudantes o interesse em estudar Física, tendo em vista que a sua linguagem

universal não consiste apenas em números e equações, mas na tentativa de caracterizar a natureza podendo fazer uso de diversas linguagens.

.

Referências

- ALVES, Gabriel Vieira da Silva Alves; FERNANDES, Fabiana Perpétua Ferreira. **Impacto da peste negra na Europa**. In: <https://www.cepae.ufg.br/up/80/o/TCEM2014-Historia-GabrielVieiraSilvaAlves.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2018. (PRODUTO)
- ARAUJO, Valmir Henrique de . **O lugar da metáfora na construção da ciência**. In: Seminário de Pesquisa do Centro de Ciências Sociais e Aplicadas, 14, 2008, Natal. Anais do Seminário de Pesquisa CCSA. Natal: EDUFRN, 2008.
- _____. Narrativa de uma paixão: experiência complexa no ensino de física. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PESQUISA (AUTO) BIOGRÁFICA**, 3, 2008, Natal. **Anais do CIPA**. Natal: EDUFRN, 2008a.
- _____. **Medida e poesia na constituição de uma educação científica**. In: **Revista metáfora educacional** (ISSN 1809-2705) – versão on-line, n. 6., jun./2009. p. 2-15. Disponível em: <<http://www.valdeci.bio.br/revista.html>>. Acesso em: 01 de agosto de 2017.
- _____. **Prototexto: uma narrativa poética da Ciência**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2012.
- ARAÚJO FILHO, Walter Duarte. **A gênese do pensamento galileano**. Salvador: Editora Gráfica da Bahia, 2006.
- ARAÚJO-JORGE, Tânia C. de. **CIÊNCIA E ARTE: encontro e sintonias** – Rio de Janeiro - RJ: Editora Senac Rio, 2004.
- ARRUDA, S.M. Metáforas na Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** (Caderno Catarinense de ensino de Física até o vol.18), Florianópolis, v.10, p.25-37, abr. 1993.
- ASSMANN, Hugo (Org.). **Redes Digitais e Metamorfose do Aprender**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.
- ANTROCK, John W. **Psicologia Educacional**. Tradução: Denise Durante, Mônica Rozemberg, Taís Silva Monteiro Ganco; Revisão Técnica: Paula Suzana Gioia, Sandro Almeida. 3ª Edição – Dados eletrônicos - Porto Alegre: AMGH, 2010.
- ALVES, E. G. **A educação da atenção e a leitura de textos multimodais de Física**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.
- BEHRENS, Marilda Aparecida. Projetos de Aprendizagem Colaborativa num Paradigma Emergente. In: MORAN, José Manuel. MASETTO, Marcos. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas, SP: Papirus, 2000.
- BERG, Carlos Henrique; FLORES, Ângela R. B. **Emoção e Usabilidade**. P.243.ULBRICHT, Vania Ribas; VANZIN, Tarcício; e QUEVEDO, Silvia R.P. de,

Organizadores – São Paulo – SP: Pimenta Cultural, 2014. 327p. **Conceitos e Práticas em Ambiente Virtual de Aprendizagem.**

BODANIS, David. **Einstein- Biografia de um gênio imperfeito.** Tradução Maria Luiza X. de A. Borges. Editora Zahar. 2017. Rio de Janeiro - RJ

BRASIL, MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO, SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLOGIA. **PCN+: Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.** Brasília: Brasil, 2002.

CARVALHO, Ana Maria P.; VANNUCH, Andréa. **O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa.** *Investigações em Ensino de Ciências* 1(1) 1996.

CAPRA, Fritjof . **O ponto de mutação.** [Tradução Álvaro Cabral]. Editora Cultrix. São Paulo – SP. 2006

COELHO, Laura Lacerda; SALOMÃO Simone Rocha. **Ciência na Literatura, Literatura na Ciência: Caminhos Para a Leitura na Formação de Professores de Biologia.** In. V EREBIO E II EREBIO REGIONAL. REVISTA DA SBENBIO, Nº 7, 2014. p. 4644–4654.

CORRALO, M.V; RAFAEL, R.F.; NOBRE, F.A.S. ; DE SOUZA, M.D.L. **Física e Literatura: Quasimodo, o Corcunda de Notre Dame em uma Aula de Ondulatória para o Ensino Médio.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 16, 2016, Natal Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2016.

CORREIA, Daniele; SAERWEIN, Inês Prieto Schmidt. **As Leituras de Textos de Divulgação Científica Feitas por Licenciandas no Estágio Supervisionado em Física.** . Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº 3, e 3401- 1-16 (2017).

DA SILVA, T.S.; ALBUQUERQUE, S.S. **O Uso de Contos e Filmes de Ficção Científica no Ensino de Ciências, na Disciplina de Física do Ensino Médio.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

DA SILVA, M.W.; DA SILVA, C.S. **A Poesia no Ensino de Física no Cenário dos Eventos: EPEF, SNEF e ENPEC.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 16, 2016, Natal Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2016.

DE SOUZA, Danillo Diego Bartolomeu de Souza; FURTADO, Wagner Wilson; OLIVEIRA Guilherme Colherinhas de. **A construção de poemas com fator de motivação.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

DOMINGUES, Maria Aparecida. **Desenvolvimento e aprendizagem: o que o cérebro tem a ver com isso?** 1ª Edição – Canoas; Editora ULBRA, 2007. p. 99.

DOS SANTOS, A. G dos Santos; SOARES, V.; CRUZ, T.L.; RODRIGUES, D.F. **Literatura de Cordel, Isaac Newton e Luz: Proposta de Ensino para uma Aula de Óptica Geométrica** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

DRIGO FILHO, Elso; BALBINI, Maurizio. **A gênese do Inferno e do Purgatório na Divina Comédia de Dante: uma ponte possível entre Física e Literatura.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 1047-1063, dez. 2016.

DRIVER, R.; EASLEY, J. **Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students.** *Studies in Science Education* 12: 7-15, 1978 .

EINSTEIN, Albert. **Notas autobiográficas.** Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, p. 25-26, 1982.

ERTHAL, J.P.C.; FASSARELLA, P.O.; NASCIMENTO, W.J. **O Jornal “A Física Ontem e Hoje” Como Meio de Divulgação Científica e Discussões de Ciência Em Sala de Aula.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

FERREIRA, *Júlio César David*; RABONE, *Paulo César de Almeida*. **A Ficção Científica de Júlio Verne e o Ensino de Física: Uma Análise de “Vinte Mil Léguas Submarinas”.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, 84 n. 1: p. 84-103, abr. 2013

FONSECA, L. S.; DE ANDRADE, L.A.M.; SILVA, R.R.. **A Literatura Como Ferramenta Didático-Pedagógica no Ensino de Física.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2015.

FONSECA, L.S.; MEDEIROS, A.D.D.; ALMEIDA, L.S.; DA SILVA, R.R. **Aspectos da Natureza da Ciência na cônica E se um asteroide... de Luís Fernando Veríssimo.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

FRANÇA, M.M.de; FRANÇA, J.R.; SAMOJEDEN, L.L.; CAMARGO, S.; HILGER, R.. **Da Literatura a Sala de Aula: uma Perspectiva da Concretização da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Regular Público.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia – Saberes necessários á prática educativa** - Paulo Freire 54ª ed- Rio de Janeiro : Paz e Terra, 2016.

GIL-PEREZ, D. **Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas.** *Enseñanza de las Ciencias* 12(2): 154-164, 1994.

GUILGUER, F.J.; FORATO, T.C.M. **Divina Comédia e o Geocentrismo Medieval na Escola Básica**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2015.

KAHLMAYER-MERTENS, Roberto S.; FUMAGA, Mario; TOFFANO, Cláudia Benevento; SIQUEIRA, Fábio. **Como elaborar projetos de pesquisa: Linguagem e método**. Rio de Janeiro: Editora FGV. 1ª Edição 2007.

KIOURANIS, Maria.; SOUZA, A.R.; SANTINI FILHO, O.; O. **Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo: Sociedade Brasileira Física, v. 32, n. 1, p. 10, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/8735>> Acesso em 09 de setembro de 2017.

KULLOK, Maísa Gomes Brandao; COSTA, Ana Rita Firmino; RIBEIRO, José Geraldo Gomes da Cruz; SANTOS, Roda Maria da Silva; COSTA, Cibele de Melo. Organização: Maísa Gomes Brandao Kullo. **Relação professor aluno: contribuições a prática pedagógica**. Maceió – AL: Editora UFAL. 2002

LEIS, Héctor Ricardo. **Sobre e o Conceito de Interdisciplinaridade**. Caderno de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas, nº 73, Agosto. 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/viewFile/2176/4455>> Acesso em: 20 de outubro de 2018.

LIMA, Maria Consuelo A.; ALMEIDA, Maria José P.M. de. **Articulação De Textos Sobre Nanociência e Nanotecnologia Para a Formação Inicial de Professores de Física**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 4, 4401 (2012).

LIMA, L.G.; RICARDO; E.C. **A literatura com ferramenta didática no ensino de mecânica quântica para o ensino médio**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2015.

LIMA, S.S.; RAMOS, J.E. **Astronomia Pelo Olhar De Lima Barreto: Literatura E Física** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

MATURANA, Humberto. **Emoções e Linguagem na Educação e na Política** - 4ª reimpressão – Belo Horizonte - MG: UFMG, 2005.

MENEZES, A.M.S.; MORAES, A.G. **Física e Literatura: Intercessões possíveis em sala de aula**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2009.

MOREIRA, Ildeu de Castro. **Poesia na Aula de Ciências?** *Física na Escola*, v. 3, n. 1, p. 17-23, 2002.

MOREIRA, Marco Antônio. **Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos**. In: Instituto de Física - UFRGS. Burgos: Universidade de Burgos, 2003. Disponível em : <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: 10 outubro. 2017.

MORIN, Edgar; **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento.** Tradução: Eloá Jacobina. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Construtivismo, mudança e conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?** *Investigações em Ensino de Ciências* 1(1) 1996.

MUTSCHELE, Marly Santos. **Problemas de aprendizagem da criança: causas físicas, sensoriais, neurológicas, emocionais, intelectuais, sociais e ambientais** –São Paulo: Edições Loyola, 2001.

NÉRICI, Imídio. **Educação e Ensino.** Ibrasa São Paulo 1985

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica.** Edgard Blücher, 2002. reimp. 2007.

OLIVEIRA, Silvana. **Crítica literária.** Curitiba, PR: IESDE, 2012

OLIVEIRA, L.M. **Estabelecendo o Diálogo Entre as Duas Culturas: Imaginação e Criatividade Aliadas ao Ensino de Física.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2015.

PEDUZZI, Sonia S Peduzzi; **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção intergradadora.** CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE MECÂNICA – Organizado por Maurício Pietrocola – 2ª edição – Florianópolis - Santa Catarina. Editora da UFSC, 2005.

PIRES, Antonio S. T. **Evolução das Ideais da Física.** 2ª edição – São Paulo- SP. Editora Livraria da Física, 2011.

POSNER, G. J. **Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change.** *Science Education* 66(2): 211-227, 1982.

RAMOS, J.E.F.; PIASSI, L.P.; RAMOS, E.M.F. **Física e Arte: estudo sobre o uso da literatura e do riso para o ensino de Física.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 15, 2014, Maresias Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2014.

RAMOS, J.E.; FERREIRA, E.; PIASSI, L.P.. **O Conto de Literatura na Sala de Aula e no Ensino da História da Física.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2015.

RIZÉRIO, Ébano Henrique da Silva; PEDREIRA, Vinícius Santana; Santana, B.T. Silva; DE CARVALHO, Gustavo Henrique Pinheiro; DE OLIVEIRA, Natanael Nunes; ALMEIDA, Amanda Cristina dos Santos. **Avaliação da Aprendizagem: Concepção dos Professores de Física no IFNMG - Campus Salinas** . In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Cálculo da intensidade do campo gravitacional (g)**. Disponível em:
< http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Paulo/Trabalho/campo.html >.
Acesso em: 26 de maio 2018. (PRODUTO)

SILVA, A.F.G. **A literatura de Cordel como ferramenta didática no ensino de Física em uma escola pública do estado do Ceará**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2015.

SILVA, R.M.; RAFAEL, R.F.; NOBRE, F.A.S.; DE SOUZA, M.D.L. **Estudo do sistema solar utilizando a literatura de cordel**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 16, 2016, Natal Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2016.

SILVA, A.E. da; COSTA, J.F.C.; CAMARGO, S.; HILGUER, T.R.; SAMOJEDEN, L.L. **Literatura de Monteiro Lobato e o Ensino de Física: Uma Proposta de Integração Entre Artes e Ciências**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

SILVA, M. W.; SILVA, C.S. da. **A Poesia o Ensino de Física no Cenário dos Eventos: Epef, Snef e Enpec**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 16, 2016, Natal Anais Eletrônicos... Rio Grande do Norte: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2016.

SILVEIRA, Denise Toffo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. **Métodos de Pesquisa**. Organizado por: GERHARDT, Tatiana Engel, SILVEIRA, Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo curso de Graduação Tecnológica- Planejamento e Gestão para o desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora UFRGS. 1ª Edição, 2009. p. 31.

SILVÉRIO, B.A.; MIYAHARA, R.Y. **Entre deuses mitológicos e astros: contos para o ensino de Física**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, São Carlos Anais Eletrônicos... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2017.

SOUZA, Aguinaldo Robinson de; NEVES, Laura Aparecida dos Santos. **O livro paradidático no ensino de Física – uma análise fabular, científica e metafórica da obra Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 1145-1160, dez. 2016. 1145.

ULBRICHT, Vania Ribas; BUSSARELLO, Raul Inácio; BIEGING, Patricia organizadores. São Paulo: Pimenta Cultural, 2015. 327p.

ZANETIC, João. **Física Também é Cultura**. 1989. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, USP, São Paulo, 1989.

_____. Literatura e Cultura Científica. In: ALMEIDA, M.J.P.M. e SILVA, H.C. (Orgs.) **Linguagem, leituras e ensino de ciências**. Campinas, SP: Mercado das Letras, 1998.

_____. **Física e Cultura.** Ciência e Cultura, São Paulo, v.57, n.3, p .21-24, 2005.

_____. **Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas** História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro p.56. 2006.

Apêndice 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro, por meio deste termo, que concordei em participar na pesquisa de ensino de Física referente ao _____ desenvolvido na _____ . Fui informado, ainda, de que a pesquisa é orientada pelos professores _____. Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa. Fui informado dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais é verificar a eficiência de uma sequência didática no ensino de física com uso de textos literários de temática científica. Fui também esclarecido de que os usos das informações por mim oferecidas estão submetidos às normas éticas. Estou ciente que as aulas da sequência didática serão gravadas em vídeo apenas para fins de construção de diário de bordo e que não serão veiculadas em qualquer meio de comunicação, nem exibidas para terceiros com fins não acadêmicos. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelo pesquisador e seus orientadores. Fui ainda informado de que posso me retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo para meu acompanhamento escolar ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos. Atesto recebimento de uma cópia assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Cidade, Estado, ____ de _____ 20____.

Assinatura do(a) participante: _____

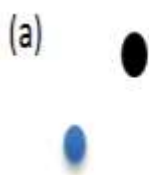
Assinatura do pesquisador: _____

Apêndice 2

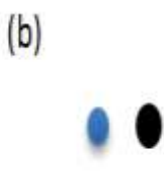
Questionário de Sondagem

1. O que cai mais rápido: um quilograma de algodão ou um quilograma de chumbo? Argumente para justificar a sua resposta.

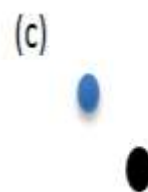
2. Deixamos cair simultaneamente duas bolas de mesmo tamanho, uma de gude (esquerda) e uma de rolimã (direita). Após certo tempo de queda, qual imagem melhor apresenta a posição dessas bolas?



Solo



Solo



Solo

Justifique a sua resposta usando em seu argumento ao menos duas grandezas físicas.

3. Você já viu imagens de pessoas andando na superfície da Lua? A que se deve o movimento *lento* dos astronautas?

4. Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal estava num mirante sobre um rio e alguém deixava cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, a altura de queda é a mesma (do biscoito e do jovem) e a resistência do ar é nula.

A situação descrita sobre esse comercial poderia ser interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.

Apêndice 3

Roteiro de Experimentos Mentais Sobre Queda Livre

ATENÇÃO: *Antes de responder cada questão, discuta com os colegas de seu grupo para que aja um consenso a respeito do tema.*

As perguntas a seguir se referem às questões 1 a 7 desse roteiro.

(i) Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, dois materiais ou objetos, como se dará o movimento de cada um?

(ii) Quem chegará ao solo primeiro?

1. Duas folhas, abertas, de ofício, colocadas uma ao lado da outra:

2. Uma folha de ofício amassada e outra não, colocadas uma ao lado da outra:

3. Uma folha de caderno e o próprio caderno, colocados lado a lado:

4. Uma folha de caderno debaixo do próprio caderno:

5. Uma folha de caderno em cima do caderno:

6. Duas esferas de mesmo material e de massas diferentes:

7. Duas esferas de materiais diferentes, porém com mesmos volumes (uma rolimã e uma gude):

Apêndice 4

Questionário de Verificação

1. Supostamente, Galileu, na Torre de Pisa, fez cair vários objetos pequenos, com o objetivo de estudar as leis do movimento dos corpos em queda. A respeito dessa experiência, julgue os itens, desprezando o efeito do ar.

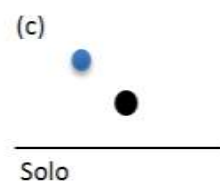
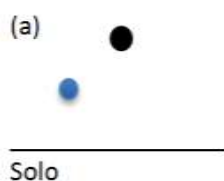
I. A aceleração do movimento era a mesma para todos os corpos.

II. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal no mesmo instante que o mais leve.

III. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal com velocidade maior que o mais leve. São corretos:

- a) todos
- b) apenas o I
- c) apenas o II
- d) apenas o I e II
- e) apenas I e III

2. Deixamos cair simultaneamente duas bolas de mesmo tamanho, uma de gude (esquerda) e uma de rolimã (direita). Após certo tempo de queda, qual imagem melhor apresenta a posição dessas bolas?



Justifique a sua resposta usando em seu argumento ao menos duas grandezas físicas como base da argumentação.

3. A cidade de Pisa, na Itália, teria sido palco de uma experiência, hoje considerada fictícia, de que Galileu Galilei, do alto da famosa torre inclinada, teria abandonado, no mesmo instante, duas esferas de diâmetros muito próximos: uma de madeira e outra de ferro. O experimento seria prova de que, em queda livre e sob a mesma influência causada pelo ar, corpos de:

- a) mesmo volume possuem pesos iguais.
- b) maior peso caem com velocidades maiores.
- c) massas diferentes sofrem a mesma aceleração.
- d) materiais diferentes atingem o solo em tempos diferentes.
- e) densidades maiores estão sujeitos a forças gravitacionais menores

4. Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal estava num mirante sobre um rio e alguém deixava cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, a altura de queda é a mesma (do biscoito e do jovem) e a resistência do ar é nula.

A situação descrita sobre esse comercial poderia ser interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.

Apêndice 5

Texto I - É perfeito como está.

Autor: Ébano H da S Rizério

Estava aqui tão confortável, em meu mundo imóvel.

Aí, vem você Galileu, e desestabiliza meu Universo estático!

Por que não se contenta com o que há?

Fica aí olhando para o céu e causando controvérsias na Terra!

Ora, a Bíblia já nos diz a verdade.

Nós somos centro.

O Sol e a Lua pararam para Josué vencer uma batalha,

Portanto são eles que se movimentam.

Siga o meu raciocínio: Somos a imagem e semelhança de Deus.

Deus é o centro de todas as coisas.

Deus habita em nós seres humanos, devido ao sopro do espírito.

Então nós, por termos Deus em nós, devemos ser o centro de todo o cosmos!

Galileu pare de causar desconforto!

Não questione.

Aceite apenas.

É perfeito como está.

Ah! Não se esqueça de que os gregos já diziam:

A Terra está em repouso no centro do Universo.

As estrelas movem-se em círculos em torno da Terra.

Vai questioná-los também?

Quem você acha que é?

Um mero *filósofo da natureza*,

Que tem a audácia de questionar o que os verdadeiros filósofos afirmaram.

Mas seu discurso não tem validade alguma,

Tendo em vista que a igreja não reconhece as suas ideias.

Um conselho (Apesar de não merecê-lo)

Aceite a verdade da Filosofia de Aristóteles.

A verdade da Santa Igreja.

Pois,

É perfeito como está.

Apêndice 6

Texto II - A cabeça que caiu na maçã

Autor: Valmir Henrique de Araújo

A nossa história é sobre um rapaz que não era louco, no entanto atirava pedra para observar o comportamento dela; não era engenheiro, mas pensou em como construir uma ponte sem usar prego, solda ou parafuso (se bem que ponderou sobre os seguintes aspectos: uma ponte construída que não caísse apesar de que fossem alteradas as condições do terreno, dos materiais de construção ou da carga a ser suportada...); Não era jogador de futebol (principalmente porque ainda não existia este jogo) e, olha que incrível, em uma oportunidade em que pensava sobre a vida, eis que ele cabeceia uma maçã.

Foi tudo muito simples. Muito simples!

Bem, não foi assim tão simples assim. Na verdade, da verdade era um tempo difícil. Muito difícil. Difícil mesmo...

Imagine você, todo feliz por ingressar em uma Universidade (que é sonho de muitos jovens) e ter de interromper os estudos. Imaginou? Pois é... Ocorreu isso com ele. Sabe como isso aconteceu, e pode ter sido o que definiu o rumo da Física? Não sabe!

Então vamos lá, fique atento! Vou tentar contar da forma mais... Mais... Como posso dizer? Da forma que possa parecer mais interessante para se ouvir. Me desculpe a OUSADIA, a PETULÂNCIA, a FALTA DE MODÉSTIA. Mas não é nada disso que você está pensando. Não é exibicionismo, apenas vou tentar tornar interessante algo que a grande maioria das pessoas acha CHATO. Muito chato! Chato mesmo! Vou falar da tal da Física. Uma coisa que a gente estuda no Ensino Médio, e que é só fórmulas e mais fórmulas para a gente decorar, engolir e fazer de conta que aprendeu e se virar para aplicar em exercícios que, às vezes, não querem dizer NAAAAAADA!

Bem, foi no século XVIII. O nome do rapaz era Isaac Newton; a Universidade, Cambridge. E o que fez ele interromper os estudos? Fugiu da peste negra que assolava a Europa. Antes que chegasse à Universidade, o reitor suspendeu as aulas.

Ao voltar para casa dos pais ele ficou sem nada para fazer. A casa era uma fazenda e os pais, eram a mãe dele e o padrastrô que, aliás, não lhe dava importância alguma.

Para não morrer de tédio Newton se sentou à beira de um dos córregos da fazenda. Todas as vezes que ele ia atravessar o córrego, tinha de se equilibrar nas pedras. Assim ia ele, cuidadosamente. Colocava um pé, depois o outro e ia saltitando até atravessar. “E se eu não quiser ficar saltitando enquanto atravesso?” E aí construiu uma ponte que deixou o padrao estarrecido. Uma ponte de madeira toda laminada e encaixada. Não colocou nenhum parafuso sequer para ajustar ou apertar as partes. A partir desse dia, ao invés de ficar se equilibrando nos seixos para atravessar o riacho, ficava sentado na ponte, imaginando o que a água escorrente pensava ao buscar seu lugar no espaço. Sim, porque se a água caminhava é porque ia para algum lugar que desejava. Por isso, quando ia ao pomar das macieiras, agora, poderia até sentar na ponte e observar os peixinhos. Newton gostava de observar, nunca apreciava.

E foi pensando na ponte, nos peixes, na vida, na peste negra que Newton se sentou embaixo de uma macieira.

Olhava os astros e imaginava como poderia ser essa coisa de os astros como o Sol, a Lua, as estrelas, cometas e meteoritos brincarem de esconde-esconde, de pega-pega e de ciranda lá no azul celeste, lá onde ficavam suspensos, unidos a longas distâncias. Isso o intrigava “Como ficam unidos a tão longas distâncias sem nem uma corda para segurar?”. Pensou, pensou, pensou... Pensou em como pensaria a água. Pois a água deve pensar de forma profunda, já que é transparente e não mostra seu pensamento. E sentiu profundamente como havia uma harmonia nos abraços dos planetas com o Sol. E da Terra com a Lua. Aí ele esqueceu dos outros astros. Apenas observou a Terra e a Lua, o Sol e os planetas. E teceu equações sobre o amor do Sol pelos planetas, da paixão da Terra pela Lua. E nem se importou que Sol é masculino e planeta também é masculino, nem que a Terra é feminina e que a Lua é feminina. Não lhe passou pela cabeça esta nuance de gênero. Para Newton só interessava o amor que unia esses seres. E teceu. Teceu equações. Uma, duas, dezenas. Quem contaria quantas? Até que... chegou a uma conclusão: a de que o amor era maior quanto mais massa tivessem os corpos. Imagine só, o amor é gordo! E como o amor prevalece, não queria a separação. Por isso, calculou: quanto mais distante, menor o amor, menor a atração. Claro que ele não poderia imaginar o amor via internet. E foi assim, de tanto pensar, ficou leve e sentiu seu corpo subir até uma maçã que tinha se soltado do galho.

Com esse vôo até a maçã, Newton escreveu o que hoje se conhece como a Lei da Gravitação Universal. E como o amor é universal e a lei é universal, o sono também

deveria ser universal. Assim, como para quebrar a universalidade do sonho, um esquilo saltou em cima de Newton e ele se acordou ainda a tempo de ver que a maçã rolava pela chão, caía no rio e flutuava...

Apêndice 7

Texto III - Por que não posso “vuar”?

Autor: Ébano H da S Rizério

As inquietações curiosas de uma criança podem fazer com que pensemos em coisas óbvias que jamais ousamos questionar, por nos parecerem tão claras que indagarmos a respeito poderia parecer tolice. Mas uma criança não se importa com isso! E não se importa com quem se importa com isso!

- Por que o céu é azul?

- Por que a gota d'água ao cair no chão fica em forma de bolinhas?

- Por que o fogo queima? E o gelo também?

- Por quê?

- Por quê?

- Por quê?

(...)

Os pais, familiares e amigos mais velhos tem que dar conta dessas perguntas, e uma das inquietações da criança é: Por que não voamos?

- Mainha! Oh mãe, por que que a gente não voa?

- Ora menino! Que pergunta é essa? Nós não voa porque nós não foi feito pra isso!

Uma boa resposta para fugir de mais perguntas! A sagacidade de quem está acostumada ao bombardeio incansável de porquês.

Mas, assim como ocorre a sucessão dos dias e noites, a criança intercala, malandramente, uma pergunta com um instante de sossego as vítimas de suas indagações.

- Mãe?

- Lá vem! O que é?

- Tô com fome.

Aliviada a mãe suspira, pois imaginava que vinha uma nova pergunta embaraçadora.

- Pera aí que faço alguma coisa para você comê. Enquanto isso vai lá pra sala e fica brincando!

A criança obedientemente vai para sala brincar com seus brinquedos e em poucos instantes já está correndo pela sala e pulando sobre os móveis, quando de repente...

- Bernaaaaardo!!!! Já te falei quantas vezes que não é para ficar pulando em cima do sofá?

- É que...

- É nada! Venha aqui.

- Mas...

- Você fica pulando aí de todo jeito além de arriscar quebrar alguma coisa minha você pode se machucar!

Depois de alguns instantes de choro contido e silêncio, Bernardo pergunta a sua mãe:

- Mãe? Se eu der um pulão, eu saio da Terra?

- rrsrsrs

- É que meu pulo faz eu sair do chão, então se eu der um *pulãozão* eu vou sair da Terra.

- Menino, deixa de abuso. Cê já me aturou a paciência demais hoje. Vai ficar com seu pai.

O menino sai, com a sua inquietação intelectual para questionar o pai.

-Pai?

- Oi meu fio.

- Se eu der um pulão eu saio da Terra?

- Claro que não meu filho.

- Porque?

- Uai! ...É... Por que a Terra puxa tudo pra baixo

- Ah tá!

- Cê num vê que tudo que a gente joga pra cima cai?

- É mesmo.

- E se a gente não prender o relógio na parede, ele se esbagaça no chão!

- Hurum!

- Então meu fio.

Após um instante de silêncio, Bernardo pergunta: MAS PAI, POR QUE A LUA NÃO CAI NA TERRA?

O silêncio do pai finalizou a conversa.

Apêndice 8

Texto IV - Os corpos caem num dia de sol

Autor: Valmir Henrique de Araújo

(...)

Meu irmão havia me prometido *Amanha vamos à praia*. Em minha euforia, dormi com a sunga de banho mais nova que a minha mãe comprara. Amanheci de boné, toalha, sandália, bola, raquete, prancha de surf...

Desde ontem, eu sabia que hoje seria dia de sol. Não deu outra. Logo, bem cedinho, o sol estava na janela.

O sol no varal.

O sol na cozinha.

O sol no galinheiro.

E pluft! Não aguentou, entrou no meu quarto (...), então o Sol estaria também lá na praia me esperando. Aceso.

Meu irmão, já bem cedo, estava sentado à mesa, com aquela mania: o livro na mão. Estando o mais belo dos astros à minha espera, debrucei-me sobre o ombro do meu irmão e li “Os corpos caem na superfície da Terra com a mesma aceleração”. Imaginei *Que desastre! Devem se esbagaçar!* Olhei para cima e verifiquei se algum corpo estava por cair em minha cabeça. O lustre estava seguro no teto. Resolvi, então, saber de meu ilustre irmão.

- Porque ninguém segura?
- Ninguém segura o quê, ô garoto?
- Não me chame de garoto! Já sou rapaz.
- Que mija na cama...
- Nada disso...
- É isso.
- Não é!
- É, sim!
- Você vai ou não me responder por que caem?
- Que corpos, garoto!
- Já me disse para não me chamar de garoto.
- Então pare de mijar na cama.

- Você é um ignorante. O médico disse que é incontinência.

- Incontinência de mijão.

Resolvi esquecer a discussão e partir para o que interessava:

- Está pronto? – gritei por cima do seu ombro, virando o rosto, para disfarçar que estava bem distante dele. Em seguida, fui para a frente de meu irmão e resolvi falar:

- Mano!

- Hum!

- Mano!

- HUUUUUUUUUUUM!

- Vai ou não a praia?

- Tá pronto?

- Quase!

- E quando é que *quase* fica pronto?

- Falta pouco.

- Pouco pra quê?

- Pra entender que uma pedra de 10 quilos cai ao mesmo tempo em que uma pena.

- Ah, mano! Não entendo.

- O que você não entende?

- Primeiro: o que é quilo?

- É uma unidade de massa: quilograma.

- Ah! É uma pena, mano.

- O quê que é uma pena?

- Se a pedra cair no pé...

- No pé de quem? Quem é que tá falando de cair no pé, oh, oh, oh! Só faltava essa. Cair no pé... Olhe só: isso aqui é Física, garoto!

- Já disse pra não me chamar de garoto. E pior ainda... esse negócio de física... num tá com nada! Quem quer saber de física, ô besta?! Largue isso aí e vamos à praia. Física de pena e pedra. De pedra e de pena. Dá pena ver você feito uma pedra, parado aí!

- Não, maninho. Num tô parado não. A Terra gira e, com ela, a gente tá junto.

- Tá!

- A física, escute só, a física envolve todos nós. Ela é de todos. Estuda os fenômenos da natureza: a estabilidade e as transformações.... Me deixe terminar o estudo! Procure o que fazer, por que ainda não estou livre. Amanha é meu teste.

(...)

- Então tá!

- Tento compreender as minúcias de como um corpo sobe ou desce...

- O que são minúcias?

- Eu preciso saber qual a posição e a velocidade de um corpo ao subir e descer.

- É!

- Subir e descer de onde?

- Espere aí! Já vi que você não vai largar do meu pé. Deixe eu explicar melhor. O Problema é o seguinte: uma pedra é atirada para cima com velocidade de quarenta metros por segundo. Três perguntas: a) Qual a altura máxima a que chega essa pedra? b) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos dois segundos do lançamento? c) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos seis segundos do lançamento?

- E é possível descobrir isso?

- Claro!

- Quem descobriu isso?

- Mais ou menos desse jeito foi Galileu

- Por que desse jeito?

- A bem verdade, para fazer esses cálculos, a gente tem de considerar a inexistência do ar. É como se os corpos subissem e descessem próximos a superfície da Terra, mas sem a presença do ar.

- Então quer dizer que, antes de Galileu, os cálculos eram feitos com o ar?

- Não é bem assim. Não eram feitos cálculos. Não com Aristóteles.

- O que era feito então?

(...)

- No século IV a.C., Aristóteles, grego nascido em Siracusa...

(...)

-Mas...

- Não me interromper, Tiago! Pelo amor de Deus!

(...)

Meu irmão me avisou que iríamos nos ater a um ponto fundamental para compreender a fórmula da *queda dos corpos* próximos a superfície da Terra e para

entender o porquê de desconsiderar o ar. O ponto consiste na afirmação de Aristóteles de que os corpos graves (pesados) caíam mais rapidamente do que os corpos leves. Galileu questionou essa diferença. Por isso, a fórmula da queda dos corpos que utilizamos vale para todos os corpos que caem, independentemente do *peso*, ou melhor da massa.

- Bem – disse meu irmão -, vamos fazer o seguinte: pra eu adiantar meus estudos, vá lendo esse livrinho aqui ó! É o tempo pra eu ver alguns exercícios.

(...)

- Mano!

- Você me prometeu que ia deixar eu estudar.

- Mas você já sabe tudo de física...

- Claro que não! Que ideia! Ainda preciso saber o necessário para o teste de amanhã! Tenho de decorar as fórmulas de subida e descida de um corpo, a equação de Torricelli e ainda equações de lançamento. Acho que vou ter de “colar” .

- Ah! Duvido! Você? Colando?

- Se não colar, vou ter de ficar aqui um tempão decorando. E aí acabo me esquecendo de raciocinar. Uma coisa, não posso esquecer: a importância do tempo no movimento.

- É! Por falar nisso...

- Espero que leve muito tempo até eu chegar a estudar física. E é melhor se apressar, porque o Sol não tem todo o tempo do mundo. Só resta mais um tempinho até a tarde cair.

-É! – foi só o que ele me respondeu, e mergulhou de novo seu mar de estudos, e eu fiquei boiando no quarto dele, sem nenhuma onda.

(...)

Apêndice 9

Produto Educacional



O BAÚ DE GALILEU: USO DE TEXTOS LITERÁRIOS DE TEMÁTICA
CIENTÍFICA NA ABORDAGEM ASPECTOS DA MECÂNICA RELACIONADOS
À QUEDA DOS CORPOS

Ébano Henrique Da Silva Rizério

Orientador(es):
Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo
Prof. Dr. Wagner Duarte José

Vitória da Conquista -BA
Agosto - 2018

Esse produto educacional contém alguns textos intitulados como TEXTOS LITERÁRIOS DE TEMÁTICA CIENTÍFICA (TLTC) (ARAÚJO, 2009) que abordam a temática de queda dos corpos, nos aspectos conceituais, assim como da história da ciência.

Entre os textos há desde poemas de grandes personagens da Literatura mundial a anônimos do grande público, mas todos possuem mesmo valor no que se refere a proposta de Ensino de Física fazendo uso dos TLTC como recurso didático.

Em quatro dos textos faço uma abordagem detalhada com sugestões de encaminhamentos em sala de aula enquanto os demais coloco em anexo para eventuais consultas e aplicação didática.

Também apresento o modelo de Termo de Consentimento de Livre e Esclarecido, os questionários de sondagem e verificação de aprendizagem, assim como os roteiros de atividades de experimentos mentais elaborados para serem utilizados durante a sequência didática.

SUMÁRIO

Introdução	88
Texto I - É perfeito como está.	93
Proposta de trabalho para o texto I	94
Texto II - A cabeça que caiu na maçã	
100	
Proposta de trabalho para o texto II	103
Texto III - Por que não posso “vuar”?	108
Proposta de trabalho para o texto III	110
Texto IV - Os corpos caem num dia de sol	117
Proposta de trabalho para o texto IV	121
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	130
Levantamento das Concepções Prévias	131
Nova Análise das Concepções Prévias	133
Roteiro de Experimentos Mentais Sobre Queda Livre	133
Demonstrações dos Experimentos Mentais	135
Levantamento de Dados Após Realização da Sequência Didática	136
Questionário de Verificação	136
Referências	139
Anexo A - Asas de Cera	141
Anexo B - Outra lenda de Ícaro	143
Anexo C - Os Lusíadas - Canto VI	145
Anexo D - Satélite	147

Introdução

Ainda que pareça exótica, a relação da Física com a Literatura não é uma novidade e um dos grandes nomes da ciência que fez isso de modo invejável foi Galileu Galilei, sendo considerado um dos grandes nomes da literatura italiana por ter uma escrita fluida e culta. Entre outros escritos destaca a publicação de 1632, o “*Dialogo sopra i Massimi Sistemi Tolemaico e Copernicano*” que é uma belíssima obra de literatura científica e conforme denomina Araújo (2009) um Texto Literário de Temática Científica (TLTC) que aborda a Física astronômica por meio de um diálogo entre três personagens que se posicionam quanto às concepções de Universo.

Entender o mundo ao nosso redor é instigante e, muitas vezes, nos deparamos com situações com as quais nos perguntamos: O que explica esse fenômeno? Mas nem sempre temos uma resposta pronta que nos atenda ao anseio do momento. Responder aos ‘por quês’ da natureza é um desafio que se apresenta a ciência, mas para respondê-los se faz necessário que seja estruturado o pensamento racional - que é linear, concentrado e analítico pertence ao domínio do intelecto, cuja função é discriminar, medir e classificar fazendo com que o conhecimento racional seja fragmentado (CAPRA, 2006) - e o domínio emocional - a aprendizagem está diretamente ligada a emoção, pois o existir humano é emocional (ULBRICHT et al, 2015) - que possibilite produção de conhecimento.

No ensino de Física nos deparamos com situações que não diferem dessa ideia, fazendo-se necessário a construção de uma sequência de apresentação didática dos temas a serem ‘ensinados’ que favoreça a boa compressão e seja eficaz para a aprendizagem. A proposta de O BAÚ DE GALILEU: USO DE TEXTOS LITERÁRIOS DE TEMÁTICA CIENTÍFICA PARA ABORDAR ASPECTOS DA MECÂNICA RELACIONADOS À QUEDA DOS CORPOS traz a discussão da ciência a partir de leituras de textos literários de temática científica (TLTC) usando-os como instrumentos perturbadores do pensamento a respeito do tema e assim motivar a reflexão sobre a temática que fazem referência.

Essa reflexão se justifica devido à recorrência de explicações baseadas no senso comum a respeito da queda dos corpos que são compreendidas pelos indivíduos a partir de uma estruturação de pensamento lógico dedutivo sendo difíceis de substituir, especialmente se o único recurso para consumir essa reconstrução for o uso de

argumentações teóricas-conceituais. As concepções alternativas são ideias coerentes que o indivíduo desenvolve a respeito de fenômenos físicos e que resistem a mudanças, podendo comprometer a aprendizagem do estudante,

As concepções alternativas (Viennot,1979; Solis Villa , 1985; Driver, 1986) , também são chamados de erros conceituais, ideias intuitivas, concepções espontâneas, etc.:

- a) são encontradas em grande número de estudantes, de qualquer nível de escolaridade, inclusive universitário;
- b) cobrem uma vasta gama de conteúdos e tem amplo poder explicativo;
- c) diferem das ideias expressas através de conceitos, leis e teorias que os alunos tem que aprender;
- d) são muito difíceis de ser mudadas e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com ela (por exemplo, a persistência da associação entre força e movimento, mesmo entre alunos que já estudaram Mecânica no ensino médio e até na universidade);
- e) interferem no aprendizado a Física, sendo responsáveis em parte, pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas dessa matéria, acarretando um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas;
- f) apresentam semelhanças com esquemas de pensamento encontrados na evolução de teorias físicas (na Mecânica: física aristotélica, física do impetus, por exemplo), fornecendo uma forte evidência de que os erros dos alunos não são simplesmente indícios da ignorância (PEDUZZI, 2005. p.53).

Nesse contexto, nos propusemos a responder a seguinte pergunta: Como discutir conceitos básicos da mecânica relacionados à queda dos corpos a partir de TLTCs, tendo em vista a apropriação de conhecimentos científicos em contraposição às concepções intuitivas da aceleração da gravidade, massa e peso?

Desse modo, essa proposta intenciona apresentar a temática através de TLTC's, promover discussões por meio deles associado ao uso de experimentos mentais e assim perceber as concepções alternativas existentes para possivelmente promover sua mudança (ou reestruturação), e se justifica no fato de o processo de ensino-aprendizagem em Física ser complexo e carecer do uso diversificado de estratégias metodológicas com o propósito de envolver uma maior quantidade de estudantes, além de buscar a relação existente entre Ciência e Arte⁴ conforme aborda Araújo-Jorge (2004).

Existem relações entre ciência, cultura e arte no processo de criação humana. No entanto, a discussão integrada dessas dimensões raramente se realiza nas salas de aula. Ciências e poesia pertencem à mesma busca imaginativa

⁴ A arte pode ser manifestada através de diversas linguagens, com o desenho, a pintura, a música, a literatura, a dança entre outros. Essas manifestações da arte visam uma comunicação de forma particular exteriorizando um pensamento do artista.

humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento de valor (ARAÚJO-JORGE, 2004, p.38).

Araújo (2012) corrobora com a necessidade de discutir literatura e Física ao discutir a incoerência da separação dos saberes, transparecendo a imagem de um mundo fragmentado no qual cada conhecimento científico pertence a um domínio da natureza e não realiza uma conexão entre si, a fim de compor o todo da natureza.

Aqui propusemos a seguinte sequência de atividades

- Realização de teste de Sondagem via questionário;
- Leitura de TLTC;
- Discussão sobre conteúdo do TLTC;
- Realização hipotética de experimentos mentais;
- Reprodução mecânica das atividades mentais;
- Confecção de um TLTC que comunique a temática discutida;
- Verificar, por meio de questionário, a aprendizagem sobre os temas

trabalhados.

Acreditamos que este trabalho pode oportunizar uma aprendizagem efetiva para os estudantes ao realizar a leitura, o diálogo, a escrita, a experimentação e a elaboração de um produto artístico que comunique com a ciência, assim como oportunizar o envolvimento dos estudantes com o objeto de estudo e entre si, prover um ambiente favorável a aprendizagem e por consequência desconstruir concepções alternativas de ciência.

Percurso Metodológico

No primeiro encontro, os estudantes devem ser divididos em grupos, sendo que um representante pegará um pacote de textos no BAÚ DE GALILEU (caixa na qual os textos serão postos previamente a aula). Os estudantes devem ler os textos coletivamente – apenas com os integrantes de sua equipe - e precisarão relatar os aspectos da ciência que estão apresentados nos textos, especialmente, identificando a temática abordada. O professor deve ficar atento às discussões para realizar intervenções que se façam necessárias para o bom andamento da atividade.

Os estudantes descreverão textualmente o extrato das suas discussões para entregar ao professor (isso servirá para posterior análise). Será, então, iniciada uma conversa, mediada pelo professor, entre os estudantes a respeito dos textos lidos com interesse expor aquilo que foi discutido internamente aos grupos no momento anterior da aula. Essa iniciativa serve para por em prova a capacidade argumentativa dos estudantes e verificar, por meio do discurso, o envolvimento emocional alcançado durante essa etapa.

No encontro seguinte incrementam-se atividades experimentais, realizadas em grupo. Essas atividades serão desenvolvidas em dois momentos, devido as suas particularidades, pois temos *Experimentos Mentais* e posteriormente a *Demonstração das atividades mentais*, orientados por um roteiro.

Cada grupo receberá um roteiro que constará as atividades experimentais de pensamento para que possam discutir e executar as atividades.

Inicialmente os estudantes se empenharão em “executar” os Experimentos Mentais propostos. É importante que solicite aos estudantes para não reproduzir esses experimentos nesse momento, tendo em vista que a proposta é que todo o roteiro seja executado mentalmente, afim de que eles elaborem a situação fazendo representações mentais, inserindo os agentes físicos presentes e avaliando todo o processo experimental. Esse processo criativo está presente em muitos momentos de nossa vida sendo evidenciado nas manifestações das artes cênicas, nas quais o autor cria uma cena que posteriormente tentará reproduzir.

Os estudantes escreverão as suas observações mentais sobre cada experimento proposto e entregarão ao professor, que enfim reproduzirá, demonstrando tais experimentos. Durante a execução o professor dialoga com os estudantes a fim de extrair as suas concepções iniciais, e após a realização de cada atividade os estudantes

poderão confrontar suas respostas com os resultados vistos, confirmando-os, avaliando as variáveis que não haviam considerado inicialmente, ou mesmo questionando a validade do experimento.

Para finalizar a sequência didática, os estudantes elaborarão uma manifestação artística literária da temática, que poderá ser um poema, uma música, uma história em quadrinho, uma piada ou conto, onde realizará uma síntese dos conceitos discutidos. Essa forma de apresentar os resultados dos estudos realizados é interessante, pois pode externar o envolvimento emocional com o tema, assim como promover a aprendizagem.

A seguir apresentamos quatro TLTC's acompanhados de sugestões de abordagens para cada um dos trechos destacados do texto. Como foi colocado anteriormente, são apenas sugestões pois não temos a pretensão de fornecer um manual engessado que deve ser seguido, desse modo o professor tem a liberdade de adequar a abordagem dos textos de acordo com a realidade intelectual da turma ou dos objetivos da aula.

Texto I - É perfeito como está.

Autor: Ébano H da S Rizério

Estava aqui tão confortável, em meu mundo imóvel.
Aí, vem você Galileu, e desestabiliza meu Universo estático!
Por que não se contenta com o que há?
Fica aí olhando para o céu e causando controvérsias na Terra!
Ora, a Bíblia já nos diz a verdade.
Nós somos centro.
O Sol e a Lua pararam para Josué vencer uma batalha,
Portanto são eles que se movimentam.
Siga o meu raciocínio: Somos a imagem e semelhança de Deus.
Deus é o centro de todas as coisas.
Deus habita em nós seres humanos, devido ao sopro do espírito.
Então nós, por termos Deus em nós, devemos ser o centro de todo o cosmos!
Galileu pare de causar desconforto!
Não questione.
Aceite apenas.
É perfeito como está.
Ah! Não se esqueça de que os gregos já diziam:
A Terra está em repouso no centro do Universo.
As estrelas movem-se em círculos em torno da Terra.
Vai questioná-los também?
Quem você acha que é?
Um mero *filósofo da natureza*,
Que tem a audácia de questionar o que os verdadeiros filósofos afirmaram.
Mas seu discurso não tem validade alguma,
Tendo em vista que a igreja não reconhece as suas ideias.
Um conselho (Apesar de não merecê-lo)
Aceite a verdade da Filosofia de Aristóteles.
A verdade da Santa Igreja.
Pois,
É perfeito como está.

Proposta de trabalho para o texto I

Conceitos da cinemática, modelos cosmológicos, aspectos da mecânica e da história e filosofia da ciência estão fortemente presentes no texto, pois possui fragmentos importantes que podem ser explorados, sendo cada um deles apresentado a seguir.

Fragmento 1

Estava aqui tão confortável

Em meu mundo imóvel.

Ao falar de um mundo imóvel vem à tona o modelo cosmológico grego: o Geocentrismo. Nesse modelo acreditava-se que a Terra estava posicionada no centro do Universo, tendo em vista o movimento aparente do Sol e da Lua através da abóbada celeste.

O modelo geocêntrico teve grande força com os gregos, especialmente Aristóteles, mas esse modelo foi sofrendo adequações com o passar do tempo a fim de atender aos novos questionamentos que foram surgindo.

Aristarco de Samos, séc. III a.C. foi o primeiro a afirmar que o Sol era o centro do sistema planetário (PIRES, 2011), mas sua ideia foi abafada devido a grande influência do pensamento aristotélico dentro da comunidade dita científica da época. Séculos depois Nicolau Copérnico (1473-1543) se levanta como defensor do Heliocentrismo publicando o livro *Das revoluções dos mundos*⁵ onde apresenta os argumentos que o leva a crer no Heliocentrismo em detrimento ao Geocentrismo. Ele tira a Terra do lugar e a põe em movimento na imensidão do Universo. Seus pensamentos influenciaram as discussões científicas de Galileu Galileu (1564-1642) e Isaac Newton (1643-1727).

Fragmento 2

Aí, vem você Galileu,

E desestabiliza meu Universo estático!

⁵ Esse livro teve sua leitura proibida em 1616, pois a Igreja Católica Apostólica Romana - ICAR considerava perigosa para a fé cristã. Mais de 200 anos depois essa proibição foi revogada pela ICAR.

Por que não se contenta com o que há?

A “estaticidade” revelada no texto tem ligação com a imutabilidade do Universo defendida pelos pitagóricos do séc. VI a.C., onde afirmavam que o Universo não muda, desse modo não pode haver mudanças ou transformações ao longo dos anos (PIRES, 2011), ademais, para Aristóteles, a Terra estava em repouso no centro do Universo que era dividido em dois mundos: o sublunar e o supralunar. O mundo sublunar é um mundo de imperfeições e mutações contínuas devido a corrupção natural do homem, que deve buscar se aperfeiçoar com o tempo, mas não alcança a perfeição plena. Já no supralunar, ou morada celeste, a perfeição é total, por isso não se fazem necessárias mudanças em sua estruturação, o que significa que o céu visto por nossos ancestrais é exatamente o mesmo que vemos.

Fragmento 3

Fica aí olhando para o céu

E causando controvérsias na Terra!

Ora, a Bíblia já nos diz a verdade.

Nós somos centro.

Citar a Bíblia em uma argumentação revela a forte influencia cristã nos período medieval que ainda persistia no séc. XVI. Desde o “ano 380 o cristianismo tornou-se a religião oficial, passando a ter forte influência sobre a Filosofia” (PIRES, 2011. p. 60). Em 354, Santo Agostinho deu uma base intelectual ao cristianismo, baseando-se na filosofia grega que se consolidou no sec. XII onde os “clérigos passaram a ser os sucessores dos filósofos da antiguidade e a igreja passou a determinar o clima cultural” (PIRES, 2011. p.61).

São Tomás de Aquino (1225 – 1274) também fez uso de argumentações aristotélicas na composição de sua ideologia cristã e apesar de algumas das ideias de Aristóteles causar conflitos com a posição religiosa da Igreja Católica Apostólica Romana (ICAR), buscava-se em vez de refutá-las, adequá-las compativelmente com a teologia cristã, o que significa dizer que a ciência poderia caminhar se não esbarrasse na religião.

Fragmento 4

*O Sol e a Lua pararam para Josué vencer uma batalha,
Portanto são eles que se movimentam.
Siga o meu raciocínio:
Somos a imagem e semelhança de Deus.
Deus é o centro de todas as coisas.
Deus habita em nós seres humanos, devido ao sopro do espírito.
Então nós, por termos Deus em nós, devemos ser o centro de todo o cosmos!
Galileu pare de causar desconforto!*

O fragmento acima não tem base empírica, é meramente um relato histórico deixado através de um livro espiritual. Não há como provar. Deve-se crer, ou seja, exercer a fé. O texto Bíblico que é referenciado no fragmento acima se encontra no Livro de Josué, capítulo 10 versículos 12, 13 e 14.

12. No dia em que o Senhor entregou os amorreus aos israelitas, Josué exclamou ao Senhor, na presença de Israel: “Sol, pare sobre Gibeom! E você, ó lua, sobre o vale de Aijalom!”

13. O sol parou, e a lua se deteve, até a nação vingar-se dos seus inimigos, como está escrito no Livro de Jasar. O sol parou no meio do céu e por quase um dia inteiro não se pôs.

14. Nunca antes nem depois houve um dia como aquele, quando o Senhor atendeu a um homem. Sem dúvida o Senhor lutava por Israel! (A Bíblia Sagrada – Josué 10: 12-14, 1995. p. 291).

O embasamento dos religiosos, sem base científica, estava no fato de o ser humano ter sido a maior e mais importante criação de Deus, portanto deve ser o centro de toda a natureza (Universo) e está justificado no caminho lógico proposto:

- DEUS é CENTRO de adoração
- DEUS criou a TERRA
- DEUS criou o HOMEM
- DEUS colocou parte de si no HOMEM
- DEUS está no HOMEM
- HOMEM (DEUS) está na TERRA
- DEUS está na TERRA
- Então se Deus está na Terra e Deus é Centro, logo a Terra é Centro!

Fragmento 5

Não questione.

Aceite apenas.

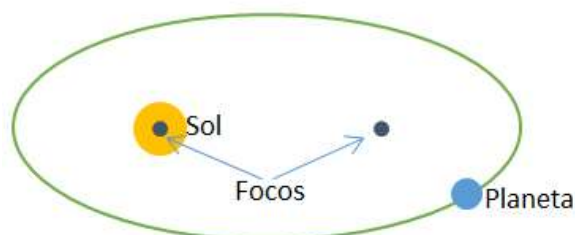
É perfeito como está.

Pensar sobre essas questões complexas é de competência de especialistas, ou seja, apenas poucos têm condições de compreendê-las.

Ainda hoje percebemos comentários dessa natureza sobre diversos aspectos que nos envolve. Essa expressão é típica de quem deseja que os seus subordinados não ampliem seus conhecimentos e desse modo coloque em risco a hegemonia dos dominantes. Questionar é uma atitude que leva a uma evolução de ideias e conceitos tendo em vista que as discussões derivadas dos questionamentos podem ampliar o conhecimento para além da temática em questão.

Nesse caso o questionamento da validade do modelo geocêntrico de Aristóteles e Ptolomeu fez com que a concepção heliocêntrica de Aristarco de Samos fosse revisitada e melhorada por Nicolau Copérnico (1473 – 1543), Giordano Bruno (1548 – 1600), Galileu Galilei (1564 – 1642) e com Kepler (1571 – 1630) esse modelo foi reestruturado na forma das órbitas. Ademais percebeu-se também que as órbitas, até então consideradas circulares, são em forma de elipse e que o Sol está posicionado em um dos focos da elipse da órbita (Figura 1).

FIGURA 1 – Órbita elíptica de um planeta em torno do Sol.



FONTE: O autor (2017)

Fragmento 6

Ah! Não se esqueça de que os gregos já diziam:

A Terra está em repouso no centro do Universo.

As estrelas movem-se em círculos em torno da Terra.

A referência feita no texto é a Aristóteles, que defendeu que a Terra estaria em repouso no centro do Universo, mas é importante lembrar que outros gregos divulgavam

ideias diferentes, temos entre eles: Aristarco de Samos, nascido no séc. III a.C., sendo o primeiro a afirmar que o Sol estava no centro do sistema planetário, em vez da Terra; Filolao, discípulo de Pitágoras, que atribui o movimento de translação em torno de um fogo central (não é o Sol); e Heráclides que sugeriu a rotação diária da Terra (PIRES, 2011).

Quanto a Aristarco de Samos, ele não teve suas ideias difundidas e aceitas como as do Geocentrismo, por isso o heliocentrismo ficou adormecido durante séculos. Essa concepção volta à tona, em maior intensidade, após a publicação de Nicolau Copérnico, astrônomo e matemático polonês que viveu entre os anos de 1473 e 1543, do livro *De revolutionibus orbium coelestium* ("Da revolução de esferas celestes").

Galileu Galilei também foi um dos defensores do heliocentrismo e se dedicou em explicar a controvérsia de que na queda livre os objetos estes não ficam para trás, para isso sugere que um cavaleiro, em galope constante em seu cavalo, carregue uma esfera em uma de suas mãos e em certo instante, quando estiver numa superfície plana, solte a esfera e continue seu movimento como cavalo. Na situação descrita espera-se que a esfera caia no mesmo alinhamento vertical da mão do cavaleiro, ou seja, o cavaleiro veria a bola cair em linha reta, então desse modo não temos como distinguir apenas pela trajetória vista pelo cavaleiro se ele estão parado ou em movimento. De modo similar acontece na Terra, devido ao movimento solidário da Terra e dos objetos em suas proximidades, não é possível distinguir se estamos parados ou em movimento e, com base nisso, nunca poderíamos dizer que um navio se move ou não apenas observando o ponto no qual um objeto, abandonado do alto do mastro, cai. Caso o barco esteja em movimento uniforme ou em repouso o objeto cairá no mesmo lugar, ao pé do mastro. Também se olharmos de ângulos diferentes perceberemos que a trajetória da queda do objeto pode ser diferente para a condição de movimento do navio, mas o ponto de impacto não. Para um observador externo, a margem do rio onde o navio se move, ele perceberá uma trajetória parabólica descendente, tendo em vista que o objeto acompanha o movimento horizontal do navio além do movimento de queda, ao passo que um passageiro da embarcação perceberá uma queda vertical. Ambos os observadores constatarão, no entanto, que o objeto cai ao pé do mastro. Do mesmo modo nós não notamos o movimento da Terra, pois estamos em movimento junto com ela.

Fragmento 7

*Mas seu discurso não tem validade alguma,
Tendo em vista que a igreja não reconhece as suas ideias.*

Durante a história, iniciando no século XII na França, a Igreja⁶ na tentativa de impor as suas concepções instituiu o tribunal da santa inquisição que objetivava analisar e julgar os transgressores das leis de Deus, e que incitavam a heresia. Uma das ferramentas utilizadas pelo tribunal era a Índice dos Livros Proibidos (“*Index Librorum Prohibitorum*”) onde apresentava a lista de livros que não poderiam estar em circulação, todos eles continham ideias que a Igreja Católica não apoiava ou não reconhecia.

Giordano Bruno, Nicolau Maquiavel, Voltaire, Erasmo de Roterdã, John Locke, Berkeley, Denis Diderot, Blaise Pascal, Thomas Hobbes, René Descartes, Rousseau, Montesquieu, David Hume ou Immanuel Kant, Pascal, Dante de Alighieri, Descartes, Jean-Jacques Rousseau são alguns dos autores que tiveram obras listadas no *Index*⁷.

Fragmento 8

*Aceite a verdade da Filosofia de Aristóteles.
A verdade da Santa Igreja.
Pois,
É perfeito como está.*

O pensamento filosófico de Aristóteles é baseado na razão e teve São Tomás de Aquino, século XIII, como um dos defensores que realizaram adaptações na interpretação da Bíblia com base na filosofia, a escolástica. Acreditava que a razão aristotélica é o caminho para alcançar a verdade espiritual.

Em março de 1561 a Congregação do Index, publicou um decreto que estabelecia que doutrina lançada por Copérnico e defendida por Galileu, a do Heliocentrismo, era falsa e contrária a Bíblia e Galileu foi recomendado a não defender publicamente essas ideias sob risco de ser preso. Essa atitude demonstra o fechamento ao diálogo entre Religião e Ciência, “*pois é perfeito como está.*”

⁶ Sempre que referimos a Igreja, estamos nos referindo a Igreja Católica Apostólica Romana.

⁷ Esse livro foi extinto no ano de 1966 com o Papa Paulo VI.

Texto II - A cabeça que caiu na maçã

Autor: Valmir Henrique de Araújo

A nossa história é sobre um rapaz que não era louco, no entanto atirava pedra para observar o comportamento dela; não era engenheiro, mas pensou em como construir uma ponte sem usar prego, solda ou parafuso (se bem que ponderou sobre os seguintes aspectos: uma ponte construída que não caísse apesar de que fossem alteradas as condições do terreno, dos materiais de construção ou da carga a ser suportada...); Não era jogador de futebol (principalmente porque ainda não existia este jogo) e, olha que incrível, em uma oportunidade em que pensava sobre a vida, eis que ele cabeceia uma maçã.

Foi tudo muito simples. Muito simples!

Bem, não foi assim tão simples assim. Na verdade, da verdade era um tempo difícil. Muito difícil. Difícil mesmo...

Imagine você, todo feliz por ingressar em uma Universidade (que é sonho de muitos jovens) e ter de interromper os estudos. Imaginou? Pois é... Ocorreu isso com ele. Sabe como isso aconteceu, e pode ter sido o que definiu o rumo da Física? Não sabe!

Então vamos lá, fique atento! Vou tentar contar da forma mais... Mais... Como posso dizer? Da forma que possa parecer mais interessante para se ouvir. Me desculpe a OUSADIA, a PETULÂNCIA, a FALTA DE MODÉSTIA. Mas não é nada disso que você está pensando. Não é exibicionismo, apenas vou tentar tornar interessante algo que a grande maioria das pessoas acha CHATO. Muito chato! Chato mesmo! Vou falar da tal da Física. Uma coisa que a gente estuda no Ensino Médio, e que é só fórmulas e mais fórmulas para a gente decorar, engolir e fazer de conta que aprendeu e se virar para aplicar em exercícios que, às vezes, não querem dizer NAAAAAADA!

Bem, foi no século XVIII. O nome do rapaz era Isaac Newton; a Universidade, Cambridge. E o que fez ele interromper os estudos? Fugiu da peste negra que assolava a Europa. Antes que chegasse à Universidade, o reitor suspendeu as aulas.

Ao voltar para casa dos pais ele ficou sem nada para fazer. A casa era uma fazenda e os pais, eram a mãe dele e o padraastro que, aliás, não lhe dava importância alguma.

Para não morrer de tédio Newton se sentou à beira de um dos córregos da fazenda. Todas as vezes que ele ia atravessar o córrego, tinha de se equilibrar nas pedras. Assim ia ele, cuidadosamente. Colocava um pé, depois o outro e ia saltitando até atravessar. “E se eu não quiser ficar saltitando enquanto atravesso?” E aí construiu uma ponte que deixou o padrao estarrecido. Uma ponte de madeira toda laminada e encaixada. Não colocou nenhum parafuso sequer para ajustar ou apertar as partes. A partir desse dia, ao invés de ficar se equilibrando nos seixos para atravessar o riacho, ficava sentado na ponte, imaginando o que a água escorrente pensava ao buscar seu lugar no espaço. Sim, porque se a água caminhava é porque ia para algum lugar que desejava. Por isso, quando ia ao pomar das macieiras, agora, poderia até sentar na ponte e observar os peixinhos. Newton gostava de observar, nunca apreciava.

E foi pensando na ponte, nos peixes, na vida, na peste negra que Newton se sentou embaixo de uma macieira.

Olhava os astros e imaginava como poderia ser essa coisa de os astros como o Sol, a Lua, as estrelas, cometas e meteoritos brincarem de esconde-esconde, de pega-pega e de ciranda lá no azul celeste, lá onde ficavam suspensos, unidos a longas distâncias. Isso o intrigava “Como ficam unidos a tão longas distâncias sem nem uma corda para segurar?”. Pensou, pensou, pensou... Pensou em como pensaria a água. Pois a água deve pensar de forma profunda, já que é transparente e não mostra seu pensamento. E sentiu profundamente como havia uma harmonia nos abraços dos planetas com o Sol. E da Terra com a Lua. Aí ele esqueceu dos outros astros. Apenas observou a Terra e a Lua, o Sol e os planetas. E teceu equações sobre o amor do Sol pelos planetas, da paixão da Terra pela Lua. E nem se importou que Sol é masculino e planeta também é masculino, nem que a Terra é feminina e que a Lua é feminina. Não lhe passou pela cabeça esta nuance de gênero. Para Newton só interessava o amor que unia esses seres. E teceu. Teceu equações. Uma, duas, dezenas. Quem contaria quantas? Até que... chegou a uma conclusão: a de que o amor era maior quanto mais massa tivessem os corpos. Imagine só, o amor é gordo! E como o amor prevalece, não queria a separação. Por isso, calculou: quanto mais distante, menor o amor, menor a atração. Claro que ele não poderia imaginar o amor via internet. E foi assim, de tanto pensar, ficou leve e sentiu seu corpo subir até uma maçã que tinha se soltado do galho.

Com esse vôo até a maçã, Newton escreveu o que hoje se conhece como a Lei da Gravitação Universal. E como o amor é universal e a lei é universal, o sono também

deveria ser universal. Assim, como para quebrar a universalidade do sonho, um esquilo saltou em cima de Newton e ele se acordou ainda a tempo de ver que a maçã rolava pela chão, caía no rio e flutuava...

Proposta de trabalho para o texto II

O texto é analisado em seu contexto completo, com destaques em alguns fragmentos. Com o texto é possível tratar o contexto histórico da ciência de um modo bem despojado além de oportunizar a apresentação da biografia de Isaac Newton, abordando a sua bagagem sociocultural que influenciou no modo de enxergar os fenômenos da natureza. Além disso, o texto faz referência a Física celeste e terrestre, o que pode ser bem explorado pelo professor durante as discussões, abordando as concepções aristotélica e newtoniana, especialmente.

Fragmento 1

A nossa história é sobre um rapaz que não era louco, no entanto atirava pedra para observar o comportamento dela; não era engenheiro, mas pensou em como construir uma ponte sem usar prego, solda ou parafuso (se bem que ponderou sobre os seguintes aspectos: uma ponte construída que não caísse apesar de que fossem alteradas as condições do terreno, dos materiais de construção ou da carga a ser suportada...); Não era jogador de futebol (principalmente porque ainda não existia este jogo) e, olha que incrível, em uma oportunidade em que pensava sobre a vida, eis que ele cabeceia uma maçã.

O texto não identifica o personagem no início do texto, mas podemos descrevê-lo nesse momento, para criar o ambiente favorável à compreensão da sequência de fatos.

Isaac Newton nasceu prematuramente em 4 de janeiro de 1643, mas seu registro indica 25 de dezembro de 1642 como a data de seu nascimento⁸. Não conheceu seu pai, que faleceu antes de seu nascimento, e aos três anos foi levado para a sua avó materna que o criou. Newton possuía uma personalidade forte e de gênio difícil.

Newton estudou de forma autodidata aritmética, trigonometria, aritmética e construções geométricas que iam além do currículo da faculdade da época e ainda eram dominados pelo aristotelismo (PIRES, 2011).

⁸ Na época a Grã-Bretanha usava o calendário juliano, elaborado pelo Imperador Júlio Cesar, em 46 a.C. e possui uma defasagem em relação ao calendário que utilizamos mundialmente, o calendário gregoriano. O calendário gregoriano imposto em 1582 pelo papa Gregório XIII em substituição ao calendário juliano.

Fragmento 2

Então vamos lá, fique atento! Vou tentar contar da forma mais... Mais... Como posso dizer? Da forma que possa parecer mais interessante para se ouvir. Me desculpe a OUSADIA, a PETULÂNCIA, a FALTA DE MODÉSTIA. Mas não é nada disso que você está pensando. Não é exibicionismo, apenas vou tentar tornar interessante algo que a grande maioria das pessoas acha CHATO. Muito chato! Chato mesmo! Vou falar da tal da Física. Uma coisa que a gente estuda no Ensino Médio, e que é só fórmulas e mais fórmulas para a gente decorar, engolir e fazer de conta que aprendeu e se virar para aplicar em exercícios que, às vezes, não querem dizer NAAAAAADA!

Muitos pesquisadores em ensino de Física abordam o desinteresse dos estudantes por ela, pois a sua abordagem nas escolas é desestimulante:

Via de regra, elas priorizam a resolução de um número excessivamente grande de problemas essencialmente numéricos, que envolvem a determinação da(s) grandeza(s) incógnita(s) a partir de dados conhecidos (...) Muitas vezes, contudo, esse processo se efetiva com pouca ou nenhuma compreensão conceitual. O emprego incorreto de conceitos, leis e princípios, que geram “soluções sem sentido”, evidencia isso (PEDUZZI E PEDUZZI, 2005, p. 103).

Fragmento 3

Bem, foi no século XVIII. O nome do rapaz era Isaac Newton; a Universidade, Cambridge. E o que fez ele interromper os estudos? Fugiu da peste negra que assolava pela Europa. Antes que chegasse à Universidade, o reitor suspendeu as aulas.

É importante que aborde em aula o contexto da dita Peste Negra ou Peste Bulbônica, uma devastadora pandemia que provocou a morte de mais de 75 milhões de pessoas na Eurásia. Estima-se que um terço da população europeia foi vítima dessa peste (ALVES & FERNANDES, 2014).

A peste teve momentos de maior alcance, dos quais se destacam a Peste Espanhola de 1596 a 1602, a Peste italiana de 1629 a 1631, a Grande Praga de Londres em 1664 e 1665 e a Grande Peste de Viena em 1679. O texto lido refere-se a praga de Londres. A doença é transmitida por pulgas e roedores, é causada pela bactéria *Yersinia pestis* e tem como indícios o surgimento de manchas negras na pele, além de

bolhas. Devido aos escassos recursos e conhecimentos da medicina na época, ela poderia levar a morte a pessoa infectada em poucos dias.

Fragmento 4

Olhava os astros e imaginava como poderia ser essa coisa de os astros, como o Sol, a Lua, as estrelas, cometas e meteoritos brincarem de esconde-esconde, de pega-pega e de ciranda lá no azul celeste, lá onde ficavam suspensos, unidos a longas distâncias. Isso o intrigava “Como ficam unidos a tão longas distâncias sem nem uma corda para segurar?”. Pensou, pensou, pensou... E sentiu profundamente como havia uma harmonia nos abraços dos planetas com o Sol. E da Terra com a Lua. Aí ele esqueceu dos outros astros. Apenas observou a Terra e a Lua, o Sol e os planetas. E teceu equações sobre o amor do Sol pelos planetas, da paixãozona da Terra pela Lua. (...) Até que... chegou uma conclusão: a de que o amor era maior quanto mais massa tivessem os corpos. Imagine só, o amor é gordo! E como o amor prevalece, não queria a separação. Por isso, calculou: quanto mais distante, menor o amor, menor a atração. Claro que ele não poderia imaginar o amor via internet.

A Física celeste até então não era objeto de equacionamento. Não se cogitava explicar o céu usando os mesmos critérios que se usa para esclarecer fenômenos terrestres. O autor coloca de um modo poético que há uma força de atração gravitacional entre dois corpos celestes em “*E sentiu profundamente como havia uma harmonia nos abraços dos planetas com o Sol.*”. Também nesse trecho deixa claro que o modelo cosmológico descrito coloca o Sol como centro, pois é ele que abraça os planetas.

Por fim o autor descreve as proporcionalidades da lei da Gravitação Universal de Newton em “*Até que... chegou uma conclusão: a de que o amor era maior quanto mais massa tivessem os corpos. Imagine só, o amor é gordo! E como o amor prevalece, não queria a separação. Por isso, calculou: quanto mais distante, menor o amor, menor a atração*”.

A Lei da Gravitação Universal diz que a força F de atração gravitacional entre dois corpos de massas M e m e separados por uma distancia d é tal que $F \propto M \cdot m$ (a força é proporcional ao produto das massas) e $F \propto \frac{1}{d^2}$ (a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância de separação).

Fragmento 5

E foi assim, de tanto pensar, ficou leve e sentiu seu corpo subir até uma maçã que tinha se soltado do galho.

Para esse trecho sugiro que aborde (ou retome caso já tenha sido trabalhado) o conceito de referencial. Nesse momento ilustrações são interessantes. Como sugestão, use a situação onde duas pessoas estão sentadas lado a lado dentro de um ônibus em movimento sobre uma rodovia e desenvolvendo uma velocidade de 80 quilômetros por hora.

Use as seguintes perguntas para sondar o grau de conhecimento dos alunos a respeito da importância de utilizarmos um referencial:

- Para a situação podemos dizer que estas pessoas estão em movimento?
- Qual a velocidade delas?
- Qual a velocidade das placas que estão ao longo da rodovia?

Em um segundo momento reformule as perguntas e verifique se há mudança na forma com os estudantes elaboram as suas respostas. Use:

- Para a situação podemos dizer que estas pessoas estão em movimento em relação à pista?
- Para a situação podemos dizer que estas pessoas estão em movimento em relação ao ônibus?
- Qual a velocidade do ônibus em relação à pista?
- Qual a velocidade dos passageiros em relação ao ônibus?
- Qual a velocidade das placas que estão ao longo da rodovia, em relação ao ônibus?
- Qual a velocidade das placas que estão ao longo da rodovia, em relação à pista?

Após realizar essas perguntas e ouvir as respostas é importante que o professor conduza as discussões com o propósito de levar os estudantes a atingir o saber elaborado e identificar as falhas em suas concepções prévias.

Fragmento 6

Com esse vôo até a maçã, Newton escreveu o que hoje se conhece como a Lei da Gravitação Universal. E como o amor é universal e a lei é universal, o sono também deveria ser universal. Assim, como para quebrar a universalidade do sonho, um esquilo saltou em cima de Newton e ele se acordou ainda a tempo de ver que a maçã rolava pelo chão, caía no rio e flutuava...

No Fragmento 4 falamos sobre as proporcionalidades das grandezas massa e distância, no entanto lembre que proporcional não é igual! Portanto ao juntarmos as proporcionalidades supracitadas obtemos a expressão $F \propto \frac{M.m}{d^2}$. Para conseguirmos uma igualdade se faz necessário a inserção de uma constante, denominada Constante da Gravitação Universal (G) cujo valor utilizado é $6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$. Desse modo obtemos a igualdade: $F = G \cdot \frac{M.m}{d^2}$ (I).

Texto III - Por que não posso “vuar”?

Autor: Ébano H da S Rizério

As inquietações curiosas de uma criança podem fazer com que pensemos em coisas óbvias que jamais ousamos questionar, por nos parecerem tão claras que indagarmos a respeito poderia parecer tolice. Mas uma criança não se importa com isso! E não se importa com quem se importa com isso!

- Por que o céu é azul?
- Por que a gota d'água ao cair no chão fica em forma de bolinhas?
- Por que o fogo queima? E o gelo também?
- Por quê?
- Por quê?
- Por quê?

(...)

Os pais, familiares e amigos mais velhos tem que dar conta dessas perguntas, e uma das inquietações da criança é: Por que não voamos?

- Mainha! Oh mãe, por que que a gente não voa?
- Ora menino! Que pergunta é essa? Nós não voa porque nós não foi feito pra isso!

Uma boa resposta para fugir de mais perguntas! A sagacidade de quem está acostumada ao bombardeio incansável de porquês.

Mas, assim como ocorre a sucessão dos dias e noites, a criança intercala, malandramente, uma pergunta com um instante de sossego as vítimas de suas indagações.

- Mãe?
- Lá vem! O que é?
- Tô com fome.

Aliviada a mãe suspira, pois imaginava que vinha uma nova pergunta embaraçadora.

- Pera aí que faço alguma coisa para você comê. Enquanto isso vai lá pra sala e fica brincando!

A criança obedientemente vai para sala brincar com seus brinquedos e em poucos instantes já está correndo pela sala e pulando sobre os móveis, quando de repente...

- Bernaaaaardo!!!! Já te falei quantas vezes que não é para ficar pulando em cima do sofá?

- É que...

- É nada! Venha aqui.

- Mas...

- Você fica pulando aí de todo jeito além de arriscar quebrar alguma coisa minha você pode se machucar!

Depois de alguns instantes de choro contido e silêncio, Bernardo pergunta a sua mãe:

- Mãe? Se eu der um pulão, eu saio da Terra?

- rrsrsrs

- É que meu pulo faz eu sair do chão, então se eu der um *pulãozão* eu vou sair da Terra.

- Menino, deixa de abuso. Cê já me aturou a paciência demais hoje. Vai ficar com seu pai.

O menino sai, com a sua inquietação intelectual para questionar o pai.

-Pai?

- Oi meu fio.

- Se eu der um pulão eu saio da Terra?

- Claro que não meu filho.

- Porque?

- Uai! ...É... Por que a Terra puxa tudo pra baixo

- Ah tá!

- Cê num vê que tudo que a gente joga pra cima cai?

- É mesmo.

- E se a gente não prender o relógio na parede, ele se esbagaça no chão!

- Hunrum!

- Então meu fio!

Após um instante de silêncio, Bernardo pergunta: MAS PAI, POR QUE A LUA NÃO CAI NA TERRA?

O silêncio do pai finalizou a conversa.

Proposta de trabalho para o texto III

Esse texto tem uma linguagem mais coloquial e descreve um momento em família no qual a criança está descobrindo o mundo e suas leis e para saciar a curiosidade infundável questiona aos adultos sobre tudo o que está a sua volta. Essa etapa do desenvolvimento é muito conhecida como a fase dos porquês⁹. Os diálogos do texto versam sobre a impossibilidade de o ser humano voar.

Com esse texto é possível realizar uma analogia com o personagem Ícaro (Anexos A e B) e seu voo com asas de cera, inserir elementos da gravitação Universal tais como a velocidade de escape e velocidade orbital além de ser possível enriquecer as discussões sobre a atuação gravitacional sobre os corpos nas proximidades da Terra.

Fragmento 1

As inquietações curiosas de uma criança podem fazer com que pensemos em coisas óbvias que jamais ousamos questionar, por nos parecerem tão claras que indagar-nos a respeito poderia parecer tolice. Mas uma criança não se importa com isso! E não se importa com quem se importa com isso!

- Por que o céu é azul?

- Por que a gota d'água ao cair no chão fica em forma de bolinhas?

- Por que o fogo queima? E o gelo também?

- Por quê?

- Por quê?

- Por quê?

(...)

É interessante como aprendemos em nossa infância. Existe um período da infância no qual a criança busca conhecer e entender o mundo ao seu redor e para que isso aconteça uma das estratégias adotadas por elas é simplesmente perguntar sobre tudo, a todos e a todo tempo. No decorrer dessa fase o conhecimento de munda da criança cresce exponencialmente. Entretanto com o tempo esse desinibição reduz e consequentemente reduzem as perguntas, e quem sabe, o aprendizado.

⁹ Período Pré-operatório de Jean Piaget.

Perguntas sobre fenômenos da natureza são frequentes e, com sabemos, não são fáceis para serem esclarecidas.

Sugiro que pergunte a turma se há alguém que saiba explicar as perguntas feitas no trecho: Por que o céu é azul? Por que a gota d'água ao cair no chão fica em forma de bolinhas? Por que o fogo queima? E o gelo também? Esse momento pode servir para já introduzir aspectos da ciência envolvidos na explicação dos fenômenos, mas isso fica a critério do professor.

Fragmento 2

Os pais, familiares e amigos mais velhos tem que dar conta dessas perguntas, e uma das inquietações da criança é: Por que não voamos?

- Mainha! Oh mãe, por que que a gente não voa?

- Ora menino! Que pergunta é essa? “Nóis” não voa porque “nóis” não foi feito pra isso!

Sugiro que ao falar desse Fragmento seja contada a história do jovem Ícaro, personagem da mitologia grega, que voou perto do Sol (ver texto Anexo A e Anexo B) afim de envolver os estudantes com a temática mostrando que o desejo do homem em voar é antigo.

Fragmento 3

A criança obediamente vai para sala brincar com seus brinquedos e em poucos instantes já está correndo pela sala e pulando sobre os móveis, quando de repente...

- Bernaaaaardo!!!! Já te falei quantas vezes que não é para ficar pulando em cima do sofá?

- É que...

- É nada! Venha aqui.

(...)

Depois de alguns instantes de choro contido e silêncio, Bernardo pergunta a sua mãe:

- Mãe? Se eu der um pulão, eu saio da Terra?

- rrsrsrs

- *É que meu pulo faz eu sair do chão, então se eu der um “pulãozão” eu vou sair da Terra.*

- *Menino, deixa de abuso. Cê já me aturou a paciência demais hoje. Vai ficar com seu pai.*

Aqui é possível citar a Gravitação Universal e as relações que envolvem o escape de um corpo de nossa atmosfera, como a velocidade mínima de escape (v_0), que é a velocidade mínima com a qual um corpo deve ser lançado da superfície terrestre de modo que consiga escapar da atração gravitacional exercida pela Terra sobre ele.

Na análise desse escape deve se considerar que a energia cinética do objeto a ser lançado deve ser igual, em módulo, a energia potencial no limite da ação do campo gravitacional, tendo no lançamento velocidade necessária para o corpo sair de um campo gravitacional.

Sendo o módulo da Energia cinética (E_{cin}) igual a:

$$E_{cin} = \frac{m.v^2}{2}, (II)$$

onde m é a massa do corpo a ser lançado e v a velocidade de lançamento.

Enquanto o módulo da Energia potencial (E_{pot}) é expresso por:

$$E_{pot} = m.g.h, (III)$$

onde m é a massa do corpo a ser lançado, h é a altura, em relação ao núcleo da Terra, onde o corpo deve estar para que escape da órbita, e g a aceleração da gravidade que pode ser determinada por:

$$g = G \frac{M}{h^2}, (IV)$$

sendo G a constante universal da gravitação, M a massa do planeta e h a distância do ponto analisado até o centro do planeta.

Fazendo a igualdade do módulo dessas grandezas obtém:

$$E_{cin} = E_{pot}$$
$$\frac{m.v^2}{2} = m. G \frac{M}{h^2}. h$$

Simplificando as grandezas físicas m e h, obtemos:

$$\frac{v^2}{2} = G \frac{M}{h}$$

Colocando v em evidência temos como resultado:

$$v = \sqrt{\frac{2.G.M}{h}} \text{ (V)}$$

A partir dessa demonstração podemos abordar a irrelevância da massa do corpo em sua velocidade para escape, tendo em vista que ela foi “cortada” no processo de demonstração matemática. Isso significa dizer que a velocidade que um pequeno parafuso precisa para escapar é a mesma de uma estação espacial.

Fragmento 4

O menino sai, com a sua inquietação intelectual para questionar o pai.

-Pai?

- Oi meu fio.

- Se eu der um pulão eu saio da Terra?

- Claro que não meu filho.

- Porque?

- Uai! ...É... Por que a Terra puxa tudo pra baixo

- Ah tá!

- Cê num vê que tudo que a gente joga pra cima cai?

- É mesmo.

- E se a gente não prender o relógio na parede, ele se esbagaça no chão!

- Hunrum!

- Então meu fio.

O pai indica a existência de uma força que atua sobre os corpos que ‘puxa tudo pra baixo’. Denominamos essa força como Peso (P), que é a força gravitacional sobre o corpo e pode ser determinada pela expressão:

$$P = m \cdot g, \text{ (VI)}$$

onde m indica a massa, em quilogramas, do corpo e g a aceleração local da gravidade.

Como dito no comentário do fragmento anterior, é possível que um corpo saia da Terra, desde que atenda a condição de velocidade de escape o que certamente não seria atendido pela velocidade atingida por um pulo.

A depender do grau de desenvolvimento da aula é possível que seja calculada a velocidade de escape para a Terra a partir dos dados relevantes. Nesse caso temos $h=R_{\text{Terra}} = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$, e $M_{\text{Terra}} = 5,972 \times 10^{24} \text{ Kg}$.

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 6,67 \times 10^{-11} \times 5,972 \times 10^{24}}{6,4 \times 10^6}}$$
$$v = 11\,157 \text{ m/s}$$
$$v = 11,2 \text{ km/s}$$

Esse valor é muito menor que o alcançável por um pulo, tendo como referência o recorde mundial masculino de salto em altura ¹⁰que pertence a Javier Sotomayor, de Cuba que atingiu 2,45 m de altura. Usando as leis de conservação de energia e impondo a condição aproveitamento integral da energia mecânica¹¹ podemos inferir que a energia cinética se converte integralmente em energia potencial gravitacional quando o saltador atinge a altura máxima. Logo:

$$E_{\text{cinética}} = E_{\text{potencial gravitacional}}$$

Onde a energia cinética pode ser dada pela expressão (II) a energia potencial pode ser dada por (III) onde m é a massa do corpo, g a aceleração da gravidade local e h , a altura máxima atingida pelo salto.

Portanto:

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$$

¹⁰ https://pt.wikipedia.org/wiki/Salto_em_altura. Acesso em 25 de maio de 2018

¹¹ Isso viola leis físicas, no entanto essa condição foi imposta a fim de simplificar os cálculos realizados.

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \text{ (VII)}$$

Adotaremos $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$$v = \sqrt{2 \times 9,8 \times 2,15}$$

$$v = 6,49 \text{ m/s.}$$

O site EL País Brasil publicou um artigo em 17 de agosto de 2016 que trata das conversões de energia em um salto. Um trecho dessa publicação está a seguir.

Para elevar um quilo a um metro do chão, são necessários 9,81 joules (..) Sotomayor mede 1,95m e atinge 8 m/s na corrida. Aplicando o raciocínio anterior, deveria ser capaz de atingir 4,72m. Mas aqui a transferência de energia, que é realizada com a articulação sobre o tornozelo, supõe uma perda maior: sua velocidade vertical passou a ser de 4,6 m/s. Levando em conta essa diferença, obtém-se 2,54m. Além disso, considerando a posição dos saltadores em altura (conhecida como posição Fosbury), obtém-se uma altura máxima de 2,46m, que não está longe de seu recorde e, ao que parece, do limite de todos os mortais. (COHEN, 2016).

Portanto, percebe-se que há uma enorme diferença entre a velocidade estimada de um pulo e a velocidade de escape da órbita terrestre o que significa que não é possível sair da Terra com um “pulãozão”.

Fragmento 4



Após um instante de silêncio, Bernardo pergunta: MAS PAI, POR QUE A LUA NÃO CAI NA TERRA?

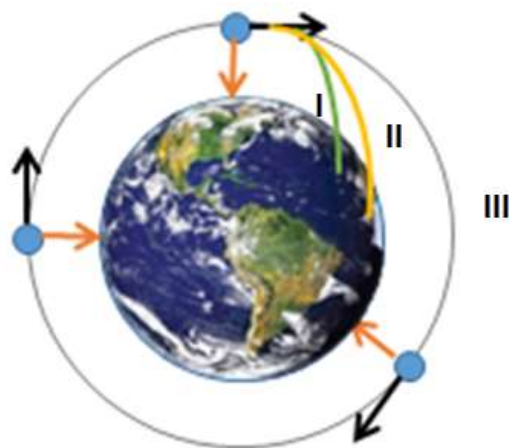
O silêncio do pai finalizou a conversa.

Imaginarmos que a Lua poderia cair sobre a Terra pode parecer absurdo, mas é um questionamento interessante.

Vamos observar a ilustração a seguir:

FIGURA 2 – Representação de lançamento horizontal de objeto com velocidades distintas com indicação de suas trajetórias.

Vetor	Símbolo
Velocidade	
Peso	



Trajectoria	Cor
I com velocidade v_1	Verde
II com velocidade v_2	Amarelo
III com velocidade v_3	Cinza

FONTE: O autor (2017)

Na representação da Figura 2 temos três situações de lançamento horizontal, sendo que a relação entre as velocidades indicadas obedecem a seguinte ordem:

$$v_1 < v_2 < v_3$$

Notamos que a trajetória I cuja velocidade de lançamento é a menor tem pequeno alcance, já a trajetória III é a de um corpo que orbita a Terra, similarmente ao caso da Lua, onde a velocidade orbital é grande o suficiente para que ela não se desloque em direção a superfície da Terra. Nesse caso a força peso do corpo se comporta com força centrípeta que mantem o corpo girando em torno da Terra.

Texto IV - Os corpos caem num dia de sol

Autor: Valmir Henrique de Araújo

(...)

Meu irmão havia me prometido *Amanha vamos à praia*. Em minha euforia, dormi com a sunga de banho mais nova que a minha mãe comprara. Amanheci de boné, toalha, sandália, bola, raquete, prancha de surf...

Desde ontem, eu sabia que hoje seria dia de sol. Não deu outra. Logo, bem cedinho, o sol estava na janela.

O sol no varal.

O sol na cozinha.

O sol no galinheiro.

E pluft! Não aguentou, entrou no meu quarto (...), então o Sol estaria também lá na praia me esperando. Aceso.

Meu irmão, já bem cedo, estava sentado à mesa, com aquela mania: o livro na mão. Estando o mais belo dos astros à minha espera, debrucei-me sobre o ombro do meu irmão e li “Os corpos caem na superfície da Terra com a mesma aceleração”. Imaginei *Que desastre! Devem se esbagaçar!* Olhei para cima e verifiquei se algum corpo estava por cair em minha cabeça. O lustre estava seguro no teto. Resolvi, então, saber de meu ilustre irmão.

- Porque ninguém segura?

- Ninguém segura o quê, ô garoto?

- Não me chame de garoto! Já sou rapaz.

- Que mija na cama...

- Nada disso...

- É isso.

- Não é!

- É, sim!

- Você vai ou não me responder por que caem?

- Que corpos, garoto!

- Já me disse para não me chamar de garoto.

- Então pare de mijar na cama.

- Você é um ignorante. O médico disse que é incontinência.

- Incontinência de mijão.

Resolvi esquecer a discussão e partir para o que interessava:

- Está pronto? – gritei por cima do seu ombro, virando o rosto, para disfarçar que estava bem distante dele. Em seguida, fui para a frente de meu irmão e resolvi falar:

- Mano!

- Hum!

- Mano!

- HUUUUUUUUUUUM!

- Vai ou não a praia?

- Tá pronto?

- Quase!

- E quando é que *quase* fica pronto?

- Falta pouco.

- Pouco pra quê?

- Pra entender que uma pedra de 10 quilos cai ao mesmo tempo em que uma pena.

- Ah, mano! Não entendo.

- O que você não entende?

- Primeiro: o que é quilo?

- É uma unidade de massa: quilograma.

- Ah! É uma pena, mano.

- O quê que é uma pena?

- Se a pedra cair no pé...

- No pé de quem? Quem é que tá falando de cair no pé, oh, oh, oh! Só faltava essa. Cair no pé... Olhe só: isso aqui é Física, garoto!

- Já disse pra não me chamar de garoto. E pior ainda... esse negócio de física... num tá com nada! Quem quer saber de física, ô besta?! Largue isso aí e vamos à praia. Física de pena e pedra. De pedra e de pena. Dá pena ver você feito uma pedra, parado aí!

- Não, maninho. Num tô parado não. A Terra gira e, com ela, a gente tá junto.

- Tá!

- A física, escute só, a física envolve todos nós. Ela é de todos. Estuda os fenômenos da natureza: a estabilidade e as transformações.... Me deixe terminar o estudo! Procure o que fazer, por que ainda não estou livre. Amanha é meu teste.

(...)

- Então tá!

- Tento compreender as minúcias de como um corpo sobe ou desce...

- O que são minúcias?

- Eu preciso saber qual a posição e a velocidade de um corpo ao subir e descer.

- É!

- Subir e descer de onde?

- Espere aí! Já vi que você não vai largar do meu pé. Deixe eu explicar melhor. O Problema é o seguinte: uma pedra é atirada para cima com velocidade de quarente metros por segundo. Três perguntas: a) Qual a altura máxima a que chega essa pedra? b) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos dois segundos do lançamento? c) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos seis segundos do lançamento?

- E é possível descobrir isso?

- Claro!

- Quem descobriu isso?

- Mais ou menos desse jeito foi Galileu

- Por que desse jeito?

- A bem verdade, para fazer esses cálculos, a gente tem de considerar a inexistência do ar. É como se os corpos subissem e descessem próximos a superfície da Terra, mas sem a presença do ar.

- Então quer dizer que, antes de Galileu, os cálculos eram feitos com o ar?

- Não é bem assim. Não eram feitos cálculos. Não com Aristóteles.

- O que era feito então?

(...)

- No século IV a.C., Aristóteles, grego nascido em Siracusa...

(...)

-Mas...

- Não me interromper, Tiago! Pelo amor de Deus!

(...)

Meu irmão me avisou que iríamos nos ater a um ponto fundamental para compreender a fórmula da *queda dos corpos* próximos a superfície da Terra e para entender o porquê de desconsiderar o ar. O ponto consiste na afirmação de Aristóteles de que os corpos graves (pesados) caem mais rapidamente do que os corpos leves. Galileu questionou essa diferença. Por isso, a fórmula da queda dos corpos que

utilizamos vale para todos os corpos que caem, independentemente do *peso*, ou melhor da massa.

- Bem – disse meu irmão -, vamos fazer o seguinte: pra eu adiantar meus estudos, vá lendo esse livrinho aqui ó! É o tempo pra eu ver alguns exercícios.

(...)

- Mano!

- Você me prometeu que ia deixar eu estudar.

- Mas você já sabe tudo de física...

- Claro que não! Que ideia! Ainda preciso saber o necessário para o teste de amanhã! Tenho de decorar as fórmulas de subida e descida de um corpo, a equação de Torricelli e ainda equações de lançamento. Acho que vou ter de “colar” .

- Ah! Duvido! Você? Colando?

- Se não colar, vou ter de ficar aqui um tempão decorando. E aí acabo me esquecendo de raciocinar. Uma coisa, não posso esquecer: a importância do tempo no movimento.

- É! Por falar nisso...

- Espero que leve muito tempo até eu chegar a estudar física. E é melhor se apressar, porque o Sol não tem todo o tempo do mundo. Só resta mais um tempinho até a tarde cair.

-É! – foi só o que ele me respondeu, e mergulhou de novo seu mar de estudos, e eu fiquei boiando no quarto dele, sem nenhuma onda.

(...)

Proposta de trabalho para o texto IV

O texto de Valmir H. de Araújo tem leitura dinâmica e envolvente, pois aborda em forma de diálogos pontos relevantes que se referem ao ensino da Física. Frequentemente os alunos se identificam com o personagem do irmão mais velho que estuda em véspera de prova, que precisa decorar as fórmulas, que faz repetidas vezes os mesmos exercícios e se possível uma grande diversidade deles, além do caso desesperado de trapacear nas avaliações por meio de “cola” ou “pesca”.

Por meio do texto é possível explorar as concepções alternativas relacionadas a queda dos corpos assim como os conceitos de massa, peso, referencial, movimento, repouso, velocidade, resistência do ar e aceleração.

Fragmento 1

(...)

Meu irmão, já bem cedo, estava sentado à mesa, com aquela mania: o livro na mão. Estando o mais belo dos astros à minha espera, debrucei-me sobre o ombro do meu irmão e li “Os corpos caem na superfície da Terra com a mesma aceleração”. Imaginei Que desastre! Devem se esbagaçar! Olhei para cima e verifiquei se algum corpo estava por cair em minha cabeça. O lustre estava seguro no teto. Resolvi, então, saber de meu ilustre irmão.

- Porque ninguém segura?

- Ninguém segura o quê, ô garoto?

(...)

- Você vai ou não me responder por que caem?

- Que corpos, garoto!

(...)

Apesar desse fragmento ser o primeiro do texto, recomendo que o discuta após a discussão do fragmento 2, tendo em vista que nele é feita uma melhor introdução a temática discutida.

No texto podemos explorar o conceito de aceleração e avaliar com qual aceleração que os corpos caem.

O conceito de aceleração de acordo com Guimarães et al (2016) é definido como pela razão entre a variação da velocidade e o correspondente intervalo de tempo e numa outra linguagem temos o livro Física da editora SM, adotado na rede pública estadual de ensino da Bahia no triênio 2015-2016-2017, que não define aceleração, mas trata a aceleração média como uma grandeza que indica a variação da velocidade escalar em certo intervalo de tempo.

Quanto à aceleração com que os corpos caem denominamos aceleração da gravidade, ou simplesmente gravidade, ela é devida a força que a Terra exerce sobre os corpos atraindo-os para sim. A gravidade na Terra não é a mesma em todos os pontos, pois varia de acordo com a distância em relação ao centro da Terra (latitude e altitude). A seguir temos a figura 3, com dados indicando a aceleração da gravidade em algumas localidades com altitude distintas.

FIGURA 3 – Aceleração da gravidade de acordo com a altitude.

Altitude (km)	$g(m/s^2)$
0	9,81
1000	7,33
2000	5,68
3000	4,53
4000	3,70
5000	3,08
6000	2,60
7000	2,23
8000	1,93
9000	1,69
10000	1,49

FONTE: SARAIVA (2017).

Perceba que há uma alteração significativa no valor da aceleração a cada 1000 km, mas para pequenas variações de altitude essa variação não é percebida.

Fragmento 2

- *Falta pouco.*
- *Pouco pra quê?*
- *Pra entender que uma pedra de 10 quilos cai ao mesmo tempo em que uma pena.*
- *Ah, mano! Não entendo.*
- *O que você não entende?*
- *Primeiro: o que é quilo?*
- *É uma unidade de massa: quilograma.*

- Ah! É uma pena, mano.
 - O quê que é uma pena?
 - Se a pedra cair no pé...
 - No pé de quem? Quem é que e tá falando de cair no é, oh, oh, oh! Só faltava essa. Cair no pé... Olhe só: isso aqui é Física, garoto!

Como dito no fragmento anterior, é interessante que a discussão do texto se inicie por esse fragmento, pois através dele é possível abordar as concepções prévias sobre a queda os corpos e usá-las como guia das discussões. Perguntas podem ser feitas aos estudantes objetivando verificar se estão ou não de acordo com o livro que o irmão mais velho está estudando?

Ainda nesse paragrafo é possível discutir, brevemente, um pouco sobre o Sistema Internacional de Medidas (S.I.) valorizando as unidades de medida de massa, trazendo a reflexão de que as unidades de medida utilizadas estão inseridas em um contexto no qual a cada uma delas pode estar mais adequada, no entanto deve-se observar que há uma unidade de referência na qual devemos nos basear.

Vejamos alguns exemplos:

- Um boi de 17 arrobas foi leiloado.
- Essa carreta pode transportar até 30 toneladas.
- O remédio recomendado pelo médico é o Puran de 175 miligramas.
- Estou gordo. Estou pesando 112 kg.
- O pão agora é vendido no peso.

A unidade de referência para a massa é o quilograma (Kg) e tem sua equivalência com as unidades citadas de acordo com a tabela a seguir:

TABELA 1: Equivalência entre unidades de medida de massa com a unidade padrão do S.I.

Unidade	Equivalência em kg
Arroba	15
Tonelada	1000
Miligrama	0,001

FONTE: O autor (2017).

Como citado anteriormente, cada unidade de medida pode estar mais adequada a um determinado contexto. Se utilizássemos o miligramas para indicar a massa da carreta ou toneladas para a massa de um pão francês, teríamos números muito incomuns.

Apesar de falarmos da unidade de medida, nós não definimos o que é a massa. De acordo com Amaldi (1997) a massa pode ser interpretada “como uma medida da resistência que o corpo apresenta a tentativa de acelerá-lo” (AMALDI, 1992. p. 78) sendo denominada de massa inercial, considerada como grandeza escalar. Já para Halliday et al (2006) a “a massa de um corpo é a característica que relaciona a força sobre um com a aceleração” (HALLIDAY et al, 2006 . p. 98)

Um ponto relevante durante a discussão é esclarecer que massa e peso não representam a mesma grandeza física, apesar de usarmos cotidianamente a palavra peso ao nos referirmos a massa. A massa é uma propriedade da matéria que está associada a inércia do corpo ao passo que peso é a força com que o corpo é atraído para a superfície do planeta.

Fragmento 3

- Já disse pra não me chamar de garoto. É pior ainda... esse negócio de física... num tá com nada! Quem quer saber de física, ô besta?! Largue isso aí e vamos à praia. Física de pena e pedra. De pedra e de pena. Dá pena ver você feito uma pedra, parado aí!

- Não, maninho. Num tô parado não. A Terra gira e, com ela, a gente tá junto.

- Tá!

- A física, escute só, a física envolve todos nós. Ela é de todos. Estuda os fenômenos da natureza: a estabilidade e as transformações.... Me deixe terminar o estudo! Procure o que fazer, por que ainda não estou livre. Amanha é meu teste.

Os conceitos da cinemática são baseados no referencial adotado, a partir do qual avaliamos a dimensão do corpo (ponto material ou corpo extenso), o seu estado de movimento (repouso ou movimento) e sua trajetória. Especialmente sobre movimento e repouso, definimos o primeiro com a condição na qual o objeto muda a sua posição em relação ao seu referencial, podendo ser um a aproximação ou um afastamento, já a segunda definição é quando o objeto observado não tem mudança em sua posição relativa ao referencial.

Desse modo um corpo pode estar em repouso e em movimento simultaneamente! A depender do referencial adotado.

Ambos os irmãos deram explicações que estão corretas, desde que selecionemos adequadamente o referencial que será utilizado. Então para o caçula o seu irmão está em

repouso pois a sua posição em relação aos objetos ao redor não muda com o tempo e para o mais velho estamos em movimento pois a Terra não está imóvel no Universo.

Fragmento 4

(...)

- *Então tá!*

- *Tento compreender as minúcias de como um corpo sobe ou desce...*

- *O que são minúcias?*

- *Eu preciso saber qual a posição e a velocidade de um corpo ao subir e descer..*

- *É!*

- *Subir e descer de onde?*

- *Espere aí! Já vi que você não vai largar do meu pé. Deixe ei explicar melhor.*

O Problema é o seguinte: uma pedra é atirada para cima com velocidade de quarenta metros por segundo. Três perguntas: a) Qual a altura máxima a que chega essa pedra? b) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos dois segundos do lançamento? c) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos seis segundos do lançamento?

- *E é possível descobrir isso?*

- *Claro!*

Nesse fragmento temos um modelo de exercício muito comum entre os livros didáticos, tendo poucas variações entre um livro e outro, que busca realizar a previsão de informações a partir de equações do movimento retilíneo uniformemente variado (M.R.U.V.).

Caso os estudantes já tenham estudado o M.R.U.V. é possível propor ou expor a solução da questão, como resolvido a seguir, caso contrário sugerimos a abordagem dos conceitos envolvidos no lançamento, e desse modo introduzir a temática.

Como ponto de partida para realizar os cálculos solicitados, é fundamental identificar os dados iniciais fornecidos bem como os dados implícitos.

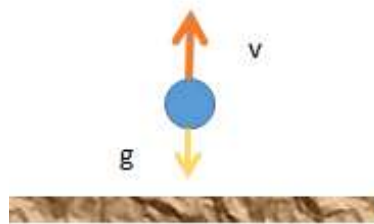
Supondo que o lançamento seja realizado a partir da superfície terrestre temos o módulo da aceleração da gravidade de 10 metros por segundo ao quadrado, aproximadamente, e a velocidade inicial de 40 metros por segundo.

Item (a) Qual a altura máxima atingida pela pedra?

Podemos inferir que no ponto mais alto da trajetória a velocidade é nula, pois é o ponto no qual o corpo muda o sentido do seu movimento, ou seja, deixa de subir e instantaneamente zera a velocidade para iniciar o seu movimento de descida.

A figura 4 ilustra os vetores, fora de escala, aceleração e velocidade no início do movimento.

FIGURA 4 – Vetores velocidade e aceleração no instante inicial



FONTE: O autor (2017)

Os vetores aceleração e velocidade tem inicialmente sentidos opostos, por isso temos de usar os valores com sinais contrários. Aqui adotaremos a velocidade positiva e a aceleração da gravidade com sinal negativo.

Para obter a altura máxima podemos utilizar a equação de Torricelli substituindo os dados fornecidos:

Dados:

$$v_o = 40 \text{ m/s}^{12}$$

$$v = 0$$

$$g = -10 \text{ m/s}^2$$

$$H_{\text{máx}} = \Delta S = ?$$

Solução:

$$v^2 = v_o^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta S \text{ (VIII)}$$

$$0 = 40^2 + 2 \cdot (-10) H_{\text{máx}}$$

$$0 = 1600 - 20 H_{\text{máx}}$$

$$20 H_{\text{máx}} = 1600$$

$$H_{\text{máx}} = \frac{1600}{20}$$

$$H_{\text{máx}} = 80 \text{ metros}$$

¹² Esse valor é frequentemente utilizado em questões presentes em livros didáticos, no entanto, é muito alto se tratando de objetos a serem arremessados.

Item (b) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos dois segundos do lançamento?

Nesse caso temos que usar as funções temporais de espaço e velocidade.

$$S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \text{ (IX)}$$

$$v = v_0 + a \cdot t \text{ (X)}$$

Substituindo os dados em (IX) temos:

$$S = 0 + 40 \cdot 2 + \frac{1}{2}(-10) \cdot 2^2$$

$$S = 80 - 10$$

$$S = 70 \text{ metros}$$

Agora usando a equação (X).

$$v = 40 + (-10) \cdot 2$$

$$v = 40 - 20$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

Item (c) Qual a altura e a velocidade da pedra decorridos seis segundos do lançamento?

Podemos realizar os mesmos cálculos do item anterior.

Substituindo os dados em (IX) temos:

$$S = 0 + 40 \cdot 6 + \frac{1}{2}(-10) \cdot 6^2$$

$$S = 240 - 180$$

$$S = 60 \text{ metros}$$

Agora usando a equação (X).

$$v = 40 + (-10) \cdot 6$$

$$v = 40 - 60$$

$$v = -20 \text{ m/s}$$

Esse resultado indica que o corpo já passou da altura máxima, pois a velocidade negativa representa um movimento retrógrado (contrário ao referencial de posição adotado inicialmente).

Fragmento 5

- *Quem descobriu isso?*

- *Mais ou menos desse jeito foi Galileu*

- *Por que desse jeito?*

- *A bem verdade, para fazer esses cálculos, a gente tem de considerar a inexistência do ar. É como se os corpos subissem e descessem próximos a superfície da Terra, mas sem a presença do ar.*

- *Então quer dizer que, antes de Galileu, os cálculos eram feitos com o ar?*

- *Não é bem assim. Não eram feitos cálculos. Não com Aristóteles.*

(...)

Meu irmão me avisou que iríamos nos ater a um ponto fundamental para compreender a fórmula da queda dos corpos próximos a superfície da Terra e para entender o porquê de desconsiderar o ar. O ponto consiste na afirmação de Aristóteles de que os corpos graves (pesados) caem mais rapidamente do que os corpos leves. Galileu questionou essa diferença. Por isso, a fórmula da queda dos corpos que utilizamos vale para todos os corpos que caem, independentemente do peso, ou melhor, da massa.

Galileu escreveu no *Discurso e demonstrações matemáticas em torno de duas novas ciências* um diálogo entre três personagens (Salviati, Sagredo e Simplicio) e nele realiza críticas a posição de Aristóteles no que se refere à rapidez de queda de corpos graves. Segundo Aristóteles ao se abandonar dois corpos de massas diferentes, de uma mesma altura e simultaneamente, certamente o mais pesado chegará primeiro ao solo.

Em seu texto defende o pensamento que corpos de massas diferentes chegam praticamente juntos ao solo e faz uma argumentação contrária ao encaminhamento lógico de Aristóteles, pois de acordo com o pensamento aristotélico

Se tomarmos dois corpos cujas velocidades naturais de queda sejam diferentes, é óbvio que ao unirmos os dois, o corpo mais rápido será

parcialmente retardado pelo mais lento, e o mais lento será apresado pelo mais veloz (PIRES, 2011, p.147).

E refuta essa lógica ao afirmar que

(...) se isto for verdade, e se um apedra grande move-se com uma velocidade, de digamos, oito, enquanto a menor move-se com uma velocidade de quatro, então quando elas estiverem unidas, o sistema se moverá com uma velocidade menor que oito; mas duas pedras quando amarradas juntas constituem uma pedra maior que aquela que sozinha antes movia-se com uma velocidade de oito. Então o corpo mais pesado move-se com uma velocidade menor do que aquela do mais leve, um efeito que é contrário à suposição inicial (GALILEU apud PIRES, 2011, p.147).

E para finalizar o seu raciocínio, por meio do personagem Salviati, alega que há um efeito de resistência que o meio exerce sobre os corpos, e isso pode influir no movimento de queda do corpo e conclui que em um meio totalmente livre de resistências, no caso o vácuo, todos os corpos cairiam ao mesmo tempo.

Essa conclusão pode ser verificada por meio das atividades demonstrativas dos experimentos mentais propostos para essa sequência didática.

Fragmento 6

- Claro que não! Que ideia! Ainda preciso saber o necessário para o teste de amanhã! Tenho de decorar as fórmulas de subida e descida de um corpo, a equação de Torricelli e ainda equações de lançamento. Acho que vou ter de “colar”.

- Ah! Duvido! Você? Colando?

- Se não colar, vou ter de ficar aqui um tempão decorando. E aí acabo me esquecendo de raciocinar. Uma coisa não posso esquecer: a importância do tempo no movimento.

Esse trecho constitui uma crítica ao método tradicional de avaliação que foca na resolução de exercícios em detrimento da compreensão real dos fenômenos físicos. Para muitos estudantes saber aplicar as equações adequadamente significa compreender bem a Física e cabe a nós professores não perpetuarmos essa prática que mutila o interesse pelas ciências.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro, por meio deste termo, que concordei em participar na pesquisa de ensino de Física referente ao _____ desenvolvido na _____ . Fui informado, ainda, de que a pesquisa é orientada pelos professores _____ . Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa. Fui informado dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais é verificar a eficiência de uma sequência didática no ensino de física com uso de textos literários de temática científica. Fui também esclarecido de que os usos das informações por mim oferecidas estão submetidos às normas éticas. Estou ciente que as aulas da sequência didática serão gravadas em vídeo apenas para fins de construção de diário de bordo e que não serão veiculadas em qualquer meio de comunicação, nem exibidas para terceiros com fins não acadêmicos. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelo pesquisador e seus orientadores. Fui ainda informado de que posso me retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo para meu acompanhamento escolar ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos. Atesto recebimento de uma cópia assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Cidade, Estado, ____ de _____ 20____.

Assinatura do(a) participante: _____

Assinatura do pesquisador: _____

Levantamento das Concepções Prévias

O questionário de sondagem deve ser aplicado com o intuito de obter dados relacionados ao conhecimento primário dos alunos sobre o tema. Em sua aplicação deve-se deixar os estudantes a vontade para responder de acordo com a sua intuição, ou seja, não induzir os encaminhamentos de raciocínio deles.

É interessante que o questionário seja respondido sem que aja a identificação do nome do aluno para que se sintam confortáveis em colocar as suas ideias e concepções no papel, sem medo de serem expostos por eventuais “erros”.

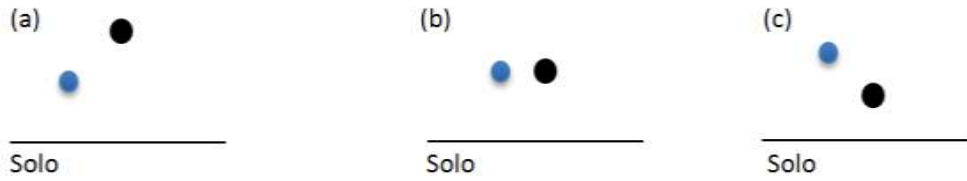
A seguir está um modelo de questionário de sondagem que pode ser utilizado na aplicação a sequência didática proposta aqui.

Outra recomendação é que as respostas dos estudantes sejam analisadas e se possível quantificar padrões de respostas com o intuito de o professor ter um panorama geral da turma a respeito das concepções prévias.

Questionário de Sondagem

1. O que cai mais rápido: um quilograma de algodão ou um quilograma de chumbo? Argumente para justificar a sua resposta.

2. Deixamos cair simultaneamente duas bolas de mesmo tamanho, uma de gude (esquerda) e uma de rolimã (direita). Após certo tempo de queda, qual imagem melhor representa a posição dessas bolas?



Justifique a sua resposta usando em seu argumento ao menos duas grandezas físicas.

3. Você já viu imagens de pessoas andando na superfície da Lua? A que se deve o movimento *lento* dos astronautas?

4. Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal estava num mirante sobre um rio e alguém deixava cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, a altura de queda é a mesma (do biscoito e do jovem) e a resistência do ar é nula.

A situação descrita sobre esse comercial poderia ser interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.

Nova Análise das Concepções Prévias

Essa etapa consiste em verificar como os pensamentos sobre a queda dos corpos estão estruturados. Os estudantes, em grupo, devem responder ao Roteiro de Experimentos Mentais no qual eles devem discutir em grupo as suas ideias para após um consenso possam escrever a decisão.

Após finalizar a escrita das decisões do grupo o professor recolhe as folhas e reorganiza a sala com a finalidade de realizar os experimentos antes resolvidos por meio do pensamento.

O modelo de roteiro está posto a seguir.

Roteiro de Experimentos Mentais Sobre Queda Livre

ATENÇÃO: *Antes de responder cada questão, discuta com os colegas de seu grupo para que aja um consenso a respeito do tema.*

As perguntas a seguir se referem às questões 1 a 7 desse roteiro.

(i) Se abandonarmos de uma mesma altura de queda e no mesmo instante, dois materiais ou objetos, como se dará o movimento de cada um?

(ii) Quem chegará ao solo primeiro?

1. Duas folhas, abertas, de ofício, colocadas uma ao lado da outra:

2. Uma folha de ofício amassada e outra não, colocadas uma ao lado da outra:

3. Uma folha de caderno e o próprio caderno, colocados lado a lado:

4. Uma folha de caderno debaixo do próprio caderno:

5. Uma folha de caderno sobre o caderno:

6. Duas esferas de mesmo material e de massas diferentes:

7. Duas esferas de materiais diferentes, porém com mesmos volumes (uma rolimã e uma gude):

Demonstrações dos Experimentos Mentais

Após recolher os roteiros dos Experimentos Mentais o professor deve reorganizar a sala para realizar as demonstrações. É interessante que na nova organização as cadeiras sejam posicionadas em semicírculo e o professor fique no centro para mediar a atividade.

Ao começar a mediação é interessante ouvir dos estudantes suas argumentações as perguntas dos experimentos mentais. Nesse momento os componentes dos grupos interagem uns com os outros, defendem suas ideias e se posicionam mediante sua linha de pensamento atual. Passado esse momento, realiza-se a demonstração do experimento proposto e o professor avalia as respostas, buscando valorizar todas as soluções propostas. Esse procedimento se repete para todos os itens para por fim realizar uma generalização do pensamento construído e comparações com trechos dos textos lidos e comentados nas aulas anteriores.

Levantamento de Dados Após Realização da Sequência Didática

O questionário de verificação é uma das ferramentas para levantamento de dados a respeito das concepções dos estudantes após a realização das atividades propostas na sequência didática. Quanto ao questionário de sondagem recomendamos, também, que não aja identificação do estudante para assegurarmos a espontaneidade nas novas respostas.

A outra ferramenta utilizada foi a elaboração despretensiosa, por parte dos estudantes, de uma comunicação artística cujo teor esteja ligado a temática trabalhada.

A seguir está um modelo de questionário de verificação que pode ser utilizado na aplicação a sequência didática proposta aqui.

Questionário de Verificação

1. Supostamente, Galileu, na Torre de Pisa, fez cair vários objetos pequenos, com o objetivo de estudar as leis do movimento dos corpos em queda. A respeito dessa experiência, julgue os itens, desprezando o efeito do ar.

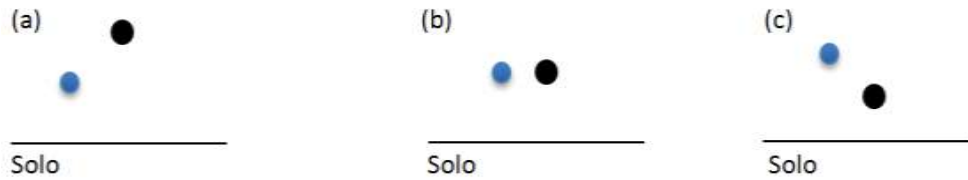
I. A aceleração do movimento era a mesma para todos os corpos.

II. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal no mesmo instante que o mais leve.

III. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal com velocidade maior que o mais leve. São corretos:

- a) todos
- b) apenas o I
- c) apenas o II
- d) apenas o I e II
- e) apenas I e III

2. Deixamos cair simultaneamente duas bolas de mesmo tamanho, uma de gude (esquerda) e uma de rolimã (direita). Após certo tempo de queda, qual imagem melhor apresenta a posição dessas bolas?



Justifique a sua resposta usando em seu argumento ao menos duas grandezas físicas como base da argumentação.

3. A cidade de Pisa, na Itália, teria sido palco de uma experiência, hoje considerada fictícia, de que Galileu Galilei, do alto da famosa torre inclinada, teria abandonado, no mesmo instante, duas esferas de diâmetros muito próximos: uma de madeira e outra de ferro. O experimento seria prova de que, em queda livre e sob a mesma influência causada pelo ar, corpos de:

- a) mesmo volume possuem pesos iguais.
- b) maior peso caem com velocidades maiores.
- c) massas diferentes sofrem a mesma aceleração.
- d) materiais diferentes atingem o solo em tempos diferentes.
- e) densidades maiores estão sujeitos a forças gravitacionais menores

4. Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal estava num mirante sobre um rio e alguém deixava cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de

onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, a altura de queda é a mesma (do biscoito e do jovem) e a resistência do ar é nula.

A situação descrita sobre esse comercial poderia ser interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.

Referências

A BÍBLIA, Bíblia Sagrada – Josué. **O sol e a lua são detidos**. Tradução de João Ferreira Almeida. Brasil: Gráfica da Bíblia, 1995. 2012 p. Velho Testamento e Novo Testamento.

ALVES, Gabriel Vieira da Silva; FERNANDES, Fabiana Perpétua Ferreira. **Impacto da peste negra na Europa**. In: <https://www.cepae.ufg.br/up/80/o/TCEM2014-Historia-GabrielVieiraSilvaAlves.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2018.

AMALDI, Ugo. **Imagens da Física: As ideias e as experiências do pêndulo aos quarks**. Tradução: Fernando Trotta. São Paulo – SP: Editora Scipione, 1997. 1ª Edição, 2ª impressão.

ARAÚJO, Valmir Henrique de. **Medida e poesia na constituição de uma educação científica**. In: **Revista metáfora educacional** (ISSN 1809-2705) – versão on-line, n. 6., jun./2009. p. 2-15. Disponível em: <<http://www.valdeci.bio.br/revista.html>>. Acesso em: 01 de agosto de 2017.

_____. **Prototexto: Uma narrativa poética da ciência**. Vitória da Conquista – BA: Edições Uesb, 2012.

ARAÚJO – JORGE, Tânia Cristina. **Ciência e arte: encontros e sintonias** – Rio de Janeiro – RJ: Editora Senac Rio, 2004.

BANDEIRAS, Manoel. **Meus Poemas Preferidos**. São Paulo: Editora Ediouro, 2005.

CAMÕES, Luís. **Os lusíadas**. São Paulo: Editora Ática, 2004.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. Tradução Álvaro Cabral. Editora Cultrix. São Paulo – SP, 2006.

COHEN, Caroline; CLANE, Christophe. **Qual é a altura máxima que um ser humano pode saltar?** Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2016/08/16/deportes/1471358062_746650.html>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

GUIMARAES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física Mecânica**. 2ª ed. São Paulo –SP: Ática, 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Tradução: Flávio Menezes Aguiar, José Wellington Rocha Tabosa. 7ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol. 1.

PACIEVITCH, Thais. **Um pouquinho da mitologia para a reflexão**. Disponível em: <<http://gestaltemmovimento.com.br/2013/11/um-pouquinho-da-mitologia-para-reflexao/>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.

PEDUZZI, Luiz O. Q.; PEDUZZI, Sônia S; **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE MECÂNICA – Organizado por Maurício Pietrocola – 2ª edição – Florianópolis - Santa Catarina. Editora da UFSC, 2005.

PEDUZZI, Sônia S; **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE MECÂNICA – Organizado por Maurício Pietrocola – 2ª edição – Florianópolis - Santa Catarina. Editora da UFSC, 2005.

PIRES, Antônio S. **Evolução das ideias da Física**. 2ª ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MINOS. Minos. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Minos>>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

SALTO. Salto em altura. In: WIKIPÉDIA : a enciclopédia livre, 2018. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Salto_em_altura>. Acesso em: 25 de maio de 2018

SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Paulo/Trabalho/campo.html>. Acesso em 20 de junho de 2018.

Ser protagonista: Física. Obra coletiva concebida desenvolvida e produzida por Edições SM. — 1. ed. — São Paulo : Edições SM, 2014.

ULBRICHT, Vânia Ribas; BUSSARELLO, Raul Inácio; BIEGING, Patrícia. **Sobre Educação e Tecnologia: processos e aprendizagem**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2015.

Anexo A

Asas de Cera

Autor: Thais Pacievitch

(...) Um dos maiores feitos de Dédalo foi o labirinto do palácio do rei Minos de Creta, para aprisionar o Minotauro. Por ter ajudado Ariadne, a filha de Minos a fugir com Teseu, Dédalo provocou a ira do rei que, como punição, ordenou que Dédalo e seu filho fossem jogados no labirinto, ele sabia que sua prisão era intransponível, e que Minos controlava mar e terra, sendo impossível escapar por estes meios. "Minos controla a terra e o mar", teria dito Dédalo, "mas não as regiões do ar. Tentarei este meio".

Dédalo projetou asas, juntando penas de aves de vários tamanhos, amarrando-as com fios e fixando-as com cera, para que não se descolassem. Foi moldando com as mãos e com ajuda de Ícaro, de forma que as asas se tornassem perfeitas como as das aves.

Estando o trabalho pronto, o artista, agitando suas asas, se viu suspenso no ar, Dédalo equipou seu filho e o ensinou a voar.

Então, antes do vôo final, advertiu Ícaro de que deveriam voar a uma altura média, nem tão próximo ao Sol, para que o calor não derretesse a cera que colava as penas, nem tão baixo, para que o mar não pudesse molhá-las. Dédalo levantou voo e foi seguido por Ícaro. Eles primeiramente se sentiram como deuses que haviam dominado o ar.

Ícaro deslumbrou-se com a bela imagem do Sol e, sentindo-se atraído, voou em sua direção esquecendo-se das orientações de seu pai, talvez inebriado pela sensação de liberdade e poder.

A cera de suas asas começou rapidamente a derreter e logo caiu no mar. Quando Dédalo notou que seu filho não o acompanhava mais, gritou: "Ícaro, Ícaro, onde você está?". Logo depois, viu as penas das asas de Ícaro flutuando no mar. Lamentando suas próprias habilidades, enterrou o corpo de Ícaro em uma ilha e chamou-a de Icaria em memória a seu filho. Depois chegou seguro à Sicília, onde construiu um templo a Apolo, deixando suas asas como oferenda.

Proposta de trabalho para o texto Asas de Cera

O texto possui elementos da hidrodinâmica, transmissão da energia térmica, densidade, gravidade, e a bendita força gravitacional fortemente presente no texto de Araújo (2012).

Outro elemento importante é o diálogo entre aspectos místicos e racionais. Dédalo não elimina a possibilidade de racionalizar a natureza e simultaneamente crer na ação de forças divinas. Isso é um contraponto com o texto de Rizério, pois lá essas análises são consideradas excludentes.

Anexo B

Outra lenda de Ícaro

Ícaro era filho de Dédalo e de uma escrava de Minos, Náucrate. Por parte de seu pai, Ícaro descende do próprio Zeus, uma vez que Dédalo era filho de Alcipe, que era filha de Ares, que por sua vez era filho de Zeus e Hera. Dédalo, exilado por ter matado seu sobrinho Talo, refugiou-se em Tebas, junto ao rei Minos. Após o nascimento do Minotauro, fruto dos amores entre Pasífae e um touro divino, Dédalo foi incumbido de construir um labirinto, no qual encerrou o monstro metade homem e metade touro (Tempos depois, o minotauro foi morto por Teseu).

Após a morte do Minotauro, Dédalo foi preso, juntamente com seu filho, no labirinto que ele mesmo havia construído.

No labirinto, Dédalo, com suas habilidades de inventor, elaborou um plano para fugir juntamente com seu filho Ícaro. Ele construiu asas artificiais a partir da cera do mel de abelhas e asas de gaivota. Antes, porém, alertou ao filho que não voasse muito perto do sol, para que esse não pudesse derreter a cera das asas, e nem muito perto do mar, pois esse poderia deixar as asas mais pesadas. No entanto Ícaro não ouviu os conselhos do pai e querendo realizar o sonho de voar próximo ao sol, acabou despencando e caindo no mar Egeu, enquanto seu pai, aos prantos, voava para a costa. Ao chegar a Sicília, foi acolhido na casa do Rei Cocálo.

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Minos>.

Proposta de trabalho para o texto Outra lenda de Ícaro

A mesma história contada no texto III é bordada nesse texto IV, porém sob outro ângulo. Aqui o autor fala da habilidade de construtor de Dédalo e de uso da mesma para conseguir resolver um problema real e momentâneo. Grandes nomes da ciência possuía também essa habilidade: Galileu, Hooke e Kepler.

Interessante também é a introdução do termo “mais pesado”. Nesse contexto o professor pode promover uma discussão para que os estudantes pensem sobre o que pode causar esse aumento de peso.

Anexo C

Os Lusíadas - Canto VI

(Versos 10 e 11)

Autor: Luís de Camões

E vê primeiro, em cores variadas,
Do velho Caos a tão confusa face;
Vem-se os quatro Elementos trasladados,
Em diversos ofícios ocupados.
Ali, sublime, o Fogo estava em cima,
Que em nenhuma matéria se sustinha;
Daqui as cousas vivas sempre anima,
Depois que Prometeu furtado o tinha.
Logo após ele, leve se sublima
O invisível Ar, que mais acima
Tomou lugar, e, nem por quente ou frio,
Algum deixa no mundo estar vazio.

Proposta de trabalho para o texto Os Lusíadas - Canto VI

Esse texto permite realizar uma discussão interessante a respeito da concepção dos quatro elementos que compõe a natureza: água, fogo, ar e terra. Aqui aborda-se a história da ciência sendo possível discutir o modo como essa concepção ainda nos alcança . A essência da discussão é: cada ‘coisa’ deve ocupar o seu lugar devido, cabe ao professor promover o diálogo sobre a validade de tal ideia.

O texto também deixa evidente a importância da mitologia ou religiosidade na explicação da natureza onde o português, que viveu no século XVI, aborda a mitologia grega para referir-se a fenômenos naturais em um momento histórico onde a ICAR possui grande influência na sociedade.

Anexo D

Satélite

Autor: Manuel Bandeira

Fim de tarde.
No céu plúmbeo
A lua baça
Paira
Muito cosmograficamente
Satélite.
Desmetaforizada,
Desmitificada,
Despojada do velho segredo de
melancolia,
Não é agora o golfão de cismas,
O astro dos loucos é dos enamorados,
Mas tão-somente
Satélite.
Ah Lua deste fim de tarde,
Demissionária de atribuições românticas,
Sem show para as disponibilidades
sentimentais!
Fatigado de mais valia,
Gosto de ti assim:
Coisa em si,
- Satélite.

Proposta de trabalho para o texto Satélite

Para esse texto é possível trabalhar a concepção aristotélica de perfeição do Cosmos supralunar e inserir Galileu como o perturbador de uma ordem cosmológica existente.

É possível também tratar da Gravitação de Newton, dos satélites naturais e geoestacionários, além de poder explorar em outro contexto as fases da lua, propagação retilínea da luz e eclipses.

