



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Leandro Ribeiro Araújo

**PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DE
QUEDA LIVRE**

Campos dos Goytacazes/RJ
2018, 1



Leandro Ribeiro Araújo

PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DE QUEDA LIVRE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé

Campos dos Goytacazes/RJ
2018, 1

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

A663p Araújo, Leandro Ribeiro
PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DE
QUEDA LIVRE / Leandro Ribeiro Araújo - 2018.
108 f.: il. color.

Orientador: Pierre Schwartz Augé

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,
2018.
Referências: f. 78 a 82.

1. Atitude. 2. Ensino de Física. 3. Experiemnto. 4. História da Ciência. I.
Schwartz Augé, Pierre , orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca Anton Dakitsch do IFF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DE QUEDA LIVRE

Leandro Ribeiro Araújo

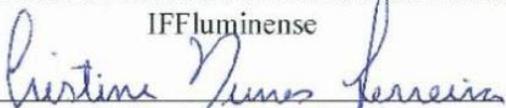
Pierre Schwartz Augé
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

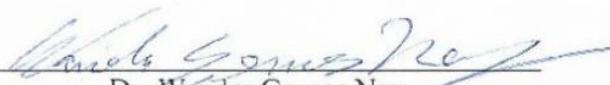
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 19 de abril de 2018.

Banca Examinadora:


Dr. Pierre Schwartz Augé
Orientador e Presidente da Banca Examinadora
IFFluminense


Dr. Cristine Nunes Ferreira
IFFluminense


Dr. Wander Gomes Ney
IFFluminense


Dr. Maria Lúcia Netto Grillo
UFRJ

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Patrícia e minha família pelo apoio na construção do projeto, aos companheiros alunos da turma de Mestrado 2016.1 pela força diária dentro e fora da sala de aula e a todos os professores que lutam incansavelmente por uma educação de qualidade em nosso país.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Pierre Schwartz Augé, por compartilhar todo seu conhecimento, acrescentando tanto ao projeto, sendo um exemplo de profissional a ser seguido.

À CAPES, pelo auxílio financeiro.

Ao IFF e seus competentes profissionais, pelas orientações ao longo do curso.

Ao MNPEF, pela oportunidade do desenvolvimento acadêmico.

À minha família, pela confiança e admiração no projeto.

Ao Colégio Estadual Rotary II e toda direção, por ter recebido o projeto didático trabalhado.

À Deus, por toda glória e benção.

RESUMO

PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ENSINO DE QUEDA LIVRE

Leandro Ribeiro Araújo

Pierre Schwartz Augé

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O objetivo desta pesquisa é investigar o problema da atitude para com o ensino de ciências frente a uma experiência didática diferenciada sobre queda dos corpos. A investigação admite como conjectura a possibilidade de que o material proposto suscite uma atitude positiva nos alunos de uma turma de ensino médio em uma escola pública, no Estado do Rio de Janeiro, e que esta atitude esteja relacionada às características da proposta. O suporte teórico da investigação inspira-se na epistemologia construtivista, história da ciência e uso de experimentos, além de basear-se na literatura sobre atitude, de uma maneira geral, e em pesquisas sobre a relação entre atitude e ensino de ciências. Através de entrevistas semi-estruturadas, usando referencial de pesquisa qualitativa, registrou-se as impressões mais marcantes em alunos selecionados. As manifestações verbais e comportamentais, evidenciadas através da fala dos alunos na entrevista, são consideradas critérios eficazes nas avaliações de atitude. As observações docentes em sala de aula também foram levadas em consideração. A análise dos dados permite afirmar que houve uma atitude positiva diante da proposta didática implementada e que os pontos destacados pelos alunos foram: experimentos, história da ciência, aprendizado do conteúdo, autonomia, conflito cognitivo, estrutura geral do material didático, satisfação/engajamento e trabalho em grupo. Assim, é possível conseguir engajamento atitudinal diante de propostas didáticas estruturadas em ambiente formal de ensino através de diversificação de atividades e respeito à diversidade dos perfis motivacionais discentes.

Atitude, Ensino de Física, Experimento, História da Ciência

ABSTRACT

DIFFERENTIATED TEACHING PROPOSAL FOR THE STUDY OF FREE FALL

Leandro Ribeiro Araújo

Pierre Schwartz Augé

Master's dissertation presented to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, in the Course of Professional Master of Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's degree in Physical Education.

The objective of this research is to investigate the problem of the attitude toward science teaching in the face of a differentiated didactic experience about falling bodies. The research admits as a conjecture the possibility that the proposed material provoke a positive attitude in the students of a high school class in a public school in the State of Rio de Janeiro and that this attitude is related to the characteristics of the proposal. The theoretical support of the research is inspired by constructivist epistemology, history of science and use of experiments, as well as based on the literature on attitude, in general, and on research on the relationship between attitude and teaching of science. Through semi-structured interviews, using a qualitative research reference, the most outstanding impressions were recorded in selected students. The verbal and behavioral manifestations, evidenced through the students' speech in the interview, are considered effective criteria in the attitude evaluations. Teaching observations in the classroom were also taken into account. The analysis of the data allows us to affirm that there was a positive attitude towards the didactic proposal implemented and that the highlights were: experiments, history of science, content learning, autonomy, cognitive conflict, general structure of didactic material, satisfaction / engagement and group work. Thus, it is possible to achieve attitudinal engagement in relation to structured didactic proposals in a formal teaching environment through diversification of activities and respect to the diversity of student motivational profiles.

Attitude, Teaching Physics, Experiment, History of Science

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A construção do conhecimento científico	12
2.2 A história da ciência	16
2.3 Experimentos em Física	18
2.4 Conteúdos atitudinais e a atitude para com o ensino de ciências	19
3 METODOLOGIA	28
3.1 O ensino	28
3.1.1 O material didático	28
3.1.2 A sala de aula	31
3.2 A pesquisa	31
3.2.1 Os sujeitos	33
3.2.2 Os instrumentos	33
4. DESCRIÇÃO DO PRODUTO	35
4.1 Comentários iniciais	35
4.2 Roteiro do produto	36
4.3 Descrição das etapas investigativas	37
5. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO	42
6. ANÁLISE DOS DADOS	56
6.1 Entrevistas	56
6.2 Análise dos dados frente ao referencial teórico	63
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
BIBLIOGRAFIA	78
APÊNDICE A – MATERIAL DIDÁTICO	83
APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS	108

1. INTRODUÇÃO

O ensino de ciências, em especial da Física, vem preocupando estudiosos e educadores da área, pois há uma enorme dificuldade na adaptação dos alunos aos materiais didáticos com viés tradicional, das disciplinas científicas, e um certo desinteresse discente em áreas de conhecimento no ramo das ciências da natureza.

É possível intuir, já há algumas décadas, que o ensino de ciências, principalmente o ensino de Física, em particular no Estado do Rio de Janeiro, encontra-se imerso em uma crise. Este fato agrava-se e ganha dimensões maiores quando questões relacionadas aos conhecimentos atitudinais são evocadas (FOUREZ, 2003; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001). Há, entre professores e demais profissionais ligados ao processo de ensino e de aprendizagem, uma percepção de que os alunos não estão motivados para o aprendizado escolar de temas no âmbito da Física e tal quadro parece não melhorar com a escolarização.

Novas propostas de ensino vêm tentando minimizar tal conjuntura, fazendo com que o aluno dê importância a uma ciência para a cidadania, caracterizada por buscar a resposta de questões sócio-científicas da atualidade (JENKINS, 1999). Os procedimentos educacionais tradicionais, em sua maioria, consideram o aluno como um cientista em potencial, apresentando uma ciência 'pronta' e desconectada da vivência cotidiana (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001).

Uma questão bastante presente em abordagens didáticas diferenciadas é a aproximação do aluno com a natureza dos experimentos (CARRASCOSA et al., 2006; LABURÚ, 2006; SILVA; ZANON, 2000), fazendo com que haja a possibilidade de um maior interesse pelo conteúdo já trabalhado e parcialmente compreendido em sala de aula. Por sua vez, os aspectos históricos e filosóficos da ciência em questão podem ser enfatizados, principalmente pelo potencial de contextualização e frente às variáveis afetivas (MATTHEWS, 1995; QUINTAL; GUERRA, 2009).

A presente pesquisa elaborou e implementou em sala de aula uma proposta didática diferenciada sobre queda livre (Apêndice A), com enfoque na História da Ciência e uso de experimentos, pondo em relevo as variáveis afetivas de aprendizagem, ou seja, a atitude dos alunos para com o ensino de ciências. Nesta perspectiva, inspirou-se em material didático apresentado por Augé (2004) e Araújo (2010).

O tema da Física escolhido, queda livre, possui alguns atrativos singulares, a saber, é um tema abordado pela cinemática, conteúdo inicial da Física segundo uma visão histórica, que tem como elemento central a lei de queda livre dos corpos, proposto por Galileu Galilei,

considerado o pai da Física, como concebemos hoje (COHEN, 1988); em segundo lugar, o tema precede questões históricas instigantes como, por exemplo, a influência da massa na queda dos corpos, a variação da velocidade nesse tipo de movimento, e o método científico utilizado; por fim, por ser um tema de interesse do homem no domínio da natureza, pois tudo está sujeito à ação da gravidade, inclusive o lançamento de corpos na atmosfera, o que concerne à questão bélica e à indústria aeroespacial. Ou seja, tal escolha sugere um potencial atitudinal que clama por um aprofundamento didático através de abordagens em sala de aula.

Assim, a presente investigação possui o seguinte objeto de pesquisa: **o que se pode apreender, diante de uma proposta didática diferenciada, com ênfase na história da ciência e uso de experimentos, sobre queda dos corpos, em nível médio, com relação à atitude dos alunos para com o ensino de Física?** É possível verificar um incremento atitudinal nos alunos diante da proposta? Quais elementos estruturais da proposta podem ser evidenciados sobre o tema da investigação?

Muitos defendem a importância do tema da atitude no ensino de ciências¹ e o indicam como uma questão sensível identificada por professores (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001; VÁZQUEZ ALONSO; MANASSERO, 1995). Estudos específicos evidenciam a relação entre atitude e intervenções didáticas em sala de aula (RANGEL, 2017; AUGÉ, 2004; AJEWOLE, 1991; JOHNSON et al., 1985; DILLASHAW; OKEY, 1983). O tema pode ser abordado sob diversos ângulos. Destacam-se aqui dois: sua relação com o ensino, de uma maneira geral (SARABIA, 2000); e com o ensino de ciências (NUNES; DANTAS, 2012; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001; TALIM, 2004; VÁZQUEZ ALONSO; MANASSERO, 2009). Existem propostas teóricas (ILLERIS, 2013) mais recentes que exploram a importância das variáveis afetivas para a aprendizagem. Este trabalho pretende abordar o assunto na sua relação com uma estratégia de ensino específica, usando instrumentos de pesquisa qualitativa.

A estratégia de ensino proposta possui bases teóricas bem delineadas que serão utilizadas nesta pesquisa como suporte de análise, análise esta que será articulada com o tema atitude dos alunos frente ao ensino de ciências. Assim, os pilares teóricos desta pesquisa são: abordagem construtivista, usada como norteadora da estratégia desenvolvida, entendida como enfoque pedagógico (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001; AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980); história da ciência, por sua vez, e sua utilização no ensino de ciências, segundo as visões de Matthews (1995), Martins (2006) e Quintal e Gerra (2009), utilizada como suporte

¹ O tema atitude relacionado ao ensino de ciências não está mais em evidência. Sua ocorrência se deu de forma contundente nas décadas de 1980 e 1990. Portanto, a literatura explorada na presente pesquisa pode parecer desatualizada. Mesmo assim, nossas inquietações como professores ‘impuseram’ a abordagem do tema.

para a seleção e encaminhamento de conteúdos e como recurso didático; experimentação (CARRASCOSA et al., 2006; LABURÚ, 2006; SILVA; ZANON, 2000), elemento constitutivo das ciências experimentais e importante instrumento motivador e propiciador de construção conceitual; por último, as pesquisas sobre atitude dos alunos frente à ciência e seu ensino (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001; SARABIA, 2000), que servirão como suporte para encaminhar a análise do resultado da aplicação da experiência didática.

Quanto à metodologia de pesquisa, vale dizer que as investigações sobre atitude são, em sua maioria, de natureza quantitativa. A investigação atual usará suporte de natureza qualitativa, configurando-se em um “estudo de caso” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89). O objetivo é fazer apreensões em um ambiente complexo. Os instrumentos de avaliação lançarão um olhar privilegiado sobre as manifestações comportamentais e as verbais dos alunos (SARABIA, 2000) e as principais fontes da pesquisa são: as observações docentes em sala e uma entrevista semi-estruturada com alunos selecionados.

No capítulo 2 são feitos aportes sobre a fundamentação teórica. Os temas escolhidos inspiram-se nos pilares teóricos da pesquisa, ou seja, a construção do conhecimento, a história da ciência, os experimentos, os conteúdos atitudinais e a atitude para com o ensino de ciências.

O capítulo 3, sobre a metodologia da pesquisa, versa sobre: o ensino, cenário de fundo e a pesquisa propriamente dita. Quanto ao ensino, procurar-se-á descrever brevemente a experiência didática investigada, situando-a frente a alguns livros didáticos. Com relação à pesquisa, destaca-se o caráter qualitativo da investigação, as observações docentes, o critério de escolha dos entrevistados e o roteiro de entrevistas (Apêndice B).

No capítulo 4 é apresentada a descrição do produto didático e no capítulo 5, a descrição da aplicação da proposta em sala de aula.

O capítulo 6 é dedicado a uma análise dos dados sob a referência dos aportes teóricos da pesquisa. A seguir, aparecem as considerações finais no capítulo 7.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo são expostos os fundamentos teóricos que servem de subsídios para a interpretação dos dados da pesquisa. Os tópicos são subdivididos de tal maneira a contemplar, primeiro, os pilares teóricos da proposta didática: construção do conhecimento científico, história da ciência e experimentos; por fim, os estudos sobre atitude, em geral, e sobre atitude para com a ciência e seu ensino, em específico.

2.1 A construção do conhecimento científico

A realidade pode ser interpretada pelo ser humano, sujeito da aprendizagem, através da construção de teorias com forte viés intuitivo, que compõem sua estrutura cognitiva. Tais teorias ou concepções alternativas são fortemente resistentes à mudança, e necessitam de longo processo educativo para que ocorra alguma evolução conceitual (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 18). Muitas dessas concepções constituem verdadeiros obstáculos ao processo educacional e podem ser associados a obstáculos ao avanço histórico da ciência, denominados obstáculos epistemológicos (GOMES; OLIVEIRA, 2007).

Do ponto de vista epistemológico, segundo historiadores e filósofos da ciência, assume-se que o conhecimento científico não é extraído da realidade, mas é fruto da mente dos cientistas, que constroem modelos e teorias com o objetivo de dar sentido a essa realidade. “A ciência não é um discurso sobre o ‘real’, mas um processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade” (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 24). Popper (1975), por exemplo, propõe que a ciência progride segundo uma lógica hipotético-dedutiva, em que são elaboradas conjecturas de caráter genérico, inclusive sob influência metafísica e/ou religiosa, que podem ou não obter corroboração experimental. Segundo esse filósofo da ciência, o critério de cientificidade de uma teoria é a possibilidade de refutação.

Nesta perspectiva, Pozo e Gómez Crespo (2001, p. 24) salientam que há um diálogo entre a teoria e a parcela da realidade inquirida mediante certos métodos, e afirmam que “aprender ciência deve ser, portanto, uma tarefa de comparar e diferenciar modelos, não de adquirir saberes absolutos e verdadeiros” (Ibid., p. 25). Aprender, continuam Pozo e Gómez Crespo (Ibid.), é um processo construtivo de significação do real.

No âmbito da psicologia cognitiva, sabe-se que o ser humano é dotado de uma capacidade de processamento mental limitada, o que restringe a atenção dispensada ao novo. Portanto, a memória de trabalho do ser humano, ou a capacidade cognitiva para processar informações simultaneamente, é limitada (Ibid., p. 26). Por outro lado, a memória permanente nunca é uma reprodução fiel da realidade, o que faz com que a recuperação do aprendizado possua um caráter dinâmico e construtivo (Ibid.). Mesmo limitado na memória de trabalho e na recuperação literal do aprendizado, o cérebro humano é bastante dotado para a interpretação de informações. Segundo Pozo e Gómez Crespo (Ibid., p.26), o conhecimento não é uma cópia da realidade que representa, sendo esta afirmação apresentada como a tese central e consensual das teorias cognitivas por reestruturação ou construtivistas.

Pozo (1998) apresenta duas grandes correntes em psicologia cognitiva. A primeira, de inclinação mecanicista, abarca as teorias chamadas associacionistas, que tem suas origens filosóficas em Aristóteles e no empirismo britânico. A segunda, de inclinação racionalista, é normalmente associada a pensadores como Kant e Descartes, e mais remotamente, a Sócrates e Platão, engloba o pensamento organicista/estruturalista. O quadro a seguir, apresentado por Pozo (1998, p. 55) sintetiza as principais diferenças entre os dois programas.

PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE MECANICISMO E ORGANICISMO		
	MECANICISMO	ORGANICISMO
	ASSOCIACIONISMO	ESTRUTURALISMO
EPISTEMOLOGIA	REALISMO EMPIRISMO	CONSTRUTIVISMO RACIONALISMO
ENFOQUE	ELEMENTARISMO	HOLISMO
SUJEITO	REPRODUTIVISTA ESTÁTICO	PRODUTIVO DINÂMICO
ORIGEM DA MUDANÇA	EXTERNA	INTERNA
NATUREZA DA MUDANÇA	QUANTITATIVA	QUALITATIVA
APRENDIZAGEM	ASSOCIAÇÃO	REESTRUTURAÇÃO

No escopo teórico das teorias cognitivas da aprendizagem por reestruturação, David Ausubel (POZO, 1998; AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) é uma referência

importante. Sua teoria está “centrada na aprendizagem produzida em um contexto educativo, isto é, no marco de uma situação de interiorização ou assimilação, através da instrução” (POZO, 1998, p. 209).

Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) faz uma distinção entre ensino e aprendizagem, não os considerando realidades dicotômicas, e estabelece uma relação entre associação e reestruturação. Há momentos em que o aluno empenha-se em tarefas de aprendizagem mais repetitivas e menos reflexivas (como em uma tabuada), e as estratégias de ensino se aproximam de modelos mais expositivos (como em uma aula magistral); por outro lado, há momentos em que o aluno estabelece relações significativas entre os conceitos de uma disciplina, e as estratégias de ensino fomentam percursos de pesquisa (do tipo científica), o que remete à aprendizagem autônoma. Portanto, é possível que o aluno ou as estratégias de ensino se aproximem de modelos mnemônicos e em outros momentos da aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 20).

Quando ocorreria a aprendizagem significativa? Quando o novo conhecimento puder ser incorporado às estruturas de conhecimento do sujeito, ou seja, quando o novo material adquirir significado a partir de uma relação com conhecimentos anteriores (POZO, 1998, p. 211).

Segundo Pozo (1998, p. 212), Ausubel considera que a aprendizagem conceitual exige uma compreensão da mesma, o que não pode ser atingido utilizando-se apenas procedimentos associativos. De uma maneira geral, a aprendizagem significativa é mais eficaz do que a mnemônica, a menos que os processos avaliativos priorizem uma repetição literal do conteúdo. Para que haja aprendizagem significativa são necessárias algumas condições: i) o material de ensino deve possuir uma coerência interna ou possuir significado em si mesmo; seus elementos devem ser organizados em uma estrutura lógica não arbitrária; ii) predisposição por parte do sujeito: são os motivos para empenhar-se no processo de aprendizagem; iii) presença de ideias inclusivas que tronem o novo conhecimento compreensível ao sujeito (Ibid., p. 212; 214). Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 36) salienta que a predisposição pode ser afetada negativamente. Primeiramente quando há uma desvalorização das formulações dos alunos por parte dos professores; também quando há ausência de confiança através de fracassos repetitivos ou crônicos. Tais experiências negativas, segundo Ausubel (Ibid.), incentivariam a aprendizagem mnemônica. A aprendizagem significativa, sintetiza Pozo (1998, p. 214), é fruto da interação entre uma informação nova e a estrutura cognitiva do aluno, sendo o processo de significação de caráter pessoal. No entanto, apesar do caráter intrapessoal da significação psicológica, esta se

estabelece, quase sempre, em situações interpessoais de instrução, o que permite certa homogeneidade nas construções pessoais em relação ao grupo social (Ibid.).

Pozo (1998, p. 221), referindo-se às teorias cognitivas da aprendizagem por reestruturação, definidas como um “construtivismo dinâmico”, chama a atenção para o fato de que “todas elas coincidem em que a aprendizagem é um produto da interação entre dois sistemas, dotados cada um deles de suas próprias formas de organização: o sujeito e o objeto” (Ibid., p. 221). A reestruturação exige uma tomada de consciência por parte do aprendiz: “é produto da tomada de consciência de que as estruturas conceituais não correspondem à realidade sobre a qual se projetam” (Ibid., p. 221), ou seja, é preciso que o modelo explicativo entre em conflito com a realidade e que o sujeito se conscientize da necessidade de novos modelos. É preciso que haja uma tomada de consciência dos desequilíbrios cognitivos causados pelo confronto entre modelos teóricos e a realidade (Ibid.).

Pozo (1998) defende um modelo de mudança conceitual através da instrução, que admite a integração dos enfoques por associação e por reestruturação. Diversas teorias com foco na aprendizagem de conceitos destacam a transformação ou evolução das concepções prévias: “trata-se de identificar estratégias didáticas que estimulem a mudança conceitual” (Ibid., p. 240). O ponto de partida sempre deve ser os conceitos naturais do aluno ou concepções prévias, muito resistentes à mudança, independente do período de instrução.

A mudança conceitual, exige do aluno a construção de uma teoria melhor do que suas concepções alternativas e que satisfassam as demandas de um problema novo que seja apresentado como um desafio. Haverá a opção pela proposta da ciência, tida como mais abrangente. Tal escolha será fruto de uma reflexão a respeito das concepções pessoais e sua limitação explicativa diante da questão proposta. Assim, a ciência se apresentará como uma solução plausível para aquele contexto (Ibid., p. 241). É bom frisar que a mudança conceitual não é algo que se alcance sem uma planificação cuidadosa das atividades de ensino e, mesmo assim, o mais provável é que ocorra ajustes pontuais (Ibid., p. 243). A reestruturação teórica exige a construção de teorias que superem o poder explicativo das concepções alternativas (Ibid., p. 250).

Pozo (1998, p. 252) propõe um modelo instrucional de mudança conceitual como esquematizado a seguir: exposição dos objetivos; consolidação das teorias discentes; tomada de consciência de conflitos empíricos; apresentação de teorias científicas; confronto entre as teorias do aluno e as alternativas; aplicação das teorias científicas a problemas explicados pela teoria dos alunos e a problemas não explicados.

2.2 A história da ciência

A história da ciência tem sido evocada por muitos autores como um importante subsídio ao ensino de ciências. Inclusive, vem ganhando espaço nas últimas décadas nos livros adotados por professores de todos os níveis de ensino (QUINTAL; GUERRA, 2009). No entanto, de uma maneira geral, os livros científicos didáticos enfatizam os resultados acabados da ciência e não costumam apresentar alguns outros aspectos, como de que modo as teorias e os conceitos se desenvolvem; como os cientistas trabalham; quais as idéias abandonadas, mas que já fizeram parte do escopo teórico da ciência; dentre outros (Ibid., p. 23). Afinal, “ela nos apresenta uma visão à respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar no estudo didático dos resultados científicos” (MARTINS, 2006, p. XVII). Nos permite mostrar que a ciência não é algo isolado, separado dos demais contextos, principalmente histórico, científico e cultural (Ibid.).

Em relação à “reformulação” da educação brasileira ocorrida na década de 1990, também existiu a preocupação de aproximar a história da ciência e o ensino de ciências. Os Parâmetros Curriculares Nacionais, neste contexto, enfatizam o uso da história da ciência (BRASIL, 2002; QUINTAL; GUERRA, 2009, p. 22).

Gagliardi (1988) é um dos que apresenta alguns elementos de justificação do uso da história da ciência e epistemologia no ensino de ciências. O autor parte do princípio de que tal utilização pode oferecer subsídios para a superação da crise no ensino das ciências.

Matthews (1995, p. 165) compartilha a mesma posição. Segundo ele, a história, filosofia e sociologia da ciência podem suscitar caminhos de superação à crise no ensino de ciências. Propiciam, dentre outras coisas, uma humanização das ciências, aulas mais desafiadoras e reflexivas, um entendimento mais integral das disciplinas científicas e uma maior compreensão da estrutura das ciências. Estudiosos do final do séc. XIX já consideravam a importância da história em ensino de ciências, como Ernest Mach, que, segundo Matthews (1995, p. 169), argumentava que a compreensão teórica de um conceito não prescinde do desenvolvimento histórico.

A tradição ‘contextualista’ defende “uma educação em ciências onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico” (MATTEWS, 1995, p. 166). Segundo essa tradição, a história da ciência contribui para o ensino porque motiva os alunos, humaniza a matéria, promove uma melhor compreensão dos conceitos, evidencia episódios históricos, mostra uma ciência mutável e instável, opõe-se à

ideologia cientificista, e “permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente” (Ibid., p. 172).

Gagliardi (1988, p. 292) apresenta algumas formas do uso da história da ciência e epistemologia, tais como a determinação de obstáculos epistemológicos, a definição de conteúdos de ensino, e a introdução da discussão sobre a produção, apropriação e controle do conhecimento em níveis social e individual.

Como a aprendizagem se dá através da superação de obstáculos ao desenvolvimento cognitivo, conhecer o desenvolvimento histórico de um tema dá subsídios à compreensão das dificuldades dos alunos, o que favorece a definição de encaminhamentos de conteúdos (GAGLIARDI, 1988).

Para Gagliardi (1988), o ensino deve ser centrado nos conceitos estruturantes, ou seja, aqueles que uma vez construídos pelos alunos determinam uma transformação do sistema conceitual discente e cria subsídios para que ele continue aprendendo (Ibid., p. 293). Tais conceitos podem ser observados a partir da análise das teorias científicas e de sua história e são identificados com as transformações profundas ocorridas em uma ciência, que geram novas teorias, novos métodos e novos instrumentos conceituais (Ibid., p. 294). O foco nos conceitos estruturantes pode permitir a construção de programas de ensino mais flexíveis e concisos, abrindo espaço para serem trabalhados os temas históricos.

A história da ciência permite o desenvolvimento de uma concepção de ciência dinâmica, em construção, sujeita a influências histórico-sociais. A ciência é uma elaboração complexa e sua simplificação ao nível de um conjunto de conhecimentos estáticos torna-a “passível de mera transmissão”, como salientam Castro e Carvalho (1992, p. 227), e recepção passiva pelos alunos, via memorização.

Todo esforço no sentido de mostrar a ciência como construção é de vital importância para a promoção de uma mudança metodológica em sala de aula. A história tem sido apontada como colaboradora para a efetivação dessa mudança (CASTRO; CARVALHO, 1992).

Muitos alunos não se identificam com a física pelo fato de ser uma ciência que geralmente chega até eles marcada pelo rigor do formalismo matemático. A História vem, então, como um auxílio valioso para amenizar tal problema, introduzindo um clima de interdisciplinaridade que requer uma atenção a temas não ligados à matemática como, por exemplo, a caracterização histórico-filosófica referente ao desenvolvimento de uma determinada etapa da física.

Portanto, a história de uma maneira geral pode contribuir para o desenvolvimento de uma nova visão da ciência e dos cientistas. Através da história da ciência “o aluno obtém não

apenas informação, mas, sobretudo, desenvolve atitudes” (CASTRO; CARVALHO, 1992, p. 234).

2.3 Experimentos em Física

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades quanto à aprendizagem e ao ensino de Física de modo significativo (ARAÚJO; ABIB, 2003; CARRASCOSA et al., 2006). A análise do papel das atividades experimentais revela que há uma variedade de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados (ARAÚJO; ABIB, 2003). Afinal, o papel do trabalho experimental na aprendizagem de ciências é um tema relevante nas pesquisas e crucial para ajudar professores na orientação de seus alunos (CARRASCOSA et al., 2006).

No entanto, o processo de ensino tem se desenvolvido, muitas vezes, ignorando-se a atividade experimental, constituinte da formação e desenvolvimento da física, ou, apesar de levá-la em consideração, o faz de forma mecanicista, como mera constatação da teoria (PEREZ; GONZÁLEZ, 1992). A maioria dos manuais de ensino está associado a uma abordagem tradicional de ensino, com demonstrações fechadas e laboratórios de verificação de teorias (ARAÚJO; ABIB, 2003). Segundo Silva e Zanon (2000, p. 121), uns pensam ser possível comprovar a teoria através do laboratório e outros pensam que através de experimentos em laboratórios didáticos o aluno consiga chegar à teoria. Tais posturas remetem a uma visão de ciência objetiva e de cientista como uma pessoa neutra, o que favorece a preservação de modelos de ensino centrados na transmissão-recepção.

Algumas experiências pedagógicas têm chamado a atenção para a importância da utilização de experimentos para uma efetiva construção dos conceitos em Física (AXT, 1990), e para a forma de utilizá-los a fim de permitir que sejam um passo constitutivo na elaboração conceitual (FIGUEROA; GUTIERREZ, 1992).

É necessário um contato mais reflexivo com os experimentos. O laboratório pode propiciar um momento menos formal e mais motivador com a disciplina, favorecendo uma postura mais ativa dos alunos. Deve-se superar a visão empirista-indutivista de ciência e

suscitar um encontro consciente com os experimentos para retirar deles o melhor possível: “o conhecimento de procedimentos é ainda considerado como aspecto fundamental do ensino experimental de ciências, em detrimento da reflexividade e ao conhecimento de conceitos” (SILVA; ZANON, 2000, p. 127).

O uso de demonstrações experimentais, por exemplo, serve como ferramenta para a construção efetiva de conceitos, e são uma maneira de apresentar a física como uma ciência que vai além das abstrações matemáticas e memorização de fórmulas. Enquanto que na atividade de laboratório o aluno se detém no fenômeno de forma mais cuidadosa e quantitativa, na demonstração, a observação qualitativa permite que o aluno atinja uma compreensão conceitual importante na edificação dos conceitos (FIGUEROA; GUTIERREZ, 1992).

Um ponto importante a salientar é a utilização de materiais de baixo custo na construção dos experimentos. Isto se torna um elemento facilitador para o professor e para o aluno, e mostra que é possível enriquecer uma aula sem grandes recursos econômicos, fator importante em um país como o Brasil, onde tantas escolas carecem de laboratórios de física adequadamente aparelhados, ou simplesmente não os possuem (AUGÉ, 2004).

Por outro lado, a história da ciência, como já foi apontado, dando algumas pistas com relação a obstáculos epistemológicos na construção conceitual (GAGLIARDI, 1988), constitui uma fonte bastante interessante para buscar inspiração em experimentos desenvolvidos pelos pesquisadores no transcorrer da história (MARTINS, 1990, p. 4).

Vale acrescentar que autores que investigam estratégias de ensino com forte presença experimental apresentam como um dos pontos positivos observados o incremento atitudinal (LONG; OKEY; YEANY, 1981).

2.4 Conteúdos atitudinais e a atitude para com o ensino de ciências

Sarabia (2000) e Pozo e Gómez Crespo (2001) dão uma certa organização teórica ao tema da atitude. Portanto, serão apresentadas a seguir algumas conceituações e reflexões desenvolvidas por esses autores sobre a temática.

Sarabia (2000, p. 122) diz que atitude é uma “tendência ou disposição adquirida e relativamente duradoura a avaliar de um modo determinado um objeto, pessoa, acontecimento ou situação e a atuar de acordo com essa avaliação”. Possui componentes com vieses cognitivo, afetivo e comportamental, sempre em relação mútua. Apesar da abrangência do

tema, as atitudes possuem alguma coerência e estabilidade. Assim, o sujeito procura coerência entre suas atitudes e ações, sendo o aspecto cognitivo o que predomina na maioria das vezes. Diversos fatores podem interferir, destacando-se os componentes situacionais e as relações interpessoais.

As atitudes exercem um papel importante no processo de aprendizagem (Ibid, p.136), sendo a socialização um dos mais relevantes processos de aprendizagem de atitudes (Ibid., p. 139). A socialização na escola tem características próprias: é obrigatória; é uma situação de avaliação pública que visa o sucesso pessoal; é intencional; e a relação com a autoridade é um ponto de destaque. Na sala de aula, os colegas são modelos de comportamento e atitudes. Com o tempo e o amadurecimento pessoal, ocorre a internalização das normas sociais e são construídos critérios pessoais de avaliação moral e atitudinal. Assim, vai perdendo importância os comportamentos de mera imitação (Ibid., p. 147).

Nesta perspectiva, o professor exerce função ímpar, sendo apontado como modelo de imitação ou identificação. Sua capacidade de persuasão pode ser um fator de grande influência atitudinal (Ibid., p. 155).

A mensagem, por sua vez, também ocupa função de destaque no processo de persuasão, ou seja, o conteúdo de ensino possui poder de persuasão. Dois fatores são evidenciados: a novidade e a utilidade da informação. Com relação à utilidade da mensagem, não se pode esquecer a influência da perspectiva de sucesso através da aquisição de conteúdo e a conseqüente diminuição do temor de fracasso e punição. Outro fator que contribui com o poder de persuasão da mensagem é o envolvimento pessoal (Ibid., p. 161).

Sarabia (2000, p. 165-169) também fala sobre as técnicas de mudança de atitude. Primeiramente tece comentários sobre a técnica denominada *role-playing*, quando há uma “dramatização”, ou seja, são compostos diferentes papéis onde o sujeito vive a experiência de sentir a perspectiva do outro. Há também a técnica que envolve a participação em diálogos, discussões e estudos ativos. A participação pessoal na construção de posicionamentos ou determinados conceitos pode surtir efeitos atitudinalmente relevantes, inclusive no aprendizado do conteúdo disciplinar. Continuando, também há a técnica da exposição em público, com grande repercussão no comportamento. Pode-se colocar um aluno para expor um tema para a turma e esperar algum comprometimento atitudinal. Por fim, a técnica denominada “tomada de decisão”, considerada um passo conclusivo no processo de mudança atitudinal. A responsabilidade e participação inerentes a uma tomada de decisão, acompanhada de certa autonomia, gera respostas atitudinais significativas.

Segundo Pozo e Gómez Crespo (2001, p. 31), o problema da atitude do educando frente ao ensino de ciências pode ser abordado como um conteúdo atitudinal, em um universo em que se pode também citar os conteúdos verbais e os procedimentais. Por exemplo, o interesse pode ser considerado um conteúdo atitudinal, juntamente com a disciplina, o respeito ao ambiente escolar e aos colegas de classe, o valor que atribuem ao conhecimento, a curiosidade e o espírito de indagação, dentre outros. Tais conteúdos atitudinais, por sua vez, podem ser classificados em atitudes (regras ou padrões de conduta), normas (idéia de como se comportar), e valores (interiorização das normas) (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 36).

O educando pode ser levado a comportar-se adequadamente frente a uma situação de aprendizagem através de estímulos externos ou extrínsecos. A aplicação de prêmios ou castigos é um mecanismo aparentemente eficaz para controlar as atitudes dos aprendizes, porém há limitações quanto à estabilidade e durabilidade dos resultados. Nesse sentido, pode-se conseguir melhores resultados pela apresentação de um modelo (acompanhado da devida persuasão) como, por exemplo, a postura docente. Ademais, há uma correspondência maior com modelos que despertem maior identificação e que haja conformidade por parte do educando frente às normas impostas. As normas são interiorizadas e transformadas em valor quando há conformidade (Ibid., p. 37-38).

A possibilidade de se estabelecer um *conflito sociocognitivo* é importante para a efetivação da mudança de atitude. Uma primeira possibilidade de conflito pode ocorrer no confronto entre as posições atitudinais do sujeito com um grupo tido como referência: um estudante desinteressado sendo alocado em um grupo com altos níveis de interesse, por exemplo. Outra possibilidade está associada à oposição entre a conduta e as crenças de um sujeito², ocorrendo, possivelmente, a mudança de conduta ou de crenças. Os desequilíbrios provocados devem ser percebidos como geradores de mudanças autônomas com visibilidade de êxito (POZO, 2002, p. 144; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 39).

Há três tipos de atitudes relacionadas às ciências: para com a ciência em si, ou seja, o interesse, o gosto pelo rigor, o respeito ao meio ambiente, atitude crítica, etc.; para com o aprendizado, ou seja, o interesse pela ciência veiculada na escola, para com os companheiros e o professor; e para com as implicações sociais da ciência, ou seja, a avaliação crítica do uso social da ciência (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 42).

O desenvolvimento de uma postura científica, apregoado pelos currículos tradicionais, é um objetivo, dentre muitas outras atitudes demandadas pela cultura contemporânea. Deve-

² Este fenômeno recebe o nome de *dissonância cognitiva*. Ocorre quando o sujeito percebe que sua conduta não se coaduna com suas crenças e preferências.

se, nesse sentido, apresentar a ciência como algo dinâmico e profundo, com fortes implicações para com a postura individual e coletiva, no que diz respeito à relação dos sujeitos entre si e destes com o meio ambiente (Ibid.).

Com relação ao aprendizado da ciência, há um paradoxo (Ibid., p. 45) que é apresentado por pesquisadores: os alunos não aprendem porque não estão motivados ou não estão motivados porque não aprendem?

A investigação psicológica tem considerado que a motivação é fruto da relação entre a expectativa de êxito e o valor atribuído ao êxito (POZO, 2002, p. 144). Se o aluno quer aprender para ser aprovado (e ganhar uma bicicleta), trata-se de uma motivação extrínseca, que pode ser controlada por um sistema de recompensa e castigo. Tal perspectiva defende o controle externo e gera aprendizagem, na maioria das vezes, superficial, do tipo memorização. Também pode gerar aversão a certas disciplinas estudadas sob pressão externa. O processo de aprovação e reprovação tem sido usado indistintamente como sistema externo de controle da aprendizagem (Ibid., p. 139-140). A motivação intrínseca, por outro lado, ocorre quando se busca fomentar o interesse pela ciência por seu valor em si, destacando a riqueza de sua estrutura e natureza e seu poder explicativo (Ibid., p. 141).

O aprendizado do tipo repetitivo ou associativo tende a basear-se nas motivações do tipo extrínseca, enquanto as aprendizagens do tipo construtivista estão vinculadas às motivações intrínsecas (Ibid., p. 141). Neste sentido as estratégias didáticas chamadas “Métodos Globalizados” (ZABALA, 1998, p. 144) são adequadas para desenvolver o interesse pela ciência de modo intrínseco, pois selecionam os temas de acordo com as opções dos alunos, destacando-se os centros de interesse, os projetos, dentre outros³.

Segundo Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), professores estão fortemente interessados nas atitudes dos alunos para com os conteúdos disciplinares. Parte do desinteresse dos alunos reflete o fracasso da escola para satisfazer o interesse discente no conhecimento em si mesmo, independente da aplicação (Ibid., p. 355). Para Ausubel (Ibid., p. 356), a aprendizagem de material dito “controvertido” é fortemente influenciada por atitudes favoráveis, o que também repercute na motivação para o aprendizado. Nesse sentido, destaca-se o componente cognitivo da atitude, ou seja, se esse componente for “bem estabelecido, os indivíduos possuem idéias básicas claras, estáveis e relevantes para a incorporação de material novo” (Ibid., 356).

³ William Heard Kilpatrick, autor do método dos projetos, discípulo de Dewey; Ovide Decroly, autor do método dos centros de interesse (ZABALA, 1998).

Com relação à motivação, Ausubel assume que é tanto um efeito como uma causa da aprendizagem. Segundo o autor (Ibid., p. 359), é possível aumentar a motivação elevando “ao máximo o impulso cognitivo por meio da ativação da curiosidade intelectual, usando material que atraia a atenção e organizando as aulas de modo a garantir uma aprendizagem bem sucedida”.

A seguir são apresentados exemplos de pesquisas empíricas sobre atitude, principalmente relacionadas com o ensino de ciências.

Estudos empíricos

Há estudos enfatizam questões relativas a estratégias de ensino (AJEWOJE, 1991; KEMPA; MARTIN, 1989; JOHNSON et al., 1985) e o ambiente de sala de aula (HANRAHAN, 1998). A maioria tem uma abordagem quantitativa e usa referenciais de pesquisa em psicologia social, como o procedimento Likert⁴, que é apontado como um instrumento válido e um dos mais utilizados (ORTEGA RUIZ et al., 1992).

A divergência nos resultados é uma constatação ainda válida visto que as pesquisas sobre atitude se tornaram menos evidentes após a década de 1980, apesar do tema ainda estar presente em estudos empíricos (NUNES; DANTAS; 2012) e propostas teóricas (ILLERIS, 2013) mais recentes. Tais divergências referem-se aos resultados sobre a importância de certos assuntos sobre a atitude como, por exemplo, uso da história, de experimentos, conflito cognitivo, aprendizagem e tantos outros recursos didáticos que possam ser analisados.

Schibeci (1984) identifica um ponto importante, mas pouco analisado: a relação entre ambiente de aprendizagem e atitude. Ressalta também o problema de reduzir fenômenos educacionais à relação simples entre variáveis. Na conclusão do artigo, o autor aborda um aspecto relevante para a presente pesquisa: o efeito de programas específicos em educação em ciências com vista na atitude varia consideravelmente, isto é, não há convergência entre seus resultados. De qualquer forma, Mason e Kahle (1988) defendem que intervenções didáticas diferenciadas em sala de aula são relevantes quando se tem como intuito a mudança atitudinal para com a ciência e seu ensino.

Segundo Vázquez Alonso e Manassero (1995, p. 338) há uma tendência dos professores associarem o conceito de atitude com “a disposição dos estudantes para o

⁴ O procedimento Likert consiste em uma técnica de medição de atitudes. Os sujeitos expressam acordo ou desacordo diante de perguntas as quais são atribuídos valores numéricos de um a cinco. O resultado é submetido a critérios de validade e análise segundo referencial de pesquisa quantitativa.

aprendizado da ciência, e que se operacionaliza no interesse do alunado pela ciência, a motivação para seu estudo [...]”, dentre outros fatores. Os autores consideram que essa associação reduz o conceito a uma visão de atitude como um meio para se obter bons resultados na aprendizagem, negando sua independência como conteúdo específico, juntamente com os conceitos e procedimentos. Além disso, eles fazem duas recomendações importantes: do ponto de vista teórico, a psicologia social é reconhecida como uma referência importante; em segundo lugar, do ponto de vista metodológico, deve-se definir o objeto atitudinal e os instrumentos adequados para medi-lo.

Vázquez Alonso e Manassero (1997), em um outro estudo, fazem uma interessante análise sobre o tema atitude. Em educação, as atitudes podem ser consideradas como causa e como efeito do aprendizado, destacam os autores. Uma atitude positiva parece favorecer o aprendizado, e por outro lado, as atitudes podem ser um conteúdo a mais do aprendizado, sendo que este último aspecto não tem papel de destaque entre professores. Os autores (Ibid.) apontam como problemas em pesquisa sobre atitude a conceituação, os instrumentos de medição e o marco teórico em pesquisas sobre atitude. A psicologia social tem adquirido certa estabilidade como marco teórico para pesquisas em atitude de uma maneira geral. No caso do ensino de ciências não há esse consenso. Com relação aos instrumentos de medição, o problema mais grave é “a falta de ajuste entre o método ou instrumentos eleitos para a medida e o objeto atitudinal a medir” (ibid., p. 200). É importante que se faça distinção entre o objeto de cada atitude. Por exemplo, a atitude para com o ensino de ciências é distinta da atitude para com a ciência enquanto corpo de conhecimento e investigação. O principal objetivo do estudo realizado por Vázquez Alonso e Manassero (1997) é fazer uma avaliação empírica das atitudes relacionadas com a ciência. A pesquisa é baseada em um questionário que pretende operacionalizar as dimensões da taxionomia proposta: ensino de ciências, imagem da ciência, implicações sociais, e característica e natureza da ciência. O ensino de ciência, por sua vez, se subdivide em ciência escolar e resultado do ensino. O questionário citado, no entender dessa pesquisa, pode servir de base para melhor orientar a delimitação do objeto atitudinal em outros estudos.

Os resultados da pesquisa confirmam parcialmente a tese de que os alunos possuem uma atitude negativa frente à ciência escolar, sua aprendizagem e metodologia de ensino (ibid., p. 205). No entanto, mostram que há uma atitude moderadamente favorável para com a ciência. Conclui, afirmando que o tema atitude “tem um flanco didático de indubitável interesse (o desenho de conteúdos e metodologia para a educação das atitudes)” (ibid., p. 208). Também se colocam “a favor da tese da avalibilidade das atitudes” (ibid., 209).

Simpson e Oliver (1990) realizaram um estudo considerado importante pela sua abrangência em termos temporais (uma década). Muitas foram as contribuições desse estudo, mas destacar-se-ão algumas em especial: o declínio na motivação de realização⁵ é semelhante ao declínio na atitude para com a ciência; os sentimentos do aluno para empreendimentos em ciências e envolvimento em cursos eletivos está fortemente vinculada com a sala de aula; há uma relação entre atitude e realização em ciências mais forte do que em outras pesquisas; estudantes com atitudes negativas para com a ciência não se interessam por cursos adicionais sobre ciência. Os autores destacam uma descoberta taxada de original: a atitude e compromisso dos estudantes servem para predizer a escolha de cursos eletivos de ciências no Ensino Médio.

Seguem exemplos de pesquisas, em sua maioria empíricas, sobre atitude, enfocando-se principalmente o ambiente escolar formal e a relação entre estratégias de ensino e a atitude frente ao ensino de ciências.

Schibeci (1984) destaca que as pesquisas sobre estratégias de ensino e atitudes não chegam a resultados consensuais. Pode haver uma relação positiva no incremento da atitude e há estratégias de ensino que são praticamente sem efeito quanto à mudança atitudinal. Por exemplo, o estudo desenvolvido por Dillashaw e Okey (1983) é um caso em que não houve uma relação significativa entre realização e atitude para com a ciência (química) e seu ensino. A estratégia de ensino se baseava em conferências, sessões de perguntas e respostas, laboratório, demonstrações e recursos áudio-visual. Já o trabalho de Long, Okey e Yeany (1981) é um exemplo de relação positiva entre estratégias de ensino e atitude. Eles mostram os efeitos sobre atitude de uma estratégia que efetua diagnósticos continuados dos conteúdos em biologia. A abordagem foi nomeada *diagnostic-prescriptive*. Um grupo geriu a aplicação da estratégia, enquanto outro recebeu forte apoio do professor. O conteúdo foi ministrado através de conferências e aulas de laboratório. Ambos os grupos obtiveram ganhos em aprendizado e atitude. No entanto, houve maior incremento atitudinal no grupo que gozou de maior autonomia. Ajewole (1991) apresenta outro exemplo de relação favorável. Ele investiga o efeito sobre a atitude para com a biologia de uma estratégia denominada *discovery method*, também marcada pela autonomia na busca dos novos conhecimentos, nos moldes de uma investigação dirigida (Ibid., p. 402).

Johnson e colaboradores (1985) apresentam mais um exemplo, em ambiente escolar, da relação entre atitude e estratégias didáticas. O foco da investigação é o estudo em grupo

⁵ A expressão 'realização' é utilizada pela maioria das pesquisas como sinônimo de empreendimento.

com ênfase em questões com controvérsias sobre a extinção de lobos. Eles defendem a importância de idéias contraditórias, como uma constante no desenvolvimento científico. São admitidas duas hipóteses: a controvérsia gera mudança de atitude; a possibilidade de recrudescimento das mesmas (Ibid., p. 198). Os autores defendem a aprendizagem em grupos com o uso moderado de controvérsia estruturada (Ibid.).

Dando continuidade aos estudos relacionados ao ambiente de sala de aula formal, em especial ao problema da relação entre estratégias de ensino e motivação, apresenta-se o trabalho de Kempa e Martin (1989). Os autores abordam a relação entre métodos de ensino e modelos motivacionais dos alunos (Ibid, p.38). Citando estudos realizados por Adar⁶, apresentam quatro tipos de necessidades discentes e quatro tipos de modelos motivacionais: aluno que busca o êxito; aluno curioso; aluno cumpridor do dever; e aluno sociável. Alunos com diferentes inclinações motivacionais agem de forma distinta aos diferentes métodos de ensino (Ibid.).

Em ensino de ciências, a abordagem por investigação tem sido apontada como uma possibilidade para solucionar o problema da atitude negativa dos estudantes para com a aprendizagem de ciências por apresentar uma “visão mais criativa” (GIL PEREZ, 1986, p. 118) das construções científicas: a “aprendizagem adquire agora o caráter de uma aventura” (Ibid., p. 118). Por exemplo, Figueroa de Lewin e Monmany de Lomáscolo (1998, p. 147) apresentam uma estratégia de ensino de física baseada em projetos de investigação. A formulação de hipóteses, realização de experimentos, coletar e analisar dados, na perspectiva da proposta por investigação dirigida, favorece a participação ativa e a motivação dos alunos (Ibid., p. 148).

Para Solbes e Vilches (1989) a imagem de ciência que é apresentada aos alunos nas escolas através dos livros didáticos é empirista e acumulativa, não levando em conta aspectos qualitativos de caráter histórico, tecnológico, sociológico e humanístico. Segundo os autores esses aspectos podem contribuir para a construção de uma imagem de ciência mais próxima do trabalho científico e superar o desinteresse e atitudes negativas. Eles sugerem que o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (C.T.S.) pode contribuir para solucionar a problemática apontada.

Hanrahan (1998) mostra a importância da atuação docente e da percepção dos alunos sobre o processo de aprendizagem. Atividades que reforçam a autonomia dos alunos devem ser priorizadas quanto aos aspectos motivacionais.

⁶ Adar, L. *A theoretical framework for the study of motivation in education*. The Hebrew University, School of Education, Jerusalem.

Há estudos mais recentes que associam o tema atitude com o enfoque CTSA (VÁZQUEZ ALONSO; MANASSERO, 2009). Os resultados indicam uma relação favorável, ou seja, tal enfoque permite um incremento atitudinal. Nunes e Dantas (2012), por exemplo, realizam uma pesquisa para a identificação de atitudes de estudantes universitários sobre as relações CTSA. Os resultados permitem inferir que os estudantes possuem uma atitude positiva com relação à ciência e tecnologia. No entanto, possuem uma atitude ingênua sobre as relações ciência e tecnologia, chamado de “mito da linearidade do desenvolvimento” (Ibid., p. 89), onde ciência gera tecnologia, que gera desenvolvimento econômico e social. Os autores defendem uma educação que suscite um posicionamento mais crítico sobre questões pertinentes como, por exemplo, o controle social da ciência e tecnologia e os impactos ambientais das decisões tecnocráticas (Ibid.).

3. METODOLOGIA

Este capítulo é dedicado ao suporte metodológico relativo à pesquisa. São abordados dois aspectos: o ensino, cenário de fundo da pesquisa e a pesquisa propriamente dita. Sobre o ensino, procurar-se-á fazer uma breve descrição da experiência didática investigada, situando-a frente a alguns livros didáticos; também será feito um detalhamento do contexto de aplicação em sala de aula. Com relação à pesquisa, são feitos comentários sobre o caráter qualitativo da investigação, o critério de escolha dos entrevistados, as observações do professor em sala de aula e o roteiro de entrevistas (Apêndice B).

3.1 O ensino

Segue uma descrição do material didático e sua relação com livros e projetos didáticos. Será feita também uma caracterização do ambiente de aplicação da proposta didática.

3.1.1 O material didático

Uma proposta didática deseja que haja a construção de conteúdos, sejam eles verbais, procedimentais ou atitudinais (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001). É necessário, portanto, uma reflexão permanente sobre os processos envolvidos na implementação da proposta para que ajustes constantes sejam procedidos. Tal reflexão deve inspirar-se em aspectos relevantes, como, por exemplo, se os conhecimentos prévios estão sendo devidamente valorizados, se os conteúdos estão sendo apresentados de forma significativa e estão adequados ao nível de desenvolvimento cognitivo do aluno, se os desafios são alcançáveis e promovem conflito cognitivo, se os mesmos desafios são fomentadores de atitudes favoráveis pelo conteúdo e respeito ao grupo, se estimulam a auto-estima, se promovem o ‘aprender a aprender’ e a pensar criticamente, dentre outros aspectos (ZABALA, 1998).

Considerando as diversas concepções de cunho pedagógico, pode-se pensar em novas propostas de ensino e na adequação do conteúdo de cada ciência específica. Os aspectos centrais dessas novas formulações poderiam ser: valorização do aprendiz como sujeito da aprendizagem; valorização das concepções alternativas; adequação dos objetos de ensino às estruturas cognitivas do aprendiz; postura docente que privilegie o diálogo com o educando; valorização da experimentação por meio de situações-problema que permitem o contato com

o objeto do conhecimento, enfocando sua dimensão interdisciplinar, sempre que possível; ênfase na construção não apenas de conteúdos verbais, mas também, procedimentais e atitudinais; valorização das relações sociais no aprendizado, momento propício para confrontos de idéias.

De uma forma genérica, o material didático da proposta de ensino aqui investigada segue os seguintes passos:

- a) Colocação de uma problemática no âmbito da ciência, seja na forma de um ‘obstáculo epistemológico’, de um paradoxo científico ou de uma curiosidade científica, de um experimento desafiador ou de um problema tecnológico;
- b) Coleta das idéias dos alunos (por escrito) através de perguntas instigadoras;
- c) Proposta de atividade experimental ou leitura de cunho histórico sobre o tema com intuito problematizador;
- d) Leitura sobre o desenvolvimento do tema com ênfase na história da ciência;
- e) Perguntas que demandam tomada de posição por parte dos alunos, agora de posse das idéias aceitas pela comunidade científica, e comparação com o item b);
- f) Atividade experimental de comprovação das idéias cientificamente aceitas;
- g) Questões sobre a atividade experimental, com objetivo de explicitação do ‘conhecimento novo’;
- h) Sistematização do conteúdo aceito cientificamente;
- i) Exercícios de fixação e problemas.

Falando especificamente no ensino de ciências, pode-se associar a proposta didática aqui investigada com o modelo de ensino apresentado por Gil Perez (1983), caracterizado por estar em acordo com o processo de produção científica, chamado de *modelo de ensino e aprendizagem por investigação*. Tal proposta, segundo Gil Perez (1986), valoriza, dentre outros aspectos, o trabalho em equipe, a participação do aluno na formulação de hipóteses, a experimentação e a construção discente de modelos explicativos. O intento é fomentar nos alunos “uma imagem menos linear e mais criativa” do trabalho científico (Ibid., 118).

O tema do material didático é a ‘queda livre’, o estudo do movimento vertical, próximo ao solo (considerando o campo gravitacional constante), com desprezo da ação do ar. As grandezas pertinentes são tempo, espaço, velocidade e aceleração. As questões que se evidenciam são: de que maneira essas grandezas se relacionam; e qual a ligação entre a massa de um corpo e o tempo de queda? O material apresentado aos alunos privilegia dois subtemas: a dependência da queda de um corpo com sua massa e com sua velocidade. No

primeiro, procura-se mostrar como ao longo da história foi resolvida a questão da relação entre massa e tempo de queda; no segundo, como foi solucionado o problema da forma pela qual a velocidade variava na queda, se de maneira constante ou não, e quais as relações matemáticas que expressam tal variação.

Tradicionalmente, a queda livre é vista como um exemplo de movimento uniformemente acelerado. Primeiramente, desenvolve-se toda a conceituação sobre movimentos retilíneos com aceleração constante, o que engloba as definições de aceleração escalar média e instantânea, as deduções (ou mera apresentação) das funções horárias da velocidade e dos espaços e a equação de Torricelli. Posteriormente, apresenta-se o tema queda livre como um caso particular de movimento com aceleração constante (RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES, 1999). Os comentários históricos sobre o tema, quando apresentados, não estão vinculados à construção conceitual. O mesmo pode-se dizer sobre propostas de atividades experimentais, que na maioria dos casos não estão associadas à conceituação e são apresentadas no final de cada capítulo.

Alguns autores (PARANÁ, 1998) apresentam a queda livre na introdução do movimento uniformemente variado, mas como mera ilustração para o desenvolvimento do tema.

Há livros didáticos disponíveis no Brasil que podem ser considerados atualizados em aspectos distintos. Por exemplo, Guimarães e Fonte Boa (1991) se inserem numa concepção didática diferenciada, apresentando a abordagem histórica parcialmente inserida na conceituação e encaminhando questões de forma a inserir o aluno nas construções conceituais. Há também material produzido por grupos de pesquisa ligados a instituições universitárias como, por exemplo, o material produzido pelo projeto Harvard (PROJECTO FÍSICA, 1978), que no tratamento sobre a queda livre faz uma apresentação com ênfase na história e descreve experimentos no transcorrer das conceituações; inseridas no texto há perguntas feitas para que o aluno participe mais ativamente dos estudos.

No texto didático apresentado por esta pesquisa, a inovação consiste na utilização da história da ciência e experimentação inseridas estruturalmente na condução do processo de ensino, através de texto didático de cunho construtivista. Além disso, foi repensada a ordenação dos conteúdos no sentido de sua precedência histórica, ou seja, procurou-se seguir o encaminhamento histórico na construção dos conceitos. O principal suporte teórico utilizado nessa ordenação e na escolha de experimentos foram os estudos de Cohen (1988) sobre as pesquisas de Galileu.

As grandezas velocidade e aceleração foram previamente definidas, como também apresentado o movimento uniforme através de aulas dialogais, marcadamente expositivas.

3.1.2 A sala de aula

A proposta foi aplicada em uma turma de primeiro ano do ensino médio diurno. A turma será previamente sensibilizada para o trabalho a ser desenvolvido, não só quanto às características do material didático elaborado, como também quanto à sua participação como avaliadores da proposta. É importante frisar a necessidade do engajamento de todos para o sucesso dos objetivos desejados.

A sugestão é a composição de grupos (com três alunos cada), aos quais serão distribuídas folhas avulsas por aluno para leitura e discussão. Será vetado ao aluno o acesso ao material completo, pois pretende-se sustentar a expectativa criada pelos momentos de conflito cognitivo e possibilitar a construção gradativa dos conceitos com participação ativa dos alunos. Com isso deseja-se manter o nível de curiosidade alto e o ineditismo de cada aula.

O texto será lido em voz baixa e os experimentos realizados nos grupos, com a eventual participação coletiva da turma, quando as discussões assim o requeiram. Cada etapa será finalizada com uma pequena síntese a cargo do docente, elaborada com a participação ativa de todos. Os alunos terão liberdade de discutir entre si e com o professor, que deverá assumir uma postura de isenção e intervir o menos possível.

3.2 A pesquisa

Segundo Alves (1991), a pesquisa qualitativa abriga uma enorme variedade de denominações: naturalista, pós-positivista, antropológica, etnográfica, estudo de caso, humanista, fenomenológica, hermenêutica, idiográfica, ecológica, construtivista, entre outras. Não é fácil, portanto, caracterizá-la, mesmo porque reflete origem e ênfase diversas. O termo qualitativo utilizado não quer sugerir uma oposição à quantitativo, constituindo-se uma questão de ênfase e não de exclusividade.

Patton (1986 apud⁷ ALVES, 1991) identifica três características que, apesar de não constituírem um consenso absoluto, são tidas por diversos autores como essenciais aos estudos qualitativos:

- visão holística, que parte do princípio que a compreensão de um evento se dá em função da compreensão do contexto;
- abordagem indutiva, em que o pesquisador parte de observações mais livres e durante o processo de coleta e análise dos dados percebe as relevâncias;
- investigação naturalista, em que se minimiza a intervenção do pesquisador no contexto, apesar de aquele ser o principal instrumento de investigação.

O presente trabalho, que busca uma identificação com tais características, tem como foco o estudo das atitudes de alunos frente ao ensino de ciências, mais especificamente frente à experiência didática acima detalhada. A avaliação de atitudes, no entanto, é um assunto em discussão.

Sarabia (2000, p. 170) chama a atenção para o caráter abstrato das atitudes, pois esse conceito é uma construção hipotética dos psicólogos sociais. Avaliá-las implica em observar as manifestações verbais e/ou comportamentais do sujeito: “a linguagem e as ações manifestas das pessoas são [...] as ferramentas mais eficazes com as quais contamos para poder ter acesso e avaliar as atitudes” (Ibid., p. 170).

É comum o uso de questionários e escalas de atitude para provocar a manifestação das atitudes, verbais ou comportamentais. Há críticas a tais instrumentos, pois usam técnicas de pesquisa quantitativa para medir algo subjetivo; além disso, esses instrumentos pressupõem que uma mesma pergunta tenha o mesmo significado para todos os sujeitos (Ibid., 171).

Na escola, o fator comportamental é um importante veículo de medição de atitudes. O professor, nesse caso, é um observador privilegiado, ocupando um papel semelhante ao de ‘observador participante’, em que exerce dupla função: de pesquisador e participante ativo dos acontecimentos que estuda (Ibid., 172).

Nesse sentido, de posse da convicção de que o comportamento e a fala deixam pistas importantes sobre atitudes, torna-se possível estabelecer um critério de análise das entrevistas que serão realizadas e das observações docentes em sala de aula na presente pesquisa.

A seguir são apresentadas algumas considerações sobre os sujeitos e os instrumentos da pesquisa.

⁷ PATTON, M. *Qualitative evaluation methods*. Beverly Hills, Sage Publ., 1986.

3.2.1 Os sujeitos

O grupo alvo da pesquisa consiste de uma turma do terceiro ano do ensino médio, turno diurno, composta por sujeitos de diferentes classes sociais e formação escolar básica diferenciada. O conteúdo Queda Livre era inédito para a turma, que não havia também estudado o Movimento Uniformemente Variado.

Dentre os alunos da turma foram escolhidos quatro para fazerem parte da entrevista. Os critérios de escolha dos sujeitos referem-se ao comportamento em sala de aula: um grupo que representasse qualitativamente a turma como um todo. Um se destacou em termos de participação verbal; outro, em termos de respostas escritas abrangentes; há ainda aquele que não interagiu com o material de forma satisfatória; por fim, um que pudesse representar a turma, não se destacando em algum ponto específico.

3.2.2 Os instrumentos

Observações docentes

Durante a aplicação da proposta didática, os apontamentos realizados destacam a participação dos alunos de forma interessada e atenta; as constantes trocas de opinião entre os membros de um mesmo grupo; o relato verbal sobre discussões após o horário da aula; manifestação verbal de simpatia para com os trabalhos, principalmente os experimentais; manifestação verbal sobre gostar das aulas de Física, inclusive da leitura dos textos. A descrição da aplicação do produto educacional está detalhadamente presente no próximo capítulo.

Roteiro de entrevista

O roteiro de entrevistas (Apêndice B) possui um caráter semiestruturado, sendo que a primeira e a última pergunta são mais abertas. Tais perguntas têm o potencial de coletar as impressões mais marcantes dos alunos com relação à estratégia didática. Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 209), as perguntas abertas garantiriam uma das características dos estudos qualitativos, que é uma maior preocupação com os “processos e significados”.

A **primeira** questão tem como objetivo fazer com que o aluno fale sobre suas lembranças das atividades realizadas, pondo em relevo suas impressões mais marcantes.

Sobre a história da ciência inserida nos textos do material didático, temos a **segunda** questão, quando se deseja saber quais suas impressões sobre esse recurso didático. Quais momentos são mais destacados e se houve uma repercussão atitudinal.

Com a mesma intenção da pergunta anterior, na **terceira** questão deseja-se salientar a utilização de experimentos inseridos nas atividades do material didático. Deseja-se saber quais experimentos são recordados; qual o papel didático da utilização de experimentos; se os experimentos foram um elemento que favoreceu a mudança de atitude.

A **quarta** questão refere-se ao momento de desequilíbrio cognitivo suscitado pelas primeiras atividades. O objetivo desta pergunta é confirmar a importância didática do conflito cognitivo como gerador de interesse pelo aprendizado.

A **quinta** questão está relacionada à anterior e inspira-se nas observações do professor e nas declarações dos alunos. Deseja-se saber se o momento de desequilíbrio citado despertou um sentimento de desconfiança que, possivelmente, teria provocado uma tomada de consciência frente à necessidade de mais rigor e reflexão nas respostas às questões inseridas no material didático.

A **sexta** questão tem como objetivo evocar, devido sua importância histórica, uma experiência destacada no material didático. Foi quando Galileu confirmou experimentalmente a relação entre espaço e tempo.

A **sétima** questão faz referência a um detalhe do encaminhamento experimental efetuado por Galileu, quando comparou o plano inclinado com a queda na vertical. A lembrança desse momento pode sugerir uma atenção a detalhes.

A **oitava** questão fala sobre autonomia. A opinião dos alunos sobre essa característica da experiência didática parece de suma importância, já que é uma constante na realização das atividades.

A **nona** questão retoma o objetivo da primeira, isto é, pretende evidenciar as impressões mais marcantes, que podem gerar pistas para a identificação dos elementos que mais contribuíram para um possível incremento de atitude discente.

4. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

A seguir são feitas algumas considerações sobre o produto didático, mostrando um esquema ou roteiro de sua estrutura e descrevendo detalhadamente seu processo de elaboração.

4.1 Comentários iniciais

O Produto Didático construído para a investigação comporta uma sequência de aulas agrupadas em momentos investigativos (11). Tais momentos utilizam estratégias de ensino bastante diversificadas, cujo objetivo foi atender aos diferentes perfis motivacionais dos aprendizes, em consonância com as teorizações de Kempa e Martin (1989).

Diversas estratégias didáticas são acionadas como questionários, textos com abordagem histórica, textos técnicos com conteúdo de física, experimentos, vídeos e aulas dialogadas. O uso da história da ciência (MATTHEWS, 1995; QUINTAL; GUERRA, 2009) e experimentos (ARAÚJO; ABIB, 2003; GIL PÉREZ; VILCHES, 2006) são aspectos importantes do material. O objetivo principal é propor uma intervenção que tenha potencial para suscitar nos alunos uma atitude favorável para com o ensino de física (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001; RANGEL, 2017), em particular, a queda dos corpos e as conceituações que compõem a cinemática.

Augé (2004) já havia destacado alguns aspectos importantes relacionados à atitude, num contexto de intervenção em sala de aula como, por exemplo, a história, os experimentos, a autonomia discente, a metacognição, o conflito cognitivo e o aprendizado dos temas de física. Esses são temas apontados pela literatura como pertinentes ao problema da atitude e, portanto, foram levados em consideração na elaboração da proposta agora descrita.

Há de se destacar o tema aprendizagem, pois, conforme Pozo e Gomez Crespo (2001), os alunos que atingem um nível satisfatório de aprendizagem costumam desenvolver atitudes favoráveis para com o ensino de física.

Em seguida é apresentada, em linhas gerais, a estrutura do produto educacional elaborado.

4.2 Roteiro do produto

Eis os tópicos estruturais que nortearam a confecção do produto didático. Eles permitem ter uma visão mais geral do material.

- **CONSIDERAÇÕES INICIAIS** – Mostrar para o aluno que o movimento de queda esteve em evidência até o séc. XVII. Fazê-lo refletir sobre ciência e conhecimento científico.
- **PRIMEIRA ETAPA INVESTIGATIVA** – Início do estudo de queda livre. O aluno irá responder perguntas relacionadas a corpos de diferentes massas em queda para coleta das concepções alternativas.
- **SEGUNDA ETAPA INVESTIGATIVA:** atividade experimental– O aluno irá observar a queda de corpos na água.
 Texto – Teoria sobre a queda dos corpos defendida por Aristóteles em que os corpos mais pesados caem primeiro que os mais leves.
- **TERCEIRA ETAPA INVESTIGATIVA:** atividade experimental – O aluno irá observar a queda de uma folha sobre um caderno, entrando em conflito com a teoria aristotélica.
 Texto – Mostrar a visão de João Filópono, contrária a Aristóteles.
- **QUARTA ETAPA INVESTIGATIVA:** atividade experimental – O aluno irá abandonar uma esfera de metal e outra de vidro, no ar, de uma mesma altura ao mesmo tempo. Comparar com o experimento das esferas abandonadas na água e, também, comparar as ideias de Aristóteles e Filópono.
 Texto – Visões sobre queda dos corpos de Stevin e Galileu e suas diferenças.
 Atividade experimental – O aluno irá observar a queda de duas esferas (podendo ser iguais a do experimento anterior) sobre uma placa de metal ou qualquer superfície que emita som audível ao serem atingidas pelas esferas.
 Texto – Conclusão de todas as etapas anteriores, levando ao conceito formal de queda livre.
- **QUINTA ETAPA INVESTIGATIVA** – O aluno irá resolver algumas questões sobre queda livre.
 Proposta de leitura de um artigo e/ou assistir a um vídeo sobre o processo contra Galileu.
 Formação de grupos para debate.

- **SEXTA ETAPA INVESTIGATIVA** – Texto – Busca das relações matemáticas que descrevem a queda dos corpos.
- **SÉTIMA ETAPA INVESTIGATIVA** – Texto – O surgimento da Cinemática Escalar e suas famosas fórmulas matemáticas, com enfoque no estudo da velocidade na queda dos corpos.
- **OITAVA ETAPA INVESTIGATIVA** – Atividade experimental – Utilização de materiais de baixo custo para realização de experimento histórico de Galileu usando o plano inclinado.
 Texto – Estudo do movimento acelerado por Galileu. Demonstração das equações do Movimento Variado e o estudo gráfico da velocidade.
- **NONA ETAPA INVESTIGATIVA** – Atividade experimental – Complementar sobre as relações matemáticas da Cinemática.
 Texto – Classificação do movimento de queda livre como Movimento Uniformemente Variado. Galileu conclui que a aceleração é constante na queda dos corpos próximo ao solo.
- **DÉCIMA ETAPA INVESTIGATIVA** – Atividade experimental – O aluno irá medir a aceleração da gravidade g utilizando a dedução de Galileu: $s = at^2/2$. Irá verificar, também, a aceleração constante e deduzir a relação $s = f(t)$ para o movimento uniformemente variado.
- **DÉCIMA PRIMEIRA ETAPA INVESTIGATIVA** – Texto – Conclusão, mostrando a queda livre como movimento variado e suas definições. Dedução da equação de Torricelli.

No próximo item é descrito detalhadamente o processo que norteou a elaboração do produto didático.

4.3 Descrição das etapas investigativas

A descrição das etapas investigativas que compõem o material didático será o alvo desse item, alicerçando teoricamente cada recurso didático que amparou as atividades. O produto educacional está dividido em dois subtemas principais, ou seja, a relação entre massa e o tempo de queda (5 primeiras etapas investigativas) e a relação entre velocidade e o tempo de queda (até a décima etapa investigativa; a décima primeira seria uma síntese).

Em nível introdutório foram feitas algumas **considerações iniciais**

(Apêndice A, p. 84), cujo objetivo é apresentar ao aluno o início do estudo formal da queda livre, entre os séculos XVI e XVII. Mostrar através de um texto inicial os principais físicos que abordaram o tema em seus estudos. Algumas questões foram sugeridas para buscar nos alunos uma visão sobre ciências. A primeira questão, sobre como distinguir “ciência” de “não ciência”, procura suscitar uma inquietação entre eles sobre um tema controverso. Uma outra pergunta interessante leva os alunos a questionar seu conhecimento sobre queda livre na própria vivência do cotidiano.

Após as considerações iniciais, o produto educacional propõe a **primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 86), que pretende iniciar o estudo de queda livre com perguntas sobre a relação entre massa e o tempo de queda. A resistência do ar e o vácuo também são temáticas presentes nessas questões. O principal objetivo é coletar algumas concepções alternativas (FRANCO, 1993; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001), sejam inatas ou adquiridas com a vivência pré-escolar ou escolar. Obviamente que procura ser um momento introdutório para o principal tema das cinco primeiras etapas investigativas que é justamente essa relação entre massa e tempo na queda dos corpos.

A **segunda etapa investigativa** (Apêndice A, p. 87) versa sobre experimentos (ARAÚJO; ABIB, 2003; CARRASCOSA et al., 2006), colocando em prática uma das perguntas feita na primeira etapa investigativa (ii). Esta segunda etapa intensifica a participação do aluno sem a ajuda do professor, colocando-o em questionamento consigo mesmo em relação as respostas anteriores e, ainda, fazendo com que novas dúvidas possam surgir com relação às variáveis massa e tempo na queda dos corpos. Há nesta etapa também um texto mostrando a visão de um dos maiores pensadores do século IV a.C. (Aristóteles), afirmando que o corpo de maior massa chegará ao solo primeiro que o corpo de menor massa (COHEN, 1988). Assim, os alunos observam experimentalmente a queda mais rápida do corpo de maior massa e se nutrem teoricamente das proposições aristotélicas que embasam as observações experimentais. Portanto, está potencializado um possível momento futuro de conflito cognitivo, já que a posição aristotélica já foi superada historicamente. Já é possível observar uma das características do produto educacional quando ao uso didático da história da ciência (MATTHEWS, 1995), além da forte presença de atividades experimentais.

Surge, então, a **terceira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 88), que se inicia com um experimento. Tal atividade propõe uma revisão da pergunta iii da primeira etapa investigativa, quando os alunos foram questionados sobre uma atividade experimental semelhante a atual, porém sem a realização do experimento. O objetivo agora é gerar um conflito cognitivo ‘forte’ (POZO, 1998), já que o experimento proposto gera resultados que

entram em contradição com os resultados da segunda etapa investigativa. As perguntas que acompanham a atividade experimental favorecem uma tomada de consciência (Ibid.) em relação às posições aristotélicas, vistas anteriormente. Em uma delas, o aluno precisa explicar a deficiência da teoria proposta por Aristóteles. O breve texto que se segue, de viés histórico, já mostrará a importância de um experimento em relação a teses meramente teóricas e o confronto com a teoria aristotélica.

Ainda visando o conflito cognitivo é proposta a **quarta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 89) com uma visão muito próxima da pergunta i da primeira etapa investigativa. Neste momento é importante verificar o comportamento do aluno frente à terceira etapa, já que existe uma pergunta reflexiva. Além disso, observa-se a divergência de opiniões entre eles em concordância com a teoria ou de João Filópono ou de Aristóteles. Esta etapa confirma os resultados experimentais da anterior e vai direcionando os alunos para uma visão mais próxima das proposições galileanas (COHEN, 1988). Seguem textos com inclinação histórica, em consonância com os resultados experimentais. Simon Stevin (séc. XVI d.C) sugere um experimento abandonando duas esferas metálicas, sendo uma dez vezes mais pesada que a outra. Contradizendo Aristóteles, Stevin afirma que ambas as esferas cairiam juntas, pois a diferença do som produzido no impacto pela esfera mais pesada em relação a mais leve é imperceptível. Reafirmando a teoria anterior, Galileu diz que o corpo muito mais pesado não chegará ao solo muito antes de um corpo mais leve, desde que sejam abandonados de uma mesma altura. Conclui, também, que a mais pesada se adiantará um pouco em relação mais leve por causa da resistência do ar. Neste instante, o aluno é levado a uma tomada de consciência de que as etapas iniciais desejavam provocar um conflito entre conceitos relacionados à queda livre. Por fim, há uma atividade experimental de cunho conclusivo, seguido de questões e um breve texto de síntese sobre a relação entre massa e tempo de queda.

A **quinta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 93) é composta de duas atividades: a primeira são questões, inclusive de vestibulares, para uma avaliação sobre o aprendizado esperado; a segunda sugere um vídeo e um texto sobre o processo de Galileu e um pequeno debate em sala.

Agora se inicia o segundo subtema do produto educacional: a relação entre o movimento de queda e velocidade dos corpos. Em caráter introdutório é apresentada a **sexta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 94). Ela propõe inicialmente um pequeno texto que apresenta uma preocupação histórica em se obter uma relação matemática que descrevesse a queda dos corpos na época de Galileu, seguindo as ideias do matemático Pitágoras. Em

seguida são apresentadas questões que irão explorar, principalmente, a capacidade criativa do aluno diante da problemática no estabelecimento de variáveis potencialmente relevantes para o estabelecimento de relações matemáticas sobre a velocidade de queda. Uma das questões apresenta a ideia de espaço e encaminha o aluno a propor um experimento que relacionaria matematicamente queda livre, velocidade e espaço.

O texto sobre as teorias de Galileu contrariando as de Aristóteles marca o início da **sétima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 96). Nele mostra-se que Aristóteles estava equivocado quanto à queda dos corpos e quanto às características do mundo supra-lunar. Na necessidade de estabelecer novas bases para explicar a queda livre, Galileu constrói a cinemática escalar e suas famosas fórmulas matemáticas, presente no currículo mínimo do 1º ano do Ensino Médio no Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2015). Na época, algumas atividades estavam em evidência propiciando o crescimento da pesquisa no ramo da Física. Um exemplo foi o desenvolvimento no setor da balística, onde Galileu descreveu, matematicamente, a trajetória parabólica de projéteis. Ao final do texto, são feitas perguntas para reflexão, evidenciando-se a velocidade de queda dos corpos e sua constância ou não. Estabelece-se, assim, o gancho para a próxima etapa.

A **oitava etapa investigativa** (Apêndice A, p. 97) consiste de um experimento com plano inclinado e medições da velocidade em situações de Movimento Uniforme e Variado. Questões procuram explorar o potencial do experimento para o tema do texto teórico que vem em seguida sobre as deduções matemáticas realizadas por Galileu e presentes nos livros didáticos do Ensino Médio. São estabelecidas, portanto, as fórmulas da cinemática sobre o movimento uniformemente variado (MUV).

A comprovação experimental da pertinência da equação horária do MUV é o tema central da **nona etapa investigativa** (Apêndice A, p. 101). É sugerido um experimento envolvendo plano inclinado, semelhante ao proposto por Galileu, onde o aluno medirá os instantes e irá preencher com os valores medido em um quadro onde os espaços referentes a cada tempo já são pré-estabelecidos (12 cm; $4 \cdot 12 = 48$ cm; $9 \cdot 12 = 108$ cm). Nesse quadro também há uma previsão dos instantes que serão medidos pelos alunos em relação às posições estabelecidas, ou seja, o espaço quadruplicado, implicaria em um tempo duas vezes maior e o espaço nonuplicado, implicaria em um tempo 3 vezes maior. Em seguida, são feitas algumas perguntas reflexivas sobre o experimento, com destaque para a pergunta onde o aluno reflete se umas das relações possui suporte experimental. No texto proposto a seguir, o aluno conclui que a velocidade é proporcional ao tempo e a aceleração é constante, classificando o movimento como Movimento Uniformemente Variado. Coloca-se, então, uma questão para o

aluno: na queda livre, como se comporta a aceleração? Esta dúvida é respondida em seguida quando o texto fala da conclusão de Galileu em afirmar que em uma inclinação máxima (90°), ou seja, quando o plano estivesse na vertical, um corpo teria uma aceleração constante, já verificada em um plano inclinado, sendo válida de forma aproximada já que existe a resistência do ar e outros fatores.

A **décima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 104) também consiste em experimentos sobre a função horária do movimento uniformemente variado. O primeiro sugere a medição da aceleração da gravidade no próprio local de estudo; o segundo, verifica a aceleração constante no plano inclinado e deduz a relação da posição em função do tempo para o movimento uniformemente variado.

Por fim, a sistematização dos conceitos é apresentada na **décima primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 106), trazendo um texto definindo como queda livre o movimento vertical de um corpo nas proximidades da Terra desprezando qualquer tipo de resistência; mostrando também que a aceleração de queda é denominada aceleração da gravidade, sugerindo um valor padrão igual a $9,80665 \text{ m/s}^2$, nível do mar, latitude 45° . Como a queda livre possui aceleração constante, é classificada como Movimento Uniformemente Variado. Classifica-se a queda do corpo em acelerado e retardado dependendo do aumento ou diminuição (respectivamente) do módulo da velocidade escalar do corpo em queda. Os sinais da velocidade e da aceleração dependem da orientação da trajetória. Também são apresentadas as funções horárias (da velocidade e do espaço) seguidas pela equação de Torricelli, podendo ser deduzida pelo professor no quadro branco.

5. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

A implementação em sala de aula do produto educacional ocorreu no ano letivo de 2017, entre os meses de outubro e novembro, englobando 5 semanas de aula, referentes ao 2º trimestre, em uma turma de terceiro ano do ensino médio diurno da Escola Estadual Rotary II, localizada no município de Campos dos Goytacazes – RJ. A turma era composta por 36 alunos e gozava de uma certa homogeneidade quanto à classe social.

A escolha de uma turma de terceiro ano do ensino médio foi feita pelas seguintes circunstâncias: os alunos não viram o conteúdo proposto (no caso, queda livre) no primeiro ano; facilidade para a aplicação do projeto baseado na quantidade de alunos em comparação com a turma de primeiro ano, o que dificultaria bastante a pesquisa.

Inicialmente houve um momento de conscientização quanto à importância do trabalho a ser desenvolvido, não só quanto ao docente, em função da dissertação em elaboração, como também quanto à participação discente como avaliados e avaliadores da proposta. Foi posto em relevo o engajamento cognitivo e afetivo de todos para que os objetivos desejados fossem alcançados.

O produto educacional da proposta divide-se em **onze** etapas investigativas, etapas estas que foram estruturadas numa perspectiva de aprendizagem ativa, onde os alunos desenvolvem as atividades em grupos de 5 alunos, sem a atuação direta do docente. Os grupos foram identificados por algarismos arábicos (1, 2, 3 ...). O principal foco da investigação era a possibilidade de construção de uma atitude favorável para com o ensino de Física.

Em caráter introdutório foram feitas algumas **considerações iniciais** (Apêndice A, p. 84), pondo em relevo a concepção sobre ciência, o método científico e os conhecimentos sobre queda dos corpos. Todos os grupos encontravam-se bem concentrados na leitura do texto. Antes das perguntas reflexivas, alunos já debatiam sobre o texto entre eles em alguns grupos, mostrando já uma certa interação com o material instrucional. Destaque para uma aluna do grupo 3 (Bruna) que explicava para os outros membros do seu grupo alguns termos encontrados no texto. Em alguns momentos o individualismo é ressaltado como, por exemplo, quando Flávia, uma aluna do grupo 1, inicia a resposta das questões propostas na frente dos demais sujeitos do grupo, provocando, inicialmente, um isolamento entre os demais integrantes. Tal atitude foi repreendida pelo docente, explicando a importância de que todos no grupo caminhassem juntos, apesar das respostas poderem ter um caráter individual, quando assim o desejassem.

Um momento interessante foi quando Marcos, do grupo 2, levantou a seguinte

questão: seria religião uma ciência? Imediatamente todos os alunos da turma começaram a opinar sobre a distinção entre ‘ciência’ e ‘não ciência’. A seguir veremos a resposta proposta pelo aluno Marcos da questão i nas considerações iniciais:

Identificamos como um conhecimento científico quando é algo estudado ou buscar entender algo. Ciência é o estudo aprofundado e teórico. Não ciência é algo sem saber ao certo como, por exemplo, a religião. Algo inexplicável ou com entendimento vago.

Dois alunos deste mesmo grupo, a partir de então, questionavam bastante com o professor que lembrou da proposta do material, onde as decisões teriam que ser tomadas sem a intervenção do professor. Isaías, do grupo 1, afirma que ‘tudo é ciência’, dependendo do critério que se use:

Para mim, um conhecimento científico é algo que vai além de um estudo simples. Nada de ficar na superfície, algo mais elaborado, onde o cientista vai a fundo até que esteja satisfeito com seu resultado e ninguém o contrariar.

Para mim, tudo é ciência, desde a fabricação de um sabonete até uma bomba nuclear. Eu não saberia distinguir essa diferença, pois tudo que eu conheço foi feito usando a ciência ou o método científico. A ciência sempre fez parte do universo e em tudo o que ele habita, desde os primórdios.

Observa-se também muitos buscando, com afinco, uma explicação do que seria o ‘método científico’. Por exemplo, uma crítica ao material bastante curiosa (e bem vinda), feita por Bruno, grupo 2, foi a falta de espaço suficiente para o desenvolver seu raciocínio, sendo sugerido completar a resposta em uma folha em anexo.

Em seguida, o produto educacional propõe a **primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 86), que pretende iniciar o estudo de queda livre com perguntas sobre a relação entre massa e o tempo de queda, cujo objetivo é coletar algumas concepções alternativas (FRANCO, 1993; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001), sobre os temas em evidência. De uma maneira geral, todos os alunos associaram o nome ‘queda’ com algum corpo de determinada massa caindo. Verifica-se um conhecimento prévio dos alunos não necessariamente visto em sala de aula, como já foi confirmado nos primeiros parágrafos deste capítulo, pois a turma não tinha trabalhado o conteúdo.

Marcelo e Caíque (grupo 1) são protagonistas de um posicionamento peculiar sobre a relação entre massa, altura e tempo de queda. Observamos na resposta do Marcelo, questão i, tal postura:

As esferas de 2 kg e 100 kg abandonadas de um prédio de 10 andares chegam em tempos diferentes. Mesmo parecendo que a esfera de 100 kg cairá mais rápido, acredito que a esfera de 2 kg cairá primeiro, pois necessitaria de uma altura maior

para que a esfera de 100 kg alcançasse uma alta velocidade.

A proposta feita por Aristóteles em séculos passados de que o corpo de maior massa chegaria ao solo em um tempo menor do que o corpo de menor massa foi reafirmada por muitos, como o aluno Leandro do grupo 2:

As esferas chegam em tempos distintos, pois quanto maior o peso maior a velocidade do objeto.

Neste dia de aplicação do projeto, os grupos já trouxeram os materiais para a parte experimental (segunda etapa investigativa). Apesar de não ter acesso as etapas que se seguem, os alunos dos grupos 4 e 5 estavam muito ansiosos para o momento da realização dos experimentos. Marcos e Leandro (grupo 2) são exemplos de engajamento nas questões e propõem uma teoria para a gravidade. Segundo Marcos:

A queda dos corpos é a atração da gravidade que age em todo tipo de corpo. Todos os corpos sofrem a mesma força de atração, porém a massa do objeto interfere na velocidade que o objeto chega ao chão. Um exemplo seria uma pena e um tijolo.
Teoria: $(t_q = M \neq V)$ ($t_q = M \div V$), onde t_q é o tempo de queda, M é a massa e V a velocidade.

Na resposta “[...], porém a massa do objeto interfere na velocidade [...]”, é observado o reconhecimento do aluno no que diz respeito a um menor tempo para o corpo mais massivo chegar ao chão. Inclusive, ele ensaia uma sugestão de equação, onde pensa estar exprimindo sua idéia, mesmo que de forma não muito interpretável. Com relação à queda do caderno e da folha de papel, o mesmo aluno Marcos, do grupo 2, afirma sobre mudar o formato do papel para que este chegue ao solo junto com o caderno. Matheus, do mesmo grupo, propõe colocar a folha na posição vertical para ‘cortar’ o vácuo. Em sua resposta sobre quem atingiria primeiro o solo, o caderno ou a folha, Matheus é incisivo:

O caderno chega primeiro ao solo por ele ser mais pesado que a folha de papel.

Muitos grupos já começam a discutir sobre o que seria vácuo. Bruna, do grupo 3, coloca sua interpretação em relação a pergunta iv desta etapa:

Uma pena é muito leve e ‘flutua’ no ar por causa do vento. Já no vácuo não flutuaria, pois não tem vento.

Marcelo, do grupo 1, possui uma resposta parecida com a de Bruna, mudando a visão em relação ao vácuo:

Uma pena flutua no ar por conta de seu peso e por ser extremamente leve. Ela

flutuaria, também, no vácuo, pois o vácuo a sustentaria.

Bruna define vácuo como:

Algo sem ar, sem vento. É possível ter vácuo em um lugar todo fechado.

Já Marcelo afirma que:

Vácuo é o fenômeno que o corpo ocupa o lugar do vento e em torno do mesmo cria-se um vácuo.

Na **segunda etapa investigativa** (Apêndice A, p. 87) inicia-se o uso de atividades experimentais como uma estratégia de ensino (ARAÚJO; ABIB, 2003; CARRASCOSA; GIL PÉREZ; VILCHES, 2006), condicionando os alunos a refletirem e reverem suas ideias a respeito dos conceitos abordados (ARAÚJO; ABIB, 2003). O trabalho experimental parece exercer um importante papel para ajudar professores em classe (CARRASCOSA et al., 2006). Neste momento, todos os alunos tiveram uma maior participação entre si, onde cada um deles dividia seus trabalhos em relação ao experimento. Eles utilizaram uma esfera de um metal qualquer e uma ‘brita’ para melhor observação.

O primeiro aluno a relacionar o tempo de queda do corpo com sua massa foi o aluno Diego (grupo 4), afirmando que a esfera de metal chega primeiro ao fundo do balde com água. Como forma de mostrar que sua teoria estava certa, o aluno pede para que um dos integrantes filme a queda dos corpos para que todos possam ver melhor. Para maior detalhe na observação da chegada dos corpos ao fundo do recipiente, o aluno Marcelo (grupo 1) sugere que fosse utilizada uma lupa.

Já as alunas do grupo 3, Bruna e Patrícia, concluem que os corpos chegam juntos ao fundo do balde apesar do peso ser diferente. Sobre a duração do tempo de queda dos corpos em relação a massa, Bruna concluí que:

Em contato com a água, as massas dos corpos se tornam iguais (apesar de diferentes).

A aluna Flávia (grupo 1), apesar de não ter contato com Diego (grupo 4), compartilha da mesma observação, no entanto, ela vai além:

Foi observado que no balde com água o mais pesado (a esfera de metal) chega primeiro ao fundo, porque há força de resistência.

Continuando seu raciocínio, Flávia já faz um paralelo com a próxima etapa de investigação e demonstra um nível de interação alto com a questão proposta:

A queda dos corpos no ar é diferente da queda na água. Tenho que estudar porque não tenho certeza se essa conclusão está correta. A partir deste simples experimento não consegui tirar conclusões, pois pode ocorrer erros. Precisaria de uma câmera de alta precisão para a filmagem e reproduzir lentamente a partir do abandono do objeto.

Seguindo com a parte experimental, temos a **terceira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 88). A maioria dos grupos tinha dúvidas de como posicionar o caderno e a folha antes de abandoná-los. Suas dúvidas foram resolvidas com uma breve leitura. Alguns alunos questionaram a pergunta ii desta etapa por causa da orientação “não vale dizer não sei”. Em relação à conclusão do experimento, a maioria dos alunos respondera a questão i de forma idêntica, afirmando que o caderno e a folha chegaram juntos ao solo. Em relação à visão individual, a aluna Flávia (grupo 1) afirmou:

O caderno não caiu primeiro que a folha porque a folha estava sobre o caderno. O caderno vence a resistência do ar e esse ar não exerce uma força sobre a folha, fazendo com que ela caia ao mesmo tempo.

Já o Matheus (grupo 2), aplica o termo ‘vácuo’ a situação proposta:

Os dois caem ao mesmo tempo porque o caderno produz um vácuo e a folha não recebe o impulso do vento, por isso a folha permanece colada no caderno.

Um dos únicos alunos a propor uma visão diferente da queda do caderno e da folha foi Marcos, do mesmo grupo do Matheus:

Na verdade, o caderno cai primeiro que a folha, sim, por questão de instantes.

A aluna Patrícia (grupo 3) responde a questão ii desta etapa baseada na posição entre o caderno e a folha:

Na verdade, o caderno que cai primeiro, porque, além do peso ser diferente, a folha está por cima do caderno.

Apesar de serem do mesmo grupo, Bruna coloca sua visão:

O caderno caiu primeiro, pois a folha estava em cima, na sua queda ela meio que colou por cima do caderno.

Questionadas sobre a visão de Aristóteles para o experimento (questão iii), a mesma aluna afirma:

Na visão de Aristóteles, dois corpos abandonados ao mesmo tempo, o mais pesado cai primeiro.

Patrícia (grupo 2) complementa:

Na visão de Aristóteles, dois corpos diferentes abandonados juntos, o mais pesado cai primeiro como aconteceu. O caderno caiu primeiro.

Flávia (grupo 1) foi muito mais detalhista na resposta da questão iii:

A visão de Aristóteles não contava com o poder da resistência do ar e se não tivesse essa força os dois materiais iriam cair ao mesmo tempo. Depende, também, da configuração do elemento. Se o papel estivesse amassado de maneira a formar uma esfera e posicionado ao lado do caderno, abandonados em queda, os dois cairiam com uma diferença menor de tempo do que se a folha estivesse sem dobras. Na minha visão, a resistência estaria concentrada em um ponto menor da folha, tendo menos superfície de contato, fazendo com que ela alcance o chão mais rápido.

Na **quarta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 89), a ideia da atividade experimental é abandonar a esfera metálica e a pedra utilizada (brita) de uma mesma altura ao mesmo tempo, não mais dentro do recipiente (balde com água), e sim, em alguma superfície. Depois, define-se uma superfície, cujo impacto seja audível para abandonar os corpos. Neste momento, todos os grupos mostraram uma grande diversidade na realização do experimento. O grupo 5 realizou a partir de alturas muito baixas. Já os alunos do grupo 3 abandonaram os corpos do segundo andar da escola, repetindo três vezes para confirmar suas conclusões. Seguindo os caminhos experimentais anteriores, o grupo 2 abandonou a esfera metálica e a brita, também, do segundo andar da escola, mas sobre uma chapa de metal no primeiro andar. No grupo 1 houve uma divisão da atividade experimental, onde um aluno abandona os dois corpos, um outro aluno marca o tempo de queda e outro aluno filma a queda. O texto que segue o último experimento da quarta etapa define queda livre.

Patrícia (grupo 3) compara os experimentos realizados na quarta etapa, mas chega a conclusões não muito precisas:

Pude reparar que tanto realizado na água como fora dela, os corpos caem juntos, por mais que o peso seja diferente.

Diferenciando os pensamentos de Filópono e Aristóteles, a aluna continua:

João Filópono tinha razão, pois os corpos caíram juntos, ao mesmo tempo, mesmo com pesos diferentes. Já Aristóteles não tinha razão, pois para ele o corpo mais pesado cairia primeiro.

Com relação a queda dos corpos em uma superfície, a aluna Patrícia descreve:

Jogamos três vezes. Na primeira vez, foi a esfera que caiu primeiro e nas outras duas vezes foi a pedra que caiu primeiro, porém o tempo marcado pelo cronômetro foi o mesmo.

Interessante observar que, ao diferenciar o tempo de queda dos dois corpos, a aluna esquece da diferença entre os conceitos abordados pelos físicos da pergunta anterior:

A diferença entre o tempo de queda dos dois corpos é que, apesar do tamanho e do peso diferente dos dois corpos, o mais leve caiu primeiro por duas vezes.

Todos os alunos do grupo 2 compartilham das conclusões feitas por Patrícia, pois afirmam que a pedra abandonada junto com a esfera chegou primeiro na superfície definida. O aluno Marcelo (grupo 1) adota uma visão diferente em relação aos experimentos realizados:

Comparando os experimentos, foram realizados em locais distintos. Sendo assim, os experimentos não terão os mesmos resultados. A água e o ar têm densidades diferentes.

Comparando as ideias de João Filópono e Aristóteles, Marcelo continua:

João Filópono tinha razão, pois a diferença de peso de dois corpos, se for pouca, não terá a diferença de tempos percebida. Já Aristóteles também tinha razão. Se a diferença de peso for pouca não será possível observar.

Abandonando os corpos sobre uma chapa metálica, Marcelo afirma:

Os dois caem ao mesmo tempo.

Lembrando que o grupo 1 fez a filmagem de queda dos corpos, Marcelo concluiu:

Não encontramos diferença nenhuma entre os tempos de queda dos dois objetos. Colocamos o vídeo em câmera lenta para confirmar. Explicando a diferença entre os tempos, vimos que, praticamente, não houve.

Posteriormente aos experimentos realizados na quarta etapa, todos os alunos leram um texto que afirma: “todos os corpos cairiam em um mesmo intervalo de tempo se abandonados de uma mesma altura”, sendo que o ar exerce um efeito de resistência semelhante tanto na esfera quanto na brita. O aluno compreende que “no vácuo, portanto, o movimento de queda dos corpos na vertical ocorre sem nenhuma interferência de resistência e é chamado de **queda livre**”. Já na água há maior resistência em um corpo de menor massa. Por isso o corpo de maior massa caiu bem na frente. Apesar de todas as explicações do texto, a aluna Patrícia (grupo 3) discorda das afirmações:

Eu não concordo com a afirmação em que na água o corpo de maior massa caiu primeiro, pois eles caíram juntos.

A mesma aluna mostrou dúvida em relação a este experimento (do balde com água) quando foi solicitada em acrescentar alguma questão:

Gostaria, apenas, de esclarecer mais sobre o experimento da água, pois em nosso experimento os dois corpos, apesar de massas diferentes, caíram juntos e a teoria diz diferente [...].

Bruno (grupo 2) também discorda do texto:

Não concordo com a afirmação do texto, porque a diferença no tempo de queda dos dois corpos é muito pequena e não dá pra ver a olho nu. No momento não gostaria de acrescentar questões não esclarecidas, quem sabe mais pra frente.

Já Marcelo (grupo 1), assim como a maioria dos alunos, concorda com as afirmações do texto:

Como eu ia falando, a ação dos ventos interfere sim. Como a água é diferente, ocorrerá diferença no tempo de queda. Com isso eu concordo.

Interessante notar como o desenrolar das atividades suscitou nos alunos uma certa desconfiança em relação as afirmações teóricas do texto. Muitos desenvolveram alguns padrões conceituais com consistência suficiente para questionarem concepções tidas como científicas.

Inicia-se agora a **quinta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 93) com questões sobre o tema **queda livre**, incluindo algumas de vestibular. É observado uma grande interação entre os alunos em diversos grupos, em outros, alguns alunos se dispersaram, deixando as respostas das questões por conta dos outros integrantes. Em um dado momento, Marcelo (grupo 1), começa a contradizer seus pensamentos anteriores, tanto quanto aos alunos integrantes, quanto ao professor. No grupo 6 é visível a discussão para encontrar a melhor resposta para as questões.

Analisando as respostas dos alunos nota-se que muitos continuaram com suas concepções sobre a queda dos corpos, enquanto outros compreenderam e relacionaram as repostas com a definição de queda livre dos corpos.

Na segunda parte desta etapa, entre ler um artigo e/ou assistir a um vídeo sobre o processo de Galileu, foi dado pelo professor uma liberdade de votação feita pelos próprios alunos na escolha do que seria realizado. O resultado foi assistir ao vídeo. Após a sessão, foi feita uma reflexão em grupo com respostas individuais. Para Flávia (grupo 1), assim como para outros alunos, o assunto Geocentrismo x Heliocentrismo foi citado como um ponto do texto que mais lhe chamou a atenção. A aluna comenta:

Parando para pensar, até que o Geocentrismo tinha alguma razão, já que, primeiro, Deus criou a Terra e, depois, os astros. Naquela época sem tecnologia era uma teoria

aceitável. Hoje, com o avanço tecnológico e graças a Galileu Galilei, a teoria heliocêntrica foi comprovada e, além de sabermos que o Sol não gira em torno da Terra, sabemos que outros planetas giram em torno do Sol, em um universo que se expande.

Marcelo (grupo 2) compartilha o mesmo ponto de vista:

Ele [Galileu] falou que o Sol era o centro do universo. Naquela época, acreditavam que a Terra era o centro do universo.

Outro tópico muito citado foi a relação entre ciência e religião. Para Flávia (grupo 1):

A igreja desde sempre se opunha às afirmações da ciência e hoje, a ciência, muitas vezes, é usada para comprovar as ideias da igreja.

Aprofundando-se neste assunto, Marcelo (grupo 1) afirma;

Galileu queria confirmar a teoria de Copérnico para desmentir o Papa. Naquela época, o conhecimento do Papa era divino.

Observando as coincidências na colocação do ponto de vista do vídeo, Patrícia (grupo 3) também fala sobre ciência e religião:

Galileu provou que, ao contrário do que a igreja achava, o Sol era o centro do universo. Ele fez muitas críticas sobre esse assunto. Um artigo feito por ele criticava o pensamento da igreja e realizava piadas com o Papa da época, que era amigo dele.

A relação entre o movimento de queda e a velocidade dos corpos passa a ser tratada na **sexta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 94). Um texto inicial mostrou aos alunos a importância matemática para esta relação. Foi necessário realizar uma pequena revisão de Cinemática para todos os grupos. Foram abordados temas como noção de deslocamento, velocidade média, intervalo de tempo e aceleração média. Baseados nos conhecimentos adquiridos ao longo do material, a partir da questão ii, evidencia-se a criatividade de cada aluno nas respostas relacionadas com a aplicação da matemática na queda dos corpos. Antes da realização do questionário, surgiram dúvidas como: ‘coloco de qualquer maneira mesmo?’ ou ‘preciso achar algum resultado?’ e também ‘tem que fazer conta?’. Neste instante, os alunos foram alertados sobre o enunciado que deixava claro a liberdade na resposta.

Analisando a influência de Pitágoras nas ideias de Galileu, Bruna, aluna do grupo 3, afirma:

A ideia dele [Pitágoras] é que Deus havia criado o mundo através da matemática. E isso era bom, pois teria a igreja ao seu lado, já que era algo que vinha de Deus e era algo que ele [Pitágoras] amava, a Matemática e a Física.

Na proposta de relacionar matematicamente a queda dos corpos, Flávia (grupo 1)

mostra criatividade com teorias abordadas durante a realização do material didático:

A relação matemática da queda dos corpos teria a força da gravidade, a massa do corpo, a resistência e a altura.

A fórmula proposta por Flávia foi: ' $v = m.g.h/R$ ', onde **m** seria a massa, **g** a força da gravidade, **h** a altura e **R** a resistência do ar. Ao colocar o espaço como personagem principal desta relação, a aluna afirma:

O espaço não tem força da gravidade, portanto, não tem queda livre.

Ao ser questionada sobre propor um experimento para analisar as relações matemáticas sobre queda dos corpos para a velocidade e o espaço, Flávia conclui:

Soltar dois objetos de pesos diferentes no vácuo, marca o tempo de queda e filma em câmera lenta. Em seguida, verifique qual objeto caiu mais rapidamente.

Apesar de fazer parte do mesmo grupo (grupo 1), Marcelo propõe uma relação matemática bem diferente:

Primeiramente une a velocidade inicial, associada a ação do vácuo sobre o corpo, dividindo pela massa do mesmo. Creio que a altura não irá alterar muito.

Após a ideia teórica, o aluno descreve a equação: ' $v_f = (v_i - v_a)/m$ ', onde **v_f** é a velocidade final, **v_i** a velocidade inicial, **v_a** seria a ação do vácuo e **m** a massa. Concluindo esta etapa, Marcelo propõe um experimento para analisar as relações:

Criar um sistema de uma cápsula gigante, que dê para calcular a velocidade sem a ação do vento. Depois que formular os cálculos, propor um novo experimento fora da cápsula e depois adequar os cálculos de velocidade colocando a ação do vento.

Trazendo mais um texto histórico, a **sétima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 96) mostra a importância de Galileu Galilei para a Física, desde suas observações astronômicas até as fórmulas matemáticas para o estudo da queda dos corpos, na época, importante inclusive para a balística, hoje, visto no Ensino Médio em Cinemática.

Nesta etapa é observado uma certa inquietação (cansaço) por parte de alguns alunos para a realização de mais experimentos. É confirmado o fato a partir do momento em que muitos deixaram de responder em seus próprios materiais as perguntas desta etapa, colocando todas as opiniões no material de algum integrante, por mais que fossem orientados a preencher os seus. Algumas reclamações também surgiram. A aluna Flávia (grupo 1) foi a responsável por colocar as ideias em seu material, afirmando que, pelas observações realizadas, a velocidade de queda não varia. Ao tentar explicar, matematicamente, tal

variação, a equação escolhida foi muito parecida com que a própria aluna já tinha mencionado anteriormente: ' $v_f - v_i = mgh/R$ '.

No grupo 3 tal iniciativa ficou por conta da aluna Patrícia, que mencionou em seu material a resposta referente a todo grupo sobre a velocidade da queda ser constante. Ela afirma que o corpo em queda mantém sua velocidade constante a partir da altura em que ela foi lançada. Com relação a expressão matemática, Patrícia não mostra, mas justifica como poderia variar a velocidade. Ela diz que caso tenha variação de velocidade, o corpo cairia mais rápido. Devemos calcular a sua variação a partir de sua altura.

Para a realização da **oitava etapa investigativa** (Apêndice A, p. 97) foram feitas algumas adaptações para o experimento. Apesar da sugestão de utilizar canos de água de P.V.C para formação de duas calhas, cada grupo teve uma calha de metal já com algumas marcações. Adaptou-se uma segunda calha utilizando cartolina. A maneira de como foram montados os esquemas de plano inclinado variaram muito de grupo para grupo. Alguns grupos deixaram a calha de metal inclinada e colocaram a cartolina sobre a superfície horizontal, outros fizeram o processo inverso. Para medir a velocidade média (revisão feita em etapas anteriores) da esfera de metal na parte inclinada entre alguns pontos, a maioria dos grupos usou a cartolina, apenas, na parte horizontal, funcionando como suporte. A minoria marcou pontos na cartolina, utilizando a calha como suporte. O grupo 1 chamou a atenção por calcular a velocidade média utilizando um valor médio dos intervalos de tempo em que a esfera percorria dois pontos distintos, já que não foi comentado fazer utilizando média dos tempos. Em todos os grupos, o deslocamento foi medido a partir dos espaços já previamente marcados na calha. Aqueles que utilizaram a cartolina, realizaram novas marcações.

Como a atividade experimental teve a cooperação de todos os alunos em seus respectivos grupos, as respostas para as questões foram iguais. Para o grupo 1, a velocidade escalar foi constante no trecho horizontal. Eles mostraram uma pequena variação de velocidade: 114,92 m/s e 113,64 m/s. Consideraram, também, que no trecho inclinado a velocidade foi constante, já que, novamente, encontraram uma pequena variação nas velocidades, não informando os valores das mesmas. Ao serem perguntados se na parte inclinada o movimento era acelerado, eles respondem que sim, pois a velocidade é constante. Nota-se um conflito de conceitos no grupo 1? Ou uma dúvida no conceito de ser constante?

Para o grupo 3, a velocidade escalar no trecho horizontal não foi constante. Concluíram que houve um aumento de velocidade ao longo da queda da esfera. Afirmaram, também, que na parte inclinada 'conforme a esfera caía, sua velocidade foi aumentando', concluindo que, também, a velocidade neste trecho não foi constante. Ao serem perguntados

se na parte inclinada o movimento ser acelerado, o grupo diz: “seu movimento é acelerado, porém sua velocidade não é constante. Na verdade, ela vai aumentando de acordo com sua queda”. Será que existe uma certa dúvida no conceito de velocidade ser constante ou não para os grupos?

Chamou muito a atenção do docente para a resposta do grupo 2 no que diz respeito a velocidade escalar no trecho horizontal ser constante ou não: “Não, pois a velocidade diminui”. Já na parte inclinada, o grupo afirma que a velocidade aumenta, sendo informado de quanto mudou para cada trecho: de A para B, aumentou 1,25 m/s; de B para C, 3 m/s. Ao serem perguntados se na parte inclinada o movimento é acelerado, o grupo conclui: “vai ganhando mais velocidade ao passar do tempo”.

De uma maneira geral, apesar do cansaço apresentado no início dos estudos experimentais sobre a velocidade na queda, os grupos se comportaram com interesse e realizaram as atividades com zelo.

O texto que se segue nesta etapa define para o aluno que o movimento de queda livre dos corpos era acelerado, onde se observa a variação da velocidade, que aumenta proporcionalmente ao tempo, segundo Galileu. A parte horizontal do movimento foi classificado como movimento uniforme, pois a velocidade é constante. É apresentada, também, a função horária da velocidade e a definição de velocidade média para um movimento com aceleração, chamado de Movimento Uniformemente Variado. A partir de uma demonstração gráfica, o aluno pôde verificar uma outra função horária, a dos espaços.

Apesar da semelhança com a etapa anterior (no quesito experimental), muitos alunos questionaram o preenchimento da tabela da **nona etapa investigativa** (Apêndice A, p. 101). Ficou evidente, em todos os grupos, uma certa dispersão que exigiu a intervenção docente. Passando por todos os grupos, foi possível orientá-los na sequência do material. Um dos poucos alunos a responder a questão i desta etapa foram os do grupo 3, afirmando e mostrando que a função horária das posições na queda livre tem suporte experimental. A demonstração foi feita através de valores calculados por eles a partir dos tempos medidos no experimento. Os outros grupos apenas mostraram as diferentes posições determinadas a partir dos instantes marcados.

Com relação a velocidade ser proporcional ao tempo, todos os grupos concluem que sim. O próprio grupo 3 afirma que o motivo de ser proporcional é porque a aceleração não varia. Como, também, o grupo 1 conclui que “[...] a aceleração é constante, mas com o passar do tempo a velocidade aumenta”.

Ao serem questionados sobre Galileu ter deduzido uma relação respeitável, a Patrícia

do grupo 3 afirma:

Sim, pois desenvolveu formas que podem comprovar.

Já a aluna Flávia (grupo 1) apresentou uma certa desconfiança:

Acho que sim, parece ter deduzido, mas fiquei com dúvidas no experimento.

A nona etapa segue com textos resumindo a forma de investigar o movimento de queda dos corpos feita por Galileu Galilei, mostrando as funções horárias das velocidades e das posições relacionadas. Constata-se na experiência realizada que o movimento possui aceleração constante e é regido pelas expressões citadas anteriormente. Classificamos este como Movimento Uniformemente Variado.

Nos corpos em queda, como fica a questão da aceleração? Essa foi a pergunta feita para os alunos. Galileu realizou os experimentos em planos inclinados, mas para os alunos do grupo 1 “a aceleração será a mesma, independente do ângulo de inclinação”. Já o grupo 3 concluiu, apesar do texto inicial, que “a aceleração do corpo aumenta, conforme sua queda”, tendo o grupo 2 compartilhado da mesma ideia: “a aceleração é maior quanto maior for sua queda”.

A proposta do texto seguinte foi fazer com que o aluno tirasse todas suas dúvidas em relação a suas conclusões a anteriores, mostrando que a aceleração verificada no movimento de queda livre é constante independente da inclinação do plano. A afirmação é válida de forma aproximada, já que existem fatores que influenciam no resultado, como as resistências. O aluno pôde, através do texto, conhecer o “método científico⁸ de Galileu, adotado para sistematização da Lei de Queda dos Corpos, mas não de forma aprofundada, propondo a todos uma pesquisa sobre o assunto em outro momento.

A próxima experiência, cerne da **décima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 104), propõe ao aluno a medição da aceleração da gravidade **g** utilizando a relação deduzida por Galileu: $s = a \cdot t^2 / 2$. No procedimento, os alunos abandonaram uma esfera de uma altura entre 2m e 3m medida minuciosamente; repetiram a medição cinco vezes e calcularam a média aritmética. Tomaram como referência o valor de **g = 9,8 m/s²**. Foi proposto, também, um segundo experimento opcional para a medição da aceleração da gravidade, mas nenhum grupo o fez, o que foi aceito pelo professor.

O grupo 1 optou por uma altura de 2 m, medidos através de uma trena. O valor médio

⁸ O material didático não problematizou questões relativas ao ‘método científico’, considerando razoáveis propostas históricas que consideram a pesquisa de Galileu como constituidora de uma metodologia original.

da aceleração da gravidade encontrado por eles foi muito acima do valor de referência: $a = 15,62 \text{ m/s}^2$. Observando o resultado de alguns grupos (2,5 e 6), a média dos tempos foi feita, mas o resultado da aceleração não foi determinado adequadamente. Já o grupo 3 encontrou um valor muito abaixo do esperado: $a = 1,8 \text{ m/s}^2$. Analisando as respostas, houve um desgaste por parte dos alunos? Ou podemos concluir que não houve uma compreensão na realização desta etapa?

Para conclusão deste capítulo, foi proposta uma sistematização dos conceitos na **décima primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 106). O texto traz o conceito do movimento chamado **queda livre** e define a aceleração de queda como **aceleração da gravidade** representada pela letra **g**. Lembra aos alunos que por ser um movimento com aceleração constante é definido como **Movimento Uniformemente Variado**. Mostra o valor da aceleração da gravidade no nível do mar, latitude 45° , como sendo de $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Define-se, também, que em um corpo em queda, o módulo da velocidade aumenta com o tempo, sendo, assim, um movimento **acelerado**. Ao ser lançado verticalmente para cima o módulo da velocidade diminui e o movimento passa a ser considerado **retardado**. São analisados os sinais da velocidade e da aceleração através da álgebra, frisando que os sinais da aceleração da gravidade dependem apenas da orientação da trajetória, pois seu sentido é sempre de cima para baixo. Por fim, são representadas as funções que descrevem os movimentos na vertical sob a ação da gravidade quando consideramos **g** constante, sugerindo a dedução da equação de Torricelli em um quadro branco.

De uma maneira geral, os alunos pareceram satisfeitos com a finalização dos trabalhos, apesar do cansaço demonstrado na última atividade experimental. As pendências conceituais foram aparentemente sanadas.

6. ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresentará, inicialmente, quatro entrevistas feitas com alunos escolhidos de grupos distintos, mostrando suas considerações com relação à implementação do material didático. Por fim, será feita uma interpretação dos dados da pesquisa com base no referencial teórico. As observações docentes (capítulo 04) sobre a aplicação do material também servirão como base de dados para a análise conclusiva.

6.1 Entrevistas

Foram selecionados para a entrevista (roteiro no apêndice B) alguns alunos já mencionados no capítulo anterior: **Flávia** (grupo 1), **Bruno** (grupo 2), **Patrícia** (grupo 3) e **Bruna** (grupo 4)⁹. A seguir serão apresentados alguns pontos citados pelos mesmos sobre o projeto didático realizado.

Flávia

Iniciando as entrevistas, **Flávia** demonstra sua satisfação para com o material didático e sua importância como complemento em sala de aula¹⁰:

O projeto didático foi muito bom porque nós pudemos sair um pouco da **didática dos livros**. Fez com que pensássemos **por nós mesmos**, pois não conhecíamos o conteúdo. Fizemos desde a **observação, analisamos, experimentamos até tirar nossas próprias conclusões** sobre cada assunto que foi apresentado.

Sobre a presença de textos históricos no projeto, a aluna destaca a importância de usá-los como referência de algumas ideias:

[...] fiquei na **dúvida** se poderia usar informações com base no texto que estava lá ou se teria que **formular outra ideia**.
[...] o texto de **Galileu Galilei** me chamou mais atenção.

Flávia vê o uso de experimentos em sala de aula como uma outra forma de estudar os conteúdos propostos. Observamos que em um determinado ponto da entrevista, a aluna

⁹ Os nomes são fictícios.

¹⁰ Todos os destaques (grifos) na fala dos entrevistados são nossos.

recorda um experimento realizado e confirma como destaque um outro em que teve algum tipo de dúvida.

O experimento foi **importante** porque a gente não fica só naquele negócio do papel, não é? Nós vemos o conteúdo com nossos próprios olhos, o que acontece no dia a dia.

[...] tipo aquele experimento da **calha**? Que tinha que soltar o objeto e marcar o tempo? Foi **muito importante** para mim aquele experimento.

O **experimento** para mim que mais se **destaca**, o que eu fiquei mais na dúvida, foi o que tinha que **soltar os objetos no ar**.

Ao ser lembrada de duas experiências realizadas no início da atividade, **Flávia** expõe seu desconforto:

[...] o de soltar as bolinhas com pesos diferentes eu **tive muita dúvida**, inclusive quando soltou na água, porque eu não sei se tem uma resistência. Tem resistência dentro da água, mas eu não sei se vale para o objeto mais pesado ou para o mais leve.

Outro destaque da aluna foram as dúvidas geradas pelos textos e pelas experiências realizadas na proposta didática, mas observa-se um enfoque maior nas questões geradas pelos experimentos:

Teve muito texto que **me enganou** um pouco. O experimento também, porque tinha vezes que a gente via que o pesado caía primeiro, outras vezes no mesmo instante.

A aluna mostrou-se focada ao afirmar que alguns textos citando Galileu mostrava sua teoria sobre **queda livre**, mas não recordava o experimento realizado por ele que o levava a esta conclusão. Ela observou que o caminho teórico que o levou a experiência do plano inclinado foi a ideia de que o corpo mais pesado chegava primeiro ao solo do que o mais leve.

Mais um destaque colocado por **Flávia** foi verificar que o movimento em um plano inclinado se diferencia de um movimento vertical por causa do atrito.

Por não ter sido orientada pelo professor em boa parte do projeto, a aluna afirma:

Eu achei **muito interessante**. Fiquei muito na dúvida se eu estava certa, se eu estava errada [...]. O **professor não falava nada** em relação as minhas dúvidas, eu tirava com meus próprios amigos do **grupo** ou comigo mesma.

Como um todo, **Flávia** destaca os **experimentos** com maior importância no material do que os **textos** históricos. Ao ser perguntada sobre uma possível continuidade do material, a aluna conclui:

[...] o professor, muitas vezes, não sabe o que o aluno pensa. Com este material didático, ele consegue **perceber qual o pensamento de cada um** e, assim, vai saber como atuar em determinadas questões.

Bruno

Em seus comentários iniciais observamos a motivação do aluno com o material didático, dando enfoque à parte experimental:

Professor, o projeto foi **ótimo**. Deu para **aprender muito mais** do que aprenderíamos **só com a sala de aula**. Aprendemos na **prática** [...]. O que a gente poderia não aprender no quadro, nós aprendemos na prática. Tiveram muitas **experiências** legais como a da bolinha e da calha, foi muito legal.

Quanto ao uso de textos históricos, o aluno entende como uma forma de construção da aprendizagem:

[...] alguns textos contam histórias bem antigas. Para entendermos do futuro, temos que entender a **história** do passado. Isso **ajudou muito**. Galileu já tinha na história uma base para fazer sua experiência.

Como afirmado anteriormente, **Bruno** coloca a utilização de experimentos no projeto didático como de maior importância:

Ter **experimento** em um projeto é bem melhor, professor. A pessoa fica mais animada de fazer, para ver o resultado [...]. O melhor experimento foi o da calha e da bolinha de gude. Foi **muito ‘massa’!**

Em um outro momento, o aluno confirma a importância de um **conhecimento prévio** ao sentir um desconforto em relação as atividades experimentais do projeto. Observa-se, também, que os textos históricos são base para encontrar determinadas respostas referentes a dúvidas anteriores:

[...] como estava no começo, a gente não tinha visto a matéria. Então, meio que confundiu um pouco, mas logo depois todo mundo foi aprendendo mais, foi entendendo e ficou mais fácil.

[...] no começo, ficávamos querendo fazer os exercícios rápido para sair da sala logo [risos]. Quando a gente não lia os textos e chagava nas perguntas, a gente não sabia nada. Então a gente tinha que voltar, reler o texto para fazer tudo de novo.

Ao ser perguntado sobre o caminho teórico percorrido por Galileu para realização do experimento do plano inclinado, **Bruno** não se recordou. Aproveitando este momento da entrevista, o professor questiona a importância de ter realizado a atividade sem o acompanhamento do professor:

Se o professor não falasse nada, não íamos conseguir fazer nada [risos]. Não íamos conseguir sair da primeira questão [...]. Mas o professor não falou muita coisa, não. Nós usamos muito **nosso raciocínio**. Ele [o professor] colocou a gente para usar muito o raciocínio. Mas ele ajudou bastante a gente também [mais risos].

Ao final da entrevista, **Bruno** destaca o momento da aplicação do projeto didático como de **mais importante** em seu estudo, além de citar como ponto crucial do material a parte dos **experimentos**:

[...] o terceiro bimestre foi um dos melhores do ano! Um dos melhores não, **foi o melhor!** Porque, eu não sou lá aquele grande aluno, então ajudou muito [...]. O mais importante no material foi a calha e a bolinha de gude. Achei muito interessante, também, da pedra e da bolinha de gude que nós deixamos cair do segundo andar. Até hoje eu tenho dúvida de quem chegou no chão primeiro.

Patrícia

Em suas considerações iniciais, **Patrícia** já demonstra sua satisfação com o material didático e sua importância para com a aprendizagem:

Bom, o projeto foi muito interessante. A gente pôde **aprender bem**. Tiramos dúvidas sobre um conteúdo que a gente não conhecia.

A aluna destaca a presença dos textos com enfoque histórico sendo base para a realização dos experimentos, para aprendizagem de conceitos e conhecimento da história da ciência:

Os **textos** ajudaram para a gente conseguir fazer as **experiências** e aprender mais sobre o assunto [...]. Algumas histórias a gente não conhecia, como a de Galileu, como ele começou, os desenvolvimentos dos projetos dele. Não só dele, como de outros que, agora, não me recordo do nome [risos]. O que destacou o momento dos textos foi a gente conhecer mais um pouco cada um [os cientistas] e como eles começaram.

Com relação a realização de experimentos, **Patrícia** comenta sobre a forma diferente utilizada pelo grupo de abandonar os dois corpos de uma certa altura, proposto na atividade. Ela afirma, também, a importância da atividade experimental no desenvolvimento do conhecimento do conteúdo, destacando a dificuldade de compreensão anteriormente ao projeto:

Um dos experimentos mais interessantes que o grupo fez foi o que a gente abandonou os objetos do segundo andar para saber o tempo que levariam pra cair [...]. Todas as **experiências** foram bem interessantes porque a gente conseguiu **aprender** bem mais coisas que a gente nem imaginava que podia acontecer com

aqueles materiais e que, geralmente, a gente tinha algumas confusões de tempo que levaria pra cair. Foi **muito diferente do que a gente achava**.

Um ponto crucial da entrevista foi a aluna **Patrícia** lembrar, de imediato, sem nenhuma interferência do professor, as atividades experimentais que provocaram um certo desconforto, uma confusão:

[...] houve **confusão** de como íamos deixar cair o caderno [...]. Em relação à pedra, nós pensávamos que um ia cair primeiro que o outro e foi **totalmente o contrário**.

Os problemas gerados ou **conflitos cognitivos**, presentes no início do trabalho, chamaram sua atenção, segundo a própria aluna. Ela afirma uma certa **ansiedade** por parte do grupo para as próximas etapas do projeto:

A gente teve **mais curiosidade** de saber como seriam os próximos resultados, já que estávamos vendo que estava acontecendo **tudo ao contrário**.

Em relação ao experimento crucial realizado por Galileu e seu caminho teórico até culminar nele, não foi recordado pela aluna. No entanto, ela opina sobre o movimento realizado em planos inclinados lembrado pelo professor e movimentos verticais. É observado uma certa confusão em relação a rapidez e tempo de queda:

Tem uma diferença nos movimentos. A gente percebeu que na vertical, a velocidade era bem maior, ou seja, caía mais rápido. Já quando estava [...] não, não, agora confundi! Quando estava inclinado, caía mais rápido e na vertical demorava mais um pouquinho do tempo. O tempo dele foi menor.

Para **Patrícia**, a intervenção do professor nas questões do material didático é de extrema importância, já que são apresentadas algumas dificuldades no desenvolvimento do projeto:

Sem o **acompanhamento do professor** foi um pouco complicado fazer. Tinham coisas que a gente não entendia, realmente! Mas foi bom, porque gerou um certo **interesse** de todo mundo pra poder aprender, ler, testar, fazer as experiências.

Concluindo a entrevista, a aluna coloca como destaque do material as **dúvidas geradas**, além de observar a utilização de **materiais de baixo custo** para realização de experimentos e para facilitar a aprendizagem:

O material como um todo foi interessante. Tinham coisas que a gente não sabia. A gente confundia os resultados, achávamos que era uma coisa, depois deu outra [...]. Para fazer os experimentos nós utilizamos materiais fáceis de achar, de conseguir [...]. Não sabíamos a proporção do que eles poderiam fazer [...]. A utilização da bolinha de gude e da rampinha foram importantes. Utilizar a brita também foi muito interessante.

Bruna

A última aluna entrevistada foi a **Bruna**. Um dos destaques do projeto didático observado por ela foi compreender que alguns conceitos do conteúdo proposto dependem de conceitos prévios. Ela afirma também o aprendizado do conteúdo após a realização do material e o caráter relativo do conhecimento:

Professor, eu achei muito **legal!** Eu **aprendi** Física [...]. Vi que tudo era **relativo**, os pesos das experiências que a gente fez [...]. **Aprendemos** sobre a resistência do ar [...]. Aprendemos, também, que a altura, o plano inclinado, é tudo **relativo!**

A aluna coloca os textos com enfoque histórico como de grande importância na compreensão do conteúdo estudado e no entendimento da cronologia da história da ciência:

Eu acho que o **texto ajuda**. Nos direciona para saber o que temos que fazer. A gente fica sabendo, também, **como eles descobriram** todas as coisas [...]. Todos os textos ajudaram muito. Se não tivessem os textos, nós não saberíamos o que fazer, não teríamos um direcionamento [...]. Achei interessante saber a **história** também. Você [o professor] passou até um vídeo para gente.

Um fator importante observado na entrevista da aluna foi fazer uma interdependência entre experimentos e textos históricos, apesar de manter uma concepção empirista de comprovação da teoria. Ela destaca, também, o momento mais importante com relação a realização de um dos experimentos:

O experimento é para a gente **comprovar** o que está no texto, para saber se é aquilo mesmo ou não é [...]. O **experimento** que mais me chamou a atenção foi o que nós jogamos os dois objetos do segundo andar da escola para marcar o tempo que eles levavam pra chegar no chão.

Continuando a entrevista, a aluna não recordava dos experimentos iniciais e precisou ser lembrada pelo professor. Ao ser lembrada, ela demonstra qual foi seu **desconforto** em relação a um deles:

Quando eu joguei a brita e a esfera na água, eu achei que a brita afundaria mais rápido do que a esfera por ela ser mais leve [...].

Após o desconforto inicial, **Bruna** fala sobre a importância da **dúvida** na realização das atividades como fator desencadeador da curiosidade:

[...] causa uma certa **curiosidade**, e com ela a gente quer aprender, quer saber como faz, e com as experiências, ajuda.

Ao ser perguntada sobre o experimento realizado por Galileu, a aluna confunde dizendo que foi do papel e do caderno, sendo, em seguida, lembrada pelo professor que foi a experiência do plano inclinado. Já com relação ao caminho teórico percorrido por Galileu, a aluna recordava de alguns pontos do material didático. Na diferença entre o movimento no plano inclinado e na vertical, **Bruna** conclui:

O movimento nos dois planos traz resultados diferentes porque um está inclinado, e o outro não [...].

Compartilhando da mesma ideia de alguns entrevistados anteriores, ela mostra uma certa dificuldade em não ter sido orientada a todo instante pelo professor. Ao mesmo tempo, a aluna afirma que foi necessário:

Eu achei **difícil** em algumas partes, tanto que a gente te chamou para explicar. Nem tudo a gente entendeu o que era proposto, o que queria exatamente [...]. Foi legal que **todo mundo participou**, a turma inteira foi bem participativa. Se fosse uma aula comum, nem todo mundo teria tanto interesse em participar. Foi diferente. Achei bem legal!

Na conclusão da entrevista, a aluna coloca alguns destaques:

O material foi legal. Eu destaco o **experimento** da rampa, a queda da esfera, a utilização do cronômetro para poder saber o tempo que ela cai, achei bem legal [...]. Eu não ligo fazer experimentos com materiais sofisticados. Deu para desenvolver tudo que foi proposto. Não necessitaria de um material muito melhor.

6.2 Análise dos dados frente ao referencial teórico

Tanto nas entrevistas como durante a aplicação do material didático, o professor/pesquisador estava atento a elementos identificadores de atitudes favoráveis, foco principal da investigação. Bloom, Krathwohl e Masia (1974) já sinalizavam desde a década de 1970 sobre indícios de mudança atitudinal como, por exemplo, mudança na visão discente sobre o ensino de física, postura de pesquisa fora da sala de aula, discussões dentro e fora de classe sobre os temas abordados, utilização de outras fontes de informação além do livro didático, participação ativa em um projeto, trabalho em grupo, fazer perguntas, satisfação na realização das atividades, dentre outros. Para Sarabia (2000, p. 170), avaliar atitudes implica em observar as manifestações verbais e comportamentais dos sujeitos.

Nesta perspectiva, pode-se dizer que o comportamento e as falas dos alunos investigados são indicativos de um envolvimento cognitivo e afetivo satisfatórios, no que diz respeito à atitude para com o ensino dos temas da Física postos em relevo. Tanto nas observações docentes descritas no capítulo 5, como nas entrevistas, alguns pontos podem ser colocados como categorias de análise: i) relacionados à Física: experimentos, história da ciência, aprendizado do conteúdo; ii) relacionados à estrutura do material: autonomia, conflito cognitivo/insegurança, estrutura geral do material didático; iii) relacionados às variáveis afetivas: satisfação na realização das atividades, engajamento, trabalho em grupo de forma efetiva.

Tais aspectos estão, direta ou indiretamente, presentes na literatura sobre atitude. Em seguida, procurar-se-á discorrer sobre tais temas sob a ‘luz’ dos referenciais teóricos apresentados no capítulo 2.

Experimentos

De maneira geral, as atividades experimentais do material didático foram mencionadas pelos alunos entrevistados como os momentos mais importantes e foram destaques de todos os grupos na realização do projeto.

O uso de demonstrações experimentais, por exemplo, serve como ferramenta para a construção efetiva de conceitos e são uma maneira de apresentar a física como uma ciência que vai além das abstrações matemáticas e memorização de fórmulas, permitindo que o aluno atinja uma compreensão conceitual importante na edificação dos conceitos (FIGUEROA; GUTIERREZ, 1992). Muitos autores colocam os experimentos como forte estratégia de

ensino, apresentando como um dos pontos positivos observados, o incremento atitudinal (LONG; OKEY; YEANY, 1981).

A aluna **Flávia** em sua entrevista fala sobre a construção de suas próprias ideias:

[...] Fizemos desde a **observação, analisamos, experimentamos até tirar nossas próprias conclusões** [...].

Assim como esta aluna destaca, muitos outros produtos educacionais utilizam experimentos para uma efetiva construção dos conceitos em Física (AXT, 1990), e exploram formas de utilizá-los a fim de permitir que sejam um passo constitutivo na elaboração conceitual (FIGUEROA; GUTIERREZ, 1992).

Bruno se mostra motivado nos momentos experimentais do projeto:

Ter **experimento** em um projeto é bem melhor, professor. A pessoa fica mais animada de fazer, para ver o resultado [...].

Uma questão colocada pela aluna **Bruna** em sua entrevista foi a utilização de materiais simples para a realização dos experimentos:

[...] Eu não ligo fazer experimentos com materiais sofisticados. Deu para desenvolver tudo que foi proposto. Não necessitaria de um material muito melhor.

Vários educadores apontam a dificuldade em utilizar experimentos como estratégia de ensino por não terem laboratórios aparelhados ou materiais de ponta. Um ponto importante a salientar é a utilização de materiais de baixo custo na construção dos experimentos, tornando-se um elemento facilitador para o professor e para o aluno. Também mostra que é possível enriquecer uma aula sem grandes recursos econômicos. Sabemos que em um país como o Brasil, não encontramos laboratórios em inúmeras escolas (AUGÉ, 2004).

Em Augé (2004) e Rangel (2017) são encontrados materiais didáticos cujo incremento atitudinal foi relacionado, dentre outros aspectos, à presença de atividades experimentais.

História da Ciência

O uso de textos com enfoque na história da ciência serviu de orientação para o aluno entender melhor o desenvolvimento do projeto didático e conhecer os conceitos antes e após a

realização de experimentos, como vimos na entrevista da aluna Bruna, que destacou bem tal aspecto:

Eu acho que o **texto ajuda**. Nos direciona para saber o que temos que fazer. A gente fica sabendo, também, **como eles descobriram** todas as coisas [...]. Todos os textos **ajudaram muito**. Se não tivessem os textos, nós não saberíamos o que fazer, não teríamos um direcionamento [...].

Como a aprendizagem se dá através da superação de obstáculos ao desenvolvimento cognitivo, conhecer o desenvolvimento histórico de um tema dá subsídios à compreensão das dificuldades dos alunos, o que favorece a definição de encaminhamentos de conteúdos (GAGLIARDI, 1988). Inclusive, não são todos os casos que levam o aluno a concordar plenamente com as definições apresentadas, permitindo a criação de um ambiente saudável de questionamento. Podemos afirmar, então, que a história de uma maneira geral, pode contribuir para o desenvolvimento de uma nova visão da ciência e dos cientistas. Através da história da ciência “o aluno obtém não apenas informação, mas, sobretudo, desenvolve atitudes” (CASTRO; CARVALHO, 1992, p. 234). A aluna Patrícia, por exemplo, depois de ter lido o texto sobre queda livre na quarta etapa investigativa, afirma que:

[...] eu não concordo com a afirmação em que na água o corpo de maior massa caiu primeiro, pois eles caíram juntos.

Para o aluno, os textos históricos são fundamentais para a aprendizagem. Segunda a própria aluna Patrícia destaca:

Os **textos** ajudaram para a gente conseguir fazer as experiências e **aprender** mais sobre o assunto [...].

Há um esforço no sentido de mostrar a ciência como construção, o que é de vital importância para a promoção de uma mudança metodológica em sala de aula. A história tem sido apontada como colaboradora para a efetivação dessa mudança (CASTRO; CARVALHO, 1992).

Nas observações feitas em sala de aula, descritas no capítulo 5, um dos pontos de destaque foi a interação entre aluno e material instrucional efetivada nas atividades de leitura dos textos com inclinação histórica, mostrando o potencial de tal recurso para o aprendizado e para uma mudança de postura discente.

Um ponto importante observado nas entrevistas foi a relação entre história da ciência e experimentos descritos por Bruno:

[...] alguns textos contam histórias bem antigas. Para entendermos do futuro, temos que entender a **história** do passado. Isso **ajudou muito**. Galileu já tinha na história uma base para fazer sua experiência.

A história da ciência evidencia os obstáculos epistemológicos na construção conceitual (GAGLIARDI, 1988) e constitui uma fonte de experimentos desenvolvidos pelos pesquisadores no transcorrer da história (MARTINS, 1990, p. 4).

Aprendizagem

Segundo Vázquez Alonso e Manassero (1995, p. 338) há uma tendência dos professores associarem o conceito de atitude com a disposição dos estudantes para o aprendizado da ciência. Ou seja, uma atitude positiva favoreceria o aprendizado.

Com relação ao aprendizado da ciência, há um paradoxo curioso (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 45): os alunos não aprendem porque não estão motivados ou não estão motivados porque não aprendem?

Ausubel assume que a motivação é tanto um efeito como uma causa da aprendizagem. Segundo o autor (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 359), é possível aumentar a motivação elevando “ao máximo o impulso cognitivo por meio da ativação da curiosidade intelectual, usando material que atraia a atenção e organizando as aulas de modo a garantir uma aprendizagem bem sucedida”.

Em vários momentos do capítulo 5 foi descrito pelo professor/pesquisador que os alunos estavam confiantes, pois estavam aprendendo ou tinham uma ‘percepção’ de que estavam. Aprendizagem gera atitude positiva. Os alunos Marcos e Leandro, por estarem motivados (e mostrando uma segurança cognitiva), sugeriram fórmulas que demonstravam a relação entre massa, velocidade e tempo de queda.

Segundo Pozo (1998, p. 241), a elaboração conceitual exige do aluno a construção de uma teoria melhor do que suas concepções alternativas e que satisfassam as demandas de um problema novo que seja apresentado como um desafio. Haverá a opção pela proposta da ciência, tida como mais abrangente. Tal escolha será fruto de uma reflexão a respeito das concepções pessoais e sua limitação explicativa diante da questão proposta. Assim, a ciência se apresentará como uma solução plausível para aquele contexto. Nesta perspectiva, o

ambiente de aprendizado criado pelo produto educacional proposto parece ter permitido o desenvolvimento de uma postura positiva, tanto do ponto de vista cognitivo, quando atitudinal.

Uma forte interação dos alunos com algumas questões propostas mostra uma vontade de aprender, como a aluna Flávia sugere:

[...] tenho que estudar porque não tenho certeza se essa conclusão está correta. A partir deste simples experimento não consegui tirar conclusões, pois podem ocorrer erros [...].

O sentimento de construção do conhecimento é reconhecido pela própria aluna ao afirmar:

[...] fez com que pensássemos **por nós mesmos**, pois não conhecíamos o conteúdo.

Autonomia

Iniciamos este tema da categorização com a frase de Flávia que também pode ser associada com a autonomia presente durante todo o projeto:

[...] fez com que pensássemos **por nós mesmos**, pois não conhecíamos o conteúdo.

Flávia também fala sobre a construção de suas próprias ideias durante os experimentos:

[...] fizemos desde a observação, **analisamos, experimentamos até tirar nossas próprias conclusões** [...].

Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) faz uma distinção entre ensino e aprendizagem, não os considerando realidades dicotômicas, e estabelece uma relação entre associação e reestruturação. Há momentos em que o aluno estabelece relações significativas entre os conceitos de uma disciplina, e as estratégias de ensino fomentam percursos de pesquisa (do tipo científica), o que remete à aprendizagem autônoma (Ibid., p. 20).

Ainda associada à autonomia, Bruno mostra a importância da não interferência do professor no processo de aprendizagem. Apesar disso, o educador deve observar e apoiar a visão construtiva do aluno:

[...] nós usamos muito **nosso raciocínio**. Ele [o professor] colocou a gente para usar muito o raciocínio[...].

Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 36) salienta que a predisposição pode ser afetada negativamente. Primeiramente quando há uma desvalorização das formulações dos alunos por parte dos professores; também quando há ausência de confiança através de fracassos repetitivos ou crônicos.

Com o aluno motivado, nota-se uma possibilidade para aprendizagem mais significativa, como sugere a fala de Patrícia:

[...] bom, o projeto foi muito interessante. A gente pôde **aprender bem** [...].

Long, Okey e Yeany (1981) é um exemplo de relação positiva entre estratégias de ensino e atitude. Um grupo geriu a aplicação da estratégia, enquanto outro recebeu forte apoio do professor. Ambos os grupos obtiveram ganhos em aprendizado e atitude. No entanto, houve maior incremento atitudinal no grupo que gozou de maior autonomia. Ajewole (1991) também apresenta uma abordagem marcada pela autonomia na busca dos novos conhecimentos, nos moldes de uma investigação dirigida. Hanrahan (1998) mostra a importância da percepção dos alunos sobre o processo de aprendizagem no que concerne a autonomia, quando o foco são as variáveis motivacionais.

Conflito cognitivo

Uma das características mais marcantes do projeto didático é a situação de forte conflito empírico-cognitivo gerado nas primeiras atividades sobre a queda quanto à massa. Os alunos são sugestionados a acreditarem que os corpos de maior massa caem mais rápido do que os mais leves, inclusive com o aval teórico de Aristóteles. Tal característica foi de extrema importância para suscitar o interesse pela realização das tarefas. Isso não passou despercebido pelas observações docentes detalhadas no capítulo anterior nem pelos alunos.

Bruna demonstra seu **desconforto** em relação a um dos experimentos:

Quando eu joguei a brita e a esfera na água, eu achei que a brita afundaria mais rápido do que a esfera por ela ser mais leve [...].

Ela também fala sobre a importância da dúvida na realização das atividades como fator desencadeador da curiosidade:

[...] causa uma certa **curiosidade**, e com ela a gente **quer aprender**, quer saber como faz, e com as experiências, ajuda.

A possibilidade de se estabelecer um *conflito sociocognitivo* é importante para a efetivação da mudança de atitude. No entanto, os desequilíbrios provocados devem ser percebidos pelos alunos como geradores de mudanças autônomas com possibilidade de êxito (POZO, 2002, p. 144; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 39). Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 356) também aborda tal questão. Para ele, a aprendizagem de material dito “controvertido” é fortemente influenciada por atitudes favoráveis e vice-versa, o que também repercute na motivação para o aprendizado.

Estrutura do material

A estrutura do material didático é explicitamente caracterizada pela diversificação de atividades e pelo tempo relativamente pequeno em que os alunos se dedicam as mesmas. Tais aspectos foram intencionalmente colocados e gerava uma constante percepção de que ajudaria muito a criar um ambiente motivador e pouco monótono. Fazendo suas observações em sala, o professor/pesquisador, logo de imediato, identifica uma melhoria na participação da turma, não só do ponto de vista cognitivo, mas também afetivo. Vale lembrar que o mesmo é regente da turma e de outras turmas na mesma escola, sabendo das dificuldades inerentes ao ensino de física nas classes da mesma escola e de outras também, particularmente em escolas públicas estaduais. Ficou notório o dinamismo que a estrutura do material didático imprimiu ao desempenho da classe.

Abrindo a parte das entrevistas, Flávia já menciona a importância do material didático frente aos livros didáticos que conhece:

O projeto didático foi muito bom porque nós pudemos sair um pouco da **didática dos livros** [...].

Sabemos que hoje a maioria dos livros didáticos não costuma apresentar momentos importantes ligados ao dinamismo da ciência: como os cientistas trabalham; quais as ideias abandonadas, mas que já fizeram parte do escopo teórico da ciência; dentre outros (QUINTAL; GUERRA, 2009, p. 23).

Para contornar esta situação, o material didático apresentado utiliza textos históricos problematizadores, experimentos, questões, filmes, atividades extraclasse, dentre outras, como estratégia de ensino. Em vários momentos da aplicação do projeto os alunos se demonstravam motivados por terem trabalhado o conteúdo de forma diferenciada. Bruno mostra em sua fala a utilização do material facilitou sua aprendizagem:

[...] deu para **aprender muito mais** do que aprenderíamos **só com a sala de aula**.

Vale lembrar que as atividades foram, em sua maioria, realizadas em sala de aula, mas Bruno tem a ‘sensação’ de estar em um ambiente diferente. Estava se referindo à ‘sala de aula’ que faz parte de sua rotina de aluno.

Satisfação/engajamento

De uma maneira geral, os alunos pareceram satisfeitos com a finalização dos trabalhos, apesar do cansaço demonstrado na última atividade experimental. Essa afirmação é observada na primeira pergunta da entrevista, em que a maioria dos alunos elogia o trabalho e aponta pontos positivos na estrutura do material. Para Flávia, a não utilização momentânea do livro didático e a aprendizagem de um novo conteúdo representa uma satisfação. Bruno é ainda mais incisivo:

Professor, o projeto foi **ótimo**. Deu para **aprender muito mais** do que aprenderíamos **só com a sala de aula**. Aprendemos na **prática** [...]. O que a gente poderia não aprender no quadro, nós aprendemos na prática [...].

Os alunos como um todo, durante a aplicação do projeto, demonstraram bastante engajamento. De acordo com o capítulo 5, vimos que em vários momentos, os alunos ficavam intrigados com a parte de experimentos. Alguns, inclusive, falam em estudar em casa para tirar suas dúvidas. A cada etapa do material didático participavam motivados. Os grupos realizavam as atividades experimentais de forma muito criativa. Satisfação e engajamento

estão interligados e possuem repercussão nas atitudes (AUGÉ, 2004; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001; SARABIA, 2000).

Trabalho em grupo

Uma das características mais marcantes da proposta didática foi a formação dos grupos de alunos, que se mantiveram em todas as atividades propostas. Durante a aplicação do projeto, o professor/pesquisador pode constatar que tal característica foi muito frutuosa, pois permitiu uma interação profícua dos sujeitos com os objetos de conhecimento investigados e entre si. Houve muita participação dos grupos, de uma maneira geral, inclusive com todos os elementos interagindo com os demais. Também foi possível observar que os grupos suscitaram respostas mais abrangentes diante das questões propostas, pois as conversas e debates impulsionaram todos em direção a redações mais elaboradas.

De uma maneira geral, as mudanças atitudinais são sugestionadas com a utilização de técnicas de demandam formação de grupos. Sarabia (2000, p. 165-169), por exemplo, fala sobre as técnicas de mudança de atitude, como “dramatização”, participação em diálogos, discussões, estudos ativos, dentre outras, em que os grupos são parte importante do processo.

Nas entrevistas, Flávia destaca que “o professor não falava nada em relação as minhas dúvidas”. Assim, ela evidencia que “tirava” as dúvidas “com os próprios amigos do **grupo** ou com ela mesma”.

Johnson e colaboradores (1985) apresentam um exemplo da relação entre atitude e estratégias didáticas. O foco é o estudo em grupo com ênfase em questões com controvérsias sobre a extinção de lobos. Os autores defendem a aprendizagem em grupos com o uso moderado de controvérsia estruturada.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação tem como ponto de partida minhas inquietações diante da forma como é tratado o ensino e a aprendizagem de Física nas escolas atuais. A motivação para ingressar no curso de mestrado foi estudar as variáveis afetivas, principalmente o problema da atitude dos alunos frente ao ensino, em específico, de Física.

Por ocasião de minha conclusão do curso de Licenciatura, foi elaborado e investigado um material didático (ARAÚJO, 2010) com ênfase na história da ciência, no uso de experimentos e com enfoque construtivista. O intuito era produzir e investigar um material didático a ser utilizado em sala de aula que englobasse vários enfoques em ensino de ciências, e que permitisse a construção dos conceitos de forma eficaz e tivesse um impacto positivo em questões motivacionais. A ideia agora era aprimorar tal material e aprofundar seu estudo frente aos desafios de uma sala de aula.

Temos o seguinte objetivo de pesquisa: o que se pode apreender, diante de uma proposta didática diferenciada com ênfase na história da ciência e uso de experimentos, sobre queda dos corpos, em nível médio, com relação à atitude dos alunos para com o ensino de ciências? A ideia foi elaborar um material didático diferenciado que ajudasse os alunos na aprendizagem duradoura desta ciência, em especial, sobre Queda Livre e focasse as variáveis afetivas do aprendiz.

As pesquisas defendem a pertinência de tal investigação (VÁZQUEZ ALONSO; MANASSERO, 1995; SCHIBECI, 1984), cujo foco, atitude, é identificado como um dos pontos críticos identificados por professores (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001). A relação entre mudança de atitude e estratégias didáticas é considerada relevante como objeto de pesquisa (MASON; KAHLE, 1988; SCHIBECI, 1984) e ainda há exemplos recentes de investigação (RANGEL, 2017).

A presente investigação usa os pilares teóricos da proposta didática original (RIBEIRO, 2010): a história da ciência, os experimentos e o enfoque construtivista são mantidos como subsídio à pesquisa, pois além de estarem relacionados à proposta didática, podem também ser relacionados ao problema da atitude, o quarto pilar teórico.

Hoje a história da ciência possui grande importância na aprendizagem, ganhando espaço em vários livros adotados pelos professores (QUINTAL; GUERRA, 2009). Com o auxílio da história, os alunos acabam conhecendo os trabalhos realizados pelos cientistas ao longo dos séculos, favorecendo a compreensão dos mesmos em relação ao conteúdo proposto.

A história tem sido apontada como colaboradora da mudança metodológica em sala de aula (CASTRO; CARVALHO, 1992; SOLBES; VILCHES, 1989).

Como relação ao uso de atividades experimentais, espera-se uma motivação a mais para a aprendizagem, já que tem sido apontada por professores e alunos como uma das estratégias de ensino de Física mais frutíferas, minimizando as dificuldades quanto à aprendizagem e ao ensino de Física de modo significativo e quanto à atitude (ARAÚJO; ABIB, 2003; FIGUEROA DE LEWIN; MONMANY DE LOMÁSCOLO, 1998).

A abordagem diferenciada também se inspira na epistemologia construtivista. Valorização das concepções alternativas, uso do conflito cognitivo, momentos de metacognição, valorização do aprendiz como sujeito ativo, dentre outros aspectos, são pontos fortes presentes no material didático proposto que, acreditamos, é um diferencial positivo na construção conceitual e atitudinal (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001).

A proposta didática em foco valoriza o conteúdo e o rigor estrutural da física como na tendência tradicional, mas valoriza o aluno como agente do processo de ensino e utiliza recursos de métodos ativos; acolhe o desenvolvimento histórico e valoriza as relações sociais; lança mão de recursos didáticos com enfoque experimental e procura abarcar as nuances motivacionais que englobam a diversidade de alunos em sala de aula. Ou seja, é plural do ponto de vista didático e de conteúdo.

Um destaque da proposta, para nós, é a possibilidade dos grupos poderem ter um ritmo próprio e se deterem em uma determinada atividade que tenha gerado interesse ou dificuldade. Os grupos que ‘caminham’ mais rapidamente vão saindo da sala e permite ao professor se dedicar aos alunos com mais dificuldades. Os problemas de aprendizado são mais facilmente detectados e sua superação pode ser planejada. O professor pode se posicionar de forma mais incisiva nos grupos que apresentarem demandas distintas.

Apesar da flexibilidade na realização das atividades, os alunos não podem escolher os temas trabalhados, diferentemente de propostas não diretivas. Esse tipo de autonomia mais ampla é questionada por autores como Pozo (2002), Hanrahan (1998) e Ausubel e colaboradores (1980). Concordamos, em parte, com tal posicionamento.

O modelo de ensino e aprendizagem denominado ‘por investigação dirigida’ (GIL PÉREZ, 1983; 1986) é, talvez, o que mais se aproxima da proposta investigada e possui características interessantes como a formulação de hipóteses, a presença de experimentos, da história da ciência, dentre outros.

Quanto aos livros didáticos, há duas inovações: a utilização da história e experimentos inseridos na construção conceitual e a ordenação dos conteúdos que iniciou a cinemática com queda livre.

Quanto à metodologia de pesquisa, a presente investigação apóia-se em bases qualitativas, enquanto que a maioria das investigações sobre atitude utiliza o procedimento Likert, que possui viés quantitativo (ORTEGA RUIZ et al., 1992). Os instrumentos de avaliação atitudinal são as manifestações comportamentais e as verbais dos alunos (SARABIA, 2000). As observações do professor também são levadas em consideração. Consideramos que tal abordagem metodológica é muito apropriada para o complexo ambiente de sala de aula e permite inferências mais detalhadas. O roteiro da entrevista, semiestruturado, gerou comentários interessantes e que destacam aspectos relevantes do material didático. Tais aspectos foram cruciais para as categorias utilizadas na análise final.

Bem, quanto à análise dos dados, vale por em relevo duas hipóteses relacionadas ao objeto de investigação: i) os alunos apresentaram uma atitude favorável frente à abordagem didática; ii) tal atitude está relacionada às características do material didático. Inicialmente, é possível supor (talvez até afirmar) que os alunos apresentaram uma atitude positiva frente ao ensino de queda livre nos moldes aqui propostos: postura de interação cognitiva e afetiva nas atividades; dedicação aos experimentos e revisão de dados quando necessário; pesquisa extra-classe; leitura atenta aos textos; debates nos grupos na sala e fora dela; manifestações verbais de assentimento ao projeto; perguntas frequentes feitas ao professor; afirmar que ter dúvida foi um aspecto positivo; dentre outros. Parece razoável supor que a atitude positiva está manifesta através do comportamento e da fala dos alunos. Quanto à segunda hipótese, os dados da investigação permitiram propor algumas categorias de análise: experimentos, história da ciência, aprendizagem, autonomia, conflito cognitivo, estrutura do material, satisfação/interesse e trabalho em grupo.

O uso de experimentos foi um dos aspectos mais evocados pelos entrevistados e, durante a aplicação em sala de aula, propiciou momentos de grande interação dos alunos com os conteúdos abordados, inclusive fomentando momentos de conflito cognitivo. Flávia e Bruno, por exemplo, falam sobre a construção do conhecimento pessoal e a melhoria na motivação da turma. Estratégias de ensino com experimentos destacam o incremento atitudinal como um dos aspectos relevantes (AUGÉ, 2004, FIGUEROA de LEWIN; MONMANY de LOMÁSCOLO, 1998; LONG; OKEY; YEANY, 1981; RANGEL, 2017).

A história da ciência, presente nos textos teóricos, também teve um papel importante na melhoria no nível de interação da turma com o material instrucional. Importante na

contextualização do conteúdo e na facilitação do aprendizado, também exerce um papel não desprezível para suscitar curiosidade e tornar as aulas mais amenas e dinâmicas frente à matematização característica da física nas abordagens tradicionais. Tradicionalmente, a história tem sido vista como importante em termos motivacionais e atitudinais (CASTRO; CARVALHO, 1992; MATTEWS, 1995; SOLBES; VILCHES, 1989). Patrícia, por exemplo, num ambiente de aprendizagem que suscitou o senso crítico, chega a questionar o próprio conteúdo e as observações experimentais, envolvida pelos textos históricos numa perspectiva problematizadora. A mesma aluna também evoca o aprendizado quando comentava a importância da história. Mais recentemente, Rangel (2017), aponta a história como um fator relevante para a mudança de atitude.

Outro tema presente nos dados da pesquisa é a possível melhoria no nível de aprendizado ou a percepção dessa melhoria. A proposta parece ter sido persuasiva o suficiente para gerar um ambiente em que a aprendizagem é citada como um ponto positivo (SARABIA, 2000). Vázquez Alonso e Manassero (1995, p. 338) destacam a tendência dos professores associarem o conceito de atitude com a disposição dos estudantes para o aprendizado. Em vários momentos do capítulo 5 o professor/pesquisador intuiu que os alunos estavam confiantes por sentirem a possibilidade de aprendizagem. Marcos e Leandro sugerem fórmulas relativamente complexas, mostrando autoconfiança e interesse pela disciplina.

A autonomia outro tema que está presente na literatura sobre atitude e é evocado pelos alunos. Considerado tema relevante pelas pesquisas sobre atitude e motivação (HANRAHAN, 1998; SARABIA, 2000; POZO; GÓMEZ CRESPO, 1998). Flávia diz que o material permite ‘pensar por si mesma’ e ‘tirar as próprias conclusões’; Bruno fala da importância da não interferência do professor no processo de aprendizagem. Ajewole (1991) é um exemplo de uma abordagem marcada pela autonomia e Hanrahan (1998) mostra a importância da percepção dos alunos sobre o processo de aprendizagem no que concerne a autonomia. É interessante constatar como os alunos se comportaram bem diante das atividades, mesmo sem a interferência do professor, algo que o marcou positivamente durante as observações por ocasião da intervenção didática. É sempre bom lembrar que os alunos de turmas em escolas públicas, do conhecimento do docente, não estão pré-dispostos a realizar atividades com autonomia, portanto, foi um alento notar o desempenho dos alunos nesse quesito.

Uma das características mais desconsertantes do material didático é a situação de forte conflito cognitivo (e empírico) gerado nas primeiras atividades sobre a queda quanto à massa. Tal característica foi muito importante para suscitar o interesse pela realização das tarefas, o que foi amplamente observado e descrito no capítulo 5. O conflito cognitivo também foi

contemplado na fala dos alunos, que o relacionaram a um certo desconforto e à curiosidade suscitados. Bruna, por exemplo, fala em ‘querer aprender’ quando o assunto da conversa, na entrevista, era o conflito gerado. Ou seja, engajamento suscitado foi um fruto do conflito cognitivo. Em termos atitudinais, sua importância está no fato de que o aprendizado suscitado ou a busca por ele tem implicações na atitude (VÁZQUEZ ALONSO; MANASSERO, 1997) e na motivação (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001). Vale ressaltar que os desequilíbrios cognitivos devem ser percebidos pelos alunos como geradores de mudanças autônomas que vislumbrem o êxito (POZO, 2002, p. 144; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001, p. 39). Tomar consciência das diferenças entre os próprios modelos explicativos e outros (como o científico) está presente em técnicas de mudança de atitude, como os estudos ativos (SARABIA, 2000).

A estrutura do material didático, outro tema posto em relevo, é fortemente caracterizada pela diversificação de atividades, criando um ambiente motivador e pouco monótono. Em suas observações em sala, o professor/pesquisador identifica uma melhoria na participação da turma, não só do ponto de vista cognitivo, mas também afetivo. Foi notório o dinamismo que a diversificação de atividades imprimiu ao desempenho da classe. Flávia menciona a importância do material didático frente aos livros didáticos que conhece. A estratégia apresenta o tema queda livre como conclusão de uma trama histórica e experimental, na qual o aluno é inserido como colaborador e construtor. Apesar dos avanços, a maioria dos livros didáticos não costuma apresentar o dinamismo da ciência (QUINTAL; GUERRA, 2009, p. 23).

Obviamente que não se poderia deixar de lado o tema satisfação/engajamento. De uma maneira geral, os alunos se mostraram satisfeitos com a finalização dos trabalhos, apesar do cansaço. Essa afirmação é observada na primeira pergunta da entrevista, em que a maioria dos alunos elogia o trabalho de forma espontânea. Todos se mostraram engajados, o que é raro em turmas de escolas públicas estaduais de conhecimento do docente. Alguns, inclusive, falam em estudar em casa para tirar suas dúvidas. A cada etapa do material didático participavam motivados. A literatura fala sobre satisfação/engajamento como fruto ou causa de atitudes favoráveis (AUGÉ, 2004; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001; SARABIA, 2000).

A formação de grupos foi outra característica marcante da proposta didática. Durante a aplicação do projeto foi possível constatar que tal característica foi muito frutuosa, pois permitiu uma interação significativa dos alunos com os objetos de conhecimento investigados e entre si. De uma maneira geral, as mudanças atitudinais são conquistadas com a utilização de técnicas, cuja formação de grupos é uma constante. Sarabia (2000, p. 165-169), por

exemplo, fala sobre tais técnicas, como exposto na fundamentação teórica. Nas entrevistas, Flávia destaca que “tirava” as dúvidas “com os próprios amigos do grupo”.

A proposta abarca múltiplas dimensões motivacionais dos alunos no que concerne seu potencial didático e atitudinal. Há uma alternância de atividades, num contexto dinâmico que permitiu uma atuação autônoma dos alunos em tarefas marcadamente pautadas por experimentos e textos com inclinação histórica que possuíam no conflito cognitivo um de seus vieses didáticos, além, é claro, do trabalho em grupos. Os modelos motivacionais dos alunos parecem ter encontrado apoio nas múltiplas atividades da proposta.

Não se pode deixar de por em destaque um elemento da aplicação que parece ter tido implicações na atitude, a saber, a percepção de que houve aprendizado. Mesmo que ele não seja tão efetivo, afinal não era o foco da investigação, a satisfação dos alunos por acharem que estavam aprendendo de forma autônoma foi uma realidade.

Portanto, mesmo em um ambiente formal de ensino como a sala de aula, com um conteúdo tido como regular em livros tradicionais, foi possível simular um ambiente atitudinalmente relevante.

Sendo a pesquisa de natureza qualitativa, permitiu um olhar mais cuidadoso nas peculiaridades de um ambiente complexo como a sala de aula. As pesquisas de natureza quantitativa são limitadas para esse tipo de investigação.

Dois pontos mereceriam novas investigações. Primeiro, o papel do professor na construção de atitudes em intervenções que geram aprendizagem autônoma. Em segundo lugar, se houve uma aprendizagem efetiva dos conteúdos abordados. Lamentavelmente, não basta que o sujeito esteja motivado para que o aprendizado se efetive de forma significativa.

Portanto, esta investigação deseja ajudar na criação de novos caminhos que permitam a superação das problemáticas relativas ao ensino no Estado do Rio de Janeiro. O nosso aluno é complexo e exige ambientes de aprendizagem diversificados e motivadores.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, Alda Judith. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo: Fundação Carlos Chagas/Cortez, 77, p. 53-61, maio 1991.

AJEWOLE, G. A. Effects of Discovery and expository instructional methods on the attitude of students to biology. *Journal of Research in Science Teaching*, New York: John Wiley & Sons, vol. 28, n. 5, p. 401-409, 1991.

ARAÚJO, Leandro Ribeiro. *Proposta didática diferenciada para o ensino de queda livre*. TCC (Licenciatura em Ensino de Ciências) – IFF, Campos dos Goytacazes, 2010.

ARAÚJO, Leandro Ribeiro; AUGÉ, Pierre Schwartz. *Proposta didática diferenciada para o ensino de queda livre*. Itatiba: Editora Soares, 2016.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 25, n. 2, p. 176-194, junho, 2003.

AUGÉ, Pierre Schwartz. *Uma proposta didática diferenciada e a atitude dos alunos frente ao ensino de ciências*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2ªed. Trad. Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 620 p. Tradução de: Educational Psychology.

AXT, R. et al. Experimentação seletiva. Associação à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física. *Revista de Ensino de Física*, São Paulo: SBF, v. 12, p.139-158, dez. 1990.

BISCUOLA, Gualter José; MAIALI, André Cury. *Física – volume único*. 3º ed. São Paulo: Editora Saraiva, 1998.

BLOOM, B.S.; KRATHWOHL, D.R.; MASIA, B.B. Taxionomia de objetivos educacionais: domínio afetivo. In: BLOOM, B.S.; KRATHWOHL, D.R.; MASIA, B.B. *Taxionomia de objetivos educacionais*. Trad. Jurema Alcides Cunha. Porto Alegre: Editora Globo, 1974. Tradução de: Taxonomy of educational objectives.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria a aos métodos*. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994. 337 p. (Coleção ciências da educação). Tradução de: Qualitative Research for Education.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

CARRASCOSA, J.; GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A.; VALDÉS, P. Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006.

CASTRO, Ruth Schmitz de; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis: IF-UFSC, v. 9, n. 3, p. 225-237, dez. 1992.

COHEN, Bernard I. *O Nascimento de uma Nova Física*. Trad. Maria Alice Gomes da Costa. Lisboa: Gradiva, 1988. 305 p. Tradução de: The birth of a new Physics.

DILLASHAW, F.G.; OKEY, J.R. Effects of a modified mastery learning strategy on achievement, attitudes, and on-task behavior of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, New York: John Wiley & Sons, v. 20, n. 3, p. 203-211, 1983.

FIGUEROA, D.; GUTIERREZ, G. Demonstraciones de Física: elemento motivador en la formación del docente. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo: SBF, v. 14, n. 4, p. 253-256, 1992.

FIGUEROA de LEWIN, A. M.; MONMANY de LOMÁSCOLO, T. M. La metodología científica en la construcción de conocimientos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo: SBF, v. 20, n. 2, p. 147-154, jun. 1998.

FOUREZ, G. A crise no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*. UFRGS, Porto Alegre, Brasil, v.08, nº02, 2003.

FRANCO, Creso. *Individual and historical development in science*. Tese (Doutorado em Educação), University of Reading, Reading, 1993.

GAGLIARDI, R. Historia de las ciencias y enseñanza: cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, 6(3), p.291- 296, 1988.

GIL PÉREZ, Daniel. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de Las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, 4 (2), p. 111-121, 1986.

_____. Tres paradigmas básicos em la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, v. 1, p. 26-33, 1983.

GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. Algunos obstáculos e incomprensiones en torno a la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v. 3, n. 3, p. 507-516, 2006.

GOMES, Henrique José Polato; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. *Ciência & Cognição*, vol. 12, p. 96-109, 2007.

GUIMARÃES, Luiz Alberto Mendes; FONTE BOA, Marcelo Cordeiro. *Física para o 2º grau*. Rio de Janeiro: Edição dos autores, 1991. 3v.

HANRAHAN, Mary. The effect of learning environment factors on students' motivation and learning. *International Journal of Science Education*, London: Taylor & Francis, v. 20, n. 6, p. 737-753, 1998.

ILLERIS, Knud. Uma compreensão abrangente sobre a aprendizagem humana (cap. 01). In: ILLERIS, Knud (org.). *Teorias contemporâneas da realidade*. Trad. Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Penso, 2013. Tradução de: Contemporary theories of learning.

JENKINS, E. W. School science, citizenship and the public understanding of science, *International Journal of Science Education*, 21:7, 703-710, 1999.

JOHNSON, R.; BROOKER, C.; STUTZMAN, J.; HULTMAN, D. AND JOHNSON, D.W. The effects of controversy, concurrence seeking, and individualistic learning on achievement and attitude change. *Journal of Research in Science Teaching*, New York: John Wiley & Sons, v. 22, n. 3, p. 197-205, 1985.

KEMPA, R.F.; MARTIN, M.J. Modelos motivacionais y preferencias de los alumnos por diferentes métodos de enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, Número extra (III Congreso, tomo 2), 1989.

LABURÚ, Celso E. Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

LONG, J.C.; OKEY, J.R.; YEANY, R.H. The effects of a diagnostic-prescriptive teaching strategy on student achievement and attitude in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, New York: John Wiley & Sons, v. 18, n. 6, p. 515-523, 1981.

MARTINS, Roberto de A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibele Celestino (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências. Subsídios para a aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

_____. Sobre o papel da História da Ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, Campinas: SBHC, Número 09, p. 3-5, ago. 1990.

MASON, C. L.; KAHLE, J. B. Student attitudes toward science and science-related careers: a program designed to promote a stimulating gender-free learning environment. *Journal of Research in Science Teaching*, New York: John Wiley & Sons, v. 26, n. 1, p. 25-39, 1988.

MATTHEWS, Michael R. História, Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis: IF-UFSC, v. 12, n. 3, p.164-214, dez. 1995.

NUNES, Albino Oliveira; DANTAS, Josivânia Marisa. As relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA) e as atitudes dos licenciandos em química. *Educação Química*, 23 (1), 85-90, 2012.

ORTEGA RUIZ, P.; SAURA SOLER, J.P.; MINGUEZ VALLEJOS, R.; GARCIA DE LAS BAYONAS CAVAS, A.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, D. Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, 10 (3), 295-303, 1992.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. Mecânica. In: _____. *Física*. 6º ed. reformulada. São Paulo: Editora Ática, 1998. 3 v. v.1, p. 1 – 471.

PEREZ, D. G.; GONZÁLEZ, E. M. Las practicas de laboratorio de física, en la formación del profesorado. Un análisis crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, Argentina¹¹: APFA, s.vol., p. 47-60, 1992.

POPPER, K.R. *A lógica da pesquisa científica*. Trad. L. Hegenberg e O.S. da Mota. São Paulo: Editora Cultrix, 1975. 567 p. Tradução de: The logic of scientific discovery.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata S. L., 2001.

POZO, Juan Ignacio. *Aprendizes e mestres. A nova cultura da aprendizagem*. Trad. Ernani Rosa. Porto Alegre: Artmed, 2002. Tradução de: Aprendizes y Maestros.

_____. *Teorias cognitivas da aprendizagem*. Trad. Juan Acuna Llorens, 3ºed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PROJECTO FÍSICA. Unidade 1 – conceitos de movimento. Trad. João Manuel Gaspar Caraça e Paulino Magalhães Corrêa. Lisboa: Fundação Caloutre Gulbenkian. v.1, 1978. 204p. Tradução de: Project physics. (Projeto Harvard de física)

QUINTAL, João Ricardo; GUERRA, Andréia. A história da ciência no processo ensino-aprendizagem. *Física na Escola*, v. 10, n. 01, 2009.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Mecânica. In: _____. *Os fundamentos da Física*. 7º ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora Moderna, 1999. 3v. 1v., p. 1 - 498.

RANGEL, Clayton Silveira. *Uma intervenção didática diferenciada sobre conservação de energia e a atitude dos alunos frente ao ensino de física*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2017.

RIO DE JANEIRO. *Currículo Mínimo*. Rio de Janeiro: Secretaria de Educação, 2015.

SARABIA, B. A aprendizagem e ensino das atitudes. In: COLL, C. e outros. *Os conteúdos da reforma-ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Trad. Beatriz Affonso Neves, Porto Alegre: Artmed, 2000. 182 p. cap. 3, p. 119-178. Tradução de: Los contenidos en la reforma: enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes.

¹¹ Não foi possível identificar a cidade da publicação.

SCHIBECI, R. A. Attitudes to science: an update. *Studies in Science Education*, New York: John Wiley & Sons, 11, p. 26-59, 1984.

SILVA, Lenice H. de A.; ZANON, Lenir B. *A experimentação no ensino de ciências*. In: SCHNETZLER, Roseli P. e ARAGÃO, Rosália M. R. de (orgs). *Ensino de ciência: fundamentos e abordagens*. Brasília: Capes/Unimep, 2000. p. 120-153.

SIMPSON, R. D.; OLIVER, J. S. A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, New York: John Wiley & Sons, 74(1), p. 1-18, 1990.

SOLBES, J.; VILCHES, A. Interacciones ciencia/técnica/sociedad: um instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, 7 (1), p. 14-20, 1989.

TALIM, Sérgio Luiz. A atitude no ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 3: p. 313-324, dez. 2004.

VÁZQUEZ ALONSO, A.; MANASSERO MAS, M. A. Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, 13 (3), p. 337-346, 1995.

. La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 27 (1), 33-48, 2009.

. Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, 15 (2), p. 199-213, 1997.

ZABALA, A. *A prática educativa-como ensinar*. Trad. Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224 p. Tradução de: La práctica educativa: cómo enseñar.

APÊNDICE A – MATERIAL DIDÁTICO

SUMÁRIO

1. MATERIA DIDÁTICO SOBRE QUEDA LIVRE	84
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	84
1.2 O MOVIMENTO DE QUEDA E A MASSA DOS CORPOS	86
PRIMEIRA ETAPA INVESTIGATIVA	86
SEGUNDA ETAPA INVESTIGATIVA	87
TERCEIRA ETAPA INVESTIGATIVA	88
QUARTA ETAPA INVESTIGATIVA	89
QUINTA ETAPA INVESTIGATIVA	93
1.3 O MOVIMENTO DE QUEDA E A VELOCIDADE DOS CORPOS	94
SEXTA ETAPA INVESTIGATIVA	94
SÉTIMA ETAPA INVESTIGATIVA	96
OITAVA ETAPA INVESTIGATIVA	97
NONA ETAPA INVESTIGATIVA	101
DÉCIMA ETAPA INVESTIGATIVA	104
1.4 SISTEMATIZAÇÃO DOS CONCEITOS	106
DÉCIMA PRIMEIRA ETAPA INVESTIGATIVA	106

MATERIAL DIDÁTICO SOBRE QUEDA LIVRE

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Estudos sobre o movimento de queda e o movimento em geral estiveram em evidência entre pensadores desde à Grécia Antiga até os séculos XVI e XVII, quando foram desenvolvidas diversas teorias semelhantes as que encontramos nos livros didáticos do ensino médio, principalmente sob o nome de Cinemática. Galileu, personagem histórico dos mais importantes, é conhecido como o pai da Física, como concebemos hoje, o pai do método científico¹² e um dos principais defensores do sistema helioestático. Há quem conteste essas afirmações, alegando que a ciência não possui um método específico e que Galileu teria forjado uma metodologia dentre tantas outras possíveis.



Vamos refletir

- i) Gostaríamos que você fizesse algumas considerações sobre sua concepção de ciência. Como identificar um conhecimento científico? Como distinguir 'ciência' de 'não ciência'?

- ii) Fale algo sobre o método científico. Quais seriam suas características principais?

¹² Não queremos entrar aqui no debate sobre o que é o método científico. Vamos adotar a posição de que Galileu foi um dos primeiros elaboradores de uma metodologia de pesquisa que unia a dedução lógica, a matematização e a experimentação sistemática. Consideraremos tal abordagem como uma possibilidade razoável do que se denomina 'método científico'. Estamos cientes das controvérsias em torno do tema.

-
-
- iii) O que seria um conhecimento não científico? O conhecimento popular é científico?
-
-
-
-

- iv) E seus conhecimentos sobre a queda dos corpos? Faça uma redação de tudo que você sabe o tema, mesmo que seja conhecimento da sua própria vivência.
-
-
-
-
-
-
-



1.2 O MOVIMENTO DE QUEDA E A MASSA DOS CORPOS

PRIMEIRA ETAPA INVESTIGATIVA

Vamos refletir

- i) Duas esferas metálicas de massas diferentes, por exemplo, 2Kg e 100Kg, são abandonadas de um prédio de 10 andares. Elas chegam juntas ao solo ou em tempos distintos? Comente suas afirmações.



- ii) Duas pequenas esferas de dimensões semelhantes, de metal e de vidro, são abandonadas na superfície da água contida em um recipiente (balde). Qual atinge primeiro o fundo do balde? Comente.

- iii) Uma folha de papel (sem dobras) e um caderno são abandonados de uma altura de 1,5 metros. Qual atinge primeiro o solo? Comente.

- iv) Por que uma pena 'flutua' no ar? 'Flutuaria' no vácuo?

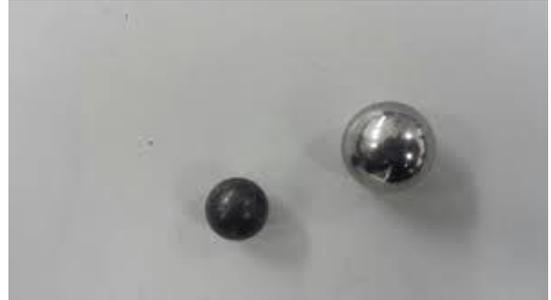
v) O que é vácuo? É possível o vácuo?

SEGUNDA ETAPA INVESTIGATIVA

Atividade Experimental

Material:

- esfera metálica;
- uma esfera de vidro;
- recipiente (balde) com água.



Procedimento: posicione as duas esferas sobre a superfície da água, abandonando-as ao mesmo tempo.

Vamos refletir

i) O que você observou?

ii) Na primeira atividade houve alguns questionamentos. Você deseja retificar alguma resposta?

iii) O que podemos concluir sobre a duração da queda de corpos com relação à massa?

Texto

Aristóteles (séc. IV a.C.) foi um dos maiores pensadores de todos os tempos. Ele defendia a ideia que os corpos de maior massa caem mais rapidamente quando abandonados em queda:

“uma massa dada cai uma certa distância em um tempo dado; uma massa que seja maior tarda em cair desde a mesma altura menos tempo, estando os tempos em proporção inversa das massas. Assim, se uma massa dada é o dobro de outra, levará a metade do tempo ao cair” (De caelo).

Segundo ele, a Terra se encontrava em repouso no centro do Universo, ou seja, defendia o sistema geostático e geocêntrico. Os movimentos dos corpos eram classificados em naturais e violentos, nas proximidades da Terra, região que compreendia o espaço entre a órbita da Lua e a superfície da Terra, chamada de região sublunar. O movimento natural era o de trajetória vertical, de cima para baixo ou vice-versa, e o violento, o de trajetória horizontal ou curvilínea.

Para Aristóteles toda a matéria era composta de quatro elementos fundamentais: terra, água, ar e fogo, base teórica para sua classificação sobre o movimento dos corpos. O movimento natural, de trajetória vertical, se daria para cima quando o corpo em movimento possuísse predominantemente ar ou fogo (exemplo dos gases e do próprio fogo); e para baixo, em direção ao centro da Terra, quando possuísse predominantemente terra e água (a exemplo de uma pedra e da chuva).

As trajetórias horizontais ou curvilíneas, resultantes de um movimento violento, só seriam possíveis quando houvesse a presença de um agente que exercesse uma força sobre o corpo. Podemos citar como exemplo o movimento de uma carruagem ou o lançamento de um corpo massivo no ar.

Além dos limites da órbita lunar, ou seja, no âmbito celeste, o movimento natural agora seria o circular com velocidade escalar constante.

TERCEIRA ETAPA INVESTIGATIVA

Atividade Experimental

Material:

- uma folha de papel, sem dobras;
- um caderno do tamanho da folha ou maior.



Procedimento: coloque a folha sobre o caderno, posicionando-os paralelamente ao plano horizontal. Abandone-os, em queda, de uma altura de aproximadamente 1,5 m.

Vamos refletir

i) O que você observou? Comente.

ii) Por que o caderno não caiu primeiro? Não vale dizer “não sei”.

iii) Como explicar o que ocorreu no experimento diante da visão de Aristóteles?

Texto

João Filópono (séc. IV d.C.), estudioso bizantino, defende que uma tese baseada na experiência tem mais credibilidade do que uma tese meramente teórica. Ele possuía uma posição contrária a Aristóteles com relação à queda dos corpos quanto à massa, como podemos ver no texto:

“Se deixar cair, da mesma altura, dois pesos, um dos quais muitas vezes mais pesado do que o outro, não observará que a razão dos tempos requeridos para o movimento depende da razão dos pesos, mas sim que a diferença dos tempos é muito pequena. E assim, se a diferença dos pesos não é considerável, isto é, se um é, digamos, duplo do outro, não haverá diferença, ou melhor, haverá uma diferença imperceptível nos tempos, ainda que a diferença de pesos não seja desprezível, pois um corpo pesa o dobro do outro” (in: COHEN, 1988, p. 23).

QUARTA ETAPA INVESTIGATIVA**Atividade Experimental**

Material:

- esfera metálica;
- esfera de vidro de dimensões semelhantes à esfera metálica;

Procedimento: abandone as duas esferas da mesma altura e ao mesmo tempo.

Vamos refletir

- i) Você se recorda da atividade experimental em que abandonamos as esferas sobre a água? E agora? Pode comparar com o experimento realizado acima?

- ii) João Filópono tinha razão? E Aristóteles?

Texto

Vejam os que disse Simon Stevin (séc. XVI d. C.), engenheiro, físico e matemático flamengo, sobre tal assunto:

“A experiência contra Aristóteles é a seguinte: tomemos duas esferas de chumbo, uma das quais dez vezes maior e mais pesada do que a outra: deixemo-las cair simultaneamente de uma altura de trinta pés sobre uma mesa ou qualquer superfície na qual produzam um som perceptível. Resultará que a esfera mais leve não demorará no seu percurso dez vezes mais do que a mais pesada: ambas cairão juntas sobre a mesa, tão simultaneamente que os dois sons confundir-se-ão como se resultantes de uma mesma colisão” (in: COHEN, 1988, p. 24).

Com a palavra Galileu (1564-1642):

“Mas eu...que realizei a experiência, posso assegurar que uma bala de canhão de 100 ou 200 libras de peso, ou mesmo mais, não atingirá o solo muito antes da bala de um mosquete, com o peso de meia onça, desde que ambas sejam deixadas cair de uma altura de 200 braças...a maior adianta-se à pequena em cerca de duas polegadas, ou seja, quando a maior atinge o solo, a outra encontra-se a duas polegadas de altura” (in: COHEN, 1988, p. 25).

Repare como ele parece tomar um pouco mais de cuidado ao se referir à diferença de tempo na queda de massas distintas. Vamos tentar observar tal diferença realizando uma atividade experimental interessante?

Atividade Experimental

Material:

- dois objetos de massas distintas (podem ser usadas as esferas da atividade experimental anterior);
- chapa metálica ou qualquer superfície que emita som audível ao serem atingidas pelas esferas;
- cronômetro.

Procedimento: tente encontrar um lugar bem alto, como um prédio, e abandone os dois objetos ao mesmo tempo. Tente encontrar alguma diferença de tempo na queda dos dois objetos.

Vamos refletir

- i) Descreva suas observações.

- ii) Conseguiu encontrar alguma diferença entre os tempos de queda dos dois objetos?

- iii) Tente explicar a diferença entre os tempos.

Texto

Bem, após realizarmos os experimentos, refletirmos sobre diversas questões e lido os testemunhos de alguns personagens da História, podemos chegar a algumas conclusões. Dois corpos, quando abandonados em queda, sendo suas dimensões bastante semelhantes, caem aproximadamente no mesmo intervalo de tempo, sendo que o de maior massa cai um pouco na frente, devido à resistência do ar. O ar exerce efeitos semelhantes nos dois corpos, mas proporcionalmente maior no de menor massa. A força de resistência do ar é aproximadamente igual nos dois corpos, pois suas dimensões são semelhantes, mas como o peso do corpo de maior massa é maior do que o de menor, a força resultante no corpo de maior massa é ligeiramente maior do que no de menor massa.

As diversas atividades nos sugerem que na ausência de ar, todos os corpos cairiam no mesmo intervalo de tempo se abandonados da mesma altura, como aconteceu na experiência do caderno e folha, realizada na terceira etapa investigativa. No vácuo, portanto, o movimento de queda dos corpos na vertical ocorre sem nenhuma interferência de resistência e é chamado de **queda livre**.

Já na água, o resultado causou um certo estranhamento, pois o corpo de maior massa caiu bem na frente. Isso ocorreu devido à resistência da água, aproximadamente igual nos dois corpos, mas proporcionalmente maior no de menor massa.

Vamos refletir

- i) Você concorda com as afirmações feitas acima?

- ii) Gostaria de acrescentar alguma questão que não tenha ficado esclarecida?

QUINTA ETAPA INVESTIGATIVA

Algumas questões

1) O movimento de queda livre se dá no vácuo. O movimento de uma bola de aço em queda pode ser considerado queda livre, mesmo sem estar no vácuo? Justifique.

2) Dois objetos A e B de massas 1Kg e 2Kg, são simultaneamente lançados verticalmente para cima, com a mesma velocidade inicial, a partir do solo. Desprezando a resistência do ar, qual corpo atingirá o solo primeiro?

3) (UERJ) Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal está num mirante sobre um rio e alguém deixa 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, as velocidades iniciais são nulas, a altura da queda é a mesma e a resistência do ar é nula. Para Galileu Galilei, a situação física desse comercial seria 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.

4) (PUCC) Duas bolas A e B, sendo a massa de A igual ao dobro da massa de B, são lançadas verticalmente para cima, a partir de um mesmo plano horizontal com velocidades iniciais. Desprezando-se a resistência que o ar pode oferecer, podemos afirmar que:

- a) o tempo gasto na subida pela bola A é maior que o gasto pela bola B também na subida;
- b) a bola A atinge altura menor que a B;
- c) a bola B volta ao ponto de partida num tempo menor que a bola A;
- d) as duas bolas atingem a mesma altura;
- e) os tempos que as bolas gastam durante as subidas são maiores que os gastos nas descidas.

5) Um objeto é lançado verticalmente para cima a partir do solo e, ao atingir a sua altura máxima, inicia o movimento de queda livre. Sobre o movimento executado pelo objeto, é incorreto afirmar que:

- a) a aceleração durante a subida é negativa;
- b) o tempo na subida é maior do que na queda;
- c) no momento em que o corpo atinge a altura máxima, sua velocidade é igual a zero;
- d) o objeto demora o mesmo tempo na subida e na descida;
- e) a aceleração do corpo durante a queda é positiva.

Momento de relaxar (ou não)

- Vamos agora ler um artigo e/ou assistir a um vídeo sobre o processo de Galileu?
- Não, professor, estamos cansados!
- Mas vale ponto!
- Ah! Tudo bem ... sendo assim, vamos nessa!

Vídeo disponível em: <http://www.veritatis.com.br/videos-apologeticos/a-verdade-sobre-o-processo-de-galileu-galilei/>

Texto disponível em: <http://www.veritatis.com.br/apologetica/ciencia-e-fe/o-caso-galileu-350-anos-depois/>

Vamos refletir

Formando pequenos grupos, debata com seus colegas os pontos do texto que mais lhe chamaram a atenção. Escreva alguns tópicos e apresente para a turma para compartilhar seu ponto de vista.

1.3 O MOVIMENTO DE QUEDA E A VELOCIDADE DOS CORPOS

SEXTA ETAPA INVESTIGATIVA

Texto

A busca de uma relação matemática que descrevesse a queda dos corpos era uma preocupação dos cientistas da época de Galileu. Ele defendia, conforme as idéias de Pitágoras, que Deus havia criado o mundo físico usando a mesma linguagem que a matemática usa. Pitágoras entendia que a matemática era um caminho para se chegar à essência de Deus e os pitagóricos a usavam como algo quase sagrado. Daí que vem a ideia de usar a matemática como algo puro, sem necessariamente ser aplicada ao mundo real. Mas Galileu a aplicou e de forma muito bem sucedida.



Vamos refletir

- i) Comente um pouco essa ideia de Pitágoras que tanto fascinava Galileu. Não economize palavras.

- ii) Como seria uma relação matemática para a queda dos corpos? Capriche no chute. Coloque as variáveis que julgar necessárias.

- iii) Como ficaria a fórmula se a velocidade fosse a personagem principal? Pode comentar.

- iv) E se o espaço fosse o personagem principal? Comente.

- v) Proponha um experimento em que seja possível analisar as relações matemáticas sobre queda dos corpos, para a velocidade e para o espaço.

SÉTIMA ETAPA INVESTIGATIVA

Texto

Bem, a esta altura da História (ou de nossa estória), Galileu tinha observado o céu usando o telescópio, por volta de 1609, e constatou que as coisas não eram ou poderiam não ser exatamente como Aristóteles defendia: a imutabilidade e perfeição do mundo supra-lunar, a esfericidade dos astros e a órbita dos planetas em torno da Terra, entre outras coisas.

Já em 1604, Galileu observou o surgimento de uma estrela (supernova) na constelação de Serpente; em 1610 publicou o livro *Siderius Nuncius* (O Mensageiro Sideral ou O Mensageiro das Estrelas), onde narra suas observações. A Física e a Cosmologia (ciência que trata da estrutura do Universo) aristotélicas foram afetadas em função das teses de Galileu, pois se apoiavam, dentre outras coisas, na imutabilidade do mundo supra-lunar e na distinção entre este e o mundo sublunar, onde as coisas se procedem de forma mutável.

Ora, se Aristóteles estava incorreto quanto à queda dos corpos e quanto ao mundo supra-lunar, poderia toda a teoria estar comprometida.

Portanto, era necessário estabelecer novas bases para explicar a queda dos corpos. Galileu se dedicou a esta questão e construiu o que hoje conhecemos como cinemática escalar e suas famosas fórmulas matemáticas que tanto assombram os alunos do primeiro ano do Ensino Médio.

Em sua época, algumas atividades estavam em evidência na sociedade: meios de comunicação, indústria e problemas militares. Vários dos temas técnicos propostos socialmente determinaram as pesquisas em Física. No séc. XV ocorreu um desenvolvimento considerável da artilharia. Na Itália, particularmente em Florença, houve um grande desenvolvimento neste setor. Galileu contribuiu no progresso da balística, desenvolvendo a teoria da trajetória parabólica de projéteis; na obra “Demonstrações Matemáticas” deu atenção especial ao estudo da resistência dos materiais e também da trajetória de corpos em movimento através do vácuo, solucionando o problema da queda livre. Nesta obra há uma mensagem aos florentinos, elogiando seu arsenal e observando que o mesmo oferece um rico material para o estudo científico. Seus estudos também estão relacionados a questões como planos inclinados, se corpos abandonados do mastro de um barco em movimento caem na base ou atrás do mesmo, a influência das massas no tempo de queda, mecânica celeste, teoria das marés, entre outras coisas.

Nos dedicaremos agora ao estudo da velocidade na queda dos corpos.

Vamos refletir

- i) Você acha que um corpo em queda mantém sua velocidade constante?
Comente.

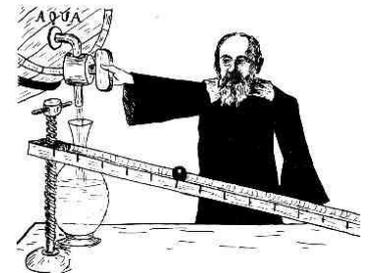
- ii) No caso da velocidade variar, como se daria esta variação? Como ficaria a relação matemática para explicar tal variação?

OITAVA ETAPA INVESTIGATIVA

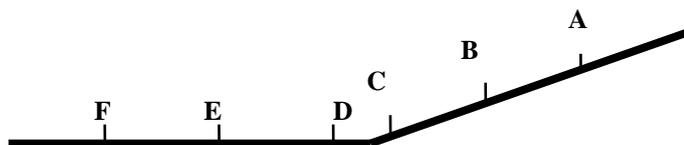
Atividade experimental

Material:

- cano de água de P.V.C., com 1/2", serrado no sentido longitudinal formando duas calhas de aproximadamente 1,2 m;
- fita adesiva;
- esfera metálica de diâmetro $\cong 1$ cm;
- cronômetro graduado em centésimos de segundo;
- régua milimetrada.



Procedimento: conecte uma calha na outra como mostra a figura. Abandone, a partir do repouso, a esfera metálica dos pontos A, B e C, medindo a velocidade escalar média na parte horizontal entre os pontos D e E, e entre E e F. Sugestão: o espaçamento entre os pontos pode ser de 40 cm e a inclinação da calha de 10° a 20° .



Meça também a velocidade escalar média na parte inclinada, entre os pontos A e B e entre B e C, abandonando a esfera de um ponto 20 cm acima do ponto A.

Para **Galileu**, a experiência em plano inclinado poderia ser relacionada à **queda livre**, pois esta seria o caso particular em que a inclinação do plano fosse máxima.

É possível conseguir um plano inclinado bem regular com lâmpadas fluorescentes justapostas. A vantagem é que não há irregularidades.

Vamos refletir

- i) No trecho horizontal a velocidade escalar foi constante para cada ponto de lançamento?

- ii) E na parte inclinada, o que ocorreu com a velocidade?

- iii) A velocidade foi constante na parte inclinada?

- iv) Na parte inclinada o movimento é acelerado? Caso seja, a aceleração é constante? Como verificar?

Texto

O estudo do movimento acelerado era uma das preocupações de Galileu e ele acreditava que o movimento de queda era acelerado. Dedicou-se, então, a investigar esta proposição e a maneira como variava a velocidade no movimento de queda.

Na atividade acima, na parte horizontal, o movimento é classificado como **Movimento Uniforme**, pois a velocidade é constante, desprezando-se as perdas por atrito.

Bem, para estudar o movimento de queda Galileu partiu de um raciocínio aristotélico, de que a natureza sempre age de forma simples, e então postulou (postulado é uma afirmação que precisa ser demonstrada), que a velocidade aumentava na queda de forma constante, como mostra o texto:

“Se observarmos isto com atenção não podemos descobrir adição ou incremento mais simples do que aquele que é acrescentado da mesma maneira” (in: COHEN, 1988, p.116).

Galileu defendia que a velocidade aumentava proporcionalmente ao tempo:

$v \propto t$, onde: v - velocidade;
 t - tempo;
 \propto - símbolo de proporcionalidade.

Ou seja, acreditava que a aceleração no movimento de queda livre não variava, pois a constante de proporcionalidade da relação acima é a aceleração:

$$v = a.t$$

Se o movimento possui uma velocidade inicial, temos:

$$v = v_0 + a.t \rightarrow \text{função horária da velocidade,}$$

onde: v_0 - velocidade inicial;
 a - aceleração constante.

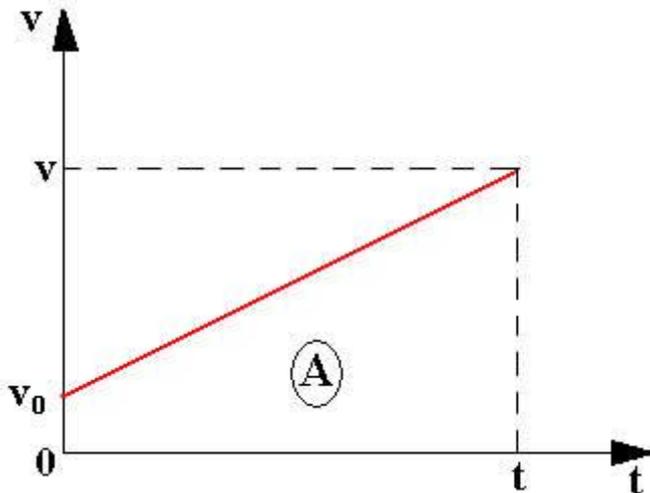
Obs: Equação do 1º grau: $y = b + a.x$

Expressão que se aplica ao Movimento Uniformemente Variado (velocidade varia de forma constante no tempo, ou seja, a aceleração é constante). Agora, deve ser analisada para comprovar sua aplicabilidade ao movimento de queda livre. O que fez Galileu, como segue.

Suponha que um móvel esteja em movimento vertical de queda e adquira velocidade v_1 no instante t_1 . Ora, a velocidade média nos movimentos com aceleração constante (M.U.V.) é igual a média aritmética entre as velocidades inicial v_0 e final v_1 :

$$V_m = 1/2.(v_0 + v)$$

Nicole Oresme (Paris- Séc. XIV) foi o primeiro a demonstrar a expressão através da geometria:



A variação de espaço Δs do móvel no intervalo de tempo considerado é numericamente igual à área sob o gráfico da velocidade (trapézio de bases v e v_0):

$$\text{Área do trapézio: } \{(B+b) \cdot h\}/2$$

$$\text{Área} = \Delta s = \{(v + v_0) \cdot (t - t_0)\}/2, \Delta t = t - t_0$$

$$\Rightarrow \Delta s = 1/2 \cdot (v + v_0) \cdot \Delta t$$

$$\text{Mas, } \Delta s = V_m \cdot \Delta t, \text{ então: } V_m = 1/2 \cdot (v_0 + v)$$

Galileu conhecia tal relação e a utilizou para deduzir uma expressão que relaciona o espaço com o tempo.

Assim, a distância Δs percorrida no intervalo de tempo Δt é:

$$\Delta s = 1/2 \cdot (v + v_0) \cdot \Delta t, \text{ para } t_0 = 0, \Delta t = t - t_0 = t$$

$$\Rightarrow \Delta s = 1/2 \cdot (v + v_0) \cdot t, \text{ generalizando: } \Delta s = 1/2 \cdot (v + v_0) \cdot t$$

$$\text{Como } \Delta s = s - s_0, \text{ e } v = v_0 + a \cdot t$$

$$\Rightarrow s - s_0 = 1/2 \cdot (v_0 + a \cdot t + v_0) \cdot t$$

$$\Rightarrow s - s_0 = 1/2 \cdot (2 \cdot v_0 + a \cdot t) \cdot t$$

$$\Rightarrow s - s_0 = 2 \cdot v_0 \cdot t/2 + a \cdot t \cdot t/2$$

$$\Rightarrow \boxed{s = s_0 + v_0 \cdot t + a \cdot t^2/2} \rightarrow \text{função horária dos espaços do M.U.V.}$$

$$\text{Para } s_0 = 0 \text{ e } v_0 = 0 \Rightarrow \boxed{s = a \cdot t^2/2}$$

Assim, a conclusão de Galileu, partindo da hipótese de que no movimento de queda livre a velocidade é proporcional ao tempo ($v = v_0 + a \cdot t$) e a aceleração é constante, foi de que o espaço percorrido, por uma dedução matemática, é proporcional ao quadrado do tempo ($s = a \cdot t^2/2$).

Em seguida, ele verificou, então, a conclusão de suas hipóteses através de uma experiência simples que descreveremos (adaptada) a seguir.

Você pode estar se perguntando por que Galileu não testou $v = v_0 + a.t$. Pela dificuldade experimental na determinação da velocidade v em cada instante.

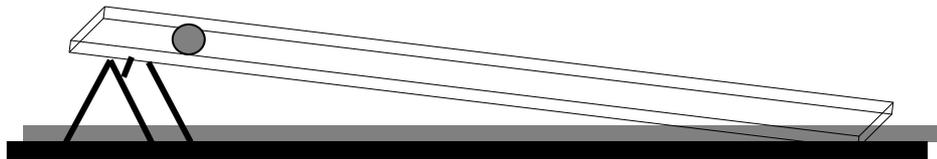
NONA ETAPA INVESTIGATIVA

Atividade Experimental

Material:

- cano de água de P.V.C., com 1/2", serrado no sentido longitudinal formando duas calhas de aproximadamente 1,2 m;
- esfera metálica de diâmetro $\cong 1$ cm;
- cronômetro graduado em centésimos de segundo;
- régua graduada em milímetro.

Procedimento: posicione a calha como mostra a figura. Abandone, a partir do repouso, a esfera metálica do ponto A, permitindo seu movimento por 12cm e medindo o tempo gasto para percorrer este espaço, repetindo o procedimento para 48cm e 108cm. Monte um quadro relacionando esses intervalos de tempo e os espaços referentes a cada um.



Medição	t(s) previsão	s(cm) previsão	t(s) medido	s (cm)
1	t_1	s_1		12
2	$2.t_1$	$4.s_1$		$48=(4.12)$
3	$3.t_1$	$9.s_1$		$108=(9.12)$

É bom lembrar que, para Galileu, a experiência em plano inclinado poderia ser relacionada à **queda livre**, pois esta seria o caso particular em que a inclinação do plano fosse máxima.

Vamos Refletir

- i) A relação $s = \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}^2 / 2$ tem suporte experimental?

- ii) Então, podemos afirmar que a velocidade, no movimento de queda livre, é proporcional ao tempo: $\mathbf{v} \propto \mathbf{t}$ (proposição que deu origem à relação citada acima)?

- iii) Então, você acha que Galileu deduziu uma relação respeitável? Por quê?

Texto

Resumindo, para investigar o movimento de queda, Galileu partiu da hipótese de que a velocidade de um corpo em queda aumentava proporcionalmente ao tempo, sendo a relação entre estas duas grandezas expressa por: $\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}$. Esta expressão exige que a aceleração \mathbf{a} é constante e permite chegar à expressão: $s = \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}^2 / 2$, usando-se relações características do movimento de aceleração constante: $\mathbf{V}_m = 1/2 \cdot (\mathbf{v}_0 + \mathbf{v})$ e $\Delta \mathbf{v} = \mathbf{a} \cdot \Delta \mathbf{t}$.

Ou seja, se $\Delta s = \mathbf{V}_m \cdot \Delta \mathbf{t}$ e $\mathbf{V}_m = 1/2 \cdot (\mathbf{v}_0 + \mathbf{v}) \Rightarrow \Delta s = 1/2 \cdot (\mathbf{v}_0 + \mathbf{v}) \cdot \Delta \mathbf{t}$ e $s = \mathbf{v} \cdot \mathbf{t} / 2$, para $\mathbf{v}_0 = \mathbf{s}_0 = \mathbf{t}_0 = 0$

Continuando, $s = \mathbf{v} \cdot \mathbf{t} / 2$, mas $\mathbf{v} = \mathbf{a} \cdot \mathbf{t} \Rightarrow s = \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}^2 / 2$

A expressão $s = \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}^2 / 2$ foi submetida a experimentos e verificada sua validade experimental, confirmando a hipótese anterior de Galileu, de que $\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}$ é uma expressão válida para o caso em questão.

A conclusão é de que no caso da experiência realizada o movimento possui aceleração constante e é regido pelas expressões trabalhadas. É classificado como **Movimento Uniformemente Variado**.

Vamos refletir

- i) E no caso dos corpos em queda, como fica a questão da aceleração? Afinal, esta foi a motivação inicial de Galileu. Mas os experimentos foram realizados em um plano inclinado.

Texto

Galileu raciocinou da seguinte forma: se a aceleração foi verificada como constante no plano inclinado estudado, seria também constante para qualquer plano com qualquer inclinação, inclusive no limite em que a inclinação fosse máxima, ou seja, quando estivesse na vertical. Ora, um plano com inclinação máxima, ou seja, 90° de inclinação, corresponderia ao movimento de queda na vertical. Portanto, concluiu que o movimento de queda dos corpos possui aceleração constante, ou seja, é um exemplo de Movimento Uniformemente Variado.

Esta afirmação é válida de forma aproximada, pois na realidade existem dois fatores que influenciam na aceleração: a resistência do ar e a dependência da aceleração gravitacional com a altura, assunto para outra ocasião.

Ele tentou medir o valor da aceleração no movimento de queda utilizando o plano inclinado. Relacionava o comprimento do plano e sua inclinação com a distância referente à queda livre. Importante o fato de que no plano inclinado o movimento de rotação da esfera não pode ser desprezado em questões quantitativas como, por exemplo, na medida do valor da aceleração da gravidade, o que o levou a valores não aceitáveis, devido a um erro teórico.

Portanto, Galileu não só deu os passos definitivos na sistematização da Lei de Queda dos Corpos, como também inaugurou um método que combinava a dedução lógica, a análise matemática e a experiência: o método hipotético dedutivo. Esta questão do método vem sendo questionada pela Filosofia da Ciência, que coloca em dúvida a existência de um “Método Científico”, mas não aprofundaremos tal questão agora. O que não impede você de pesquisar sobre tal questão. Boa sorte!

Em termos atuais pode-se justificar o estudo da Queda Livre pela sua importância inquestionável no âmbito da Física em si, sendo parte do seu desenvolvimento, permitindo a compreensão das Leis que regem o movimento dos corpos; contribui para a formação dos alunos que eventualmente seguirão carreira na área das chamadas ciências exatas; é um fator de promoção social, pois torna o homem consciente da realidade física que o cerca; fomenta discussões de importância histórica como, por exemplo, as relativas ao desenvolvimento científico e a credibilidade da ciência diante de posturas ditas não científicas, entre outros.

DÉCIMA ETAPA INVESTIGATIVA

Atividade Experimental

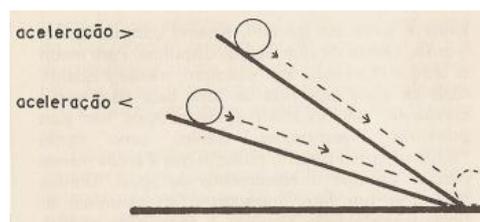
1) **Experiência:** medição da aceleração da gravidade g utilizando a relação deduzida por Galileu: $s = a.t^2/2$.

Material:

- esfera metálica de diâmetro $\cong 1$ cm;
- cronômetro graduado em centésimos de segundo;
- régua métrica.

Procedimento: abandone a esfera metálica de uma altura entre 2m e 3m, medindo com cuidado a altura e o tempo de queda. Para termos um valor mais acurado, repita a medição cinco vezes e calcule a média aritmética. Tendo o valor do tempo de queda e a altura podemos calcular um valor aproximado para a :

$$a = 2.s/t^2$$



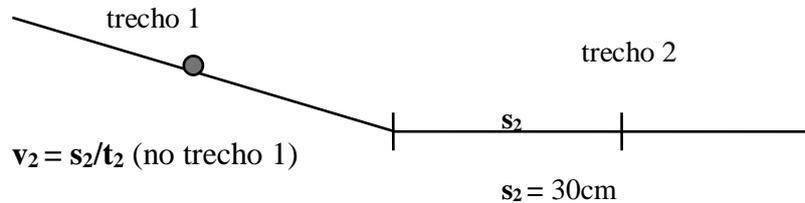
Tomemos como valor de referência $a = 9,8 \text{ m/s}^2$.

2) **Experiência** (opcional): verificar a aceleração constante no plano inclinado e deduzir a relação $s = f(t)$ para o movimento uniformemente variado.

Material:

- tudo P.V.C., 1/2" (tubo de água), serrado no sentido longitudinal formando duas calhas de aproximadamente 1,2 metros, que serão utilizadas como plano inclinado;
- fita adesiva para conectar as calhas;
- esfera metálica de diâmetro $\cong 1$ cm;
- cronômetro graduado em centésimos de segundo;
- régua graduada em milímetro.

Procedimento: abandone a esfera metálica no trecho 1 em posições 20cm, 40cm e 60cm distantes da junção das duas calhas, medindo a velocidade escalar média no trecho s_2 . Preencha o quadro abaixo a partir das relações matemáticas e do desenho apresentados.



$$a = (v_2 - v_0) / t_1 ; v_0 = 0 \Rightarrow a = v_2 / t_2 \text{ (no trecho 1)}$$

s_1 (cm)	20	40	60
t_1 (s)			
t_2 (s)			
v_2 (cm/s)			
a (cm/s ²)			
$b = s_1 / t_1^2$ (cm/s ²)			

Verifique que b é constante e que $a = 2.b$.

$$\text{Então, } b = s_1 / t_1^2 = a/2$$

$$\text{Isolando } s_1 \text{ temos: } s_1 = a.t_1^2/2$$

Generalizando: $s = a.t^2/2$ que é a relação $s \times t$ do movimento uniformemente variado, bastando acrescentar $s_0 + v_0.t$, que simbolizam o espaço inicial e o deslocamento devido à velocidade inicial durante o movimento acelerado.

1.4 SISTEMATIZAÇÃO DOS CONCEITOS

DÉCIMA PRIMEIRA ETAPA INVESTIGATIVA

Texto

O movimento vertical de um corpo nas proximidades da Terra é chamado **queda livre** quando se dá no vácuo ou desprezamos a ação da atmosfera.

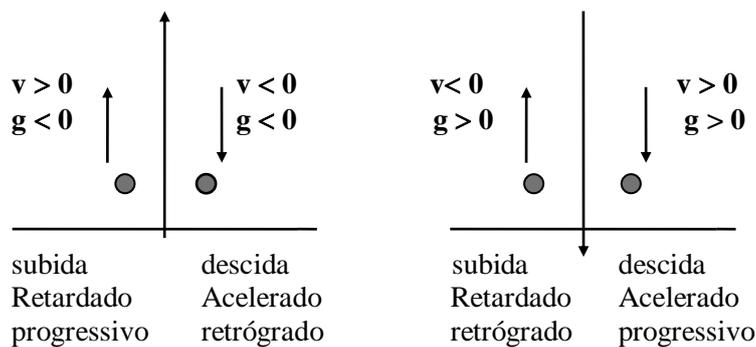
A aceleração de queda, como vimos, é considerada aproximadamente constante nas proximidades do solo terrestre e denominada **aceleração da gravidade**, representada pela letra **g**. A **queda livre**, por possuir aceleração constante é classificada como **Movimento Uniformemente Variado**.

O valor da aceleração da gravidade ao nível do mar, a uma latitude de 45° (valor dito normal) vale:

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

Quando um corpo está em queda o módulo da velocidade aumenta com o tempo e o movimento é do tipo **acelerado**. Quando um corpo é lançado verticalmente para cima o módulo da velocidade diminui e o movimento é do tipo **retardado**.

Analisemos agora o sinal da velocidade e aceleração usando a álgebra:



Repare que os sinais da aceleração da gravidade dependem apenas da orientação da trajetória, pois seu sentido é sempre de cima para baixo.

As funções do **Movimento Uniformemente Variado** descrevem os movimentos na vertical sob a ação da gravidade quando consideramos **g** constante:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + a \cdot t^2 / 2 \quad \text{- função horária dos espaços}$$

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \text{- função horária da velocidade}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \mathbf{a} \cdot \Delta \mathbf{s} \quad - \text{equação de Torricelli}^{13}$$

Onde: $\mathbf{a} = \mathbf{g}$ e $\mathbf{s} = \mathbf{h}$.

O sinal de \mathbf{a} e \mathbf{v} depende da orientação da trajetória.

¹³ A equação de Torricelli poderá ser deduzida no quadro branco.

APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS

- 1 - Você poderia fazer alguns comentários sobre o projeto didático realizado?
- 2 - Faça alguns comentários sobre o uso de textos com enfoque histórico no projeto. Destaque o momento que mais lhe chamou a atenção. Justifique.
- 3 - Faça comentários sobre a utilização de experimentos nas atividades da proposta didática. Destaque algum experimento como o mais interessante. Justifique.
- 4.a- No início das atividades foram feitas duas experiências que causaram um certo desconforto. Você se recorda? Você ficou confuso com o resultado das experiências?
- 4.b- Faça alguns comentários sobre a ‘confusão’ causada.
- 5- Comente um pouco sobre a desconfiança gerada no início dos trabalhos. Você ficou mais atento? Houve alguma influência sobre as demais atividades?
- 6.a- Galileu foi um dos cientistas do passado que foi focado nos textos. Uma experiência crucial, de importância histórica, foi realizada no trabalho. Você se recorda?
- 6.b- Você se lembra do caminho teórico percorrido por Galileu até culminar nessa experiência?
- 7- Galileu estava interessado no movimento de queda livre. Para isso ele estudou movimentos em planos inclinados. Qual a relação entre planos inclinados e a queda na vertical?
- 8- O que você achou de ter realizado as atividades propostas sem o acompanhamento direto do professor?
- 9- Faça um comentário final sobre o material didático como um todo. Quais os elementos você destacaria?