

Márcia Elida Domingos Prudêncio

**CONTRIBUIÇÕES PARA A SUPERAÇÃO DOS OBSTÁCULOS
EPISTEMOLÓGICOS E DIDÁTICOS PRESENTES NO ENSINO-
APRENDIZAGEM DA CINEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.
Orientador: Prof. Dr. José de Pinho Alves Filho

Florianópolis
2017

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

Prudêncio, Márcia Elida Domingos

Contribuições para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino aprendizagem da Cinemática no Ensino Médio / Márcia Elida Domingos Prudêncio ; orientador, José de Pinho Alves Filho, 2017.

249 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Cinemática. 3. Concepções alternativas. 4. Obstáculos epistemológicos. I. Alves Filho, José de Pinho. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

“Contribuições para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem da cinemática no ensino médio”

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELO COMISSÃO EXAMINADORA EM 10 de agosto de 2017.

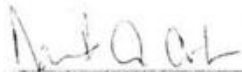
Dr. José de Pinho Alves Filho (Orientador - CFM/FSC):


Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa (Examinadora - UPE):

Dr. Paulo José Sena dos Santos (Examinador - CFM/FSC):

Dr. Henrique Cesar da Silva (Examinador - CED/FSC):

Dr. José Francisco Custódio Filho (Examinador Suplente - CFM/FSC):


Prof. Dr. David Antonio da Costa
Subcoordenador do PPGECI


Márcia Flávia Domingos Proença
Florianópolis, Santa Catarina, 2017

Dedico à memória de minha amada mãe, Dilma, por sempre contemplar-me com seu amor puro e incondicional. Deixou-me ao final deste trabalho, mas, ainda assim, foi minha grande incentivadora e, hoje, uma lembrança serena que sempre estará aqui no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, o centro da minha vida, por guiar-me e acolher-me, para que eu não tropece em meio às adversidades e nem desfaleça ante as provações.

Dialogar com o conhecimento é sempre um convite prazeroso, mas que requer um trabalho de pesquisa árduo, muito estudo e dedicação. Embora este seja um esforço solitário, em grande parte, sua realização não seria possível sem o suporte, afetivo e intelectual, de pessoas direta ou indiretamente envolvidas no processo. A algumas gostaria de agradecer de maneira especial:

Agradeço aos meus pais, Dilma (em memória) e Manoel, pelo apoio, incentivo e amor sem limites, dado a mim nessa caminhada.

Ao meu esposo, Jackson, pessoa com quem amo partilhar a vida, que representa minha segurança em todos os aspectos, meu companheiro incondicional, o abraço espontâneo e tão necessário.

Aos meus filhos, Lucas e Letícia, alicerces verdadeiramente seguros e insubstituíveis, presentes divinos que em suas inocências compreenderam, por todo esse tempo, a minha ausência e, sempre que possível, proporcionaram-me momentos de descontração ao longo desta jornada.

Ao professor Dr. José de Pinho Alves Filho, meu respeito e admiração pela competência e dedicação com que me orientou. Agradeço também por compreender os percalços que sofri durante a construção deste trabalho e por conduzir-me com sabedoria para a sua realização.

Aos professores Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa e Dr. Paulo José Sena Dos Santos, pelas relevantes contribuições oferecidas no Exame de Qualificação.

A minha colega de trabalho e amiga Franciele que com seu jeito extrovertido e carinhoso sempre arrancou de mim grandes risadas, mesmo nos momentos mais difíceis. Sempre solícita em ajudar tanto emocionalmente como intelectualmente.

Aos Técnicos Administrativos da secretaria do PPGECT - UFSC, pela gentileza e atenção.

À UFSC - Campus Araranguá, por incentivar e possibilitar-me a chance de melhorar como profissional, mas, sobretudo, como ser humano; e aos colegas da secretaria integrada de graduação, Franciele, Juliana, Valdirene e Maximiliano, pelo auxílio e companheirismo na concretização deste estudo.

À escola em que se aplicou a sequência, à professora titular e aos queridos e inesquecíveis estudantes por tornarem esse trabalho possível.

Ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina – UNIEDU, mantido pelo Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior - FUMDES, pela concessão de bolsa de estudos, imprescindível para o percurso de Mestrado.

E, finalmente, agradeço aos demais parentes e amigos que me ajudaram direta ou indiretamente para a concretização deste sonho. Serei eternamente grata a todos!

Mas, diante do mistério do real, a alma não pode por decreto, tornar-se ingênua. É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber.

(BACHELARD, 1996).

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma sequência didática (SD) para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos existentes no processo de ensino-aprendizagem no estudo da Cinemática apontados na literatura. Para tanto, efetuou-se uma consulta exploratória que levou à delimitação do tema. Em seguida, realizou-se um levantamento bibliográfico, fazendo uma caracterização geral das principais concepções alternativas dos alunos presentes na Mecânica Clássica. Ao sintetizar os trabalhos, verificou-se a aplicação dos resultados quanto à Cinemática. Após, planejou-se, elaborou-se e se implementou uma SD que contemplasse o estudo do MRU, do MRUV e da Queda Livre, trabalhando grandezas físicas como tempo, posição, velocidade e aceleração. As categorias de análise na identificação dos obstáculos se constituem sob a ótica de Bachelard e Brousseau e, na proposição de superação dos obstáculos, nas três principais etapas apontadas por Astolfi: Identificação, Fissuração e Superação. Foram eleitas para o ensaio da pesquisa, no âmbito empírico, duas turmas do 1º ano do Ensino Médio da rede pública estadual do município de Balneário Arroio do Silva (SC). Em uma turma a SD foi aplicada pela pesquisadora, e, em outra turma, pela professora titular, com observações e registros feitos pela pesquisadora. A implementação da SD ocorreu em 12 aulas. Os dados foram coletados durante a efetivação das seguintes atividades: pré e pós-teste, atividade experimental com questionários, discussão de textos históricos e de questões-problema, produção textual e aulas expositivas. Todas as aulas foram registradas por meio de gravação de áudio, posteriormente transcritas. Contudo, diante do cruzamento de dados entre estas ferramentas de coleta, para a análise priorizaram-se as transcrições escritas dos alunos realizadas na SD. Na análise dos dados, utilizou-se a metodologia Análise de Conteúdo proposta por Bardin. Os resultados apontaram um índice favorável de superação dos obstáculos epistemológicos, constituindo-se em uma proposta indicativa de contribuição para o ensino-aprendizagem da Cinemática. Contudo sabe-se da diversidade de fatores que influenciam na aquisição do conhecimento vivenciada pelo aluno, mas, nos limites desta pesquisa de aplicação da SD, pode-se dizer que os resultados foram satisfatórios.

Palavras-chave: Cinemática. Concepções alternativas. Obstáculos epistemológicos.

ABSTRACT

The objective of this work was to develop a didactic sequence (DS) to overcome the epistemological and didactic obstacles existing in the teaching-learning process in the study of kinematics found in the literature. Towards this intent, an exploratory consultation was effectuated, which led to the delimitation of the subject. Then, a bibliographical survey was carried out, drawing a general characterization of the main alternative conceptions of the students present in Classical Mechanics. As the work was synthesized, the results were applied to Kinematics. Afterwards, a DS was planned, elaborated and implemented, that contemplated the study of URM, VURM and Free Fall, working physical measurement such as time, position, speed and acceleration. The categories of analysis in the identification of obstacles are based on Bachelard and Brousseau approach, where they proposing to overcome the obstacles, as well as in the three main stages pointed out by Astolfi: Identification, Rupture and Overcoming. Two High School 1st year classes in the public state school network of Balneário Arroio do Silva (SC) were chosen for the research, in the empirical context. In one class the SD was applied by the researcher, and in another group, by the titular teacher, with observations and records made by the researcher. The DS implementation occurred throughout the course of 12 classes. The data was collected during the execution of the following activities: pre and post-test, experimental activity with questionnaires, discussion of historical texts and problem-solving, textual production and lectures. All classes were recorded through audio recording, later transcribed. However, before the data crossing between these collection tools, the written transcripts of the students carried out in the DS were prioritized for the analysis. In the analysis of the data, it was used the methodology of Content Analysis proposed by Bardin. The results indicated a favorable index of epistemological obstacles overcome, constituting an indicative proposal of contribution to the teaching-learning of Kinematics. However, knowing the diversity of factors that influence the acquisition of the knowledge lived by the student, but, within the limits of this SD application research, it can be said that the results were satisfactory.

Keywords: Kinematics. Alternative conceptions. Epistemological obstacles

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 - Modelo da representação didática	73
Esquema 2 - Representação didática da atividade da aula II.....	110
Esquema 3 - Representação didática da atividade das aulas III e IV (MRU).....	117
Esquema 4 - Representação didática da atividade das aulas V, VI e VII (MRUV).....	132
Esquema 5 - Representação didática da atividade das aulas VIII e IX e X (Queda Livre).....	147
Esquema 6 - Representação didática da atividade das aula XI (produção textual - velocidade e aceleração)	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama da representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação	78
Figura 2 - Mapa conceitual Planejamento SD.....	80
Figura 3 - Gráfico representando o movimento, velocidade e aceleração da esfera e da bolha.	119
Figura 4 - Gráficos representando o movimento da esfera e da bolha e o encontro dos dois móveis.	120
Figura 5 - Gráficos representando o movimento, velocidade e aceleração da esfera e da bolha.	120
Figura 6 - Tabela dos instantes e as correspondentes posições	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo das concepções alternativas constatados na revisão bibliográfica	47
Quadro 2 - Síntese das características dos obstáculos epistemológicos	66
Quadro 3 - Síntese das características dos obstáculos didáticos	71
Quadro 4 - Síntese das características das fases de superação de um obstáculo	74
Quadro 5 - Categorias de análise referente obstáculos de aprendizagem relacionados à Cinemática constatados <i>a priori</i>	85
Quadro 6 - Categorias de análise emergentes da análise dos dados referente obstáculos de aprendizagem relacionados à Cinemática.....	87
Quadro 7 - Resumo da elaboração das aulas 12 aulas da SD.....	89
Quadro 8 - Resposta à questão 1 (aula I - pré-teste).....	95
Quadro 9 - Resposta à questão 2 (aula I - pré-teste).....	97
Quadro 10 - Respostas à questão 3 (aula I - pré-teste)	101
Quadro 11- Respostas à questão 4 (aula I - pré-teste)	102
Quadro 12 - Respostas à questão 5 - (aula I - pré-teste).....	102
Quadro 13 - Respostas à questão 6 - (aula I - pré-teste).....	103
Quadro 14- Respostas à questão 7 - (aula I - pré-teste).....	104
Quadro 15 - Respostas à questão 8 - (aula I - pré-teste).....	104
Quadro 16 - Respostas à questão 9 - (aula I - pré-teste).....	105
Quadro 17 - Respostas à questão 10 - (aula I - pré-teste).....	106
Quadro 18 - Respostas à questão 11 - (aula I - pré-teste).....	107
Quadro 19 - Respostas à questão 12 - (aula I - pré-teste).....	108
Quadro 20 - Resposta ao item (a) da questão 2 (aula II)	111
Quadro 21 - Resposta ao item (b) da questão 2 (aula II).....	112
Quadro 22 - Resposta ao item (c) da questão 2 (aula II)	112
Quadro 23 - Resposta ao item (d) da questão 2 (aula II).....	112
Quadro 24 - Resposta à questão 3 (aula II)	114
Quadro 25 - Resposta à questão 5 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")	121
Quadro 26 - Resposta à questão 6 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")	124
Quadro 27 - Resposta à questão 7 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")	126
Quadro 28 - Resposta à questão 8 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")	127
Quadro 29 - Resposta à questão 9 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")	129

Quadro 30 - Resposta à questão 1 (aula V, VI e VII parte 1- texto histórico).....	133
Quadro 31 - Resposta à questão 1 (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho)	136
Quadro 32 - Resposta à questão 2 - item a (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho).....	137
Quadro 33 - Resposta à questão 2 - item b (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho).....	139
Quadro 34 - Resposta à questão 2 - item c (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho).....	141
Quadro 35 - Resposta à questão 2 - item d (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho).....	142
Quadro 36 - Resposta à questão 2 - item e (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho).....	144
Quadro 37 - Resposta à questão 1 (aula VIII, IX e X - questão problema Queda Livre).....	148
Quadro 38 - Resposta à questão 1 (aula VIII, IX e X - textos históricos)	151
Quadro 39 - Resposta à questão 2 (aula VIII, IX e X - textos históricos)	152
Quadro 40 - Resposta à questão 3 (aula VIII, IX e X - textos históricos)	153
Quadro 41 - Resposta à questão 1 (aula XII - pós-teste).....	158
Quadro 42 - Resposta à questão 2 (aula XII - pós-teste).....	160
Quadro 43 - Respostas à questão 3 (aula XII - pós-teste)	162
Quadro 44 - Respostas à questão 4 (aula XII - pós-teste)	163
Quadro 45 - Respostas à questão 5 (aula XII - pós-teste)	164
Quadro 46 - Respostas à questão 6 (aula XII - pós-teste)	165
Quadro 47 - Respostas à questão 7 (aula XII - pós-teste)	167
Quadro 48 - Respostas à questão 8 (aula XII - pós-teste)	168
Quadro 49 - Respostas à questão 9 (aula XII - pós-teste)	169
Quadro 50 - Respostas à questão 10 (aula XII - pós-teste)	170
Quadro 51 - Respostas à questão 11 (aula XII - pós-teste)	171
Quadro 52 - Respostas à questão 12 (aula XII - pós-teste)	173

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT - Admissão de professores em Caráter Temporário
AMESC - Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBEF - Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CERN - Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear
CEK - Ciclo da Experiência Kellyana
C&E - Ciência & Educação
EF - Ensino Fundamental
EM - Ensino Médio
HFC - História e Filosofia da Ciência
IENCI - Revista investigações em Ensino de Ciências
IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina
MRU - Movimento Retilíneo Uniforme
MRUV - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
NEJA - Novo Ensino de Jovens e Adultos
PIBID - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PNLD - Programa Nacional do Livro Didático
POE - Previsão- Observação-Explicação
PROEJA - Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos
RBEF - Revista Brasileira de Ensino de Física
RBPEC - Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências
SAED - Sala de Atendimento Especial aos Deficientes
SBF - Sociedade Brasileira de Física
SD - Sequência Didática
SED - Secretaria de Estado de Educação e do Desporto
SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física
TCC - Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UNESP - Universidade Estadual Paulista
UNICID - Universidade Cidade de São Paulo
UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina
USP - Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	25
2	REVISÃO DA LITERATURA	31
2.1	SÍNTESE DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS.....	47
3	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS.....	53
3.1	CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS	53
3.2	OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS.....	57
3.3	OBSTÁCULOS DIDÁTICOS	66
3.4	OBJETIVO-OBSTÁCULO	71
4	A CONSTRUÇÃO METODOLÓGICA	77
4.1	AÇÕES DA PESQUISA.....	77
4.2	LÓCUS E SUJEITOS DA PESQUISA	81
4.3	FASE EXPLORATÓRIA	83
4.4	ELABORAÇÃO DE CATEGORIAS DE ANÁLISE.....	84
4.5	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	87
5	ANÁLISE E RESULTADOS DOS DADOS	93
5.1	ANÁLISE AULA I.....	93
5.2	ANÁLISE AULA II.....	110
5.3	ANÁLISE AULA III e IV.....	116
5.4	ANÁLISE AULAS V, VI e VII.....	131
5.5	ANÁLISE AULAS VIII, IX e X.....	146
5.6	ANÁLISE AULA XI.....	154
5.7	ANÁLISE AULA XII.....	157
5.8	RELATO DA PROFESSORA QUANTO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA	176
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
	REFERÊNCIAS	185
	APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	195
	APÊNDICE B: Plano das aulas.....	197
	APÊNDICE C: Pré e pós-teste	209
	APÊNDICE D: Texto diálogo entre o Tempo e o Movimento.....	213
	APÊNDICE E: Experimento "estudo dos movimentos"	217
	APÊNDICE F: Texto - Galileu e o plano inclinado.....	221
	APÊNDICE G: Experimento "movimento no trilho"	225
	APÊNDICE H: Questão problema - queda dos corpos	227
	APÊNDICE I: Experimento "queda dos corpos I".....	229
	APÊNDICE J: Experimento "queda dos corpos II"	231

APÊNDICE K: Experimento "queda dos corpos III"	233
APÊNDICE L: Texto 1: Aristóteles	235
APÊNDICE M: Texto 2: Galileu	239
APÊNDICE N: Questões textos históricos.....	241
APÊNDICE O: Produção textual.....	243
APÊNDICE P: Slides.....	245

1 INTRODUÇÃO

No Ensino de Física, pode-se considerar a Cinemática, na parte de Mecânica, como a iniciação do aluno na disciplina. Estudada a partir do 1º ano do Ensino Médio (EM) é, muitas vezes, o primeiro contato do aluno com o conteúdo. No Ensino Fundamental (EF), pouco é discutido sobre este assunto, visto superficialmente por seus conceitos iniciais. A abordagem do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), a qual tem como objeto o estudo dos movimentos, descrevendo seus efeitos independentes de suas causas, merece atenção no que se refere à Transposição Didática deste conteúdo em sala de aula. O tema levanta dificuldades tanto na aprendizagem dos alunos como no ato de ensinar do professor, como defende Lima (2012) ao relatar sobre a problemática de se ensinar o conteúdo de Cinemática aos alunos do 1º ano do EM. O autor ressalta que, normalmente, a exposição desse primeiro contato com o conteúdo acontece por meio de recursos didáticos tradicionais como, por exemplo, os livros, que descrevem sobre a História da Física de forma breve e trivial, passando em seguida para as abstrações matemáticas, para as fórmulas do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) sem o devido aporte aos conceitos históricos.

Esse mesmo autor propõe como contribuição um estudo inicial da Cinemática integrando a Física e a literatura, utilizando-se de textos históricos sobre Galileu a respeito do movimento dos corpos, uma vez que acredita tornar mais atrativo e significativo esse primeiro contato da Física com esses alunos.

Ainda sobre a problemática no ensino da Cinemática, Macêdo (2010) expõe sobre as lacunas deixadas na graduação do professor e a falta de formação continuada, sendo estes fatores aqueles que podem levá-lo a ser somente um reproduzidor do que é exposto no livro didático. Nesse sentido, argumenta:

Falta a ele a base filosófica, histórica e sociológica para justificar como aquele conceito foi construído. Como exemplo, podemos citar a forma como a equação $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$, batizada de equação de Torricelli, é apresentada e utilizada no estudo do MRUV (MACÊDO, 2010, p.1).

Alguns professores, baseados nos textos didáticos, limitam-se à apresentação de fórmulas e a um rápido comentário sobre como os

conceitos foram construídos, sem aguçar nos alunos a curiosidade investigativa, podendo causar interpretações falhas aos alunos. O que não necessariamente são problemas interligados, propensos a gerar obstáculos à aprendizagem em um todo ou individualmente.

Em 1938, na obra *A formação do espírito científico*, Bachelard já trazia a noção de obstáculos epistemológicos, onde expõe que o conhecimento do real é aparente e nunca imediato, que se estrutura após a desconstrução de conhecimentos mal constituídos. Necessita-se, pois, criar mais alternativas didáticas para a superação desses obstáculos no ensino-aprendizagem.

O tema Cinemática é amplamente debatido na literatura. Portanto, realizou-se uma revisão, especificamente, sobre as pesquisas publicadas no Ensino de Ciências e Física sobre os principais obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem desse assunto. O intuito dessa análise é conseguir caracterizar dados confiáveis sobre o que a literatura tem apontado nessa área de estudo. Para tal, ocorreu um planejamento, com elaboração e implementação de uma sequência didática (SD) em sala de aula, orientada em consonância com a proposição de superação de um obstáculo delineada por Astolfi (1994). "Não se deve certamente subestimar o obstáculo caso se queira poder superá-lo, mas deve-se pensar de uma maneira que torne possível sua ultrapassagem" (ASTOLFI; DEVELAY, 2012, p. 59). Trata-se de utilizar a caracterização dos obstáculos de modo a torná-los objetivos.

Este estudo justifica-se como contribuição na superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos. Muitos trabalhos têm sido dedicados à investigação da presença de concepções equivocadas, simplificações indevidas e de obstáculos epistemológicos e pedagógicos nos textos dos livros de Física e Química, gerando dificuldades de apropriação do conhecimento tanto para o aluno quanto para o professor. Cita-se, como exemplo, os trabalhos de Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2002); Ostermann (2002); Cindra (2004); Resquetti e Neves (2008); Mors (2008); Melzer (2009); Stadler et al (2012) e Gomes (2012). Este último analisa a falta de rigor nas definições de grandezas físicas importantes. Destaca-se, também, Farias, Simões e Trindade (2013) que relatam a superação de diversos obstáculos de aprendizagem dos alunos referente aos conceitos de Calor e Temperatura no Ensino Médio, por meio de uma sequência didática elaborada por um professor.

Dito isto, a escolha do problema de pesquisa tratou-se de uma ideia inicial da pesquisadora, a partir do tema estudado em seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), no qual fez-se uma investigação de

obstáculos epistemológicos no estudo da Lei da Inércia em livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2012. Essa ideia inicial também fez parte do projeto para ingresso no programa de Mestrado, em que se propôs aplicar em sala de aula um método para buscar a superação dos obstáculos epistemológicos encontrados na referida pesquisa.

Para esse trabalho de mestrado, manteve-se a ideia da investigação dos obstáculos no ensino-aprendizagem, porém, para um tema que seria determinado no decorrer da pesquisa. Para tanto, iniciou-se uma pesquisa exploratória, com professores atuantes diretamente em sala de aula, para sondar os problemas mais frequentes enfrentados no ensino de Física em sala de aula. Foram consultados oito professores de Física da região da Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense (AMESC) e o resultado foi o fator que somou à escolha deste tema.

Nesta consulta, foram elencados alguns assuntos¹ e, destes, destacou-se o estudo da Cinemática como o de maior incidência de dificuldade de aprendizagem dos alunos, segundo esses professores. Embora exista uma extensa literatura de trabalhos dedicados à investigação de obstáculos epistemológicos e didáticos no ensino-aprendizagem no estudo da Cinemática no Ensino de Ciências e Física, ainda há necessidade de se propor novas alternativas para superação desses. Souza e Donangelo (2012) comentam sobre a importância da compreensão da Cinemática como propulsora na compreensão de outros conceitos.

[...] acreditamos que a cinemática tem uma significativa função propedêutica, e a consideramos fundamental para a compreensão cabal de outras grandes áreas da ciência. Em particular, o estudo da cinemática proporciona a familiarização dos estudantes com métodos que lhes serão úteis em muitas outras ocasiões e contextos. Por exemplo, considere o exercício de abstração que os rótulos de partícula e corpo extenso promovem e a exaltação da essência experimental da ciência que ocorre quando todo arcabouço conceitual da cinemática é construído a partir de duas grandezas que podemos medir,

¹ 1º Cinemática, 2º Indução Eletromagnética e 3º Física Moderna.

distância e tempo (SOUZA; DONANGELO, 2012, p.3503-1).

Diante do exposto, a problemática estabelecida está ancorada à superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos no processo ensino-aprendizagem no Ensino de Física referentes aos conteúdos iniciais de Cinemática sobre o movimento dos corpos. Deste modo, pretende-se responder a seguinte questão: ***Como contribuir para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem no estudo da Cinemática no Ensino de Física?***

Muitos professores relatam a dificuldade que os alunos têm em interpretar os aspectos relativos à Cinemática, tanto com relação aos problemas, como aos conceitos de posição em função do tempo, assim como em identificar o tipo de movimento, ou ainda, de diferenciar o MRU do MRUV nas posições horizontal e vertical, respectivamente, no movimento parabólico. Para os alunos é difícil compreender que a aceleração provoca alterações na velocidade; logo, falta-lhes entender e aplicar este conceito na resolução dos problemas. Como exemplo disso, Bachelard (1996) faz menção a situações pedagógicas em que estes obstáculos são impedimentos à apropriação do conhecimento científico:

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996, p. 23).

Bachelard (1996) ressalta a importância de o professor em compreender e não ignorar os conhecimentos prévios dos alunos e propõe alternativas para suplantar os obstáculos didáticos que o impedem de entender o porquê de o aluno não compreender (LOPES,1996). Esses obstáculos podem estar presentes na forma de ensinar do professor. Portanto, é necessário que este seja criterioso quanto aos recursos didáticos utilizados, assim como, também em sala de aula.

Em consonância com o exposto, faz-se necessária uma intervenção no ensino da Cinemática com novas formas de abordagens em sala de aula. O objetivo é que esse conteúdo seja mediado pelo professor de maneira mais significativa, dada a dificuldade de compreensão e diferenciação entre os conceitos, a fim de se alcançar a superação das barreiras que prejudicam a aprendizagem do referido tema. Desse modo, o objetivo geral desta pesquisa é: Desenvolver uma Sequência Didática (SD) para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos existentes no processo de ensino-aprendizagem no estudo da Cinemática apontados na literatura. Mais precisamente, propõe-se:

- Caracterizar os principais obstáculos indicados pela literatura;
- Planejar e elaborar uma SD, objetivando a superação dos obstáculos identificados na literatura sobre Cinemática;
- Implementar a SD sobre o estudo da Cinemática;
- Analisar os resultados da implementação visando seu redimensionamento e correções.

Como fundamentação teórica serão utilizadas as noções de obstáculo epistemológico de Gaston Bachelard, de obstáculo didático segundo Guy Brousseau e Jean-Pierre Astolfi, agregada à noção de objetivo-obstáculo na proposição de superação de um obstáculo, utilizando as três principais etapas da sequência didática: a Identificação, a Fissuração e a Superação.

Dentre as ações da pesquisa, na fase exploratória, foram coletadas informações consideradas essenciais para se formular de maneira mais precisa o problema de pesquisa com relação ao pressuposto teórico. Em seguida, realizou-se um levantamento bibliográfico, fazendo uma caracterização geral das concepções alternativas dos alunos presentes na Mecânica Clássica. Acerca dos dados obtidos, foi feita uma seleção, com enfoque na Cinemática. O intuito foi analisar concepções alternativas que podem ocasionar obstáculos epistemológicos e didáticos, ligadas diretamente aos conceitos relacionados ao estudo da Cinemática. Após caracterizadas essas concepções alternativas, aconteceu o planejamento, elaboração e aplicação de uma SD que contemplates o estudo do MRU, MRUV e Queda Livre trabalhando grandezas físicas como tempo, posição, velocidade e aceleração com proposição de superação de tais obstáculos.

Construída a SD, foram eleitas para o ensaio da pesquisa, no âmbito empírico, duas turmas do 1º ano do Ensino Médio da rede pública estadual do município de Balneário Arroio do Silva (SC). A implementação da SD ocorreu em 12 aulas e por seis semanas

consecutivas. Em uma turma, a SD foi aplicada pela pesquisadora, e em outra turma, aplicada pela professora titular, com observações e registros feitos pela pesquisadora. Salienta-se que até a data de aplicação da SD os alunos não haviam tido aulas sobre o referido assunto, exceto alguns alunos repetentes.

Os dados foram coletados durante a efetivação das seguintes atividades realizadas na SD: pré e pós-teste, atividade experimental com questionários, discussão de textos históricos, discussão de questões problema, produção textual e aulas expositivas. Todas as aulas foram registradas por meio de gravação de áudio, posteriormente transcritas. Contudo, diante do cruzamento de dados entre estas ferramentas de coleta, priorizaram-se as transcrições escritas dos alunos realizadas na SD, pois abrangeram a totalidade de dados confiáveis para a análise.

Para análise referente à aplicação da SD, os dados serão tratados conforme Bardin (1977) com a metodologia de Análise de Conteúdo. Portanto, diante da posse do material da análise, sustenta-se a ótica das categorias teóricas, como também o possível aparecimento de novas categorias. Neste contexto, as categorias de análise na identificação dos obstáculos se constituem sob a ótica de Bachelard e Brousseau, e na proposição de superação dos obstáculos, nas três principais etapas apontadas por Astolfi: a Identificação, a Fissuração e a Superação.

Salienta-se que nessa pesquisa priorizou-se a análise de dados quanto à aprendizagem dos alunos, abrangendo as interações de ensino durante a exposição das aulas e aplicação das atividades. No entanto, na apreciação do trabalho pedagógico, limitou-se no que reflete às questões de compreensão do conteúdo. Isto é, dentre as práticas de ensino, as interações em sala de aula foram elementos que contribuíram para análise das atividades escritas, mas não foram consideradas nas suas especificidades. O foco principal se deu quanto à aprendizagem, com a análise do ensino, no viés de compreendê-la.

Por fim, após a análise dos dados obtidos almeja-se a possibilidade de se alcançar os objetivos propostos na pesquisa, podendo então contribuir para a superação de obstáculos epistemológicos e didáticos no processo de ensino-aprendizagem no estudo da Cinemática.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Com a intenção de ressaltar a importância desta pesquisa para o ensino e aprendizagem na Física, destaca-se na linha do tempo trabalhos que relatam diferentes estudos sobre concepções alternativas dos alunos na área da Mecânica. Dentre estes, procurou-se identificar dificuldades mais diretamente ligadas à Cinemática. Neste sentido, foi feito um levantamento de trabalhos publicados em periódicos brasileiros de 1985 até 2015, extraindo das obras seus objetivos, concepções apontadas e indicações de contribuição de cada autor para o ensino e aprendizagem.

Os periódicos selecionados foram os seguintes: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (RBPEC), Revista Ciência & Educação (C&E) Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI). O critério para seleção dos trabalhos baseou-se nas revistas da área de ensino de Ciências e Física, classificadas pela WebQualis 2014 (A1, A2, B1 e B2), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Tais produções expõem sobre as principais concepções alternativas dos alunos, que se constituem em obstáculos epistemológicos e didáticos no ensino-aprendizagem da Mecânica Clássica.

As buscas foram efetuadas com base nas palavras-chave “Cinemática”; “Obstáculos epistemológicos”; “obstáculos didáticos”; “Bachelard”; “Brousseau”; “movimento”; “aceleração”; “queda livre”; “velocidade”; “trajetória”; “MRUV”; “MRU”, nos títulos, resumos e palavras-chave. Após a leitura dos textos, selecionaram-se dados significativos e de interesse para a pesquisa como: periódico, fonte, título, autor e temática do trabalho.

Dentre os artigos consultados nos periódicos foram escolhidos para a revisão 29 artigos. Expõe-se que 13 artigos foram encontrados na RBEF, 6 no CBEF, 6 na RBPEC, 3 na C&E e 1 na IENCI. Quanto à ordem cronológica, 3 artigos são de 1981 a 1990, 9 de 1991 a 2000, 11 de 2001 a 2010 e 6 artigos de 2011 a 2015. Nessa seleção percebeu-se um pequeno aumento no número de publicações com o passar do tempo sobre as concepções dos alunos. No entanto, localizaram-se apenas dois artigos publicados no ano de 2013 que dissertam sobre obstáculos epistemológicos, relacionando-os com as concepções dos alunos.

As concepções espontâneas ou ideias intuitivas dos alunos foram amplamente debatidas por diversos autores. Dentre eles, Viennot (1985), que trata de seus estudos centralizando nas semelhanças entre as concepções espontâneas dos alunos e o desenvolvimento histórico dos

conceitos no que diz respeito às questões relacionadas com a Mecânica. Ademais, no estudo das concepções espontâneas dos alunos, destacaram-se os seguintes autores:

Villani, Pacca e Hosoume (1985) investigaram concepções espontâneas do conceito de movimento por meio de uma revisão das pesquisas sobre o assunto. O objetivo foi contribuir para o entendimento das concepções espontâneas sobre o conceito de movimento de modo geral, dentro da Cinemática Dinâmica até a Cinemática Relativística. Desta forma, os autores dividiram o estudo em três partes: explicitar sobre os resultados identificados até a referida data; introduzir a ideia de movimento absoluto; e debater consequências de caráter pedagógico. A primeira parte contém o resumo das principais obras referentes às ideias espontâneas, que serviram de base para a discussão. Sobre o movimento absoluto, estes autores destacaram as seguintes concepções: (i) espaço absoluto em que os movimentos se desenvolvem de observadores privilegiados², nos quais as grandezas medidas são reais e parecem ser mais fundamentais do que velocidade, aceleração, força, distância percorrida; (ii) de movimento aparente, deformações dependentes da situação do observador; e (iii) de que um corpo está ou não em movimento se possui ou não uma força viva intrínseca. Nas atividades pedagógicas, também estes autores recomendam aos professores, no ensino de determinado conteúdo, instituir o conhecimento, inicialmente, por meio das ideias espontâneas dos alunos.

Peduzzi e Peduzzi (1985) investigaram concepções espontâneas no campo da Mecânica referentes aos conceitos de gravidade, ação e reação, velocidade e aceleração, e força e movimento, extraídos de diversas pesquisas realizadas naquele período. Analisaram, do ponto de vista intuitivo dos estudantes, como a força agente em um projétil varia ao longo de toda a sua trajetória. Constataram as seguintes concepções: (i) na subida, lançado verticalmente, os estudantes associam uma força para cima que decresce à medida que o projétil sobe; (ii) quando a força se iguala ao peso, o corpo inverte o sentido do seu movimento; e (iii) na descida, outras forças são relacionadas ao movimento: uma força para cima (decrecente) e uma para baixo (crescente), além da força peso. Verificaram que, em termos de força, os alunos não compreendem movimento de projéteis. Nesse sentido, os autores destacam que os

² Definidos como aqueles que têm acesso imediato dos valores próprios das grandezas espaciais e temporais que caracterizam o movimento (VILLANI; PACCA; HOSOUME, 1985, p.39).

esquemas intuitivos oferecem muita resistência à mudança e recomendam que o tema mereça mais atenção por parte do docente.

Villani (1989) disserta sobre ideias espontâneas construídas pelos alunos em relação ao movimento, destacando alguns pontos: (i) associação da ideia de movimento com a de força; (ii) proporcionalidade entre força e velocidade: velocidade maior representa força maior. Se há ausência de força, há ausência de velocidade; (iii) proporcionalidade entre velocidade e aceleração: se aumenta a velocidade, aumenta a aceleração; (iv) considerar a trajetória e a distância percorrida por um móvel como grandezas absolutas, independentes do observador; e (v) queda livre: na ação depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação; Corpos mais pesados caem mais depressa. O autor recomenda ao professor estar atento às ideias espontâneas dos alunos de modo a considerá-las na construção do conhecimento científico.

Peduzzi (1992), em um estudo das concepções alternativas em Mecânica, fez a análise da concepção inercial de movimento em nove livros³ e dois projetos⁴. Na sequência, verificou a "ciência dos alunos"⁵ e a importância desta para o Ensino da Física. Destacou que vários dos exemplos envolvendo a noção de força apresentados nos referidos materiais instrucionais estão em confronto direto com as ideias intuitivas dos estudantes, não podendo, portanto, ser compreendidos. No mesmo sentido, o autor argumenta que, na ciência dos alunos, as concepções resistem ao ensino de conceitos por se conflitarem. A exemplo, cita algumas dessas concepções: (i) força e velocidade mantém uma proporcionalidade direta; (ii) um corpo inanimado não pode exercer força sobre outro corpo; (iii) em relação à gravidade, o uso do exemplo de um corpo como força; (iv) a existência de forças entre cargas elétricas ou entre ímã ou limalhas de ferro; (v) pouca ênfase histórica dada a Aristóteles; e (vi) ausência de comentário sobre a teoria do Impetus e força impressa. Enfatiza, porém, que essas concepções não são discutidas nesses materiais. Em virtude disso, salienta que o conceito de força é exposto em diversos textos de forma inapropriada. O autor recomenda que a discussão do princípio da inércia na exposição

³ Nicolau & Toledo; Ramalho, Ivan, Nicolau & Toledo; Bonjorno; Moretto e Lenz; Robertella, Avelino & Edson; Ivan; Chiqueto Parada; Beatriz e Máximo.

⁴ Projeto de Ensino de Física e Physical Science Study Committee (com tradução em português).

⁵ Conjunto de ideias, expectativas e significados à palavras que os estudantes possuem e que trazem para a sala de aula (PEDUZZI, 1992, p.87).

em livros didáticos e em projetos seja refletida, de modo a considerar a ciência dos alunos.

Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira (1992) desenvolveram um trabalho que prevê a construção e a testagem de uma sequência de conteúdos em Mecânica para tratar da concepção aristotélica, envolvendo a proporcionalidade força-velocidade. A exemplo disso, fazem uma abordagem formal dos conceitos de Cinemática, com ênfase na análise qualitativa e quantitativa de gráficos, de forma que evidencie ao aluno a potencialidade desta forma de representação. Apresentam, em um contexto histórico mais objetivo e simplificado, as ideias fundamentais de Aristóteles que o levaram a estabelecer esta proporcionalidade. Os autores expõem que a resolução e a discussão em sala de aula de problemas abertos são potenciais ferramentas no aprendizado de Física.

Laburu e Carvalho (1993) descrevem concepções alternativas dos alunos sobre o conceito de aceleração e as ponderam na seguinte ordem: (i) aceleração associada como aumento ou diminuição da velocidade; (ii) sentimento de haver aceleração somente na situação de aumento de velocidade; (iii) crença de que qualquer movimento é acelerado, de modo que basta haver aceleração para existir movimento; (iv) ideia de que a aceleração seria conforme a velocidade; (v) consideração da aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo, bom como (vi) da aceleração como critério de posição, (vii) da aceleração como critério de força e (viii) da aceleração como critério de ultrapassagem. Os autores sinalizam em seu estudo que a noção de aceleração vem associada a um conjunto de ideias espontâneas, sendo substituída na interpretação de movimentos acelerados. Deste modo, os autores indicam que conhecer as concepções alternativas dos alunos referentes a esse conteúdo contribuirá para estratégias pedagógicas.

Gaspar (1994) expõe que, em 1993, durante a conferência de abertura do X Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), foi discutida a eliminação do ensino da Cinemática. O autor discorda do que foi proposto e descreve em seu trabalho que a Cinemática se justifica pelo fato de encontrar-se apoio na História da Física, que tem seu início no estudo dos movimentos com a apresentação de conceitos básicos como referencial, trajetória, posição, velocidade e aceleração, que, na maioria dos livros didáticos, não são tratados com o devido rigor. Deste modo, destaca as seguintes confusões nos textos desses livros: (i) posição é sinônimo de espaço; (ii) sinais da velocidade e aceleração têm interpretações confusas e raramente ligadas ao referencial, assim como aceleração negativa é quase sempre sinônimo

de frenagem ou desaceleração; (iii) tendência de se extinguir o "R" de retilíneo dos movimentos MRU e MRUV; e (iv) o MU e o MUV apresentados como movimentos sem trajetória. Assim sendo, critica fatores como textos que evidenciam através de figuras trajetórias curvilíneas, mas que se referem a trajetórias retilíneas, bem como a equação da velocidade do MUV invariavelmente deduzida a partir da diferença algébrica das velocidades, por vezes acompanhada de ilustrações de trajetórias curvilíneas, constituindo em um erro conceitual. Como sugestão, o autor recomenda a professores e alunos serem mais críticos em relação aos textos didáticos, de modo que estes textos não fortaleçam obstáculos à aprendizagem.

Peduzzi (1996) descreve algumas concepções alternativas dos estudantes. Como, por exemplo: (i) não pode haver movimento sem força; (ii) força e velocidade são proporcionais. Através de uma revisão bibliográfica, discute as ideias de Aristóteles sobre o movimento dos corpos e destaca a importância destas relacionadas com o senso comum no processo de ensino e aprendizagem.

A descaracterização do paradigma aristotélico nos textos didáticos acaba inibindo qualquer relacionamento entre este referencial e o senso comum do aluno, deixando à margem do processo educativo um importante resultado da pesquisa educacional: o fato de que para estudantes de qualquer nível de escolaridade não pode haver movimento sem força e que força e velocidade são proporcionais (PEDUZZI, 1996, p. 49).

Em recomendação à superação dessas concepções alternativas, o autor sugere o uso da História da Física no ensino, salientando que na História da Mecânica mostra-se a evolução do conceito de força.

Agrello e Garg (1999) estudaram as dificuldades que os estudantes têm ao interpretar gráficos de Cinemática. Coletaram dados, por meio de teste de múltipla escolha, de 228 estudantes que completaram o segundo grau e ingressaram em diferentes áreas na Universidade de Brasília (UnB). Esses mesmos autores citam que este estudo teve o intuito de ajudar o desempenho dos alunos. Para tanto, foram realizados os procedimentos de medir posição, velocidade, aceleração e tempo, obtendo dados que pudessem ser analisados através de vários gráficos do tipo: posição (x) versus tempo (t), velocidade (v) versus tempo (t) e também $\log x$ versus $\log t$. Após, com a análise dos

dados, apontaram as seguintes dificuldades dos alunos: (i) em determinar inclinações. Se a reta não passa pela origem, os alunos frequentemente calculam a inclinação em um ponto, dividindo o valor de uma ordenada pelo valor de uma abscissa, essencialmente forçando a linha a passar pela origem; (ii) misturam inclinação com altura; (iii) confundem áreas sob curvas e inclinações e selecionam respostas que se referem a inclinação em vez de área; (iv) encontram dificuldade de fazer o cálculo de áreas para determinar variações na velocidade a partir de gráficos de aceleração. A tendência é calcular a inclinação em vez da área ou ler o valor do eixo vertical; e (v) usam a fórmula $d = vt$ para encontrar a distância. Os autores indicam o presente estudo como auxílio aos professores no desenvolvimento de métodos de ensino, a fim de diminuir as dificuldades dos alunos na construção de gráficos em Cinemática.

Acosta, Sanchez e Lapolli (1999) fizeram um levantamento teórico de situações problemáticas vividas pelos alunos de 2º grau e universitários que iniciaram seus estudos em Física. Realizaram entrevistas a professores e alunos, conferências de grupos docentes, avaliações estatísticas em provas realizadas pelos alunos durante o curso acadêmico na Universidade Cidade de São Paulo (UNICID) e em outros centros de ensino do Mercosul e Cuba. O objetivo do trabalho foi expor a estrutura da pesquisa teórica e os resultados obtidos na conclusão da investigação para o desenvolvimento de um software de Cinemática. Dessa forma, dentre as dificuldades encontradas na pesquisa cita-se algumas: (i) tanto os alunos universitários como os de 2º grau, possuem deficiências quando são abordados novos conceitos físicos relacionados com a Cinemática ou quando devem dominar conceitos mais profundos; (ii) quando necessitam fazer uma consulta para esclarecer dúvidas que apresentem os conceitos fundamentais de Cinemática, não sabem a que texto dirigir-se; e (iii) que os alunos do 2º grau que iniciam o estudo de Física não se sentem motivados em estudar a nova disciplina. Os autores sugerem o desenvolvimento de um software que contenha os conceitos básicos de Matemática e Física e os conceitos fundamentais de Cinemática, de modo a permitir ao aluno compreender com mais facilidade os referidos conceitos.

Camargo, Scalvi e Braga (2000) analisaram, por meio de uma entrevista, a relação das convicções⁶ alternativas de repouso e

⁶ As convicções surgiram das interpretações de determinado conjunto de idéias que foram agrupadas por terem características semelhantes do ponto de vista conceitual (CAMARGO; SCALVI; BRAGA, 2000, p. 314).

movimento de um cego com as convicções de pessoas não cegas. Propuseram investigar as concepções espontâneas de pessoas com deficiência visual total em relação aos conceitos físicos de repouso e movimento e comparar tais concepções com exemplos científicos históricos. Relataram que, quanto às convicções manifestadas pelo cego, a ausência de visão não apresenta como fator principal a influência no que se refere à natureza das concepções espontâneas de repouso e movimento. A saber, destacaram as seguintes concepções espontâneas: (i) noção de lugar natural, um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar; (ii) objetos sem vida como uma mesa, não exercem forças, são obstáculos e podem redirecionar ou parar o movimento, mas eles não podem ser agentes de uma força aplicada; (iii) que a massa de um objeto interfere em seu tempo de queda; e (iv) presença de uma força impressa, um poder imaterial que era transferido a esses objetos pelo movedor. Os autores concluíram que o aluno cego constrói seu conhecimento principalmente através da audição e do tato. Verifica-se, aqui, que é apropriado apresentar a ele objetos a fim de ser tocados e manipulados. Recomendam, para tanto, que o professor ofereça um planejamento em seu método de ensino que englobe experiências para as pessoas cegas.

Neves (2000), em uma revisão bibliográfica, descreve sobre a noção do conceito de força na evolução histórica. Neste estudo, deduz três importantes decorrências da descrição Cinemática dos movimentos segundo a Física de Aristóteles: (i) a natureza do corpo, sua quantidade de peso ou de leveza, determina a sua velocidade; (ii) as velocidades dos corpos são sempre constantes, não havendo nenhuma espécie de variação temporal; (iii) é impossível o movimento no vácuo; e (iv) um corpo é movido sempre pela ação constante de um agente. O autor expõe sobre a falta de discussão da História da Ciência no ensino de Ciências e de Física, em que prevalece apenas o papel do ensino dogmatizador.

Rezende e Barros (2001a) apresentam resultados de uma pesquisa que teve por objetivo investigar a interação de um grupo de calouros universitários do curso de Licenciatura noturna em Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os dados foram coletados por meio de visitas guiadas do sistema hipermídia⁷ “Força &

⁷A multimídia, sendo um meio de processar a informação conjugando vários tipos de mídia como textos, gráficos, animações, vídeos e sons apresenta um potencial específico para o ensino de Física, tornando possível a animação de fenômenos e a simulação de modelos físicos. A hipermídia acrescenta à multimídia um alto grau de interatividade e traz a possibilidade de reflexão por

Movimento”⁸, as autoras discutem alguns dos problemas conceituais dos alunos já identificados na literatura, como também dificuldades que reaparecem na interação do sistema hipermídia. Desta forma, com o intuito de contribuir para a superação dessas dificuldades, após a realização da pesquisa, destacam as seguintes concepções espontâneas dos alunos: (i) na queda livre e lançamento oblíquo, que há uma força para baixo, mas ainda atribuem uma força no sentido do movimento; (ii) força e velocidade nulas no ponto mais alto da trajetória; e (iii) associação entre velocidade e existência de força, única força na direção da velocidade. As autoras ressaltam que as visitas guiadas ao sistema hipermídia podem auxiliar o estudante na integração de suas concepções alternativas, além de ser um espaço de reflexão.

Rezende e Barros (2001b) analisaram algumas das pesquisas em concepções espontâneas na área de Mecânica realizadas na década de 80. Deste modo, nas diferentes interpretações das pesquisas, citam três tendências: a) a que aproxima as concepções dos estudantes à teoria aristotélica; b) a que vê semelhança entre as ideias dos estudantes à teoria do Impetus; e c) a que não confere ao conhecimento do estudante o *status* de teoria, ou seja, a inexistência de uma teoria. Neste contexto, as autoras apresentam alguns dos principais argumentos de cada linha de interpretação quanto às concepções alternativas: *Teoria aristotélica*, (i) onde corpos se dirigiam para seus lugares naturais, por exemplo, para os corpos pesados seria o centro da Terra; (ii) onde uma força seria necessária para manter o corpo em movimento, e quando a força deixasse de agir, este voltaria ao seu lugar natural; (iii) que um aumento na velocidade poderia ser conseguido com um aumento da força; e (iv) no movimento de um projétil, após seu lançamento, além de impor uma resistência ao movimento do corpo, o ar transmitiria a ele a força necessária para mantê-lo em movimento. *Teoria do Impetus*, (i) que um objeto colocado em movimento adquire uma força interna ou impetus que serve para manter seu movimento; e (ii) o impetus de um objeto se dissipa gradual e espontaneamente ou como resultado de influências externas até parar. Por fim, quanto à *Teoria Nenhuma*, as autoras citam conclusões de alguns autores, a saber:

parte do estudante, em consideração ao seu estilo cognitivo e às suas concepções prévias. Disponível em:

<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/169.html>

⁸ Sistema hipermídia com o objetivo de ajudar os estudantes no processo de reestruturação conceitual em mecânica básica. Disponível em: <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/169.html>

McDermott (1984) concluiu, a partir de seus estudos sobre as dificuldades conceituais dos estudantes em mecânica, que sistemas de crença aristotélicos ou medievais sugeridos por muitos autores para interpretá-las seriam inadequados para dar conta de erros cometidos na análise de situações físicas mais complexas. [...] Para diSessa (1988), a física intuitiva pode ser melhor compreendida como um conjunto de fragmentos de conhecimento (os primitivos fenomenológicos) do que por um conjunto de estruturas integradas, que constituiriam uma teoria. [...] Whitaker (1983) faz alusão à visão aristotélica dos alunos sobre movimento de projéteis. Apesar disso, suas conclusões dão ênfase à inconsistência das concepções dos alunos como um dos principais entraves à compreensão dos conceitos científicos (REZENDE; BARROS, 2001b, p.12).

As autoras perceberam, quanto à interpretação das concepções alternativas dos alunos, um aspecto em comum: a relação linear entre força e velocidade. Sugerem que seja realizada uma análise das dificuldades conceituais dos alunos, a fim de serem incluídas no planejamento do professor.

Martins e Zanetic (2002) referenciados em Galileu como objeto direto de suas análises, fizeram uma releitura histórica entre os séculos IV a.C. e XVII d.C. Analisaram o conceito de tempo e como este foi inserido no estudo dos movimentos em caráter permanente, bem como as diferentes concepções desse conceito tanto no argumento do modelo aristotélico-ptolomaico como na nova Mecânica, evidenciadas pelas obras de Copérnico, Galileu, Kepler e Newton, especialmente. Os autores descrevem sobre o erro cometido por Galileu e Descartes ao tentarem estabelecer da lei da queda dos corpos, e a superação de tal obstáculo, que levou à introdução do conceito de tempo de maneira definitiva no estudo dos movimentos. Destacam, também, as concepções alternativas dos alunos conexas ao conceito de tempo: (i) associar o tempo às ideias de mudança e movimento; e (ii) o tempo é o que o relógio mede, assim, o conceito passa a ser definido pelo aparelho de medida. Os autores sugerem aos professores de Física do EM ou de disciplinas universitárias iniciais, que seja feito um enfoque de forma mais abrangente deste conceito em sala de aula; isto é, fornecer subsídios que possibilitem a superação dessas dificuldades.

Harres (2002) analisou as concepções sobre força e movimento de futuros professores recém-saídos do EM. A análise se concretiza sob uma visão histórica evolutiva, e a proposta fundamental incide em analisar que, "[...] o 'salto' da física aristotélica (mais relacionada ao conhecimento cotidiano) para a física newtoniana (conhecimento científico) não é 'quântico' [...]" (HARRES, 2002, p.90). Deste modo, ao observar as ideias dos alunos sobre o movimento de projéteis, o autor descreve que há um senso comum que difere do argumento de Aristóteles na manutenção desse movimento antiperistasis. Como exemplo disso, o autor cita: a ideia de que a causa do movimento está localizada no próprio corpo, resultante da interação do projétil com o seu projetor. Ainda, chama atenção para concepções intermediárias, ocasionadas por modelos explicativos constituídos após a física aristotélica e anteriores à concepção newtoniana. O autor destaca que a estratégia de estabelecer, a partir da evolução histórica da Dinâmica, uma escala das concepções sobre força e movimento, mostrou-se favorável quanto à evolução do conhecimento dos futuros professores.

Hülsendeger (2004) averiguou, em um estudo realizado com alunos do segundo ano do EM, até que ponto as concepções dos alunos se assemelham às ideias de Aristóteles sobre a queda dos corpos. Constatou que as concepções se mostram assemelhadas, pelo menos parcialmente. A única diferença verificada foi a substituição do conceito de peso por densidade, mas a conclusão à qual os alunos chegaram foi equivalente. Isto é, corpos com pesos/densidades diferentes caem com velocidades diferentes. Descreveu ainda que, para os alunos é difícil entender que a diferença de tempo na queda dos corpos se devia à resistência imposta ao movimento pelo ar. A autora destacou a importância de propiciar situações nas quais os alunos trabalhem de forma a chegar sozinhos às suas conclusões, para que possam reconstruir o conhecimento sem a constante interferência do professor.

Gatti, Nardi e Silva (2004) estudaram como a evolução histórica dos modelos de atração entre corpos pode auxiliar na formação inicial do docente de Física. Analisaram um curso destinado a professores que atuam no EM, o qual propunha uma reflexão sobre como o conceito de gravidade foi elaborado historicamente, ampliando a discussão para as dificuldades enfrentadas em sua elaboração. Dessa forma, destacaram que foram estudadas no curso semelhanças entre obstáculos encontrados na História da Ciência e as preconcepções dos estudantes, a saber: (i) dificuldades com as relações entre força e movimento, revelando em muitos casos noções de força impressa; (ii) de que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo; e (iii) discussão sobre a

necessidade do meio físico para a transmissão da força atrativa. Os autores indicam incorporar os resultados de pesquisas sobre as concepções alternativas e sobre a utilização da História da Ciência, buscando sintetizar tais elementos com a finalidade de contribuir na formação do docente de Física.

Araujo, Veit e Moreira (2004) avaliaram as principais dificuldades de estudantes calouros do curso de Física da UFRGS, na interpretação de gráficos da Cinemática. Após, apresentaram dois subprodutos diretos de um trabalho de pesquisa voltado para a superação destas dificuldades. Nesse sentido, descrevem sobre as dificuldades apontadas em um estudo feito por McDermott, Rosenquist e Van Zee.

Cinco destas dificuldades estão em conectar os gráficos aos conceitos físicos: a) discriminar entre inclinação e altura; b) interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação; c) relacionar um tipo de gráfico a outro; d) relacionar a narração de um movimento com um gráfico que o descreve; e) interpretar a área sob o gráfico. As outras cinco dificuldades encontradas estão em conectar gráficos ao mundo real: a) representar movimento contínuo por uma linha contínua; b) separar a forma de um gráfico da trajetória do movimento; c) representar velocidade negativa; d) representar aceleração constante; e) fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004, p.180).

Os autores sugerem o uso de modelagem computacional para a interpretação de gráficos, e lembram a importância de pesquisas científicas que investiguem de que forma o aprendiz relaciona e compreende os conceitos físicos trabalhados com o uso do computador.

Giorgi, Concari e Pozzo (2005) analisaram publicações sobre preconceitos ou ideias iniciais relativas a corpos em movimento, também intituladas frequentemente de força e movimento. Em seu estudo, apontaram as seguintes ideias intuitivas associadas à palavra Força: (i) associação necessária entre força e direção do movimento; (ii) relação direta de força com velocidade em corpos em movimento; (iii) organismos que se deslocam têm força interna e estão equipados com vigor; (iv) o movimento dos corpos de maior massa é mais rápido, por deter ou possuir a maior força; (v) a força motriz contida no corpo é

consumida, perdida ou dissipada durante o movimento; (vi) corpos em repouso não possuem forças; e (vii) Força motriz é transmitida para outros organismos (de contato ou através de um meio). Os autores recomendam que projetos de educação sejam adaptados para o que o aluno sabe, bem como realizados com metodologias que levem à obtenção das peculiaridades cognitivas do sujeito, aumentando a eficácia do ensino.

Rocha et al (2005) investigaram sobre a contribuição do Ciclo da Experiência Kellyana⁹ (CEK), como ferramenta metodológica, para facilitar aos estudantes de forma construtiva a relação da existência da força e a concepção de MRU, numa visão galilaica. A aplicação ocorreu com alunos do 1º ano do EM de uma escola da rede pública estadual localizada em Recife, PE. Destacaram, assim, as seguintes concepções no resultado da aplicação: (i) pensamento aristotélico (PA), a existência do movimento somente sob a ação de uma força. Nesse caso, o repouso é o estado natural dos corpos e a gravidade ou o atrito faz o corpo parar; e (ii) pensamento galilaico (PG), a possibilidade de existência de movimento sem ação de uma força. Nesse caso, o corpo para porque uma força atua. Os autores destacam que as atividades desenvolvidas com o CEK contribuíram para uma evolução construtiva na estrutura cognitiva dos alunos, do pensamento aristotélico para o pensamento galilaico.

Gomes, Fusinato e Neves (2010) fizeram uma análise crítica das concepções alternativas sobre força e movimento na revista *Superinteressante*. Efetuaram uma revisão bibliográfica, partindo da teoria dos movimentos de Aristóteles até as três leis de Newton. Em seguida, compararam concepções encontradas em várias pesquisas sobre esse assunto com as desses pensadores. Deste modo, destacaram as seguintes concepções: (i) ao afirmar que, em uma freada brusca, o corpo do motorista é jogado para a frente, a afirmativa passa a mensagem de que o movimento do motorista é provocado por uma força; (ii) ideia de que força é proporcional à velocidade; (iii) que é necessária uma força para acelerar a expansão do Universo, mas, para manter essa expansão, essa exigência não é obrigatória; e (iv) o movimento de uma bola metálica, durante o plano inclinado, é sempre acelerado. Isso inclui o instante em que a bola para no ponto mais alto da trajetória. Os autores sinalizam que os textos da revista contêm muitas das concepções dos estudantes sobre força e movimento, contudo, em porcentagem menor,

⁹Parte integrante da Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly.

se comparados com os localizados em outras pesquisas sobre o tema. Recomendam, ainda, aos educadores, cuidados especiais na utilização da revista como um subsídio didático.

Gatti, Nardi e Silva (2010) avaliaram uma experiência didática com onze alunos de um curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual Paulista (UNESP), visando associar a História da Ciência com o ensino de Física. O intuito foi discutir a evolução histórica do tema atração gravitacional quanto à existência de concepções alternativas. Ainda, realizar leituras e debates de textos sobre pesquisas em ensino de Ciências, que geram contrariedades com modelos tradicionais de ensino. Dentre as concepções localizadas, citam as seguintes: (i) a de que a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso; (ii) a dificuldade em relacionar eventos terrestres e celestes, explicando o movimento de um astronauta e de sua nave como devido ao fato de não haver gravidade no espaço, ou desta ser muito fraca; e (iii) a dificuldade em se estabelecer uma causa única para os movimentos terrestres e celestes. Quanto aos métodos tradicionais de ensino, os licenciandos avaliam como principais dificuldades: (i) a falta de interesse dos alunos; (ii) baixos salários; (iii) péssimas condições de trabalho; e (iv) resistência à mudança pelos professores, em inserir novos métodos de ensino. Os autores sugerem uma remodelação dos cursos de graduação. Ainda, propõem estabelecer aos licenciandos uma maior experiência em atividades de ensino enquanto estão na graduação, colaborando para atividades inovadoras e continuadas não sendo restrita à experiências pontuais.

Macêdo (2010) realizou uma análise de livros didáticos, a fim de destacar o papel histórico de Evangelista Torricelli, como mostrar a sua importância para o estudo do MRUV. Verificou, também, a maneira como a equação $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$ é mostrada aos alunos do EM no estudo deste movimento por meio de livros didáticos e do procedimento dos professores quanto a esse assunto. Expôs que, na análise dos livros, as formas de apresentação da equação de Torricelli são semelhantes, e utiliza-se como estratégia a aplicação das equações horárias da Cinemática, sem citar sua participação no estudo do MRUV. O autor relata que raramente autores lembram-se de que a equação leva esse nome em homenagem a Torricelli. Como contribuição, recomenda o uso da História da Física no processo de ensino.

Souza e Donangelo (2012) apresentaram uma abordagem para os conceitos de velocidade média e instantânea no EM. Salientam que a

proposta é desenvolvida no Programa de Pesquisa em Ensino de Física da UFRJ¹⁰. Para tanto, fizeram um trabalho no qual se mostra aos alunos uma simulação produzida na linguagem Flash¹¹ em que ocorre uma corrida entre dois carrinhos, onde uma ultrapassagem é apresentada. Em seguida, pede-se aos alunos para conferir as velocidades dos carrinhos no instante em estão lado a lado e estabelecerem um conceito de velocidade instantânea. Assim, relatam que, conforme as pesquisas em Ensino de Física sobre a existência de concepções espontâneas nos alunos, a posição é frequentemente utilizada pelos alunos para comparação de velocidades, o que os leva a concluir que carros que estão na mesma posição têm a mesma velocidade. Como contribuição, os autores enfatizam que trabalhar com investigação de problemas faz os alunos serem mais ativos, bem como na resolução dos problemas e compreensão dos conceitos físicos.

Colombo Júnior e Silva (2013) propuseram uma análise epistemológica à luz de Gaston Bachelard por meio do acompanhamento da visita de 337 alunos do EM à Casa Maluca da Universidade de São Paulo (USP), vindos de escolas do Estado de São Paulo. O intuito foi entender como um espaço que foi fisicamente alterado influencia na percepção e compreensão acerca da gravidade. Assim sendo, destacaram alguns obstáculos epistemológicos relacionados ao entendimento dos alunos sobre o conceito gravidade, como: (i) experiência primeira – a Terra é entendida como possuidora da gravidade, assim ela atrai os objetos, mas o contrário não faz sentido; (ii) obstáculo realista (realismo ingênuo) – a ideia de que um objeto não estando em contato com o solo não está sob a ação da força gravitacional, portanto, um astronauta nas proximidades da Terra não está sobre a ação da gravidade; (iii) evidências de animismo – a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo; (iv) obstáculos substancialistas – atribuem à atmosfera uma qualidade pressionadora, fixadora dos corpos na Terra; e (v) obstáculo

¹⁰P.V.S. Souza, Uma Abordagem para os Conceitos de Velocidade e Aceleração no Ensino Médio. Tese de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível no formato virtual no endereço http://omnis.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Paulo_Victor_Souza/dissertacao_Paulo_Victor_Souza.pdf.

¹¹Este aplicativo, desenvolvido por Geraldo Filipe Souza Filho e Paulo Victor Santos Souza está disponível no endereço http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/artigos/2012_pvictor_1/simulacao_corrida.swf.

verbal – concebem a gravidade como detentora da explicação para a queda dos corpos. Os autores indicam que o tema gravidade pode ser trabalhado com os alunos em um ambiente físico modificado como, por exemplo, a Casa Maluca, tendo em vista que a mesma contribui na discussão de conceitos trazidos do senso comum, bem como na identificação de obstáculos epistemológicos decorrentes das suas concepções sobre o tema.

Ramos e Scarinci (2013) analisaram a concepção de tempo e espaço de alunos do primeiro ano do EM. Procuraram identificar, por meio de definição elaborada pelos alunos sobre espaço e tempo, possíveis obstáculos epistemológicos existentes na aprendizagem desses conceitos. Deste modo, concluíram as seguintes concepções sobre o conceito de tempo: (i) pode-se fazer referência com a passagem das horas, como também ao tempo meteorológico; (ii) há confusão na relação entre distância e tempo; (iii) dificuldade na caracterização desse outro tempo; o tempo da física parece não estar confortavelmente conectado com o tempo do cotidiano, somente a problemas relacionados à cinemática. Quanto aos perfis epistemológicos pode-se perceber características do realismo ingênuo e do empirismo. Com relação ao conceito de espaço detectaram concepções como: (i) os alunos fazem uma relação com algo que se mede, seja em uma dimensão (distância) ou em duas dimensões (área). Assim, consideraram o perfil epistemológico do conceito de espaço centrado no empirismo. Quanto aos possíveis obstáculos epistemológicos relacionados ao desenvolvimento dos conceitos de tempo e espaço, identificaram nas manifestações a observação primeira, a generalização, o obstáculo verbal e o obstáculo animista. Os autores sugerem que sejam considerados os conceitos prévios dos alunos no ensino dos conteúdos científicos. Recomendam, também, a necessidade de uma ênfase maior na discussão dos conceitos de tempo e espaço no ensino de Física.

Monteiro e Martins (2015) aplicaram uma sequência didática em duas turmas de graduação, com o objetivo de discutir como o conceito de Inércia foi desenvolvido historicamente. Os autores expõem que um dos motivos da escolha deste tema se ateu à constatação de várias pesquisas constatadas na literatura. Dentre essas concepções, os autores destacam:

- (i) se um corpo se move num dado sentido, é porque está atuando uma força nesse sentido; (ii) sob a ação de uma força constante, um corpo move-se com velocidade constante; (iii) o valor da

velocidade de um corpo é proporcional à intensidade da força que nele atua; (iv) a aceleração de um corpo é devida a um aumento da força que nele atua; (v) na ausência de força, um corpo está em repouso, ou, se está a mover-se, acaba por parar; (vi) Na ausência de força, um corpo move-se até parar porque armazenou uma espécie de “ímpeto” durante a atuação de uma força a que foi submetido anteriormente; (vii) as forças que não produzem movimentos não existem. É o caso da reação de uma mesa sobre um corpo, que “não existe” porque o corpo não se move para cima; (viii) a ação que um corpo exerce em outro e a reação que este exerce no primeiro dependem de aspectos figurativos, tais como a forma e a posição dos corpos, a massa dos mesmos, o seu tamanho, o estado cinético em que se encontram etc.; e ix) A força é uma propriedade de um corpo (MONTEIRO; MARTINS, 2015, p.2).

Em suas análises constataram que no lançamento vertical para cima e no lançamento oblíquo, parte dos alunos admitem haver uma força gravitacional, bem como uma força na direção do movimento. Verificaram, ainda, nas justificativas dos alunos, a utilização do conceito de Inércia. Contudo, há uma propensão ao uso do conceito de energia. Dessa forma, identificaram que boa parte dos graduandos apresentaram concepções alternativas acerca do movimento. Os autores descrevem que há indicativos de que a História e Filosofia da Ciência (HFC) tenha contribuído para uma apropriação do conceito de inércia e apontam a aplicação didática da HFC como uma perspectiva de aprendizagem de conceitos científicos a partir de uma abordagem histórico-filosófica.

Santos e Sasaki (2015) propuseram estudar conceitos como: deslocamento, velocidade e aceleração usados ao Movimento Retilíneo, assim como a distinção desses dois últimos. Os sujeitos da pesquisa foram quatro turmas do curso Novo Ensino de Jovens e Adultos (NEJA) do Estado do Rio de Janeiro. Deste modo, resolveram tratar sobre algumas concepções alternativas relacionadas à Mecânica, aplicando a metodologia de aprendizagem ativa de orientação construtivista

Previsão-Observação-Explicação (POE)¹². Neste estudo, constataram as seguintes concepções: (i) ideia de que, na igualdade da posição, há igualdade na velocidade, como também equivalência na aceleração; (ii) que não há um entendimento da diferenciação entre atrito estático e dinâmico, uma vez que a força aplicada sobre uma caixa sempre será maior que o peso da mesma; e (iii) em um movimento provocado por um ser humano, que exerce uma força constante sobre uma caixa, cuja força opositora é a força de atrito, a velocidade se torna nula rapidamente pela ação do atrito. Ademais, em relação aos resultados quantitativos, mostraram-se significativos em alguns pontos como: a lei da ação e reação e a relação entre força resultante e aceleração. Também, na análise qualitativa, percebeu-se quanto aos conceitos de velocidade, aceleração e força resultante indicativos de evolução na aprendizagem. Os autores relatam que a metodologia POE é indicada a proporcionar um melhor entendimento quanto ao conteúdo de Mecânica.

No intuito de sintetizar as concepções alternativas aqui relatadas, apresenta-se no Quadro 1 o agrupamento dos conceitos intuitivos por assunto e os respectivos autores das obras onde aparecem esses conceitos.

2.1 SÍNTESE DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Quadro 1 - Resumo das concepções alternativas constatados na revisão bibliográfica

Categorias de estudo e bibliografia		
Assunto	Concepções alternativas alunos	Bibliografia
Espaço	Noção de lugar natural, um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar.	Camargo, Scalvi e Braga (2000); Rezende e Barros (2001); Rocha et al (2005)
	Considerar a trajetória e a distância percorrida por um móvel como grandezas absolutas, independentes do observador.	Vilani, Pacca e Hosoume (1985); Villani(1989)
	Há uma relação do conceito de espaço com algo que se mede, seja em uma dimensão (distância) ou em	Ramos e Scarinci (2013)

¹² A metodologia POE é estruturada em três etapas: no início de cada aula, primeiramente busca-se através de uma situação real, descobrir as ideias individuais dos alunos e as suas razões sobre aquele evento específico – previsão. Em seguida, os alunos descrevem o que é visto no fenômeno a ser analisado - observação. Por fim, os estudantes devem discutir em grupos e conciliar qualquer conflito entre a previsão e a observação – explicação (SANTOS; SASAKI, 2015, p.3506-2).

	duas (área).	
Força interna ao corpo	Um corpo inanimado não pode exercer força sobre outro corpo.	Peduzzi (1992); Camargo, Scalvi e Braga (2000)
	Obstáculos podem redirecionar ou parar o movimento, mas eles não podem ser agentes de uma força aplicada.	Camargo, Scalvi e Braga (2000)
	Um corpo está ou não em movimento se possui ou não uma força viva intrínseca, respectivamente.	Villani, Pacca e Hosoume (1985)
	Poder imaterial de impetus, o fim do movimento dava-se pela sua diminuição (do impetus), devido às resistências oferecidas pelo meio.	Camargo, Scalvi e Braga (2000); Rezende e Barros (2001) ^b
	Deslocamento por meio de força interna.	Giorgi, Concari e Pozzo (2005)
Forças inerciais ou fictícias	Possibilidade de existência de movimento sem ação de uma força. Nesse caso, o corpo para porque uma força atua.	Rocha et al (2005)
Movimento	Não há movimento sem força.	Peduzzi (1996); Neves (2000); Gomes, Fusinato e Neves (2010); Giorgi, Concari e Pozzo (2005); Camargo, Scalvi e Braga (2000); Villani (1989); Rezende e Barros (2001) ^b ; Rocha et al (2005)
	Ideia de movimento aparente, deformações dependentes da situação do observador.	Villani, Pacca e Hosoume (1985)
	Qualquer movimento é imaginado como acelerado, basta haver aceleração para existir movimento.	Laburu e Carvalho (1993); Gomes, Fusinato e Neves (2010)
	É impossível o movimento no vácuo.	Neves (2000)
Aceleração/ velocidade	Ideia de que a aceleração e velocidade são grandezas físicas iguais.	Laburu e Carvalho (1993)
	Aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo.	Laburu e Carvalho (1993)
	Aceleração como critério de posição.	Laburu e Carvalho (1993)
	Aceleração como critério de força.	Laburu e Carvalho (1993)
	Aceleração como critério de ultrapassagem.	Laburu e Carvalho (1993)
	Aceleração e velocidade são proporcionais: se aumenta	Villani (1989)

	a velocidade aumenta a aceleração.	
	Ideia de que força e aceleração são proporcionais.	Villani, Pacca e Hosoume (1985)
	Posição utilizada como comparação de velocidades, o que os leva a concluir que carros que estão na mesma posição têm a mesma velocidade.	Souza e Donangelo (2012)
	Ideia de que, na igualdade da posição, há igualdade na velocidade, como também equivalência na aceleração.	Santos e Sasaki (2015)
Tempo	Confusão na relação entre distância e tempo.	Ramos e Scarinci (2013)
	Dificuldade na caracterização do tempo “da física” com o tempo do cotidiano, mantendo um uso dessa concepção a situações restritas e vinculadas ao conteúdo de Cinemática.	Ramos e Scarinci (2013)
	A concepção de tempo relacionada com tempo meteorológico. Uma conexão entre tempo físico e tempo meteorológico ou clima.	Ramos e Scarinci (2013); Martins e Zanetic (2002)
	A concepção de tempo relacionada com a passagem das horas. Atribuir a conduta do relógio, o conceito passa a ser definido pelo aparelho de medida.	Martins e Zanetic (2002) Ramos e Scarinci (2013)
	Associar o tempo a diversos outros conceitos, mas principalmente com as ideias de mudança e movimento.	Martins e Zanetic (2002)
	As velocidades dos corpos são sempre constantes, não havendo nenhuma espécie de variação temporal.	Neves (2000)
Força externa	Alta velocidade gera uma força.	Gomes, Fusinato e Neves (2010)
	Força e velocidade são proporcionais.	Peduzzi (1996); Peduzzi (1992); Gomes, Fusinato e Neves (2010); Villani, Pacca e Hosoume (1985); Villani (1989); Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira (1992)
	Força e velocidade nulas no ponto mais alto da trajetória, o que mostra uma associação entre velocidade e existência de força.	Rezende e Barros (2001)
	Força na direção da velocidade. Única força, atuando na direção da velocidade da bola.	Rezende e Barros (2001)
	A relação direta de força com velocidade em corpos em movimento.	Giorgi, Concari e Pozzo (2005)
	Uma força para cima (decrecente), além da força	Peduzzi e

Resultante de forças	peso.	Peduzzi (1985); Rezende e Barros (2001)a; Monteiro, Martins (2015)
	Uma força para baixo (crescente), além da força peso (gravitacional).	Peduzzi e Peduzzi (1985); Rezende e Barros (2001)a; Monteiro e Martins (2015)
	Quando a força se iguala ao peso inverte o sentido do seu movimento.	Peduzzi e Peduzzi (1985)
	Usar o exemplo de um corpo como força.	Peduzzi (1992)
Leis de Newton		
Leis de Newton	Corpos de maior massa em movimento possuem maior força.	Giorgi, Concari e Pozzo (2005)
	Corpos em repouso não possuem forças.	Giorgi, Concari e Pozzo (2005)
	Corpos em movimento de maior massa possuem maior força.	Giorgi, Concari e Pozzo (2005)
	Não há um entendimento da diferenciação entre atrito estático e dinâmico, a força aplicada sobre o corpo sempre será maior que o peso do mesmo.	Santos e Sasaki (2015)
	Concepção sobre o conceito de inércia: ideia de que há, necessariamente, a ação de uma força (ou força resultante) na direção do deslocamento.	Monteiro e Martins (2015)
Aceleração da gravidade		
Aceleração da gravidade	Que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo.	Gatti, Nardi e Silva (2004); Hülsendeger (2004); Camargo, Scalvi e Braga (2000); Villani (1989); Gatti, Nardi e Silva (2010); Neves (2000)
	A quantidade de peso ou leveza um corpo determina sua velocidade.	
	A gravidade é entendida como algo que realmente “puxa, empurra e segura para baixo”.	Colombo Junior e Silva (2013)
	Como o conceito de gravidade foi elaborado historicamente.	Gatti, Nardi e Silva (2004)
	Gravidade ou o atrito faz o corpo parar.	Rocha et al. (2005)
	Concebem a gravidade como detentora da explicação para a queda dos corpos.	Colombo Junior e Silva (2013)
	A Terra é entendida como possuidora da gravidade, assim como ela atrai os objetos, mas o contrário não faz sentido.	Colombo Junior e Silva (2013)
Meios como agentes de		
Meios como agentes de	A necessidade do meio físico para a transmissão da força atrativa.	Gatti, Nardi e Silva (2004)

força	Atribuem à atmosfera uma qualidade “pressionadora, fixadora” dos corpos na Terra.	Colombo Junior e Silva (2013)
Movimento celeste	Dificuldades em relacionar eventos terrestres e celestes, explicando o movimento de um astronauta e de sua nave como devido ao fato de não haver gravidade no espaço, ou desta ser muito fraca.	Gatti, Nardi e Silva (2010)
	Dificuldade de se estabelecer uma causa única para os movimentos terrestres e celestes.	Gatti, Nardi e Silva (2010)
Leitura e interpretação de gráficos	Dificuldades em conectar os gráficos aos conceitos físicos: a) Na discriminação entre inclinação e altura; b) interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação;	Araujo, Veit e Moreira (2004); Agrello e Garg (1999)
	c) relacionar um tipo de gráfico a outro; d) relacionar a narração de um movimento com um gráfico que o descreve; e) interpretar a área sob o gráfico; f) em conectar gráficos ao mundo real; g) representar movimento contínuo por uma linha contínua; h) separar a forma de um gráfico da trajetória do movimento; i) representar velocidade negativa; j) representar aceleração constante; k) fazer a distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Araujo, Veit e Moreira (2004);
	a) Confundem áreas sob curvas e inclinações, selecionam respostas que se referem a inclinação em vez de área. b) Dificuldade de realizar o cálculo de áreas para determinar variações na velocidade a partir de gráficos de aceleração. c) A tendência de calcular a inclinação em vez da área ou ler o valor do eixo vertical. d) Usam a equação $d = vt$ para encontrar a distância no MRUV.	Agrello e Garg (1999)
Dificuldades didáticas		
Livros	A apresentação da equação de Torricelli utilizando como estratégia o uso das equações horárias da Cinemática, sem citar sobre sua participação no estudo do MRUV.	Macêdo (2011)
	Movimento retilíneo com trajetória curvilínea.	Gaspar (1994)
Professor/ aluno	Falta de interesse dos alunos em aprender a disciplina. Baixos salários dos professores e péssimas condições de trabalho nas escolas.	Gatti, Nardi e Silva (2010)
	Fortes indícios de resistência dos professores à mudança, em se introduzir novas metodologias de ensino.	
	Tanto os alunos universitários como os do EM, possuem deficiências quando são abordados novos	Acosta, Sanchez e Lapolli (1999)

	conceitos físicos relacionados com a Cinemática ou quando devem dominar conceitos mais profundos.	
	Quando necessitam fazer uma consulta para esclarecer dúvidas que apresentam os conceitos fundamentais de Cinemática, não sabem a que texto dirigir-se.	
	Que os alunos do EM que iniciam o estudo de Física não se sentem motivados em estudar a nova disciplina.	

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2016).

Diante da revisão da literatura, constatou-se uma diversidade de explanações no que concerne às concepções dos estudantes em Mecânica, a saber: "representações", "concepções alternativas", "ideias espontâneas", "ideias intuitivas", "concepções espontâneas", "conceitos intuitivos", "convicções espontâneas". Sabendo dos seus significados, partiu-se do pressuposto de que estas concepções são capazes de ocasionar obstáculos epistemológicos e didáticos e que estes podem persistir por muito tempo, constituindo em um entrave ao ensino-aprendizagem. Dessa forma, com o intuito de contribuir na superação de obstáculos que tais representações causam no processo de ensino-aprendizagem, propôs-se a construção de uma SD baseada em representações dos alunos já apontadas pela literatura.

Citadas importantes obras que abordam o tema proposto para o estudo no presente trabalho, passa-se a dissertar na fundamentação teórica sobre os obstáculos vivenciados pelos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

3 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Como fundamentação teórica na pesquisa, será utilizado Bachelard (1996) na caracterização dos obstáculos epistemológicos presentes nas concepções alternativas dos alunos e Brousseau (1983) na identificação dos possíveis obstáculos didáticos no processo de ensino-aprendizagem em Cinemática. Além deles, faz-se também, uso de Astolfi (1997) com a noção de objetivo-obstáculo na proposição de superação de um obstáculo, com as três principais etapas da sequência didática: Identificação, Fissuração e Superação, realizando o planejamento e elaboração da SD. Para se compreender melhor a noção de obstáculos de aprendizagem, apresenta-se, a seguir, uma caracterização das concepções dos alunos e o que as tornam um obstáculo no ensino-aprendizagem.

3.1 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

As concepções dos alunos, presentes no momento do ensino, implicam na aprendizagem fazendo com que eles *acreditem* que entendem os conceitos expostos. Porém, o que falta é entender o que foi necessário na construção de tal conceito, para adquirir esse sentido. Mesmo que este conhecimento já conhecido seja falso, para o aluno, este conhecimento está organizado, formando um sistema explicativo (ASTOLFI, 1997). Ele corresponde a construções pessoais sobre determinado assunto, servindo para explicar, primeiramente, o mundo que os rodeia, sem analisar o conceito científico a ser estudado a respeito.

No contexto conceitual, essas representações podem apresentar duplo sentido. O primeiro é quando o aluno exprime uma resposta errada aos problemas que lhe são abordados. De alguma maneira, ele obteve este conhecimento, mesmo que não seja aquele esperado pelo professor. Desta forma, a representação se opõe ao conhecimento científico, o que impede o professor de alcançar o objetivo do ensino-aprendizagem. O outro sentido é o de se caracterizarem como conhecimentos adquiridos ao longo do tempo e fazerem parte da interpretação coerente dos fenômenos científicos dos alunos, os quais resistem ao ensino. Assim, o aluno não pode abandoná-las sem estar preparado para substituí-las por um sistema explicativo que seja satisfatório dentro da ciência (ASTOLFI, 1994).

Astolfi (1994) descreve que a ideia de obstáculo está ligada à representação, mas se difere por abranger de modo mais geral e

transversal. Em um mesmo obstáculo podem derivar representações referentes a conhecimentos que não têm relação aparente. Ao contrário, as representações relativas a um mesmo conceito podem ser explicadas pela junção de vários obstáculos. Ele ainda chama de "núcleo duro" o que oferece resistência à aprendizagem e raciocínio científico, definido pelos obstáculos. Os obstáculos, desta forma, possibilitam a interpretação e dedução das representações dos alunos, senão essas representações tornam-se apenas dados estatísticos encontrados nas ideias dos alunos.

Segundo Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira (1992, p. 240), destacam-se três grandes áreas de pesquisa que fornecem grandes contribuições para o ensino de Ciências e Física daquele período: (i) as concepções alternativas dos estudantes; (ii) a resolução de problemas em Física; e (iii) a História da Mecânica. Sobre as concepções alternativas, apontam as seguintes principais características:

- a) São encontradas em um grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade;
- b) Constituem um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo;
- c) Diferem das ideias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os alunos têm que aprender;
- d) São muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com elas;
- e) Não se debilitam mesmo frente a evidências experimentais que as contrariam;
- f) Interferem no aprendizado da física sendo responsáveis em parte pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas desta matéria, acarretando nestas um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas;
- g) Apresentam semelhanças com esquemas de pensamento historicamente superados.

Esses autores sinalizam que uma verificação cuidadosa dessas concepções, opostas ao conhecimento científico, produzem um ensino mais eficiente e produtivo (PEDUZZI; ZYLBERSZTAJN; MOREIRA, 1992).

No mesmo sentido, Villani (1989, p. 131) discute três pontos fundamentais para a análise adequada da relação entre ideias espontâneas e ensino de Física, sendo eles: i) "Como nascem e se

desenvolvem as ideias 'espontâneas?'" ii) "Como estas ideias interagem com as que a escola pretende ensinar?" iii) "O que pode ser feito para melhorar a aprendizagem do conteúdo científico?".

O autor ressalta que "as ideias espontâneas devem ser enfrentadas somente na medida em que constituem um obstáculo à expansão legítima do conhecimento científico" (VILLANI, 1989, p. 144). Deste modo, o professor deve estar atento a estas ideias espontâneas, considerando-as, de modo que ajude o aluno na superação de tal obstáculo.

No mesmo sentido, Astolfi (1989) faz menção às ideias espontâneas, tratando-as como representações:

Insiste-se principalmente, talvez de maneira excessiva, sobre o distanciamento entre representações e pensamento científico, como se as primeiras tivessem apenas uma função negativa. O problema seria antes o de examinar, caso por caso, a área de validade das representações, o campo para o qual elas funcionam como auxiliares, ao mesmo tempo em que são analisadas como obstáculos; uma vez que todo progresso intelectual verdadeiro deverá apoiar-se sobre elas para melhor trabalhá-las e fazer com que evoluam (ASTOLFI, 2012, p. 41).

Alerta para que no ensino se trabalhem as representações dos alunos antes de serem consideradas como obstáculos, de modo a conduzi-las de uma maneira positiva na aprendizagem dos conceitos cientificamente aceitos. Nesse intento, o aluno envolve-se de maneira ativa na constituição do saber e seu conhecimento inicial desenvolve uma função primordial no processo de aprendizagem.

Acerca da noção de ideias espontâneas, Brousseau (2008) as descreve como *concepção*¹³, a maneira organizada e particular de uma noção na Matemática. Expõe sobre a dificuldade de abandonar uma

¹³ As concepções podem ser determinadas, teoricamente, como conjunto de conhecimentos e saberes, exigidos muitas vezes de maneira simultânea para resolução de situações. E podem ser determinadas de maneira empírica como modelo de respostas coerentes, dadas por grande parte dos sujeitos a um tipo de situação. Cabe destacar que a adaptação ótima de um sujeito (ou de uma instituição) a um conjunto de condições o leva a concepções diferentes para uma mesma noção matemática (BROUSSEAU, 2008, p. 48).

concepção para a adoção de outra, bem como leciona que a aprendizagem pode apresentar rupturas de várias formas e origens, como: saltos informacionais, origem ontogenética, escolha didática, contingência epistemológica, entre outras. Dessa forma, explana sobre a mudança conceitual em uma mesma ou para outra concepção.

A passagem de um conhecimento a outro, dentro de uma mesma concepção, não é difícil. O mesmo vale para a aprendizagem, visto que corresponde ao que Piaget identifica como assimilação. Já a passagem de uma concepção para a outra é mais difícil, pois corresponde a uma mudança significativa de repertório (BROUSSEAU, 2008, p. 47-48).

Assim, uma nova concepção não significa o desaparecimento de concepções adquiridas ao longo da vida, e sim a possibilidade de torná-las mais resistentes, provocando erros e se transformando em obstáculos. Isto porque compreende-se que a aprendizagem não é uma simples assimilação dos conhecimentos que são repassados pelo professor, mas uma reestruturação das concepções alternativas dos alunos.

Bachelard (1996) expõe sobre obstáculos presentes no próprio ato de conhecer e descreve que estes podem gerar limitações que vão contra um conhecimento anterior. "Mas, diante do mistério do real, a alma não pode, por decreto, tornar-se ingênua. É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber" (BACHELARD, 1996, p. 18).

É certo que a bagagem de conhecimento que os alunos trazem consigo é distinta do conhecimento científico apreendido nas escolas (ASTOLFI, 1994). Em meio ao período escolar, os alunos têm a possibilidade de modificar suas concepções, o que pode significar uma substituição destas, mas sem desconsiderá-las completamente, a fim de um saber científico elaborado. Todavia, também é certo, que as concepções, muitas vezes, podem se transformar em obstáculos à aprendizagem, ou seja, compreende-se que as concepções espontâneas dos alunos podem inferir no saber novo a ser adquirido, culminando à aprendizagem, ou sendo um entrave, quando se tornam obstáculos epistemológicos e/ou didáticos. Esses obstáculos nascem quase essencialmente da origem de um conhecimento, seja na história ou na

didática, definições essas que serão exploradas de forma mais profunda no decorrer deste trabalho.

3.2 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Dentre as inúmeras contribuições de Bachelard para a ciência, destaca-se a obra *A formação do espírito científico*, publicada em 1938 (1996), que introduz o pensamento científico abstrato. Uma análise profunda à superação das dificuldades que impedem a apropriação do conhecimento científico. Caracteriza-se por um processo de abstração não uniforme e descontínuo, visto que é na evolução científica que se encontra a abstração inspirada pelas objeções da razão, as quais são consideradas um problema.

Segundo Bachelard (1996, p. 10) "todo saber científico deve ser reconstruído a cada momento [...]" "é preciso passar primeiro da imagem para a forma geométrica e, depois, da forma geométrica para a forma abstrata [...]" (BACHELARD 1996, p. 11). Assim, pontua o espírito científico em três estados: i) o estado concreto, que compreende o período pré-científico nos séculos XVI, XVII até XVIII, onde a fascinação ocorre pela impressão das primeiras imagens do fenômeno natural e da abundante diversidade do mundo à sua volta. ii) O estado concreto-abstrato, que abrange o período científico ocorrido no final do século XVIII, XIX e início do século XX, em que a abstração se consolida pelas experiências sensíveis, por meio de uma filosofia simples em que se dá início à construção de esquemas geométricos. Por fim, iii) o estado abstrato, que compreende novo espírito científico, iniciado em 1905 com a descoberta da Relatividade de Einstein, onde ocorre a aquisição de informações oriundas de uma intuição do espaço real e sem conexão da experiência imediata.

Ainda, para o mesmo autor uma hipótese que não possui nenhum erro é considerada inútil, pois a discordância faz parte no processo de construção do conhecimento científico. Diz que a experiência comum, contrária à científica, permanece somente um fato e não pode ser verificada sua autenticidade. Em sua filosofia, expõe a noção de obstáculo epistemológico de forma basilar, visto que envolve aspectos do desenvolvimento histórico do pensamento científico. Acerca da noção de obstáculo epistemológico, expõe que os obstáculos surgem na aprendizagem de um conceito novo, onde se estabelecem conclusões incorretas em virtude do empirismo adquirido anteriormente, tornando-se um conhecimento mal constituído e em oposição ao conhecimento científico.

A opinião é considerada por ele o primeiro obstáculo a ser superado, pois mascara a compreensão por conhecimentos concretos contrários ao saber científico. Deduz o objeto pela sua utilidade, bloqueando a investigação, dificultando, assim, a abstração. Discute a importância de se formular perguntas, mas que estas expressem opiniões sobre assuntos passíveis de compreensão. "Se não há perguntas, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído" (BACHELARD, 1996, p. 18). Desta forma, é necessário que existam perguntas para se ter respostas e adquirir conhecimentos. Entretanto, para ter opinião é preciso ter conhecimento, não basta apenas julgar um pensamento, tem que se justificar o porquê, uma vez que formular perguntas seria uma maneira de expressar as opiniões e satisfazer as necessidades intelectuais, isto é, compartilhar conhecimentos. Uma ideia que tem como referência o conhecimento comum pode se tornar um obstáculo epistemológico quando a compreensão se torna intrínseca e inquestionável.

Na discussão da noção de obstáculo epistemológico, o autor cita as duas maneiras de ser analisada, no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação. Na história, o epistemólogo necessita da validade de um pensamento, e, neste caso, deve julgar os documentos colecionados pelo historiador na perspectiva da compreensão. "Um fato mal interpretado por uma época permanece, para o historiador, um *fato*. Para o epistemólogo, é um *obstáculo*, um contra-pensamento" (BACHELARD, 1996, p. 22). Ou seja, a busca da precisão faz o historiador pautar vários textos, mas isso não representa que ele consiga obter as diferentes interpretações psicológicas em um mesmo escrito.

Numa mesma época, sob uma mesma palavra, coexistem conceitos tão diferentes! O que engana é que a mesma palavra tanto designa quanto explica. A designação é a mesma; a explicação é diferente. Por exemplo, a palavra telefone corresponde a conceitos que são totalmente diferentes para o assinante, a telefonista, o engenheiro e o matemático preocupado com equações diferenciais da corrente telefônica (BACHELARD, 1996, p. 22).

Deste modo, uma palavra representa conceitos diferentes para diversos públicos. O epistemólogo, por meio de sínteses psicológicas progressivas, deve apontar como um conceito está atrelado a outro.

Assim, tem-se a possibilidade de analisar a construção do conhecimento, de tal modo a suplantar um obstáculo ao pensamento científico. Percebe-se que alguns conhecimentos impedem efetivamente a evolução do saber, ao gerar empecilhos e obstruir o conhecimento científico. Face a estes empecilhos, o autor procura destituir o vínculo do conhecimento pré-científico e incentivar o desenvolvimento científico (BACHELARD, 1996).

Na educação, o autor relata que o desconhecimento dos educadores acerca dos obstáculos epistemológicos dificulta a compreensão do porquê o aluno não compreende, e a derrubar obstáculos já constituídos pelo seu cotidiano. É difícil para um educador mudar seu método de ensino, porém, é preciso abandonar a resistência a mudanças e adequar o ensino a um saber aberto. Salienta, ainda, que é preciso expor o saber de forma que não o torne um produto de escola formado de reproduções.

Por fim, cita-se a seguir alguns dos obstáculos epistemológicos: a Experiência Primeira, Conhecimento Geral, Verbal, Unitário e Pragmático, Substancialista, Realista, Animista e o Conhecimento Quantitativo, bem como algumas de suas características, a saber:

A **Experiência Primeira** se caracteriza pela falsa e restrita compreensão, adquirida pela admiração de um empirismo imediato, a qual pode ter descontinuidade na generalização. Trata-se, portanto, de um verdadeiro obstáculo frente à generalização do fenômeno. A admiração pela observação imediata toma lugar do conhecimento (BACHELARD, 1996).

O fascínio da Experiência Primeira induz a curiosos e agradáveis conhecimentos, priorizando às imagens em vez de às ideias, o que impede sua contribuição para o conhecimento científico.

O pensamento pré-científico não se fecha no estudo de um fenômeno bem circunscrito. *Não procura a variação, mas sim a variedade.* E essa é uma característica bem específica: a busca da variedade leva o espírito de um objeto para outro, sem método; o espírito procura apenas ampliar conceitos; a busca da variação liga-se a um fenômeno particular, tenta objetivar-lhe todas as variáveis, testar a sensibilidade das variáveis. Enriquece a compreensão do conceito e prepara a matematização da experiência (BACHELARD, 1996, p. 38-39).

Assim, o conhecimento primeiro institui a um primeiro erro. Isto é, uma hipótese pré-científica sustenta-se, previamente, em uma convicção profunda e antecipada, não fornecendo uma base segura.

No **Conhecimento Geral** o anseio de explicação verbal e generalizada de um fenômeno abandona critérios de análise, pensamento e discussão da fenomenologia do experimento. Essas dificuldades são potencializadas por uma metodologia inadequada de apresentação do fenômeno, pois engessa e não instiga o pensamento. Na didática, o autor cita a satisfação da explicação verbal de tal fenômeno. Como exemplo disso, expõe o resultado da experiência sobre a queda dos corpos no vácuo com o tubo de Newton: "*no vácuo todos os corpos caem à mesma velocidade*" (BACHELARD, 1996, p. 71). Tem-se, portanto, uma experiência exata para expor o fenômeno da queda; porém, essa maneira geral de exposição deste fenômeno não instiga o aluno ao estímulo da investigação. Outro exemplo seria a generalidade em problemas precisos, como no lançamento vertical:

Deve-se estudar apenas o arremesso de uma pedra vertical? [...] Não se consegue fazer a distinção entre a força da gravidade que age positivamente no movimento de cima para baixo e a força da gravidade que age negativamente no movimento de baixo para cima. [...] No exemplo, a noção de velocidade esconde a noção de aceleração. É, no entanto, a noção de aceleração que corresponde a verdade dominante (BACHELARD, 1996, p. 72).

Nesse exemplo, o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado precisa ser estudado mais profundamente, podendo-se perceber que ideias exatas ofuscam as variáveis essenciais, como, por exemplo, a noção de velocidade e aceleração contidas no lançamento vertical. Isso significa que há uma hierarquização matemática dos conceitos, onde se percebe que nem sempre a primeira descrição está correta, demonstrando que a generalidade não funciona neste caso (BACHELARD, 1996).

Este obstáculo constitui-se na generalização e o enfraquecimento do conhecimento, visto que diversos fenômenos de distintas origens são explicados sem comprovação por meio de generalizadas e insuficientes observações e, em um mesmo sentido, pois o espírito pré-científico abrange o geral para explicar os mais diferentes fenômenos.

Pode-se dizer que, para entender um fenômeno, precisa-se transpor o aparente em um primeiro momento e compreender sua essência. Contudo, não se deve desconsiderar imediatamente as primeiras impressões, e sim usá-las para confrontar e suplantá-las, pois um novo conhecimento se dá contra um conhecimento anterior. Logo, para alcançar o conhecimento científico, faz-se necessário superar o conhecimento prévio, por meio de um novo conceito (BACHELARD, 1996).

O **obstáculo Verbal** trata do uso inadequado de diferentes tipos de linguagem. A escrita e a artística, por exemplo, ocasionam falsas explicações e interpretações. A necessária abstração é posta em jogo dado o real poder de uma imagem ou palavra utilizada para explicar um fenômeno. Como exemplo, Bachelard (1996) cita a palavra "esponja", a qual pode ser entendida de várias formas, isto é, um único substantivo com vários adjetivos que podem expressar significados variados.

Nos fenômenos designados pela palavra *esponja*, o espírito não está sendo iludido por uma potência substancial. A função da *esponja* é de uma evidência clara e distinta, a tal ponto que não se sente a necessidade de explicá-la (BACHELARD, 1996, p. 91).

Ao descrever o obstáculo Verbal, o autor mostra que um espírito pré-científico consegue associar uma teoria abstrata a uma palavra concreta, bastando apenas esta para explicar a teoria, pois, com o passar do tempo, teorias foram sendo construídas e atreladas a palavras que se tornaram suficientes para explicar referidas teorias.

Neste obstáculo epistemológico, somente uma imagem ou uma palavra é capaz de explicar diversos fatos, entretanto, ao assimilar o conhecimento por meio de uma palavra ou imagem pode-se originar uma análise equivocada de uma teoria científica. Logo, o mesmo termo utilizado em diferentes teorias gera um obstáculo a compreensão, isto é um obstáculo Verbal. Frisa-se que este obstáculo merece atenção por parte do educador que emprega metáforas com a finalidade de facilitar a captação de determinado fenômeno por parte de seus alunos, visto que, na intenção de facilitar a compreensão dos estudantes, pode levá-los a entendimentos errôneos ou confusos acerca de um conhecimento (BACHELARD, 1996).

No **Conhecimento Unitário e Pragmático** a utilidade do fenômeno na vida cotidiana assume um papel de destaque e busca-se

explicá-lo por meio de eventos que ocorrem na natureza, quase como uma causa e efeito. Sempre nas explicações busca-se a utilidade, para, assim, encontrar uma razão para determinado fenômeno. Como exemplo, cita: "Até os tremores de terra influem favoravelmente nas colheitas." (BACHELARD, 1996, p. 115). Há necessidade de que todo fenômeno da natureza tenha sua utilidade na vida cotidiana para assim ser bem explicitado. Também, a generalização de um único conceito que resume uma ideia induz a sua aceitação.

Segundo o estado pré-científico, o mundo é uma unidade em consonância com os fenômenos da natureza, no qual as múltiplas atividades naturais tornam-se revelações de apenas uma vertente. Diante disso, as analogias desencadeiam a evasão de ideias ao impedir a curiosidade, dificultando a experiência e o pensamento científico. Acrescentado de um pragmatismo, a fim de uma apreciação dos fenômenos reduzida a sua utilidade, o espírito pré-científico impossibilita a concepção da ideia da inutilidade do fenômeno. Assim, a utilidade é suficiente e capaz para explicar a função do verdadeiro.

Um dos obstáculos epistemológicos em relação com a unidade e o poder atribuídos à Natureza é o *coeficiente de realidade*, que o espírito pré-científico atribui a tudo o que é *natural*. Há nisso uma valorização indiscutida, sempre invocada na vida cotidiana e que, afinal, é causa de perturbação para a experiência e para o pensamento científico (BACHELARD, 1996, p. 113).

Entende-se que a unicidade está atrelada a uma noção de natureza perfeita e homogênea. Porém o aspecto pragmático está vinculado a indução do utilitário, com intenção a se buscar uma função, um objetivo para esclarecer determinado fenômeno. Em geral, compreende-se este obstáculo como unitário na definição de unidade dos processos naturais, e é pragmático no sentido de todos estes processos terem uma utilidade e fim específico. Portanto, pode-se perceber que é difícil desenvolver experiências que possam colocar em conflito verdade e utilidade em um espírito pré-científico, visto que estão sempre associadas (BACHELARD, 1996).

No **obstáculo Substancialista**, ligado ao obstáculo Realista, prevalece a ingenuidade ao se atribuir qualidades diversas e até opostas às substâncias. A investigação mais profunda do fenômeno é dificultada

pela crença em conhecimento adquirido por uma experiência externa ao fenômeno. Sobre a ligação com o obstáculo Realista, Bachelard (1996) expõe:

O objetivo é diferente, mas os processos são semelhantes: o psicólogo da intimidade e o realista ingênuo obedecem à mesma sedução. A homologia é tão clara que seria possível *cruzar* as características: o realismo é essencialmente referência a uma intimidade; a psicologia da intimidade é referência a uma realidade. (BACHELARD, 1996, p. 122-123).

O realismo é algo que protege a substância, ou seja, algo imprescindível, tendo em vista a sua função ligada a intimidade, por exemplo, "[...] a casca, cuja função é tão indispensável, é vista como simples proteção da madeira" (BACHELARD, 1996, p. 123). O substancialismo se sustenta no realismo. Na substancialização da qualidade em uma intuição direta entrava o pensamento científico, ocasionando uma explicação breve e simples sem avançar na qualidade íntima. Este mesmo autor cita um exemplo incompleto onde causa falsas explicações: "Que os corpos leves se *prendem* num corpo eletrizado [...]" (BACHELARD, 1996, p. 128). Essa imagem imediata será considerada como uma propriedade substancial e a busca científica será suspensa. "Pensa-se como se vê, pensa-se o que se vê: a poeira *gruda* na parede eletrizada, logo, *a eletricidade é uma cola*, um visco" (BACHELARD, 1996, p. 128).

O **obstáculo Realista** se ampara em um fenômeno imediato e incompleto, e essa atribuição direta interrompe a verificação e compreensão da propriedade do cientificamente aceito. O realismo "[...] é uma metafísica infecunda, já que susta a investigação, em vez de provocá-la" (BACHELARD, 1996, p. 27). O Realista tem a vantagem que é conhecida como "pequeno lucro", no que se refere às coisas que não se pode perder, porque pode-se não as encontrar mais. Para o Realista "[...] o melhor meio de fugir às discussões objetivas é entrincheirar-se por trás das substâncias, é atribuir às substâncias os mais variados matizes, é torná-las o espelho de nossas impressões subjetivas [...]" (BACHELARD, 1996, p. 184).

Tal obstáculo, assim como diz o nome, refere-se a uma descrição do real, com a tendência de usar metáforas para expor os objetos que visam uma verificação científica dentro do concreto, desconsiderando o

abstrato. Frisa-se que este obstáculo trata somente do concreto e evita que o conceito seja superado, somente proporcionando imagens e analogias para descrever o real, despreocupando-se com a abstração.

No **obstáculo Animista** na compreensão de um fenômeno atribuem-se qualidades e ações a seres inanimados, conferindo-lhes um valor essencial. "Com a ideia de substância e com a ideia de vida, ambas entendidas de modo ingênuo, introduzem-se nas ciências *físicas* inúmeras valorizações que prejudicam os verdadeiros valores do pensamento científico" (BACHELARD, 1996, p. 27). Caracteriza-se por uma concepção de vida, a qual busca associar termos vitais em elementos inanimados. É comum a assimilação de recursos animistas para visualizar fenômenos do microscópio, ainda que possa gerar equívocos conceituais.

No espírito pré-científico era relevante a ideia de vida, porquanto é a matéria viva que anima todo o Universo. Conceder vida a seres inanimados constitui uma conduta equivalente ao espírito pré-científico. O autor preocupou-se, no obstáculo Animista, em evidenciar que as relações analógicas feitas entre os fenômenos biológicos e os fenômenos físicos ofuscavam a compreensão destes ao supervalorizar a vida, de modo que concediam um alto valor aos fenômenos vitais em detrimento dos outros.

O **obstáculo do Conhecimento Quantitativo** se refere à preferência do quantitativo ao qualitativo. O entendimento do fenômeno se esgota na precisão numérica, bastando o rigor matemático para se obter o resultado final. A análise qualitativa inicial do fenômeno é desnecessária e paralisa o real objetivo, o de se alcançar um resultado exato. Isso acontece desde escritores do século XVIII até estudantes atuais: acredita-se mais na medida do que na realidade do objeto. A quantidade de precauções técnicas numéricas não deve ser a maneira para alcançar a exatidão e o entendimento do conhecimento científico, não pode ser o instrumento através qual se alcança o conhecimento científico (BACHELARD, 1996).

Diante do exposto, os obstáculos epistemológicos não são caracterizados somente na pré-ciência, e, pelo contrário, aderem aos conceitos e intrigam o novo espírito científico. Os obstáculos são complexos de serem superados, visto que impregnam apegos afetivos que impedem a objetivação.

Salienta-se que tais obstáculos não estão presentes apenas no desenvolvimento histórico da ciência. Conforme se mostrará ao longo da análise dos dados, os obstáculos são encontrados na prática cotidiana da educação. Bachelard (1996, p. 23-24) é explícito ao dizer que os

alunos chegam à escola com conhecimentos já constituídos. Assim, expõe sobre a psicologia do erro, com a finalidade de que se entenda que é necessária uma verdadeira catarse intelectual e afetiva, para a compreensão da ciência. Tem-se que ultrapassá-los, um a um, os obstáculos epistemológicos originados no cotidiano, tal como os novos obstáculos que surgem durante o aprendizado da ciência.

O processo é marcado por rupturas, sendo que a ciência se contrapõe ao senso comum, à opinião. O conhecimento que se espera objetivo é necessário que se oponha ao conhecimento sensível que pode ser impuro e valorativo, não ponderados ainda pelas "*repreensões do objeto*" (BACHELARD, 1996, p. 295). A intenção dessa objetivação não é impedir o erro, e sim a consciência do mesmo. Nessa perspectiva, o erro alcança uma conotação favorável e útil, não constituindo em um entrave, mas uma fase a se ultrapassar. Trata-se de um ponto crucial, ao afirmar a inevitabilidade dos erros, correlacionando-os ao próprio ato de conhecer, o autor dialetiza a noção de erro, ao expor uma dupla característica: negativa, enquanto reflexo de um obstáculo a superar; e positiva, na medida em que se torna praticamente um pré-requisito à aquisição de novos conhecimentos.

Cabe-se dizer que, à luz do autor em estudo, é fundamental desenvolver o pensar dos alunos sobre suas reflexões, estimular discussões, romper conceitos e estimular a confecção de novas possibilidades de conceitos na aquisição de novos conhecimentos. Deste modo, segundo o autor (1996, p. 28), ao se apontar as dificuldades que podem "turvar a pureza e diminuir o valor educativo", pode-se, de certa forma, contribuir para "moralizar a ciência". Ele recomenda, ainda, que na educação os professores promovam mudanças para que a aula não seja apenas uma repetição de conteúdo, aula por aula, mas sim uma busca, na tentativa de corrigir erros anteriores, de evoluir. Principalmente, busca-se a superação de obstáculos e entender o que leva o aluno e também o professor a não compreenderem. A seguir, no Quadro 2, mostra-se uma síntese das características dos obstáculos epistemológicos.

Quadro 2 - Síntese das características dos obstáculos epistemológicos

OBSTÁCULO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Experiência Primeira	A admiração pela observação imediata ocasiona uma falsa e restrita compreensão do fenômeno.
Conhecimento Geral	Uma metodologia inadequada e o anseio de uma explicação verbal cega os critérios de análise escolhidos, o pensamento e a discussão da fenomenologia do experimento.
Obstáculo Verbal	O uso inadequado de diferentes tipos de linguagem como a escrita e a artística ocasionam falsas explicações e interpretações.
Conhecimento Unitário e Pragmático	Necessidade de que todo fenômeno da natureza tenha sua utilidade na vida cotidiana para assim ser bem explicitado.
Substancialista	O substancialismo se sustenta no realismo. Na substancialização da qualidade, a intuição direta entrava o pensamento científico, ocasionando uma explicação breve e simples sem avançar na qualidade íntima. A imagem imediata é considerada como uma propriedade substancial e a busca científica é suspensa.
Realista	O entendimento se firma em um fenômeno imediato e incompleto, que susta a investigação científica. A atribuição direta do fenômeno interrompe a verificação e compreensão da propriedade do cientificamente aceito.
Animista	Na compreensão de um fenômeno atribuem-se qualidades e ações inapropriadas a seres inanimados, como, por exemplo, características próprias de seres vivos.
Conhecimento Quantitativo	Preferência do quantitativo ao qualitativo. O entendimento do fenômeno se esgota na precisão numérica, basta o rigor matemático para se obter o resultado final.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

3.3 OBSTÁCULOS DIDÁTICOS

Guy Brousseau (1989) introduziu a noção de obstáculo didático descrevendo sobre os obstáculos como um conhecimento anterior que teve seu êxito, mas que depois se apresenta falso. Essa noção permitiu modificar o foco no processo ensino-aprendizagem, em que os erros eram atribuídos sempre à subjetividade dos alunos.

Enfatiza que os erros são denominados como obstáculos que fazem parte da construção da definição do conhecimento adquirido, tanto do professor quanto do aluno, no processo de ensino-aprendizagem. A partir de determinado momento, o erro interpretado como conhecimento torna-se falho ou inadaptável e deixa de conduzir ao acerto. Os erros deste aspecto são previsíveis e constituem-se em

obstáculos. Porém, o erro é avaliado como necessário para estimular o processo de aprendizagem do aluno.

Segundo o autor, a manifestação dos obstáculos está diretamente vinculada à ocorrência dos erros constantes e não ocasionais praticados pelos alunos na elaboração de um novo conhecimento. O erro é visto como algo necessário, como dito anteriormente, parte integrante do processo ensino-aprendizagem. Salienta-se que é essencial a localização dos obstáculos para que se possa prosseguir no ensino, identificá-los na História, nas concepções espontâneas dos alunos e apresentar situações didáticas para o seu enfrentamento.

A fim de identificar os obstáculos, ele expõe uma tática de pesquisa fundamentada em: localizar os erros sistemáticos e concepções em volta das quais esses erros se ajuntam; localizar obstáculos na história da matemática e relacionar os obstáculos históricos com os obstáculos na aprendizagem. Por fim, constata que é plausível alterar a ideia equivocada que se tem sobre o erro no âmbito pedagógico.

Sobre os obstáculos no ensino, o autor diz que é difícil estabelecer as causas, pois estes obstáculos podem surgir quando o aluno está se apropriando de certo conhecimento, além de que tendem a se desenvolver por dificuldades intrínsecas do conhecimento, como erro no ensino e insuficiências do sujeito. Assim, discorre sobre estes obstáculos, caracterizando-os como obstáculos didáticos, da seguinte maneira:

Obstáculos de Origem Ontogenética se caracterizam no sujeito por meio de suas limitações (neurofisiológicas entre outras). Durante seu desenvolvimento, o sujeito desenvolve conhecimentos que são apropriados para objetivos que competem a uma determinada idade e apropriada situação. Em outro momento, quando há alteração desse conhecimento pré-estabelecido por uma nova situação, pode causar insuficiências e dificuldade de apropriação.

Obstáculos de Origem Didática não dependem do sistema educativo, mas sim de uma longa escolha didática que leva a um ensino mecânico, tornando-se um obstáculo até quando o aluno obtiver o conhecimento adequado e conseguir se apropriar de determinado conceito. São resultantes de uma transposição didática que aparentemente depende da escolha do professor.

Obstáculos de Origem Epistemológica encontrados na própria história dos conceitos, têm papel constitutivo na evolução do conhecimento pretendido, deles não se pode e não se deve fugir, é necessária sua ultrapassagem na aprendizagem de um conceito. Também podem ser decorrentes do senso comum, de conhecimentos adquiridos

no cotidiano que acabam bloqueando o progresso da aprendizagem. Isso necessariamente quer dizer que não se deva reproduzi-los no ambiente escolar.

O autor faz menção a como tratar estes obstáculos a fim de atingir sua superação e êxito na construção do saber. "Portanto é inútil ignorar um obstáculo. Deve-se rechaçá-lo de maneira explícita, integrar sua negação à aprendizagem de um conhecimento novo, em particular na forma de contra-exemplos. É um constitutivo do saber" (BROUSSEAU, 2008, p. 50). Salienta que é preciso lutar contra um obstáculo, tendo em vista que o mesmo não desaparece com a aquisição de um novo conhecimento, mas sim, resiste à compreensão deste. Deve-se trabalhar para que esse obstáculo se torne favorável à aprendizagem, valer-se da sua existência explícita, considerando-o nas situações de ensino.

As situações de ensino acerca dos obstáculos o conduziram a aprofundar a análise das condições de ensino, fazendo com que o sujeito empregue seus conhecimentos para adotar decisões e examinar as razões desse posicionamento. Ou seja, a Didática da Matemática, que se manifesta na caracterização de um método de aprendizagem por meio de situações nomeadas de situações didáticas. Com a modelagem das situações didáticas, ele propôs uma definição de obstáculo epistemológico na Matemática:

- Um obstáculo é um "conhecimento" no sentido que lhe demos de "forma regular de considerar um conjunto de situações".
- Tal conhecimento dá resultados corretos ou vantagens observáveis em um determinado contexto, mas revela-se falso ou totalmente inadequado em um contexto novo ou mais amplo.
- O conhecimento novo, verdadeiro ou válido sobre um contexto mais amplo não é determinado "de acordo com" o conhecimento anterior, mas em oposição a ele: utiliza outros pontos de vista, outros métodos etc. Entre eles não existem relações "lógicas" evidentes que permitam desacreditar facilmente o erro antigo por meio do conhecimento novo. Ao contrário, a competição entre eles acontece no primeiro contexto.
- Os conhecimentos aqui considerados não são construções pessoais variáveis, mas, sim, respostas "universais" em contextos precisos. Portanto, surgem quase necessariamente na

origem de um saber, seja ela histórica ou didática (BROUSSEAU, 2008, p. 49).

Ainda, expõe sobre o contrato didático, no qual se consegue prever ou explicar determinados fenômenos através da relação professor-aluno com o meio. O contrato didático trata-se do complexo de normas que o professor define com os alunos. É um acerto consensual entre professor e os alunos, para que o ensino-aprendizagem aconteça de forma a conduzir todos os alunos a adquirir e compreender novos saberes, didaticamente abordados pelo professor. Faz-se necessário esclarecer que nem sempre este contrato atinge os objetivos determinados de início. Portanto, compete ao professor a reavaliação do método, a fim de averiguar se o descumprimento do contrato estabelecido é devido ao professor ou aos alunos. Localizado o problema, torna-se necessária a reestruturação do contrato. Logo, um contrato didático não é inalterável.

Brousseau (1999) destaca que na relação didática é preciso atentar-se à importância da interação entre professor e alunos pelo saber, que estabelece a maneira como tais relações irão ser determinadas. A relação entre professor e aluno é dessimétrica referente ao saber. No entanto, o intuito da relação didática é alterar a situação inicial do aluno relativa ao saber, o que confere ao professor uma função essencial nessa relação didática: iniciar o aluno no novo conhecimento científico, o que expõe como possível de viabilizar, desde que as situações de ensino sejam favoráveis.

Para tanto, o autor sugere como embasamento a aproximação das atividades ao aluno, de maneira que o produzido seja equivalente ao conceito cientificamente aceito. Em outras palavras, o educando torna-se um pesquisador ao viabilizar a socialização dos resultados alcançados por ele dentro desse contexto. Ao professor incumbe estimular situações que favoreçam o aluno nessa ação ativa sobre o saber, para que converta este em conhecimento científico.

[...] a resposta inicial que o aluno pensa frente à pergunta formulada não deve ser a que desejamos ensinar-lhe: se fosse necessário possuir o conhecimento a ser ensinado para poder responder, não se trataria de uma situação de aprendizagem (BROUSSEAU, 1996, p. 55).

Assim, a resposta inicial fundamentada em conhecimentos prévios permitirá ao educando responder de forma parcial a questão, fazendo com que ocorra um desequilíbrio. Tal contexto o instigará a procurar transformações na tática inicial, por meio de acomodações em seu sistema de conhecimentos, onde alterações provocadas pela situação impulsionarão sua aprendizagem.

De início o professor irá “propor ao aluno uma situação de aprendizagem para que este elabore seus conhecimentos como resposta pessoal a uma pergunta, e os faça funcionar ou os modifique como resposta às exigências do meio e não a um desejo do professor” (BROUSSEAU, 1996, p. 55).

A proposta desenvolvida pelo autor recomenda uma ruptura do método tradicional de aulas com papéis estanques, em que é atribuído somente ao professor a didática e o ato de ensinar, sendo o aluno mero receptor do conhecimento descrito unilateralmente pelo professor. Propõe uma situação didática, na qual o professor desenvolva situações intencionalmente para o aluno, com a intuito de proporcionar no aluno o empenho para a aquisição do conhecimento. Porém, de início, os alunos não devem intuir a intenção didática aplicada no objeto de estudo, senão pelo resultado positivo de uma atividade complexa.

Para o autor, a devolução é fundamental, pois expressa que o aluno aceitou a responsabilidade de buscar a resolução do jogo ou problema sugerido, compreendendo que o professor desenvolveu uma situação possível de ser concluída com base nos conhecimentos prévios do aluno. Portanto, a partir da devolução, o problema proposto é encargo do aluno. Para isto, cabe ao professor não interferir de forma explícita na atuação do aluno sobre determinada situação. “Se uma situação leva o aluno à solução como um trem em seus trilhos, qual é a sua liberdade de construir seu conhecimento? Nenhuma” (BROUSSEAU, 1996, p. 59).

Em relação ao emprego da didática no aperfeiçoamento das aulas, a mesma proporcionará uma série de apropriadas situações de ensino. Todavia, Brousseau (1999) salienta que nem sempre se faz necessário o desenvolvimento de situações didáticas para todo tema. Mais um fator elencado por ele, quando demonstra a precisão de elaboração da situação didática, é impedir que os alunos possam identificar imediatamente a situação, o que poderia acarretar um dano à situação didática. Essa função do professor é avaliada pelo autor como essencial.

Brousseau baseia-se em Bachelard, cuja ideia que um novo conhecimento se estabelece com fundamento em conhecimentos antigos e, ainda, contra esses, permitindo o predomínio de saberes, por meio da

utilização de conhecimentos como instrumentos. Deste modo, quando o aluno está se apropriando de determinado conteúdo, de maneira imediata ele cria suas próprias conclusões para explicar os conceitos que o professor está trabalhando. Tais conclusões podem entrar em contradição com os saberes novos, gerar dúvidas que devem ser aferidas pelo professor. Porém, em alguns casos, o aluno não consegue superar o conhecimento imediato pelo conceito novo, não ocorrendo, assim, a aprendizagem, o que necessita a efetiva intervenção do professor (BROUSSEAU, 1989). A seguir, no Quadro 3, mostra-se uma síntese das características dos obstáculos didáticos.

Quadro 3 - Síntese das características dos obstáculos didáticos

OBSTÁCULO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Origem Ontogenética	Caracterizam-se no sujeito por meio de suas limitações, como as neurofisiológicas, entre outras.
Origem Didática	O ensino mecânico derivado de uma tradição didática de longo tempo.
Origem Epistemológica	Podem ser decorrentes do senso comum, de conhecimentos adquiridos no cotidiano que dificultam a aprendizagem.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Após as considerações sobre os obstáculos epistemológicos e didáticos, discorre-se, a seguir, sobre as possíveis superações frente a ideia de objetivo-obstáculo, utilizando o obstáculo como objetivo de aprendizagem.

3.4 OBJETIVO-OBSTÁCULO

Jean-Pierre Astolfi (1993 e 1994) disserta sobre a noção de objetivo-obstáculo, caracterizada por um planejamento organizado com base na identificação das concepções alternativas que o aluno acumula ao longo de sua vivência. O autor considera que os estudantes trazem representações elaboradas durante a vida e, conseqüentemente, que elas interferem no aprendizado dos conteúdos escolares, por isso destaca a importância do estudo sobre os obstáculos. Ainda pondera que há algo por detrás das representações que corriqueiramente é desconsiderado, isto é, o que ele entende por obstáculos: as resistências para o aprendizado de algum conceito.

Um obstáculo não é transposto facilmente. Ele está ligado a resistências muito fortes e a regressões intelectuais, que estão inseridas em um sistema de pensamento, de uma construção minimamente

coerente e explicativa. A ideia de obstáculo tem relação com as representações ou concepções prévias dos alunos. Contudo, não se refere apenas a que os alunos pensem de maneira diferente, mas sim, trata que existe a necessidade de manter intactos os seus sistemas de pensamento (ASTOLFI, 1993; 1994).

Ou seja, uma representação, no plano didático, corresponde a um modelo pessoal de organização dos conhecimentos, relativamente a um plano específico. Para que ocorra a passagem de tais representações para uma esfera maior de aprendizagem, como a do conhecimento científico, é preciso reorganizar os processos cognitivos, o que requer uma forma de avaliação diagnóstica inicial (ASTOLFI et al, 1997).

Portanto, para o aprendizado dos conceitos científicos, o intuito do objetivo didático é contemplar processos de ensino visando à superação dos obstáculos de aprendizagem. Assim, para que os alunos efetuem a superação de tais obstáculos e alcancem a construção dos conhecimentos científicos escolares, o autor aborda as relações entre concepções e obstáculos, ao descrever as três fases para superá-los um e melhorar o ensino de ciências por meio do conceito de objetivo-obstáculo, propondo condições necessárias para a superação real dos obstáculos.

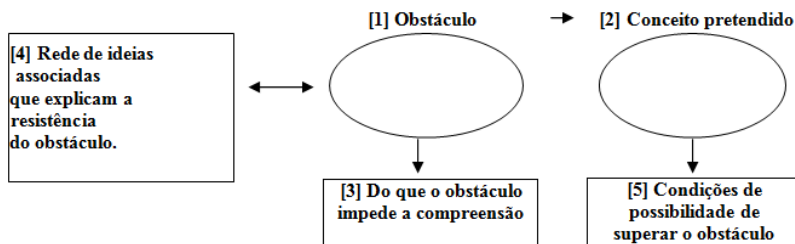
[...] a noção de "objetivo obstáculo" se situa em uma concepção construtivista da aprendizagem, tendo em conta as estruturas cognitivas dos aprendizes, de conceder uma categoria positiva de erro, com análise conjunta da estrutura dos conceitos ensinados, e permitir uma caracterização diferente dos objetivos, a serviço de uma pedagogia de sucesso. Na formação do professor, a introdução do conceito de "objetivo obstáculo" implica, portanto, uma mudança de ponto de vista sobre os erros dos alunos, para *entender obstáculos como pontos de apoio na criação de situações didáticas* (ASTOLFI, 1997, p. 135, tradução nossa).

Acerca do objetivo-obstáculo, o autor cita Martinand (1986) como o primeiro a introduzir essa noção, e diz que ela é essencial para se construir e planejar as situações didáticas. O planejamento dos objetivos de aprendizagem é, então, superar os obstáculos. Desse modo, a possível superação de um obstáculo é obtida com atividades estabelecidas por cada objetivo. "Se os obstáculos encontrados têm uma

significação profunda em relação às aprendizagens que se pretende obter, são precisamente estes obstáculos que precisam ser estabelecidos em primeiro lugar para se definir objetivos autênticos” (MARTINAND apud ASTOLFI, 1994, p. 211, tradução nossa).

Neste contexto, descreve sobre as etapas dos obstáculos enfrentados pelo aluno com a representação didática e expõe que estes obstáculos podem prevalecer. Este esquema conceitual segue a seguinte ordem: (i) o obstáculo – que resiste ao aprendizado; (ii) o conceito pretendido – que é o contraponto lógico; (iii) o que o obstáculo impede de compreender – que impede a compreensão conceitual; (iv) a rede de ideias associadas – que explica sobre a dificuldade que o aluno tem em abandonar o senso comum; (v) a ideia já construída sobre determinado conteúdo e as condições de possibilidades – criar possibilidades, fazer com que o aluno se envolva em outras situações experimentais para que esse obstáculo seja superado. Mostra-se a seguir o Esquema 1 com o modelo da representação didática.

Esquema 1 – Modelo da representação didática



Fonte: Astolfi (1994, p. 210, com adaptação da autora).

Sobre as etapas de superação de um obstáculo, o autor diz que este apresenta resistência à refutação, que não basta um tratamento didático para que possa ser superado e que, muitas vezes, as atividades didáticas têm resultados inúteis. Neste sentido, a sequência didática apresenta três graus como barreira na superação desses obstáculos.

O primeiro grau trata da **localização** do obstáculo, que se constitui em uma condição prévia indispensável ao trabalho didático. A maioria das representações dos alunos permanece implícita. Para tanto, desenvolve-se atividades a fim de que eles expressem tais representações de forma escrita ou gráfica, tendo como objetivo à tomada de consciência de seu sistema de funcionamento intelectual. A localização é indispensável para se trabalhar didaticamente o obstáculo. Deste modo, para auxiliá-los na identificação do obstáculo, é necessária

a tomada de decisão no próprio modo de funcionamento intelectual dos alunos.

O segundo grau trata da **fissuração**, onde somente se pode evocar por meio da memória, atuando principalmente no conflito sociocognitivo, no qual acontece a desestabilização conceitual, a confrontação das representações diferentes em torno de um mesmo grupo. Inicia-se, também nesta fase, a redução das discrepâncias nas interpretações e os alunos começam a concordar e a tomar decisões sobre os conceitos. Astolfi (1993; 1994) esclarece que a fissuração não necessariamente ocorrerá na sequência da identificação, esse é um processo que demanda tempo, e que não pode ser medido facilmente.

Já o terceiro grau, o da **superação**, é onde deve ocorrer o abandono das concepções primeiras e a elaboração de uma alternativa conceitual. É uma etapa de reorganização racional do saber. A superação deve ser considerada o foco do processo de ensino-aprendizagem, representando o fim do processo, em que se necessita de modelo explicativo-alternativo, no qual os alunos devem construir novas ferramentas conceituais e tentar implementá-las em novos contextos, a fim de torná-las intelectualmente satisfatórias. Exibe-se, a seguir, no Quadro 4, uma síntese das características das fases de superação de um obstáculo.

Quadro 4 - Síntese das características das fases de superação de um obstáculo

FASE DE SUPERAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Identificação	Tornar explícitas as concepções alternativas dos alunos
Fissuração	Onde ocorrem conflitos cognitivos, adquiridos por meio das atividades que estimulam os alunos, levando a um desequilíbrio intelectual.
Superação	Abandono das primeiras concepções, quando o aluno consegue elaborar uma alternativa conceitual e aplicá-la em novo e diferente contexto.

Fonte: Astolfi (1994) com adaptação da autora.

Eis então a noção de objetivo-obstáculo, que caracteriza um planejamento constituído a partir das representações dos alunos identificadas.

A integração do objetivo-obstáculo na aprendizagem pode ocorrer por diferentes maneiras. Um modo seria, por exemplo, construir sequências em torno da superação de um obstáculo previamente considerado. Outro modo é apresentar um diagnóstico para orientar a regularização das intervenções didáticas, permitindo aos professores observar os alunos, orientá-los nas intervenções individuais e avaliar as atividades. Por fim, um terceiro modo é a gestão didática dos

obstáculos, uma referência na construção curricular, em que os obstáculos sejam hierarquizados e modelizados, de maneira que orientem esta construção a longo prazo (ASTOLFI, 1994).

Com isso, pretende-se que os alunos, a partir de um novo saber, devidamente adequado e estruturado, sejam capazes de compreender e explicar cientificamente uma referida situação. “O aluno deve construir primeiramente novas ferramentas conceituais, para depois tratar de fazê-las funcionar em novos contextos” (ASTOLFI, 1993, p. 302), tradução nossa). Ressalta que, apesar de estudos elaborados a partir de conflitos sociocognitivos, os mesmos podem ter resultados decepcionantes e adverte que, para superar um obstáculo, é necessário trabalhá-lo por confrontação e dispor de novos modelos.

Ressalta-se a importância da função dos professores no sentido de problematizar corretamente as situações, para, assim, promover os conflitos cognitivos entre os alunos. Pois, o intuito é desestabilizar as concepções anteriores para promover uma nova elaboração conceitual. O foco é aproximar as concepções vivenciadas pelos alunos do saber científico, para, a partir disso, haver a construção do conhecimento. Pode ser que as concepções alternativas coloquem em destaque os erros, sendo necessário tratá-los. Todavia, o que não pode ser ignorado é que nem sempre tais concepções refletem-se em um obstáculo.

Em suma, compreende-se que os obstáculos epistemológicos e didáticos refletem na dificuldade do aprendizado, contudo este empecilho pode ser superado desde que abordado da maneira correta. Assim sendo, debatido os obstáculos de aprendizagem, e apresentada a noção de objetivo-obstáculo, passa-se a discutir a metodologia utilizada na tentativa de superação desses obstáculos.

4 A CONSTRUÇÃO METODOLÓGICA

4.1 AÇÕES DA PESQUISA

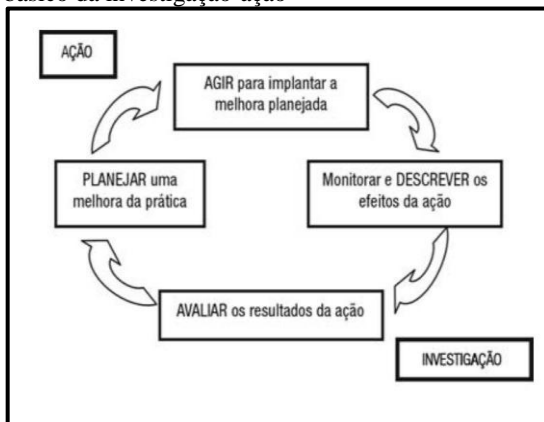
O presente estudo caracterizou-se por meio dos procedimentos da pesquisa-ação, em que a pesquisadora e a professora titular aplicaram a Sequência Didática e abordagem de análise qualitativa dos dados. Conforme expõe Tripp (2005, p. 445),

A pesquisa-ação educacional é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos.

A pesquisa seguiu a seguinte ordem: fase exploratória, formulação do problema, levantamento bibliográfico, seleção de amostra, elaboração e aplicação do plano de ação, coleta de dados, análise e a interpretação dos dados, divulgação dos resultados e avaliação de sua eficiência visando redimensionamento e correções.

Segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação é um dos inúmeros tipos de investigação-ação, e se caracteriza por ser um processo no qual segue um ciclo com o propósito de se aprimorar uma prática pela forma sistemática, onde se opera a prática bem como também se investiga sobre a mesma. "Planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação" (TRIPP, 2005, p. 445-446). A seguir apresenta-se na Figura 1 o diagrama representando o ciclo da investigação-ação.

Figura 1 – Diagrama da representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação



Fonte: TRIPP (2005, p. 446).

O ciclo dos processos de melhora é seguido da seguinte forma: "A solução de problemas, por exemplo, começa com a identificação do problema, o planejamento de uma solução, sua implementação, seu monitoramento e a avaliação de sua eficácia" (TRIPP, 2005, p. 446).

Desse modo, ação e pesquisa caminham juntas. Há uma relação entre pesquisador e comunidade participante, assim, o primeiro deve ter um olhar reflexivo sobre a prática, tomar consciência dos princípios que conduzem o trabalho e, se necessário, efetuar transformações em suas próprias práticas. Para Tripp (2005, p. 447-448),

Pesquisa-ação é uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática"[...]Enquanto a prática rotineira tende a ser a única responsabilidade do prático, e atualmente a maioria das pesquisas é realizada em equipe, a pesquisa-ação é participativa na medida em que inclui todos os que, de um modo ou outro, estão envolvidos nela e é colaborativa em seu modo de trabalhar.

Na fase exploratória, deve-se conhecer o campo da pesquisa e os problemas. Saber dividir as tarefas (pesquisa teórica, pesquisa de campo, planejamento, etc). O diagnóstico é constituído pelas informações a partir das quais são estabelecidas as metas de ação e por

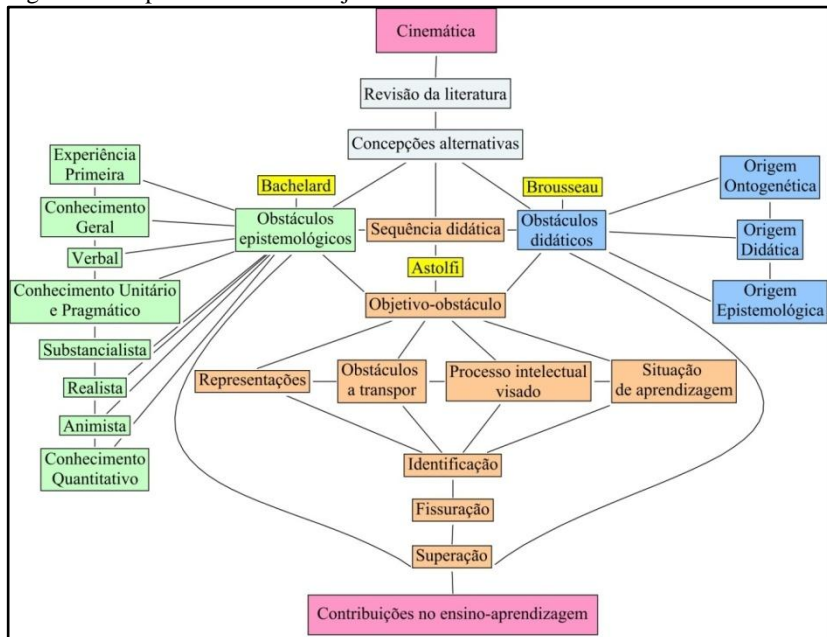
fim, a definição dos objetivos de acordo com os problemas (THIOLLENT, 1996). Segundo Thiollent (1996) a colocação da problemática nasce na fase exploratória:

- a) análise e delimitação da situação inicial;
- b) delineamento da situação final, em função de critérios de desejabilidade e de factibilidade;
- c) identificação de todos os problemas a serem resolvidos para permitir a passagem de (a) a (b);
- d) planejamento das ações correspondentes;
- e) execução e avaliação das ações (THIOLLENT, 1996, p. 53-54).

Uma vez que tema e problema estão bem definidos e claros a todos os participantes, passa-se a uma pesquisa bibliográfica. A teoria é selecionada de acordo com a área que a pesquisa acontece. “O papel da teoria consiste em gerar ideias, hipóteses ou diretrizes para orientar a pesquisa e as interpretações” (THIOLLENT, 1996, p. 55).

Nesse contexto, a princípio, para a concretização desse trabalho, foi realizada a fase exploratória, que indicou a Cinemática como campo de estudo. Em seguida, realizou-se um levantamento bibliográfico, no qual foram destacadas concepções alternativas comuns dos alunos sobre o tema e correlacionadas com os obstáculos epistemológicos e didáticos no estudo da Cinemática. Após, ocorreu o planejamento, elaboração, implementação e análise de uma SD sobre esse tema. Em síntese, a seguir, na Figura 2, mostra-se um mapa conceitual dos procedimentos utilizados na pesquisa no planejamento da SD.

Figura 2 - Mapa conceitual Planejamento SD



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Para análise dos dados utilizou-se a metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin (1977), fazendo inferências a Bachelard (1996) com a noção de obstáculos epistemológicos, a Brousseau (1987) em referência aos obstáculos didáticos e, por fim, a Astolfi (1994), com as três principais etapas da sequência didática: Identificação, Fissuração e Superação, na proposição de superação dos obstáculos.

Para Bardin (1977, p. 113), na categorização podem-se utilizar dois processos inversos. O primeiro, o procedimento por "caixas", é quando se repartem da melhor maneira os elementos à medida que vão sendo encontrados, ou seja, elaboração de categorias a priori. O segundo, "por milha", é quando o sistema de categorias não é fornecido a priori, e sim no final da operação, resultando da classificação analógica e progressiva dos elementos.

Optou-se por selecionar representações comuns dos alunos sobre o tema Cinemática encontradas na literatura e inferência com o referencial teórico. Dessa forma, estabeleceram-se as categorias a priori para serem utilizadas na análise dos dados. Segundo Bardin (1977, p. 112), "Classificar elementos em categorias, impõe a investigação do que

cada um deles tem em comum com os outros. O que vai permitir o seu agrupamento é a parte comum existente entre eles”.

A necessidade de compreender as possíveis mudanças de concepção dos alunos frente aos processos de ensino-aprendizagem, como encontrar fatores que conduzem ou limitam a aceitação do conceito cientificamente aceito, conduziu-se à opção por uma metodologia qualitativa. Os dados obtidos são predominantemente descritivos, incluindo atividades escritas, transcrições de áudios, descrições de situações. Porém, diante do cruzamento dos dados, nossa análise prevaleceu nas transcrições escritas dos alunos realizadas na SD.

4.2 LÓCUS E SUJEITOS DA PESQUISA

Na delimitação da área e escolha dos sujeitos da pesquisa, foram eleitas, no âmbito empírico, duas turmas do 1º ano do EM. Uma turma de 30 alunos e outra de 23 alunos, acompanhados pela pesquisadora e pela professora titular, respectivamente. Essa última contou com a observação da pesquisadora. Ambas as turmas são pertencentes a uma escola da rede pública estadual do município de Balneário Arroio do Silva, SC.

Fundada em 1988, a escola atende cerca de 830 alunos, tendo 78 funcionários, entre eles 67 professores. Seu ambiente físico é bem conservado e sua estrutura possui a pintura do padrão das escolas públicas estaduais. É composta de quinze salas destinadas a aula, todas com quadro-negro grande, uma mesa para o professor e carteiras em bom estado suficientes para os alunos; uma biblioteca; uma sala de vídeo; uma sala dos professores; uma sala de informática; uma sala para o SAED (Sala de Atendimento Especial aos Deficientes); um laboratório de Química e Biologia; oito banheiros, sendo dois para os professores e seis para os alunos (quatro masculinos e quatro femininos); uma sala para atendimento da secretaria e direção; uma cozinha industrial; uma cozinha escolar; um almoxarifado de documentos; um almoxarifado de livros didáticos e um ginásio de esportes.

As turmas eleitas pertencem ao período matutino. O cuidado desta escolha foi para que ambas as turmas tivessem as mesmas condições, que não houvesse nenhuma diferença quanto a fatores que possam influenciar no desenvolvimento dos alunos nas atividades como: o acesso à escola, condições de locomoção, trabalho; etc.

Os alunos da turma I (1º ano 02) era composta por 30 alunos, que estavam na faixa de idade de 15 a 16 anos, e apenas 1 aluno, repetente, tinha 17 anos. Observou-se que os alunos desta turma eram bastante

inquietos. Alguns alunos faltavam as aulas sem motivos ou chegavam atrasados. Assim, a professora tinha que manter-se atenta de modo a não deixar passar despercebidos os ausentes das aulas e estimular para que os demais demonstrassem interesse nas atividades propostas. Percebeu-se, também, que a turma era bem heterogênea e alguns apresentavam dificuldades de aprendizagem. Talvez porque os alunos oriundos dessa turma migraram de diversas escolas, respeitando o zoneamento do município para cursar o 1º ano do EM, tendo em vista que esta escola é a única do município a oferecer o EM. Foi preciso focar a atenção nas necessidades individuais destes alunos. Contudo, durante o ano letivo, a evolução da aprendizagem pode ser percebida durante o processo de diagnóstico. E, como é recorrente com turmas de 1º ano, vão amadurecendo e percebendo a responsabilidade de estar em um novo nível da educação básica.

A turma II (1º ano 01) era constituída por 23 alunos, o que facilitava o trabalho docente. Entretanto, apresentava um elevado número de alunos com distorção idade-série, pois apresentava em torno de 20% de alunos repetentes. A faixa de idade de 15 a 20 anos decorria de reiteradas repetências ou desistências. A maioria sempre estudou nessa instituição de ensino. Percebeu-se que era uma turma bem dividida nas opiniões, o que acarretara diversas discussões e desentendimentos durante as aulas. Uma grande parcela de alunos não gostava de realizar atividades em dupla ou em grupo. Procurou-se auxiliá-los de forma mais peculiar nas dificuldades para que não se caracterizasse mais um ano de repetência ou desistência para esses alunos.

A professora titular da turma é efetiva, formada em Licenciatura em Química com habilitação em Física pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), e leciona na escola há 10 anos as disciplinas de Física e de Química, em regime de 40 horas semanais. Possui especialização no Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (PROEJA) pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) e mestrado em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Participou da Escola de Física da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN) da Sociedade Brasileira de Física (SBF) em Lisboa, Portugal, e em Genebra, na Suíça. É supervisora do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), com projetos de Astronomia, monitoria, xadrez, entre outros. De acordo com informação n. 109/2002 da Secretaria de Estado de Educação e do Desporto (SED), os alunos

egressos do Curso de Licenciatura em Química da Unisul poderiam ser efetivados na rede pública estadual em Química e Física (para EM), e Matemática (para EF). Na época essa formação era para suprir a falta de professores nessa área. A professora sempre articulou a trajetória profissional com a acadêmica, no intuito de colaborar para melhor qualidade da educação na referida escola, desde o desenvolvimento de atividades em sala de aula como atividades extracurriculares que contemplassem alunos de todas as turmas. Quanto a este estudo, a professora mostrou-se inteiramente acessível e disposta a contribuir com a proposta da SD. Procurou se inteirar da forma como seria trabalhada e incentivou a turma a participar das atividades desenvolvidas pela pesquisadora. Ao fim do período de aplicação, a professora informou que o resultado para a percepção dos alunos quanto ao conteúdo ministrado foi positivo, que eles demonstraram mais interesse e que a SD os instigou a compreender o exposto em sala de aula.

4.3 FASE EXPLORATÓRIA

Nessa fase, iniciada no primeiro semestre de 2015, procurou-se coletar informações que permitissem formular de maneira mais precisa o problema de pesquisa para, assim, estabelecer a escolha do tema de Física a ser analisado. Desta forma, foi realizada consulta informal a oito professores da região, que neste período estavam lecionando. Dentre eles a maioria pertence ao quadro de Admissão de professores em Caráter Temporário (ACT). A consulta foi realizada por meio de entrevistas e e-mails. Em entrevista com um professor que leciona a disciplina de Física a 30 anos ele disse que a Cinemática sempre foi difícil dos alunos compreenderem, relatou que eles confundem muito os movimentos MRU e MRUV, ainda têm muitas dificuldades na construção de gráficos. Alguns dos professores, que recém começaram a lecionar, também observaram a mesma dificuldade. Os temas mais comuns levantados nas discussões por e-mails foram: Cinemática, Indução Eletromagnética, Física Moderna. Para tanto, resultado quase unânime, obteve-se o estudo do MRU e MRUV em Cinemática como maior incidência de dificuldade na aprendizagem dos alunos.

Os estudos exploratórios permitem ao investigador aumentar sua experiência em torno de determinado problema. [...] Pode ocorrer também que o investigador, baseado numa teoria, precise elaborar um instrumento, uma escala de

opinião [...] Um estudo exploratório, por outro lado, pode servir para levantar possíveis problemas de pesquisa (TRIVIÑOS, 1987, p. 109-110).

Assim, em decorrência do resultado à consulta aos professores adequou-se o problema de pesquisa e as etapas de estudo em consonância com o referencial teórico adotado. Partindo do tema estabelecido, esta fase exploratória também contou com uma revisão bibliográfica com a consulta de trabalhos publicados em periódicos sobre o referido tema.

No último trimestre de 2015, foi realizada uma visita à escola, expondo o objetivo da pesquisa e a viabilidade de aplicação de uma SD sobre o conteúdo de Cinemática. Nesse primeiro contato ficou acordado, com a direção e com a professora efetiva de Física da escola, a aplicação da SD em duas turmas do 1º ano do EM no segundo trimestre de 2016.

4.4 ELABORAÇÃO DE CATEGORIAS DE ANÁLISE

O processo de produção teve início com a revisão bibliográfica. Para tanto, foram elencadas na literatura algumas das principais concepções alternativas dos alunos, que constituem obstáculos epistemológicos e didáticos no ensino-aprendizagem da Mecânica Clássica. A realização da coleta bibliográfica se deu tendo como parâmetro produções acadêmicas entre os anos de 1985 a 2015, em periódicos da área de ensino de Ciências e Física conforme descritas nas páginas 31 a 52.

Analisando os dados coletados, foi feita uma caracterização geral das obras. Os aspectos considerados nessa etapa foram a descrição dos objetivos, das concepções alternativas dos alunos, para, enfim, realizar indicações de contribuição de cada autor para o ensino-aprendizagem. O afunilamento da coleta de dados deu-se em torno de trabalhos que tratam mais especificamente de conceitos atrelados ao estudo da Cinemática. Por meio dos resultados, procedeu-se ao enfoque do necessário para o desenvolvimento da SD, através da formulação de uma síntese referente às concepções dos alunos relatados nessas obras.

Deste modo, na construção das categorias de análise da SD, foram consideradas algumas das concepções dos alunos descritas nos referidos trabalhos, com uma relação da teoria bachelardiana de obstáculo epistemológico e obstáculos didáticos, conforme dispõe

Brousseau (1983) na identificação de quais obstáculos tais representações ocasionam.

A *categorização* é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia) com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos, (unidades de registros, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efectuado em razão dos caracteres comuns destes elementos (BARDIN, 1977, p. 111).

Para Ludke e André (1986), a etapa crucial é a construção de categorias que ocorre após a análise das informações e dados disponíveis. Em um primeiro momento, as categorias brotam do delineamento teórico em que se ampara a pesquisa.

Mostra-se, no Quadro 5, as categorias de análise referentes aos obstáculos de aprendizagem relacionados à Cinemática constatadas *a priori*, subdivididas por assunto. Como também, a categoria de análise que não denota obstáculo, a qual infere-se compreensão do conteúdo.

Quadro 5 - Categorias de análise referente obstáculos de aprendizagem relacionados à Cinemática constatados *a priori*

CATEGORIAS DE ANÁLISE	
Representações dos alunos por assunto	Obstáculo
Categorias de análise: grandeza tempo	
Concepção de que o tempo é definido por um relógio, mensurado pelo seu movimento	Animista; Experiência Primeira; Conhecimento Quantitativo
Dificuldade na distinção entre a grandeza física tempo e o tempo meteorológico.	Conhecimento Unitário e Pragmático
Associar o tempo à ideia de mudança e movimento.	Experiência Primeira; Animista; Realista
Confusão entre passagem do tempo e espaço ocupado (lugar).	Experiência Primeira; Conhecimento Geral; Realista
Confusão entre o tempo e distância percorrida.	Experiência Primeira
Categoria de análise: grandeza espaço	
Espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos.	Experiência Primeira
Categorias de análise: grandeza trajetória	
A Trajetória de um corpo é independente do observador.	Experiência Primeira
Considerar o movimento retilíneo como movimento curvilíneo.	Experiência Primeira; Verbal

Categorias de análise: grandezas aceleração e velocidade	
Atribuir propriedades da velocidade à aceleração.	Experiência Primeira; Conhecimento Geral
Que a velocidade e aceleração são proporcionais: se aumenta a velocidade, aumenta a aceleração.	Experiência Primeira; Conhecimento Geral
Aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo.	Experiência Primeira; Conhecimento Geral
Que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.	Experiência Primeira; Conhecimento Geral
Velocidade como critério de posição.	Experiência Primeira;
Que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.	Experiência Primeira; Conhecimento Geral
Aceleração como critério de posição.	Experiência Primeira;
Que a aceleração é condição necessária para haver movimento.	Conhecimento Geral
Qualquer movimento é imaginado como acelerado, basta haver aceleração para existir movimento.	Conhecimento Geral
Que força e velocidade são proporcionais.	Experiência Primeira; Conhecimento Geral
Categorias de análise: aceleração da gravidade	
Que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo.	Experiência Primeira; Substancialista; Realista
A natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade.	Experiência Primeira; Substancialista; Realista
Que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).	Experiência Primeira; Substancialista; Realista
A gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.	Experiência Primeira; Animista
Noção de lugar natural, um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar.	Animista
Categorias de análise: dificuldades didáticas	
Dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Didático
Dificuldade do aluno no entendimento de grandezas físicas “novas”.	Didático
Categoria de análise: compreensão do conteúdo	
Respostas consideradas corretas	Sem obstáculo

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2016).

Na decorrência das análises dos dados foram localizadas, além das categorias a priori, categorias emergentes, as quais representa-se no Quadro 6.

Quadro 6 - Categorias de análise emergentes da análise dos dados referente a obstáculos de aprendizagem relacionados à Cinemática

CATEGORIAS DE ANÁLISE	
Representações dos alunos	Obstáculo
Caracterizar o MRU como um movimento constante	Didático; Verbal
Caracterizar o MRUV como um movimento constante	Didático; Verbal
Tendência de explicar o qualitativo como quantitativo	Conhecimento Quantitativo
Associar posição decrescente como distância negativa.	Verbal
Dificuldade de compreensão do aluno na metodologia apresentada pelo professor	Didático
Associar características do MRU ao MRUV	Didático; Verbal
Associar características do MRUV ao MRU	Didático; Verbal

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Em um segundo momento, após definidas as categorias de análise *a priori*, foi trabalhada a elaboração da SD com o objetivo de superação dos obstáculos detectados e dos que venham a surgir.

4.5 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com base nas obras analisadas na revisão bibliográfica e no referencial teórico, limitou-se mais diretamente às especificidades das concepções dos alunos referente ao estudo dos movimentos, MRU, MRUV e Queda Livre, trabalhando grandezas físicas como tempo, posição, trajetória, velocidade e aceleração.

Na elaboração da SD foi considerada uma maneira de tornar possível a ultrapassagem de um obstáculo segundo Astolfi (2012, p. 60-61), que expõe as etapas para caracterizar um objetivo-obstáculo:

- a) Recuperar *obstáculos* na aprendizagem (da qual as representações fazem parte), sem minorá-los ou supervalorizá-los.
- b) Definir inversamente, e de maneira mais dinâmica, o *progresso intelectual* correspondente a sua eventual ultrapassagem.
- c) Selecionar, entre a diversidade dos obstáculos recuperados, o que (ou os que) parece *ultrapassável* durante uma sequência, produzindo um progresso intelectual decisivo.
- d) Fixar como *objetivo* a ultrapassagem desse obstáculo tido como ultrapassável.
- e) Situar esse objetivo entre as *famílias* que distinguem as *taxonomias* clássicas, o aspecto dominante de um objetivo-obstáculo sempre

dependente de uma delas (objetivo de atitude, de método, de conhecimento, de saber-fazer, de aquisição de uma linguagem ou de código...).

f) Traduzir esse objetivo em termos *operacionais* de acordo com as metodologias clássicas de formulação de objetivos.

g) Construir um *dispositivo* (ou vários) coerente com o objetivo, assim como procedimento de *remediação* em caso de dificuldade.

Dentre estas representações dos alunos que os levam a possíveis obstáculos epistemológicos, avaliou-se também o que os induzem a obstáculos didáticos, conforme cita Astolfi, (2012, p. 65), "A análise dos obstáculos nem sempre se apoia tão claramente em elementos históricos; ela pode também muito bem resultar de observações ligadas à prática pedagógica ou de pesquisas didáticas empíricas."

Elaborou-se uma SD seguindo as etapas dos obstáculos enfrentados pelo aluno com a representação didática segundo Astolfi (1997). Este esquema conceitual segue a seguinte ordem: o obstáculo; o conceito pretendido; o que o obstáculo impede de compreender; a rede de ideias associadas e as condições de possibilidades. No contexto de elaboração das aulas, correlacionou-se às representações dos alunos; os obstáculos caracterizados; o processo intelectual visado; e as situações de aprendizagem (atividades), que favorecerão a superação do obstáculo. Foram utilizadas as três principais etapas da sequência didática apontada por Astolfi (1994): Identificação, Fissuração e Superação.

No segundo trimestre de 2016, foi implementada a SD conforme acordado com a referida escola. A aplicação ocorreu em 12 aulas, ao longo de seis semanas consecutivas. Destaca-se que até o período de aplicação da SD ainda não havia-se trabalhado o referido conteúdo. Dentre as atividades realizadas na aplicação da SD, houve o agrupamento de materiais didáticos diversos, como leitura e discussão textual sobre a História da Ciência, atividades experimentais com questionário e construção de gráficos, questões problemas, construção textual e aula expositiva. Isto é, instrumentos que possibilitassem aos alunos terem maior autonomia, serem mais participativos no processo de ensino e aprendizagem, entenderem determinado conceito de modo a não ficarem engessado ao ensino tradicional. Neste sentido, os autores Souza e Donangelo (2012) enfatizam:

[...] investigar problemas cuja solução não seja imediata mas ainda assim pareça possível [...] senão para compreensão dos conceitos físicos, mas também na promoção de uma mudança atitudinal nos alunos que pensaram, refletiram, discutiram e palpitararam mesmo quando a solução parecia distante (SOUZA; DONANGELO, 2012, p. 3503-4).

Apresenta-se, a seguir, o Quadro 7, com uma síntese da descrição das 12 aulas elaboradas da SD.

Quadro 7 - Resumo da elaboração das aulas 12 aulas da SD

Aula	Fase(s) da SD	Obstáculos a transpor	Objetivo(s)	Atividade(s)
1	Identificação	i) Obstáculos de aprendizagem pertinentes aos conteúdos que serão trabalhados ao longo da SD.	i) Apresentar a sequência didática e conhecer a turma; ii) Sondar, com base na literatura, conceitos intuitivos dos alunos sobre a Cinemática.	i) Introdução ao tema; ii) Pré-teste (APÊNDICE C, p. 209). Tempo: 40 minutos.
2	Identificação	i) Animista, Experiência Primeira e Conhecimento Quantitativo - concepção de que o tempo é definido por um relógio, mensurado pelo seu movimento. ii) Conhecimento Unitário e Pragmático - dificuldade na distinção entre a grandeza física tempo e o tempo meteorológico. iii) Experiência Primeira, Animista e Realista - Associar o tempo à ideia de mudança e movimento.	i) Entender as grandezas tempo e posição na descrição do movimento.	i) Leitura do texto <i>diálogo entre o Tempo e o Movimento</i> , discussão e preenchimento de questionário (APÊNDICE D, p. 213). Tempo: 40 minutos.
3 - 4	Identificação e fissuração	i) Experiência Primeira - confusão entre o tempo e distância percorrida.	i) Entender que espaço é a posição (localização) de um objeto em certo	i) Realização do experimento "Estudos dos movimentos" (APÊNDICE E, p.

		<p>ii) Experiência Primeira - concepção de que a trajetória de um corpo é independente do observador.</p> <p>iii) Conhecimento Geral - concepção de que os conceitos de distância percorrida e deslocamento são iguais.</p>	<p>instante (momento) em relação a um determinado referencial.</p> <p>ii) Compreender a diferença entre distância percorrida e deslocamento.</p> <p>iii) Entender a definição do MRU.</p>	<p>217) e preenchimento de questionário. Tempo: 1 hora e 20 minutos.</p>
5-6-7	Identificação e Fissuração	<p>i) Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribui-se propriedades da velocidade à aceleração.</p> <p>ii) Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.</p> <p>iii) Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.</p> <p>iv) Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração é condição necessária para haver movimento.</p>	<p>i) Usar o estudo da História da Ciência para compreendermos os conceitos físicos.</p> <p>ii) Fazer a distinção entre velocidade e aceleração.</p> <p>iii) Compreender a definição do MRUV.</p> <p>iv) Abandonar a ideia de que a aceleração aplica-se somente para o aumento de velocidade, compreendendo que vale também para a diminuição da velocidade.</p>	<p>i) Leitura e discussão do recorte do texto <i>Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo</i> (APÊNDICE F, p. 221) e preenchimento de uma questão. Tempo: 30 minutos</p> <p>ii) Realização do O experimento: "movimento no trilho" e preenchimento de questionário (APÊNDICE G, p. 225). Tempo: 50 minutos.</p> <p>iii) Aula expositiva no formato de slides (APÊNDICE P, p. 245). Tempo: 40 minutos.</p>
8-9-10	Identificação, fissuração e superação	<p>i) Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo.</p> <p>ii) Experiência Primeira,</p>	<p>i) Pontuar as diferenças entre as concepções histórica de Aristóteles e Galileu sobre a queda dos corpos.</p> <p>ii) Abandonar a ideia de que o</p>	<p>i) Discussão de questão problema (APÊNDICE H, p. 227). Tempo: 20 minutos.</p> <p>ii) Realização de atividades experimentais: "queda dos corpos I"</p>

		<p>Substancialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).</p> <p>iii) Experiência Primeira, Substancialista e Realista: a natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade.</p> <p>iv) Experiência Primeira e Animista: a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.</p>	<p>volume ou peso influenciam na velocidade de queda de um objeto.</p> <p>iii) Compreender que quando um objeto está caindo sem enfrentar qualquer impedimento - sem atrito com o ar ou qualquer outro - ele cai sob influência exclusiva da gravidade.</p>	<p>(APÊNDICE I, p. 229). "queda dos corpos II" (APÊNDICE J, p. 231); "queda dos corpos III" (APÊNDICE K, p. 233). Tempo: 30 minutos.</p> <p>iii) Leitura e discussão de recortes de textos: 1º (APÊNDICE L, p. 235) e o 2º (APÊNDICE M, p. 239). Questões (APÊNDICE N, p. 241). Preenchimento de questionário. Tempo: 30 minutos.</p> <p>iv) Aula em formato de slides (APÊNDICE P, p. 245). Tempo: 20 minutos.</p>
11	Fissuração e superação	i) Obstáculos epistemológicos e didáticos quanto às grandezas físicas velocidade e aceleração.	i) Identificar as concepções e aprendizagem dos alunos sobre os conceitos de aceleração e velocidade.	i) Produção textual: continuação do <i>diálogo entre o tempo e o movimento</i> (APÊNDICE O, p. 243). Tempo: 30 minutos.
12	Superação	i) Obstáculos de aprendizagem referente às concepções alternativas indicadas na literatura trabalhadas na SD e daqueles que ocorrerão durante a aplicação da mesma.	i) Avaliar a possível superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos existentes no processo de ensino-aprendizagem da Cinemática.	i) Pós-teste (APÊNDICE C, p. 209). Tempo: 30 minutos.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Expostos a metodologia adotada e métodos utilizados na realização da SD, passa-se à análise das aulas aplicadas com a SD, conforme as categorias previamente elaboradas e categorias emergentes. A análise constou de doze sub-capítulos, sendo que em cada um descreve-se detalhadamente cada aula, atendo-se aos obstáculos e situações de aprendizagem.

5 ANÁLISE E RESULTADOS DOS DADOS

Na análise dos dados referentes à aplicação da SD, utilizou-se Bardin (1977) com a metodologia de Análise de Conteúdo, a qual estabelece suas fases de organização como três polos cronológicos: 1º a pré-análise - organização do material, em que se sistematizam ideias iniciais para o desenvolvimento das etapas posteriores num plano de análise; 2º a exploração do material - caracterizada pela operação de codificação, tendo em vista regras anteriormente estruturadas; e 3º o tratamento dos dados - consiste na codificação conforme regras pré-estabelecidas, a inferência e a interpretação. A seguir, apresenta-se uma caracterização segundo Bardin (1977, p. 42), da Análise de Conteúdo:

[...] o termo análise de conteúdo: Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando, obter, por procedimentos, sistemáticos e objectivos de descrição de conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Portanto, diante da posse do material da análise, qual seja, dados anteriormente tratados, tabulados e codificados, sustenta-se para a óptica das categorias teóricas, como também, o possível aparecimento de novas categorias. Na exposição dos dados durante a análise das aulas, para melhor caracterização, chamar-se-á de turma I e II, respectivamente, a turma de alunos em que a pesquisadora e a professora titular aplicaram a SD. A fim de facilitar a análise e garantir o sigilo dos alunos participantes ao mencionar suas respostas, para cada educando foi atribuído um código de identificação, o qual se apresenta da seguinte maneira: A1-P1 a A30-P1 (para os alunos da turma I) e A1-P2 a A23-P2 (para alunos da turma II). A apresentação da análise foi por questões e, no final de cada atividade realizada, foi exposta uma síntese do resultado.

5.1 ANÁLISE AULA I

Nesta aula, inicialmente foi realizada a apresentação da pesquisadora e, em seguida, a divulgação do planejamento da SD à turma. Os alunos foram informados que a SD abordaria a continuidade

dos conteúdos de Física trabalhados no 1º ano, visto que se tratava de aulas do período letivo. Deste modo, mesmo sendo obrigatória a participação deles, a permissão para que a pesquisadora utilizasse os dados obtidos era facultativa. Dos menores de idade precisava-se de um consentimento dos responsáveis, portanto, foram orientados a levar para casa um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), (APÊNDICE A, p. 195), para que seus responsáveis assinassem autorizando sua participação. Os maiores de idade foram instruídos a lerem e assinarem, se assim concordassem. Ademais, foi explicado que todos deveriam ficar à vontade para perguntar se surgissem dúvidas. Os alunos se mostraram receptivos à proposta. Após, foi aplicado um pré-teste (APÊNDICE C, p. 209) com intuito de sondagem, no qual foram coletadas informações para futura comparação com o pós-teste que foi aplicado ao final da ministração da SD.

O pré-teste constituiu-se de duas questões dissertativas e dez objetivas. Optou-se por inserir questões abertas (questões 1 e 2, propostas pela pesquisadora) por acreditar que tais questões permitam ao aluno descrever de forma livre seu pensamento, o que possibilita fazer inferências a partir dos argumentos expostos. Das questões objetivas, as 3, 4 e 6 foram propostas pela pesquisadora e as 5, 7, 9, 10, 11, 12 encontram-se em trabalhos das autoras Fernandes (2011) e Rosa (2011).

Nas questões 1 e 2 o objetivo foi o de descrever sobre o conteúdo do MRU e do MRUV, respectivamente. Na questão 3 abordou-se a grandeza física posição, e nas questões 4, 5 e 6, a velocidade. A questão 7 foi destinada, quanto ao conteúdo, na interpretação de gráfico para identificação do tipo de movimento, a questão 8 a descrição do MRUV e a questão 9 a descrição da velocidade em função da posição. A questão 10 tratou da identificação da aceleração no MRU e as questões 11 e 12 referiu-se a queda dos corpos. A seguir expõe-se a análise das questões e ao final, apresenta-se um resumo das principais incidências constatadas referentes às representações dos alunos. Participaram desta atividade 25 alunos da turma I e 22 da turma II, 47 ao total.

**Questão 1: Como você descreveria o movimento retilíneo uniforme?
Cite 1 exemplo.**

Nesta questão pretendeu-se verificar a representação dos alunos quanto ao conteúdo do MRU. O quantitativo das respostas, mostra-se no Quadro 8 e na sequência a análise por categoria.

Quadro 8 - Resposta à questão 1 (aula I - pré-teste)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	2 (8,00%)	0 (0,00%)	2 (4,26%)
(B) Obstáculo Verbal e Didático: considerar o MRU como movimento constante	4 (16,00%)	3 (13,64%)	7 (14,89%)
(C) Obstáculo Experiência Primeira, Substancialista e Realista: a natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade	4 (16,00%)	6 (27,27%)	10 (21,28%)
(D) Respostas vagas ou inconsistentes	5 (20,00%)	3 (13,64%)	8 (17,02%)
(E) Respostas em branco	10 (40,00%)	10 (45,45%)	20 (42,55%)
Total	25	22	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 4,26%: nessa categoria mostram-se duas respostas consideradas sem obstáculos.

Movimento retilíneo uniforme é quando um móvel permanece com a mesma velocidade por um período de tempo. Por exemplo, um carro percorre 40 km/h por 1 hora. (A09-P1).

Quando o tempo e a posição estão andando de formas iguais. Ex: quadro com T por X 1/20; 2/20; 3/30; etc. (A26-P1).

Categoria (B) 14,89%: nos exemplos que seguem, respostas que se referiram a um movimento constante:

Movimento constante em uma reta. Ex: Asfalto (reta), um carro em constante movimento. (A16-P1).

Quando um móvel se desloca em movimento constante. (A1-P1).

Movimento constante em uma reta. (A8-P1).

Avaliou-se, nestes exemplos, que possivelmente há o obstáculo Verbal, em que os alunos consideram o MRU como movimento constante, e, em nenhum momento, mencionam velocidade constante. Os alunos substituem a palavra velocidade por movimento. Esta expressão pode denotar outro sentido, por exemplo, estar em constante movimento acelerado.

Bachelard descreve (1996) sobre hábitos de natureza Verbal como um obstáculo ao pensamento científico "[...] considerar um caso em que uma única imagem, ou até uma única palavra constitui toda a explicação. [...] Os fenômenos são expressados: já parece que foram explicados. São reconhecidos: já parece que são conhecidos. [...]" (BACHELARD, 1996, p. 91). Neste caso, o substantivo "movimento" com o adjetivo "constante" forma uma expressão equivocada para explicar tal fenômeno.

Também, pode-se perceber a dificuldade do aluno em entender, ou talvez, seu desconhecimento de grandezas físicas novas como a velocidade, o que pode ser um obstáculo didático originado no EF. Acosta, Sanchez e Lapolli (1999) relatam sobre deficiências dos alunos em compreender grandezas físicas relacionadas à Cinemática.

Que os alunos, (tanto os universitários como os de 2º grau), possuem deficiências quando são abordados novos conceitos físicos relacionados com a Cinemática ou quando devem dominar conceitos mais profundos. [...] quando abordam os novos conceitos físicos relacionados com a Cinemática ou quando se aprofundam nestes conceitos [...] não possuem de forma clara os conceitos fundamentais de matemática e física que precisam (ACOSTA, SANCHEZ e LAPOLLI, 1999, p. 92).

Categoria (C) 21,28%: nessas respostas percebe-se a frequência em confundir o MRU com o MRUV, na qual o fenômeno de Queda Livre é citado. A saber:

Para mim movimento retilíneo uniforme é quando a pessoa joga alguma coisa para frente ou de cima de um prédio. (A4-P2).

*É movimento de dois objetos na mesma velocidade. Duas pedras caindo de um prédio **com o mesmo peso** chegam ao mesmo tempo na superfície. (A11-P2).*

É a queda que vai aumentando com o tempo. Largar a pedra de um prédio. (A18-P1).

Desse modo, conjectura-se que, possivelmente, há os obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista em imaginar que só esse movimento vertical seria totalmente reto e não o horizontal. Ainda, em considerar que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo onde se cita, "duas pedras do mesmo peso".

Categoria (D) 17,02%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (E) 42,55%: mostrou-se a categoria com o maior percentual de respostas de ambas as turmas. Deve-se considerar esse quantitativo ao fato de que, no presente período letivo, os alunos ainda não aprenderam esse conteúdo, e também não lembrarem o que estudaram no EF, por isso não souberam responder.

Questão 2: Como você descreveria o movimento retilíneo uniformemente variado? Cite 1 exemplo.

Nesta questão pretendeu-se verificar as representações dos alunos quanto ao conteúdo do MRUV. A seguir, no Quadro 9 apresenta-se o quantitativo e em seguida a análise por categoria.

Quadro 9 - Resposta à questão 2 (aula I - pré-teste)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	2 (8,00%)	3 (13,64%)	5 (10,64%)
(B) Obstáculos Experiência Primeira e Verbal: considerar o movimento retilíneo como curvilíneo	3 (12,00%)	0 (0,00%)	3 (6,38%)
(C) Obstáculos: Experiência Primeira, Conhecimento Geral e Realista: confusão entre passagem do tempo e espaço ocupado (lugar)	1 (4,00%)	2 (9,08%)	3 (6,38%)
(D) Obstáculo Verbal e didático: considerar o MRUV como movimento constante	1 (4,00%)	3 (13,64%)	4 (8,51%)
(E) Respostas vagas ou inconsistentes	8 (32,00%)	3 (13,64%)	11 (23,40%)
(F) Respostas em branco	10 (40,00%)	11 (50,00%)	21 (44,69%)
Total	25	22	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 10,64%: nessa categoria selecionaram-se respostas consideradas sem obstáculos. Houve respostas que descreveram que a velocidade varia, que não é constante, porém, entre estas, alguns não citaram a aceleração ou o tempo.

*É quando a **velocidade varia** durante um período de tempo. Um carro percorreu 30 minutos entre as velocidades 40 e 30 km/h.(A9-P1).*

*Seria de fato quando o movimento acelera onde ocorre **variação de velocidade**.(A1-P1).*

*Um móvel que sai do espaço inicial e muda a velocidade até seu destino. Ex: Um carro que sai do ponto X e até chegar seu destino **muda de velocidade** (acelerando ou diminuindo). (A15-P2).*

*Um móvel em **movimento variado**, diversas posições. (A09-P2).*

*É aonde mostra duas **velocidades que não é constante**.(A10-P2).*

Tais manifestações levam a supor que estes alunos entendem de maneira superficial a descrição sobre o MRUV, por envolver velocidade e aceleração, grandezas físicas de difícil compreensão. Como salienta Gaspar (1994):

Os sinais da velocidade e aceleração têm interpretações confusas e raramente ligadas ao referencial (aceleração negativa é quase sempre sinônimo de frenagem ou desaceleração, um conceito pirata, emprestado da linguagem cotidiana, que poderia até dar origem a uma desvelocidade...). **Mais grave, no entanto, porque se dissemina cada vez mais, é a inexplicável tendência de se suprimir o r de retilíneo nos outrora respeitadas MRU e MRUV (GASPAR, 1994, p. 7-8, grifo nosso).**

Categoria (B) 6,38%: nesta categoria agruparam-se algumas respostas que expuseram uma incidência do movimento curvilíneo:

*Que não fica só em linha reta, **faz algumas pequenas curvas**, como o asfalto que mostra nas placas siga em linha reta, mas nessa reta também tem curvas.(A2-P1).*

Um deslocamento semelhante ao anterior, porém não totalmente retilíneo, varia o movimento percorrido.(A20-P1).

Movimento constante que varia entre posição, distância variada. Por exemplo um carro, em uma curva está a 80 km/h e em uma reta aumenta para 100 km/h. Ocorrendo uma variação.(A8-P1).

Infere-se nestas respostas indicativos dos obstáculos Experiência Primeira e Verbal, ao se considerar o MRUV como curvilíneo, talvez, por associação a alguma palavra ou imagem. Gaspar (1994) destaca essa dificuldade encontrada nos livros didáticos daquele período:

Não há movimento sem trajetória e o estudo de um movimento é tanto mais complexo quanto mais complexa for a trajetória descrita [...] Entretanto, muitos de nossos livros didáticos criaram uma ficção: os movimentos sem trajetória o MU, movimento uniforme e o MUV, movimento uniformemente variado. Muitos de nossos textos, apesar de não se referirem a trajetórias retilíneas (e alguns fazem questão de evidenciar esta característica através de figuras [...] deduzem as equações desses movimentos como se não houvesse mudança de direção. A equação da velocidade do tal MUV é invariavelmente deduzida a partir da diferença algébrica das velocidades, às vezes até mesmo acompanhada de ilustrações de trajetórias curvilíneas o que, obviamente, é uma heresia conceitual (GASPAR, 1994, p.8).

Categoria (C) 6,38%: observou-se nessa categoria que houve respostas demonstrando confusão entre passagem do tempo e espaço ocupado (lugar).

Quando o tempo anda de forma contrária da posição. Exemplo: T por X: 1/10; 2/30; 3/40; 4/60; 5/70; 6/100.(A26-P1).

Os alunos apresentam dificuldades em relacionar os conceitos tempo e posição na descrição do movimento. Sobre essa situação dispõem Ramos e Scarinci (2013):

Confusão na relação entre distância e tempo, e uma dificuldade na caracterização desse “outro” tempo – o tempo “da física” parecia não estar confortavelmente conectado com o tempo do cotidiano, mantendo um uso dessa concepção a situações restritas e mais diretamente vinculadas ao conteúdo de Cinemática (RAMOS e SCARINCI, 2013, p. 19).

Categoria (D) 8,51%: estão presentes nas respostas os obstáculos Verbal e didático por considerarem o MRUV como movimento constante.

Movimento constante em uma reta. Porém com duas direções. Ex: pista de carro um vai e outro vem em constante movimento. (A16-P1).

Movimento não constante. (A17-P2).

Nota-se, ainda, que em algumas respostas constavam apenas a descrição de "movimento constante", como nas respostas da pergunta anterior. Isso ocorre, possivelmente, por um obstáculo didático que os leva a não citar grandezas físicas como velocidade e aceleração. Percebe-se, também, a presença do obstáculo Verbal na referida expressão.

Categoria (E) 23,40%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (F) 44,69%: destacam-se as respostas em branco, as quais, da mesma forma que pergunta anterior, foram as de maior incidência. Acredita-se que pelo mesmo motivo citado, o de os alunos não terem estudado, no período letivo, ainda este conteúdo e tratem-se de perguntas que já abordam o conteúdo propriamente, sentem intimidados a exporem suas próprias concepções.

Nas questões 3 a 9 foi solicitado que o aluno assinalasse apenas uma alternativa correta por questão. Exibe-se, a seguir, o quantitativo das respostas dos alunos da turma I e II e o total equivalente, seguido

pelo percentual respectivo às respostas. Em cada alternativa incorreta caracteriza-se o obstáculo a ela correspondente.

Questão3: Quanto à posição de um corpo, pode-se dizer que esta corresponde:

Quadro 10 - Respostas à questão 3 (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) A localização de um corpo em certo instante em relação a um determinado referencial.	(B) Posição é a distância percorrida por um corpo num determinado intervalo de tempo.	(C) Posição de um corpo é o valor da sua velocidade.	(D) Se seu movimento é progressivo ou retrógrado.	(E) O espaço enquanto distância entre dois pontos.
Turma I	16(57,14%)	5 (17,86%)	5 (17,86%)	0 (0,00%)	1 (3,57%)
Turma II	11(57,90%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Total	27 (57,45%)	9 (19,15%)	9 (19,15%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Obstáculos caracterizados	Sem obstáculo: resposta correta	Experiência Primeira; espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos.	Experiência Primeira: velocidade como critério de posição.		Experiência Primeira: espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 3: um aluno da turma I não assinalou nenhuma alternativa.

Questão 4: A distância percorrida dividida pelo tempo nos informa:

Quadro 11- Respostas à questão 4 (aula 1 - pré-teste)

Alternativas	(A) Tempo gasto no percurso.	(B) Percorso descrito pelo corpo.	(C) Velocidade de um corpo.	(D) Sua posição.	(E) Seu deslocamento.
Turma I	7 (25,00%)	1 (3,57%)	17 (60,71%)	0 (0,00%)	3 (10,71%)
Turma II	7 (36,84%)	1 (5,26%)	7 (36,84%)	0 (0,00%)	3 (15,79%)
Total	14 (29,79%)	2 (4,26%)	24 (51,06%)	0 (0,00%)	6 (12,77%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira: confusão entre o tempo e distância percorrida. Animista e Realista: associar o tempo à ideia de mudança e movimento.	Experiência Primeira: a Trajetória de um corpo é independente do observador.	Sem obstáculo: resposta correta		Experiência Primeira: Espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 4: um aluno da turma II não assinalou nenhuma alternativa.

Questão 5: Um móvel descreve um movimento retilíneo, sendo que suas posições variam com o tempo de acordo com os dados na tabela a seguir. Nessas condições, é correto afirmar que:

t (s)	1	3	5	7	9	11	13
X (m)	150	250	350	450	550	650	750

Quadro 12 - Respostas à questão 5 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) a velocidade escalar do móvel é constante e vale 50m/s.	(B) a velocidade escalar do móvel não se mantém constante.	(C) a aceleração escalar do móvel é constante e vale 50 m/s ² .	(D) o movimento é acelerado.	(E) a velocidade escalar média no intervalo de tempo entre 1 e 3 segundos é diferente da velocidade entre 9 e 11 segundos.
Turma I	6 (21,43%)	6 (21,43%)	6 (21,43%)	8 (28,57%)	2 (7,14%)
Turma II	6 (31,58%)	2 (10,53%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	2 (10,53%)
Total	12 (25,53%)	8 (17,02%)	10 (21,28%)	12 (25,53%)	4 (8,51%)
Obstáculos caracterizados	Sem obstáculo: resposta correta	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração.	Conhecimento Geral: qualquer movimento é imaginado como acelerado, basta haver aceleração para existir movimento.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 5: um aluno da turma II não assinalou nenhuma alternativa.

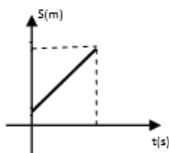
Questão 6: A aceleração de um corpo se refere:

Quadro 13 - Respostas à questão 6 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) A mudança de posição de um corpo.	(B) O aumento da sua velocidade.	(C) A qualquer variação na velocidade.	(D) A diminuição da velocidade.	(E) Ao deslocamento de um corpo.
Turma I	2 (7,14%)	22 (78,57%)	1 (3,57%)	1 (3,57%)	2 (7,14%)
Turma II	0 (0,00%)	14 (73,68%)	2 (10,53%)	0 (0,00%)	3 (15,79%)
Total	2 (4,26%)	36 (76,60%)	3 (6,38%)	1 (2,13%)	5 (10,64%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo.	Sem obstáculo: resposta correta.		Conhecimento Geral: que a aceleração é condição necessária para haver movimento.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Questão 7: O gráfico a seguir representa a posição de um móvel em função do tempo. Nessas condições, pode-se afirmar que o gráfico se refere a um movimento:



Quadro 14- Respostas à questão 7 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) uniforme e retrógrado.	(B) uniformemente variado e acelerado.	(C) uniformemente variado e retardado.	(D) uniforme com velocidade escalar de 10m/s.	(E) uniforme e progressivo.
Turma I	3 (10,71%)	11 (39,29%)	2 (7,14%)	7 (25,00%)	5 (17,86%)
Turma II	3 (15,79%)	8 (42,11%)	0 (0,00%)	2 (10,53%)	6 (31,58%)
Total	6 (12,77%)	19 (40,43%)	2 (4,26%)	9 (19,15%)	11 (23,40%)
Obstáculos caracterizados	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Sem obstáculo: resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

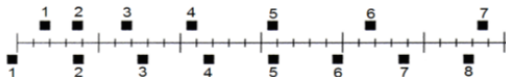
Questão 8: Um automóvel tem movimento retilíneo com aceleração constante. Deste modo:

Quadro 15 - Respostas à questão 8 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) Ao diminuir a velocidade a aceleração diminui.	(B) Significa que a velocidade também é constante.	(C) A velocidade varia em quantidades iguais para intervalos de tempo iguais.	(D) A posição sempre estará aumentando com o tempo.	(E) A velocidade está sempre aumentando.
Turma I	0 (0,00%)	7 (25,00%)	2 (7,14%)	4 (14,29%)	15 (53,57%)
Turma II	0 (0,00%)	9 (47,37%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	2 (10,53%)
Total	0 (0,00%)	16 (34,04%)	6 (12,77%)	8 (17,02%)	17 (36,17%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade e aceleração são proporcionais.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração. Que a velocidade e aceleração são proporcionais.	Sem obstáculo: resposta correta.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Conhecimento Geral: aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Questão 9: Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita. Os blocos têm alguma vez a mesma velocidade?



Quadro 16 - Respostas à questão 9 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) Não.	(B) Sim, no instante 2.	(C) Sim, no instante 3.	(D) Sim, nos instantes 2 e 5.	(E) Sim, em algum instante durante o intervalo 3 e 4.
Turma I	1 (3,57%)	2 (7,14%)	0 (0,00%)	23 (82,14%)	2 (7,14%)
Turma II	1 (5,26%)	4 (21,05%)	0 (0,00%)	10 (52,63%)	3 (15,79%)
Total	2 (4,26%)	6 (12,77%)	0(0,00%)	33 (70,21%)	5 (10,64%)
Obstáculos caracterizados		Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: velocidade como critério de posição.		Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: velocidade como critério de posição.	Sem obstáculo: resposta correta

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 9: um aluno da turma II não assinalou nenhuma alternativa.

Questão 10: Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita. As acelerações dos blocos estão relacionadas da seguinte forma:



Quadro 17 - Respostas à questão 10 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) A aceleração de “a” é maior do que a aceleração de “b”.	(B) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são maiores do que zero.	(C) A aceleração de “b” é maior do que a aceleração de “a”.	(D) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são zero.	(E) Não há informação suficiente
Turma I	18 (64,29%)	0 (0,00%)	5 (17,86%)	1 (3,57%)	4 (14,29%)
Turma II	8 (42,11%)	1 (5,26%)	8 (42,11%)	1 (5,26%)	0 (0,00%)
Total	26 (55,32%)	1 (2,13%)	13 (27,66%)	2 (4,26%)	4 (8,51%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Sem obstáculo: resposta correta.	

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 10: um aluno da turma II não assinalou nenhuma alternativa.

Questão 11: Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As esferas são soltas do telhado de um prédio no mesmo instante de tempo. Quanto ao tempo que as esferas demoram para chegar ao chão:



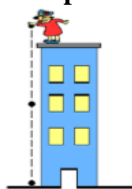
Quadro 18 - Respostas à questão 11 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) A esfera mais pesada demora a metade do tempo da esfera mais leve.	(B) A esfera mais leve demora a metade do tempo da esfera mais pesada.	(C) Ambas as esferas demoram mais ou menos o mesmo tempo.	(D) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais pesada, mas não necessariamente a metade.	(E) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais leve, mas não necessariamente a metade.
Turma I	4 (14,29%)	4 (14,29%)	3 (10,71%)	12 (42,86%)	5 (17,86%)
Turma II	0 (0,00%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	6 (31,58%)	2 (10,53%)
Total	4 (8,51%)	8 (17,02%)	7 (14,89%)	18 (38,30%)	7 (14,89%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).	Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).	Sem obstáculo: resposta correta.	Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).	Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 11: Dois alunos da turma II não assinalaram nenhuma alternativa.

Questão 12: Uma pedra que é deixada cair do telhado de um edifício na superfície da Terra:



Quadro 19 - Respostas à questão 12 - (aula I - pré-teste)

Alternativas	(A) Alcança uma velocidade máxima logo após ser largada e cai com velocidade constante depois disso.	(B) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, porque a atração gravitacional vai se tornando mais forte à medida que a pedra se aproxima da superfície da Terra.	(C) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, devido à força da gravidade quase constante que atua sobre ela.	(D) Cai por causa da tendência natural de todos os objetos para ficarem em repouso na superfície da Terra.	(E) Cai por causa dos efeitos combinados da força da gravidade e da força do ar que a empurram para baixo.
Turma I	1 (3,57%)	19 (67,86%)	6 (21,43%)	0 (0,00%)	2 (7,14%)
Turma II	0 (0,00%)	3 (15,79%)	8 (42,11%)	2 (10,53%)	3 (15,79%)
Total	1 (2,13%)	22 (46,81%)	14 (29,79%)	2 (4,26%)	5 (10,64%)
Obstáculos caracterizados		Experiência Primeira e Animista: a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.	Sem obstáculo: resposta correta.	Animista: noção de lugar natural, um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar.	Experiência Primeira e Animista: a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 12: dois alunos da turma II não assinalaram nenhuma alternativa.

Resumo do resultado da atividade:

Observou-se na questão 1 que os alunos descrevem o MRU de maneira incompleta, uma vez que o consideram como um “movimento constante”. Também o confundem com o MRUV, pois consideram a Queda Livre um exemplo de MRU. A partir das respostas, foram constatados os obstáculos Experiência Primeira, Verbal, Substancialista, Realista e Didático.

Na questão 2, constatou-se que os alunos descrevem o MRUV de maneira superficial. Não citam que o movimento é retilíneo, tal que alguns alunos, ainda o descrevem como curvilíneo. Poucos entendem que quando ocorre uma variação uniforme da velocidade, há necessariamente uma aceleração constante. Acerca das respostas dos alunos consideram-se presentes os obstáculos: Verbal, Experiência Primeira, Conhecimento Geral, Realista e Didático.

Nas questões 3 e 4, que tratavam da descrição das grandezas físicas posição e velocidade, respectivamente, a maioria dos alunos

responderam as alternativas corretamente. Na questão 5, na maior parte das respostas, na descrição do MRU há uma certa confusão entre definir o valor da velocidade, expondo valores à aceleração. Na questão 6, em grande parte das respostas, a aceleração é entendida como aumento de velocidade. Na questão 7, a maior parte das respostas demonstraram a dificuldade na interpretação de gráficos. Na questão 8, que se refere ao MRUV, constatou-se, nas respostas incorretas, uma grande associação entre aceleração constante e velocidade constante, considerando haver uma proporcionalidade entre essas duas grandezas físicas. Na questão 9, a pluralidade das respostas indicou que na igualdade de posição há igualdade de velocidade. Quando, por exemplo, dois móveis com velocidades variadas, mas sob o mesmo período de tempo em algum momento estão na mesma posição. Na questão 10, foi constatado nas respostas, o desconhecimento do significado de aceleração constante. Na situação de um móvel que percorre posições menores, e outro que percorre posições maiores, ambos com intervalos de tempos iguais, consideram que a aceleração é maior do móvel que percorre intervalos de posições menores. Na questão 11, majoritariamente as respostas indicaram que na queda livre de duas esferas, uma com o dobro do peso da outra, o tempo é menor para a esfera mais pesada. Na questão 12, na queda de uma pedra de um prédio, a maior parte das respostas apontou que os alunos consideram que a velocidade vai aumentando enquanto cai, porque a atração gravitacional vai se tornando mais forte à medida que a pedra se aproxima da superfície da Terra.

Verificou-se nesta sondagem que a maior incidência de concepções alternativas se aplica às questões 1 e 2, que descrevem os movimentos MRU e MRUV; bem como, a questão 6 na definição de aceleração, e na questão 9 quanto à discriminação de velocidade em determinada posição. Percebeu-se grande dificuldade dos alunos em compreender estes movimentos, como entender as grandezas físicas (velocidade e aceleração), conforme já se previa com os dados constatados na revisão da literatura. Nesta fase de identificação, foram conjecturados como possíveis obstáculos relacionados aos dados coletados na sondagem os obstáculos: Animista, Conhecimento Geral, Experiência Primeira, Substancialista, Realista, Verbal e Didático. Passa-se à análise destas grandezas físicas e de outras na aula II até a XII.

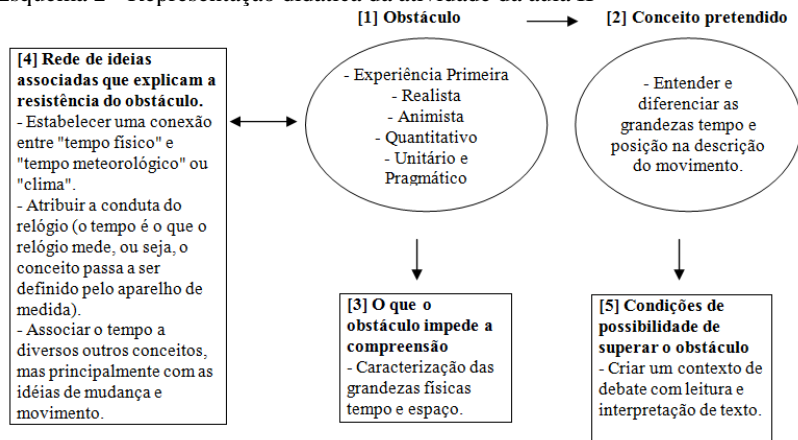
5.2 ANÁLISE AULA II

Nesta aula se propôs trabalhar grandezas físicas como tempo e espaço, com o objetivo de entendê-las na descrição do movimento, com o propósito de identificação e fissuração dos obstáculos Experiência Primeira, Animista, Realista, Conhecimento Quantitativo e Conhecimento Unitário e Pragmático. Ramos e Scarinci (2013) relatam em seu trabalho a importância do aluno entender essas grandezas:

[...] há ainda muitos conceitos não explorados sobre os quais nos perguntamos como o aluno pensa a respeito. Assim, o tempo e o espaço, como conceitos, merecem ser explorados uma vez que possuem grande importância para o ensino de física, bem como em nosso meio sociocultural (RAMOS e SCARINCI, 2013 p. 10).

Tempo e espaço fazem parte do dia a dia e, a partir do momento que são discutidos, em sala de aula, com a devida importância se tornam impulsores para a compreensão dos demais conceitos em física. A seguir, no Esquema 2, mostra-se a representação didática da aula II.

Esquema 2 - Representação didática da atividade da aula II



Fonte: Astolfi (1994, p.210, com adaptação da autora).

Para trabalhar este assunto foi realizada uma dinâmica com leitura do texto *diálogo entre o Tempo e o Movimento*, discussão e preenchimento de um questionário (APÊNDICE D, p. 213). A atividade

era composta de 6 questões, da questão 1 a 2 (itens a,b,c e d), elencadas a seguir, foi efetuada interpretação do texto onde os alunos teriam que apontar palavras que identificassem estas grandezas, bem como formas de medir o tempo. Na questão 3, o intuito era o de verificar as representações dos alunos quanto a grandezas tempo. Participaram desta atividade 17 alunos da turma I e 22 alunos da turma II, 39 ao total.

Questão 1: No início do debate, o Tempo e o Movimento julgam-se cada um mais importante que o outro. Que argumentos apresentaram e a conclusão que os dois chegaram?

Nessa questão observou-se uma quantidade significativa de respostas que demonstrou um entendimento correto do texto, não transparecendo nenhum obstáculo. A seguir expõem-se os quadros 20 a 23 com o quantitativo das respostas da questão 2 itens (a, b, c e d) e, em seguida, uma análise geral desses dados por questão para expor a situação de aprendizagem e os obstáculos localizados, tendo em vista que as questões se tratam de uma interpretação de texto.

Questão 2: Uma frase do texto sintetiza bem o Movimento de sua reação com o Espaço e o Tempo: "Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estará lá". Identifique nessa frase uma palavra que representa a ideia de:

a) Passagem do tempo.

Quadro 20 - Resposta ao item (a) da questão 2 (aula II)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	9 (52,94%)	1 (4,55%)	10 (25,64%)
Obstáculos Experiência Primeira, Conhecimento Geral e Realista: confusão entre a passagem do tempo com espaço ocupado (lugar)	2 (11,76%)	1 (4,55%)	3 (7,69%)
Obstáculos Experiência Primeira, Realista e Animista: concepção em associar o tempo à ideia de mudança e movimento	4 (23,54%)	19 (86,35%)	23 (58,98%)
Respostas vagas ou inconsistentes	2 (11,76%)	1 (4,55%)	3 (7,69%)
Respostas em branco	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Total	17	22	39

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

b) O espaço ocupado, ou seja, posição no espaço (lugar).

Quadro 21 - Resposta ao item (b) da questão 2 (aula II)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	12 (70,59%)	18 (81,82%)	30 (76,92%)
Respostas vagas ou inconsistentes	4 (23,53%)	4 (18,18%)	8 (20,51%)
Respostas em branco	1 (5,88%)	0 (0,00%)	1 (2,56%)
Total	17	22	39

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

c) Quais são as maneiras de medida do tempo citadas no texto? Cite outras maneiras de medir o tempo.

Quadro 22 - Resposta ao item (c) da questão 2 (aula II)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	15 (88,24%)	9 (40,91%)	24 (61,54%)
Obstáculos Animista, Experiência Primeira e Conhecimento Quantitativo: concepção de que o tempo é definido por um relógio mensurado pelo seu movimento	1 (5,88%)	3 (13,64%)	4 (10,26%)
Respostas vagas ou inconsistentes	1 (5,88%)	10 (45,45%)	11 (28,20%)
Respostas em branco	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Total	17	22	39

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

d) No relógio, os ponteiros se movem. E sobre as outras maneiras de medir o tempo (que você indicou na questão anterior), há alguma relação com o movimento? Explique.

Quadro 23 - Resposta ao item (d) da questão 2 (aula II)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	12 (70,59%)	18 (81,82%)	30 (76,92%)
Respostas vagas ou inconsistentes	4 (23,53%)	4 (18,18%)	8 (20,51%)
Respostas em branco	1 (5,88%)	0 (0,00%)	1 (2,56%)
Total	17	22	39

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Conforme quadros 20 a 23, na questão 2 do item b a d, interpreta-se que a maioria das respostas demonstrou um entendimento correto do texto, o que permite inferir a inexistência significativa de um obstáculo. Entretanto, no item a da questão 2, foram identificadas em algumas respostas, de ambas as turmas, confusão entre a passagem do tempo com espaço ocupado. Compreende-se que pode haver o obstáculo Verbal nas substituições destas palavras. Ainda, os obstáculos Experiência Primeira, Realista e Animista na concepção em associar o tempo à ideia de mudança e movimento em exemplos como:

Estava aqui (A09-P1).

lá (A12-P1).

Estava (A02-P2).

estava ali (A017-P2).

Que o tempo vai passar, e os corpos vão se movimentar mudando a localização. (A29-P1).

Respostas estas que deveriam indicar passagem do tempo. No trabalho de Peduzzi (1996) encontra-se parte do texto que explana sobre o termo mudança em relação ao tempo, a saber:

O termo mudança, para Aristóteles, insere-se dentro de um contexto bastante amplo, significando tanto mudança por crescimento (com a passagem do tempo) como mudança por locomoção (mudança de lugar em relação ao tempo), como também alterações verificadas na natureza, em geral (PEDUZZI, 1996, p. 50).

Martins e Zanetic (2002, p. 158) relatam: "As crianças costumam associar o tempo a diversos outros conceitos, mas principalmente com as idéias de mudança e movimento." Talvez estas respostas se refiram a uma concepção aristotélica sobre o movimento em relação ao tempo, ou a atividade não proporcionou um entendimento correto sobre o tema, ou, ainda, o professor não soube transpor o conteúdo. Também há a questão de como estes conceitos foram repassados ao aluno no EF. Os autores Ramos e Scarinci (2013) destacam outro ponto importante sobre a aprendizagem do referido tema, a problemática encontrada nos livros didáticos:

Com os conceitos de espaço e de tempo também constatamos, principalmente nos livros didáticos utilizados em sala de aula, a ênfase no caráter matemático desses conceitos e em sua utilização para a discussão de outros, como velocidade ou entropia, porém sem que haja uma abordagem conceitual consistente dos mesmos (RAMOS; SCARINCI, 2013, p. 11).

Ademais, sobre a questão 2 item c, foram elencados alguns exemplos que explicitaram os obstáculos Animista, Experiência Primeira e quantitativo na concepção de que o tempo é definido por um relógio mensurado pelo seu movimento.

O relógio mede o tempo mais se ele não ter pilha ele não tem movimento para medir o tempo.(A4-P2).

[...] pois se os ponteiros não se movessem não existiria movimento.(A8-P2).

Deixar o tempo passar e ver no relógio o tempo.(A8-P1).

Questão 3: Quanto à descrição do tempo, qual a duração de um instante? Qual a diferença do significado de um instante na vida cotidiana e na Física?

Esta questão foi considerada aquela que os alunos mais se expressaram. Apresentam-se no Quadro 24 algumas respostas por categoria e, a seguir, a análise com algumas respostas dos alunos.

Quadro 24 - Resposta à questão 3 (aula II)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	0 (0,00%)	2 (9,09%)	2 (5,13%)
(B) Experiência Primeira, Conhecimento Geral e Realista: confusão entre passagem do tempo e espaço ocupado (lugar)	7 (41,18%)	11 (50,00%)	18 (46,15%)
(C) Experiência Primeira, Animista, Conhecimento Quantitativo: concepção de que o tempo é definido por um relógio, mensurado pelo seu movimento	4 (23,53%)	3 (13,64%)	7 (17,95%)
(D) Experiência Primeira, Animista e Realista: associar o tempo a ideia de mudança e movimento	3 (17,65%)	2 (9,09%)	5 (12,82%)
(E) Respostas vagas ou inconsistentes	2 (11,76%)	4 (18,18%)	6 (15,38%)
(F) Respostas em branco	1 (5,88%)	0 (0,00%)	1 (2,57%)
Total	17	22	39

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 5,13%: respostas dos alunos que se subentende não apresentarem obstáculos.

Um instante é o tempo no momento presente. E a duração é o tempo que você determina. E na física é um momento exato de alguma coisa. (A11-P2).

Um instante é um curto tempo, onde passa rápido. É um momento exato. (A16-P2).

Categoria (B) 46,15%: nessa categoria elencam-se respostas que representem os obstáculos Experiência Primeira e Realista ao confundirem a grandeza tempo com espaço ocupado (lugar).

Instante é algo rápido. Que a pessoa vai ali só um instante. (A29-P1).

É um intervalo entre um espaço e outro. Na vida, o significado de instante quer dizer uma fração de tempo e, na física, creio eu, que seja um intervalo entre espaço e outro. (A26-P1).

A duração de um instante é de um lugar para o outro. A diferença de um instante na vida cotidiana é que vai de um determinado espaço, momento, e na física é tudo que seja natural. (A2-P2).

Categoria (C) 17,95%: nas respostas dos alunos a seguir percebe-se os obstáculos Animista, Experiência Primeira e Conhecimento Quantitativo: concepção de que o tempo é definido por um relógio, mensurado pelo seu movimento.

Duração de um instante é nada mais do que a variação entre horas e não com o contínuo tempo, entre segundos, o instante é, e na física é uma duração entre tempo. (A6-P1).

Depende, pode ser segundos, minutos, horas, dias para mim. Para a física pode ser uma velocidade, uma aceleração, espaço. (A14-P2).

Categoria (D) 12,82%: tal categoria supõe que nas respostas dos alunos há o obstáculo Animista ao associar o tempo a ideia de mudança e movimento.

O tempo pra mim é tudo que todo um movimento existe um tempo, existe um tempo pra tudo, o tempo nunca para [...]. (A21-P1).

Categoria (E) 15,38%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (F) 2,57%: respostas em branco representaram um percentual baixo.

Resumo do resultado da atividade:

Esta atividade levantou alguns obstáculos que já eram esperados conforme descritos na literatura. Os alunos confundem a passagem do tempo com espaço ocupado (lugar). Essa concepção foi constatada em grande parte das respostas. Não foi localizada uma categoria sobre o tempo: Obstáculo Unitário e Pragmático, dificuldade na distinção entre o tempo (grandeza física) e o tempo meteorológico, anteriormente programada como um obstáculo a transpor no plano de aula. O percentual de respostas vagas e inconsistentes, e respostas em branco foi razoavelmente baixo, tendo em vista que os alunos interagiram com a atividade mostrando-se participativos. As respostas apontaram para um bom entendimento da grandeza física espaço e um pouco de dificuldade da grandeza tempo. Em geral, identificaram-se os seguintes obstáculos: Experiência Primeira, Verbal, Animista, Realista e Conhecimento Quantitativo. Contudo, pode dizer que a atividade cooperou para um índice favorável de superação dos mesmos.

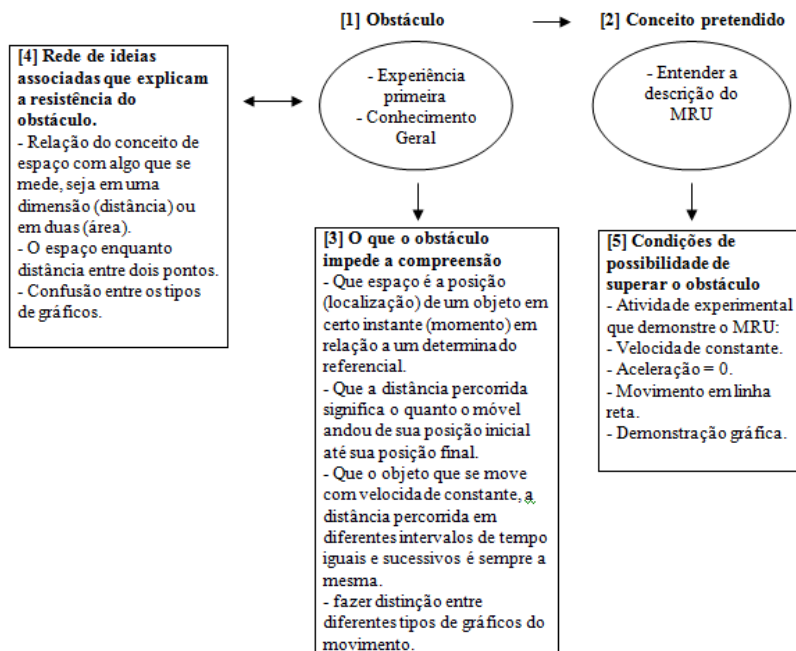
5.3 ANÁLISE AULA III e IV

Nestas aulas propôs-se trabalhar a descrição do MRU e das respectivas grandezas físicas envolvidas. Buscou-se a identificação e fissuração dos obstáculos Experiência Primeira – confusão entre o tempo e distância percorrida, Experiência Primeira – concepção de que a trajetória de um corpo é independente do observador e Conhecimento Geral – concepção de que os conceitos de distância percorrida e deslocamento são iguais. Para tanto, estabeleceu-se o seguinte processo intelectual visado: i) entender que espaço é a posição (localização) de um objeto em certo instante (momento) em relação a um determinado referencial; ii) que no MRU, o objeto que se move com velocidade constante, a distância percorrida em diferentes intervalos de tempo iguais e sucessivos é sempre a mesma; iii) compreender que a distância percorrida significa o quanto o móvel andou de sua posição inicial até sua posição final; e iv) que o deslocamento é a variação de posição de um móvel, posição final menos posição inicial.

Essa atividade seguiu a seguinte situação de aprendizagem: atividade experimental conflitiva que demonstrasse o estudo do MRU com a observação do experimento. Procurou-se esclarecer ao aluno quais os obstáculos que se pretendia transpor de forma a torná-los explícitos durante sua execução e a visualização da velocidade constante com a construção de gráficos posição *versus* tempo, assim como

determinar a velocidade e a correspondente função da posição em relação ao tempo. Por fim, foi objetivado determinar a posição do encontro dos dois móveis. A seguir, no Esquema 3 mostra-se a representação didática da atividade das aulas III e IV.

Esquema 3 - Representação didática da atividade das aulas III e IV (MRU)



Fonte: Astolfi (1994, p.210, com adaptação da autora).

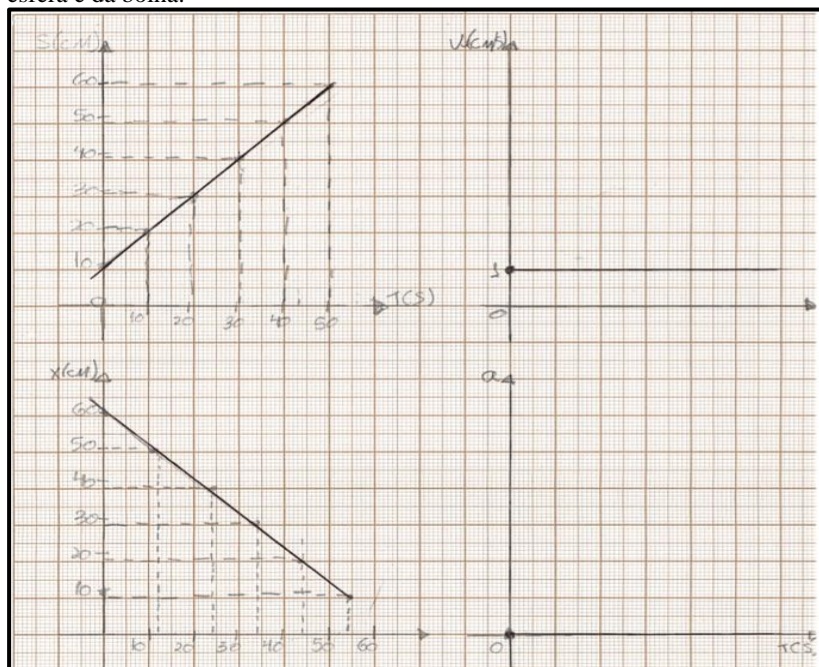
Para a realização desta atividade utilizou-se o laboratório de ciências, dez *kits* do experimento "estudo dos movimentos" e um roteiro (APÊNDICE E, p. 217) com os procedimentos para execução do experimento. Os *kits* estavam prontos para realização do experimento, uma vez que o intuito foi a execução e observação, e não sua construção. O roteiro constituía-se de 2 itens que explicavam a execução do experimento, 2 itens que orientavam sobre a construção dos gráficos e 5 questões discursivas. As turmas I e II foram divididas pelas professoras em trios e cada integrante tinha seu roteiro a fim de anotar os dados e responder as questões. Participaram desta atividade 25 alunos da turma I e 22 alunos da turma II, 47 ao total.

Inicialmente foi realizada a execução do experimento, anotação dos dados e construção dos gráficos. Perceberam-se dificuldades na construção dos gráficos e na utilização do papel milimetrado; porém, os alunos mostraram-se bastante receptivos às atividades experimentais. Agrello e Garg (1999) e Araujo, Veit e Moreira (2004) descrevem sobre as principais dificuldades dos estudantes na interpretação de gráficos da Cinemática. Contudo, expõem que os gráficos facilitam a aquisição de informações quanto ao conteúdo.

Uma das habilidades requeridas para a compreensão de conteúdos de Física é a construção e interpretação de gráficos. Em um gráfico uma grande quantidade de informação pode ser resumida. Ser capaz de extrair informações de um gráfico é uma habilidade de cientistas e professores, porém muitas vezes pouco compreendida pelos estudantes. Gráficos da cinemática, i.e., gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo são, geralmente, os primeiros trabalhados em um curso de Física (ARAÚJO; VEIT; MOREIRA, 2004, p. 179).

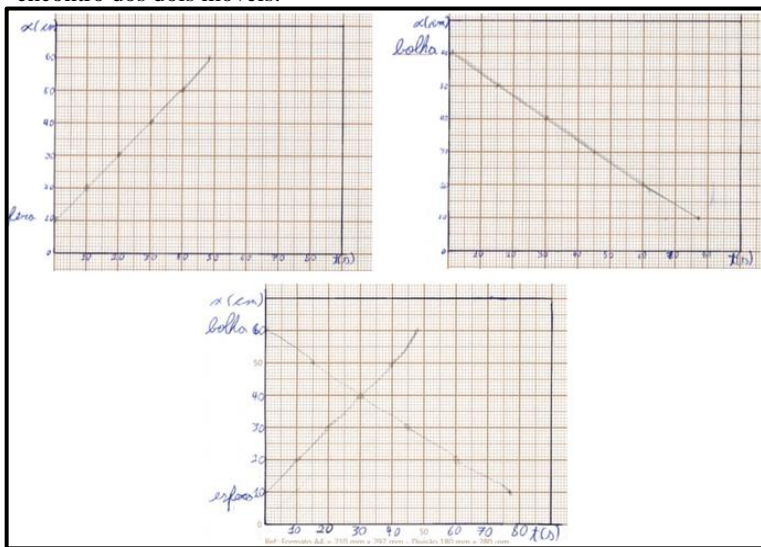
Sabe-se que há muitos recursos, tais como hipermissão e softwares educacionais, que são utilizados no ensino de Física como facilitadores à representação gráfica dos conceitos. Neste estudo, propusemos aos alunos a construção manual dos gráficos. O uso de gráficos é uma forma de visualizar o fenômeno de forma sistematizada, podendo sanar dificuldades apresentadas pelos alunos na compreensão do conteúdo. Ainda, desenvolver a prática para a utilização de outros recursos não manuais. A seguir, mostram-se os resultados nas figuras 3, 4 e 5, com algumas imagens dos gráficos construídos.

Figura 3 - Gráfico representando o movimento, velocidade e aceleração da esfera e da bolha.



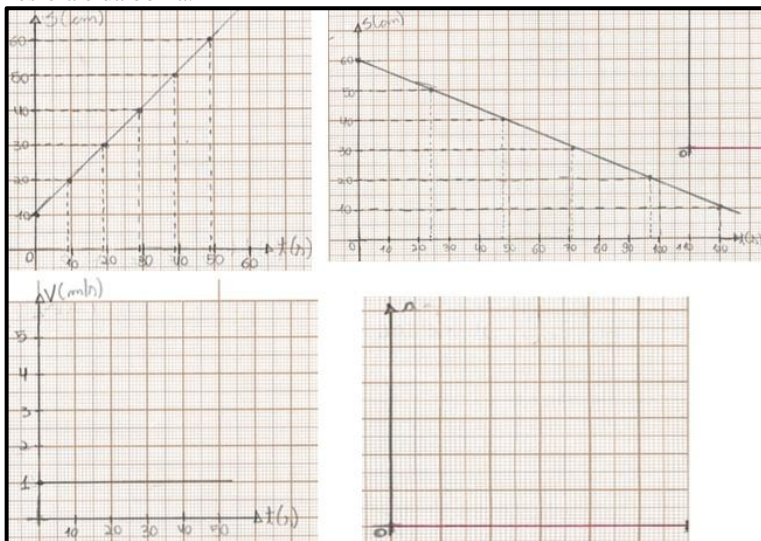
Fonte: (A17-P2)

Figura 4 - Gráficos representando o movimento da esfera e da bolha e o encontro dos dois móveis.



Fonte: (A03-P1)

Figura 5 - Gráficos representando o movimento, velocidade e aceleração da esfera e da bolha.



Fonte: (A15-P2)

Percebe-se que a maior confusão está em representar graficamente a velocidade e a aceleração em função do tempo e em usar as unidades corretas das grandezas.

A realização do experimento, construção dos gráficos e a resolução das questões 5, 6 e 7 teve o intuito de demonstrar o conteúdo referente ao MRU: o tempo e a posição da bolha e da esfera em relação a determinado referencial, no caso, a régua, movem-se com velocidade constante. A seguir expõem-se as questões e as análises.

Questão 5: Descreva o que você observou ao realizar o experimento em relação à posição e ao tempo no movimento da esfera. Explique.

Esperava-se com esta questão que o aluno descrevesse a relação entre o tempo e a posição da esfera em um determinado referencial: no caso, a régua. Ainda, que concluísse que a distância percorrida pela esfera em intervalos de tempo iguais e sucessivos é sempre a mesma. A seguir, no Quadro 25, segue elencado o quantitativo das respostas, associado à categoria de obstáculos, e, na sequência, a análise e exposição de algumas respostas.

Quadro 25 - Resposta à questão 5 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	5 (20,00%)	2 (9,09%)	7 (14,89%)
(B) Obstáculo Experiência Primeira, Substantialista e Realista: a natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade	7 (28,00%)	13 (59,09%)	20 (42,55%)
(C) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial	9 (36,00%)	1 (4,55%)	10 (21,28%)
(D) Obstáculo Experiência Primeira, Conhecimento Geral e Realista: confusão entre passagem do tempo e espaço ocupado (lugar)	0 (0,00%)	3 (13,64%)	3 (6,38%)
(E) Respostas vagas ou inconsistentes	2 (8,00%)	3 (13,64%)	5 (10,64%)
(F) Respostas em branco	2 (8,00%)	0 (0,00%)	2 (4,26%)
Total	25	22	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 14,89%: nesta categoria há indicativos de que se atingiu o conceito pretendido, no entanto, em nível mais reduzido. Dentre as

respostas, destacam-se a seguir algumas nas quais há indícios de compreensão do conteúdo.

A esfera percorre sempre 10 cm em 10 segundos, ou seja percorre distancia igual em intervalo de tempo igual. (A02-P1).

Sempre terá o mesmo tempo de distância em distância da esfera. (A15-P2).

Categoria (B) 42,55%: nesta categoria, identificou-se nas respostas os obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista ao associarem o MRU ao MRUV descrevendo o fenômeno da Queda Livre, pois expõem que o peso da esfera de aço influenciou no movimento. Villani (1989); Neves (2000); Camargo, Scalvi e Braga (2000); Gatti, Nardi e Silva (2004); Hülsendeger (2004); Gatti, Nardi e Silva (2010) descrevem sobre a concepção que os alunos têm em relacionar a velocidade ao peso do corpo.

A substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, pois tal substancialização permite uma explicação breve e peremptória (BACHELARD, 1996, p. 127).

Bachelard (1996) descreve que os obstáculos geralmente se desenvolvem aos pares, neste caso a Experiência Primeira, Substancialista e Realista tomam forma na explicação dos alunos em associar de maneira imediata o peso da esfera de aço na observação, descrevendo ao que se pedia na questão. Essa concepção deve-se ser trabalhada ao passo de que não se torne um entrave determinante na aprendizagem do aluno. "A primeira contradição é então, como sempre, o primeiro conhecimento" (BACHELARD, 1979, p. 13).

Ao inclinar a mangueirinha a esfera ia para um lado e a bolha de ar para outro se encontrando no caminho. Mas o primeiro a chegar ao lado oposto é a esfera por causa de seu peso. (A15-P1).

A esfera é mais rápida que a bolha de ar, então eu conclui que a esfera é rápida porque possui mais massa. (A23- P1).

*Em relação ao tempo no movimento a esfera é mais densa e apesar do percurso; observei que a esfera se **movimenta mais rápido pois o seu peso é maior** que da bolha de ar. (A09-P2).*

Categoria (C) 21,28%: infere-se nesta categoria que há indicativos do obstáculo Experiência Primeira, uma vez que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Isso se demonstra com a consideração de um aumento de velocidade sendo que, na tabela do roteiro do experimento, os dados apresentavam pequeno aumento no tempo nas últimas posições. Também pode-se ter ocorrido neste caso um obstáculo Didático em relação à informação adquirida que ocasionou interpretação equivocada do aluno. Brousseau (2008, p. 48) "[...] a adaptação ótima de um sujeito (ou de uma instituição) a um conjunto de condições o leva a concepções diferentes para uma mesma noção matemática". Portanto, cabe ao professor buscar identificar e entender essas dificuldades no raciocínio do aluno. A seguir na Figura 6, mostra-se tabela com os instantes medidos nas correspondentes posições e, em seguida, a descrição de alguns alunos referente à mencionada tabela.

Figura 6 - Tabela dos instantes e as correspondentes posições

t (s)	0	9s	19s	30s	42s	55s
x (cm)	10	20	30	40	50	60

Fonte: (A21-P1)

Conforme o espaço de tempo e a variação da distância percorrida, a esfera aumenta gradativamente sua velocidade. (A21-P1).

Quando a posição é mais inclinada a velocidade da esfera é maior ou quando é mais alta a posição. (A07-P2).

Categoria(D) 6,38%: notou-se nas respostas a confusão entre as grandezas tempo e posição. Tal interpretação pode representar um obstáculo Verbal no modo como o aluno se expressou na escrita.

Conforme Bachelard (1996, p. 27) "[...] falsa explicação obtida com a ajuda de uma palavra explicativa, nessa estranha inversão que pretende desenvolver o pensamento ao analisar um conceito[...]." As respostas implicam em confusão no uso da grandeza tempo como espaço ocupado. Infere-se, portanto, que pode haver os obstáculos Experiência Primeira, Conhecimento Geral e Realista.

Que a esfera percorreu o mesmo tempo em todos os instantes. (A11-P2).

Categoria (E) 10,64%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (F) 4,26%: respostas em branco.

Questão 6: Descreva o que você observou ao realizar o experimento em relação à posição e ao tempo no movimento da bolha de ar. Explique.

No mesmo contexto da questão anterior, nesta questão pretendia-se que o aluno descrevesse o que observou quanto ao tempo e posição, no caso em que a bolha se move de posição em posição em tempos iguais. A seguir, no Quadro 26, demonstra-se o quantitativo das respostas por categoria e na sequência a análise com descrição de algumas respostas.

Quadro 26 - Resposta à questão 6 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	5 (20,00%)	3 (13,64%)	8 (17,02%)
(B) Obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista: a natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade	7 (28,00%)	12 (54,55%)	19 (40,42%)
(C) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial	8 (32,00%)	1 (4,55%)	9 (19,15%)
(D) Respostas vagas ou inconsistentes	3 (12,00%)	6 (27,27%)	9 (19,15%)
(E) Respostas em branco	2 (8,00%)	0 (0,00%)	2 (4,26%)
Total	25	22	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 17,02%: nesta categoria, expõem-se a seguir algumas das respostas dos alunos consideradas sem obstáculos:

A bolha percorre 10cm em 15 segundos então ela percorria uma distância igual em um intervalo de tempo igual. (A14-P1).

O tempo da bolha de ar é o mesmo em cada distância, porém demora mais. (A15-P2).

Categoria (B) 40,42%: observou-se a mesma categoria de obstáculos da categoria B da questão anterior, ou seja, os obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista, ao concluir que a natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade. Mas, desta vez, verificou-se a descrição de que a bolha era menos densa, portanto, mais leve, o que teria ocasionado maior tempo de subida.

Ao inclinar para o lado oposto, a bolha de ar demorava um tempo à mais para subir, pois sua densidade era menor, sendo assim ela é menos densa que a esfera. (A05-P1).

Eu observei que a bolha de ar se movimentava mais devagar pois seu peso é menor que o da esfera. (A09-P2).

Neves (2000) descreve que pesquisas em ensino de Física têm apontado semelhanças entre as concepções dos alunos e as evidenciadas ao longo da história, especialmente aos conceitos relativos aos fenômenos mecânicos e faz uma crítica de como a física aristotélica é transmitida. "Infelizmente, nos livros didáticos e de divulgação, a física aristotélica e medieval é pré-concebida como algo de profundamente errado, de *nonsense*, de absurdo. E tratada, inclusive, de forma jocosa!" (NEVES, 2000, p. 555).

Categoria (C) 19,15%: observa-se a presença do obstáculo Experiência Primeira, que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.

Conforme a inclinação da reta e a variação ou espaço a bolha de ar descia (subia no caso) mais rápido. (A21-P1).

Categoria (D) 19,15%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (E) 4,26%: respostas em branco.

Questão 7: No movimento da bolha de ar e da esfera, o que você concluiu sobre a velocidade? Explique.

O objetivo buscado com esta questão era que os alunos percebessem que a velocidade, tanto da esfera quanto da bolha, de uma posição à outra em intervalos de tempos iguais, não varia. Na sequência apresenta-se no Quadro 27 a quantidade de respostas por categoria e a seguir a análise e algumas respostas descritas pelos alunos.

Quadro 27 - Resposta à questão 7 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	7 (28,00%)	6 (27,27%)	13 (27,66%)
(B) Obstáculo Experiência Primeira, Substancialista e Realista: a natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade	13 (52,00%)	16 (72,73%)	29 (61,70%)
(D) Respostas vagas ou inconsistentes	2 (8,00%)	0 (0,00%)	2 (4,26%)
(E) Respostas em branco	3 (12,00%)	0 (0,00%)	3 (6,38%)
Total	25	22	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 27,66%: são respostas que não apresentaram obstáculo, tendo em vista a maneira de os alunos interpretarem a questão. Não foi o conceito pretendido pelo professor, mas o conceito apresentado também não foi incorreto, haja vista que a descrição do fenômeno ocorreu de uma forma menos rigorosa.

Que a bolha de ar é mais lenta, ou seja, a esfera chega mais rápida e alcança uma velocidade mais rápido. (A06-P1).

Que a bolha de ar subia com menos velocidade que a esfera. (A17-P2).

A esfera tem mais velocidade do que a bolha de ar a velocidade da bolha de ar sempre será menor ou a mesma dependendo da inclinação e posição. (A07-P2).

Categoria (B) 61,70%: abrange a maioria das respostas, das quais entende-se que o peso do corpo influenciou na velocidade dos corpos. Subtende-se que há nesta interpretação os obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista. Porém, percebe-se em alguns casos falta de interpretação quanto aos valores, no qual, conforme o cronometro, o tempo da bolha de ar é menor. Neste caso, infere-se um obstáculo Didático e Verbal.

Que apesar das duas ter a mesma distância, a esfera chegava (descia) bem mais rápido, pois sua densidade era maior, e a bolha é menos densa, por isso demorava mais. (A05-P1).

Conclui que quanto mais pesado for o elemento mais rápido se movimenta; e quanto mais leve mais devagar se movimenta. (A09-P2).

Categoria (C) 4,26%: respostassem dados consistentes para análise.

Categoria (B) 6,38%: respostas em branco.

Questão 8: Qual a distância percorrida pela esfera e a distância percorrida pela bolha de ar?

Nesta questão se propôs ao aluno que descrevesse a distância percorrida pela esfera e pela bolha de ar. A seguir no Quadro 28 apresenta-se quantidade de respostas dos alunos por categoria e em seguida a análise e descrição de algumas respostas por categoria.

Quadro 28 - Resposta à questão 8 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	5 (20,00%)	8 (36,36%)	13 (27,66%)
(B) Obstáculo Conhecimento Quantitativo: tendência de explicar o qualitativo com o quantitativo	5 (20,00%)	8 (36,36%)	13 (27,66%)
(C) Obstáculo Didático: na transposição didática e obstáculo Verbal na percepção dos alunos ao associar posição decrescente a uma distância negativa	12 (48,00%)	3 (13,64%)	15 (31,91%)
(D) Respostas vagas ou inconsistentes	0 (0,00%)	3 (13,64%)	3 (6,38%)
(E) Respostas em branco	3 (2,00%)	0 (0,00%)	3 (6,38%)
Total	25	22	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 27,66%: representa as respostas sem obstáculos, nas quais os alunos descrevem a distância que a esfera e a bolha de ar percorreram, conforme se pedia no roteiro.

Ambos percorrem 50cm (do 10 ao 60 e vice-versa), só que em tempos diferentes. (A03-P1).

A distância percorrida pela esfera foi de 50cm e a distância percorrida pela bolha de ar foi de 50. (A07-P2).

Categoria (B) 27,66%: nas respostas dessa categoria observa-se uma tendência dos alunos em optarem para a demonstração de cálculos, na qual acreditam que a resposta seja mais completa. Essa concepção pode refletir em um obstáculo quantitativo. Souza e Donangelo (2012) explanam sobre o uso excessivo de fórmulas matemáticas:

[...] a distância da realidade e os excessos matemáticos têm prejudicado a capacidade de raciocínio dos alunos e contribuído para formação de uma imagem errônea da física, de que esta é um acúmulo de fórmulas a serem decoradas e aplicadas em situações evidentemente artificiais (SOUZA; DONANGELO, 2012, p. 3503-1).

A esfera percorre 10 cm a cada 10 segundos a bolha 10cm a cada 10 segundos. (A16-P1).

Pela esfera 1,11cm/s e pela bolha de ar 0,90cm/s. (A09-P2).

$Vem=150/210=0,71$ e $Vem=164/210=0,78$. (A05-P2).

Categoria (C) 31,91%: infere-se nas respostas o obstáculo Didático na interpretação da questão e na observação do experimento. Por exemplo, pode causar dupla interpretação por a régua ter 60 cm e os cálculos iniciarem em 10 cm para a esfera e em 50 cm para a bolha. Já o obstáculo Verbal pode ser causado pela percepção dos alunos ao observarem a bolha percorrer de forma decrescente as medições da régua, o que faz acreditar em uma distância negativa.

*A distância percorrida foi de 60 cm mas no caso da bolha de ar ela percorreu a **distância negativa**. (A08-P1).*

*A esfera à 60cm positivo e a bolha de ar à 60cm **negativo**. (A26-P1).*

As duas percorreram 60 cm. (A17-P2).

Categoria (C) 6,38%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (B) 6,38%: respostas em branco.

Questão 9: Quanto ao sentido da orientação da trajetória, como você define o movimento da esfera e da bolha de ar? Por quê? Com o que poderíamos comparar em nosso cotidiano?

Pretendia-se com esta questão, quanto ao conteúdo, que os alunos identificassem a orientação da trajetória da esfera e da bolha de ar como progressiva ou retrógrada. Na sequência, no Quadro 29, exhibe-se o quantitativo da resposta por categoria e, após, algumas respostas dos alunos.

Quadro 29 - Resposta à questão 9 (aula III e IV - atividade experimental "estudos dos movimentos")

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	22 (88,00%)	16 (72,73%)	38 (80,85%)
(C) Respostas vagas ou inconsistentes	0 (0,00%)	5 (22,73%)	5 (10,64 %)
(D) Respostas em branco	3 (12,00%)	1 (4,55%)	4 (8,51%)
Total	25	22	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 80,85%: conforme os dados apresentados no quadro acima, observa-se que a maioria das respostas foram consideradas sem obstáculos, uma vez que não haviam sido trabalhados os tipos de orientação dos movimentos. Considera-se, assim, as concepções dos alunos próximas do conceito pretendido. Nessa questão, os alunos expressaram todos os conceitos que haviam apreendido com as questões anteriores.

Elas se contrapõem, pois enquanto a bolha sobe por causa do ar, o aço desce porque ele não é

oco, ele é preenchido por ele mesmo, o que põe mais peso nele, é como se soltássemos um balão de hélio e uma bola de um quilo de aço, um subia e o outro descia. (A03-P1).

Movimento retilíneo. Pois o móvel (aqui sendo a esfera e a bolha de ar) percorreram distâncias iguais, mas em intervalos de tempo diferentes, em linha reta. Pode ser comparado a atividade de um atleta em uma corrida ou o movimento de um carro. (A05-P1).

Esfera crescente - bolha decrescente. Porque sobe e a outra desce com os cálculos matemáticos que usamos diariamente, gráfico... (A08-P1).

Movimento retilíneo, pois se encontra numa reta. Ex: um carro andando em linha reta. (A21-P1).

Elas se movimentam em sentido contrário, pois enquanto uma vem a outra vai, uma comparação de movimento contrário em nosso cotidiano por exemplo são as motos ou carros andando em via de mão dupla, enquanto um vai o outro vem. (A09-P2).

O movimento é de 10 em 10 com uma variação de tempo (movimento uniforme). (A05-P2).

Como movimento uniforme. (A07-P2).

Categoria (C) 10,64%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (B) 8,51%: respostas em branco.

Resumo do resultado da atividade:

Infere-se nas respostas alguns obstáculos a transpor que não estavam previstos no plano de aula. Dentre estes, destaca-se com maior frequência os obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista na incidência de representação dos alunos de que o peso ou leveza influencia na velocidade. Também, observou-se o obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade depende

unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial, já previsto para superação.

No geral pode-se constatar que a atividade demonstrou potencial para se trabalhar o referido tema e um bom índice de superação dos obstáculos. Com a realização do experimento, observou-se que os alunos foram adquirindo conhecimento dos conceitos envolvidos sobre o tema trabalhado. Verificou-se que, na última questão dessa atividade, onde foi pedido para escreverem o tipo de orientação do sentido dos movimentos, eles expuseram praticamente todos os conceitos interpretados das questões anteriores referentes a esta atividade. O que consiste em um ponto positivo, porque se percebe a assimilação dos conceitos e o empenho em responder a questão, o que os torna mais ativos.

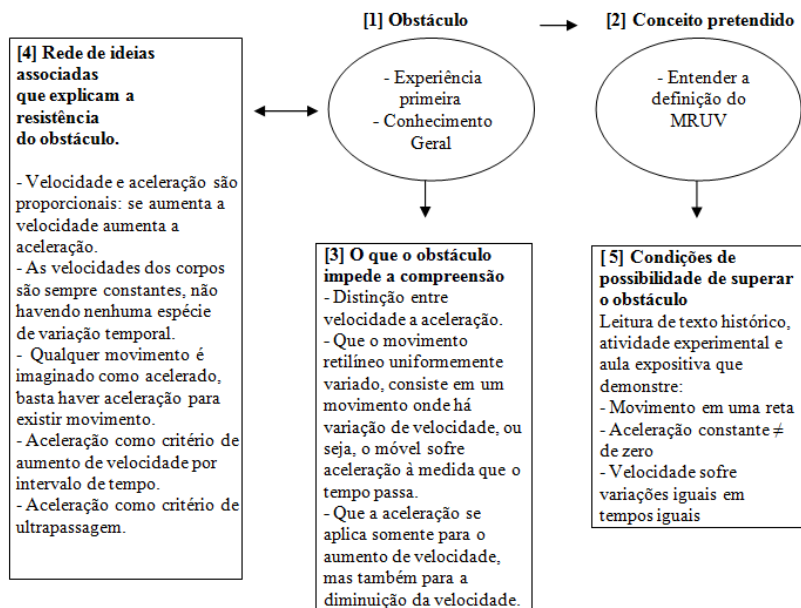
5.4 ANÁLISE AULAS V, VI e VII

Nestas aulas procurou-se estudar o MRUV e as grandezas físicas envolvidas. Para isso, utilizou-se a identificação e fissuração na superação dos seguintes obstáculos: i) Experiência Primeira e Conhecimento Geral – atribuir propriedades da velocidade à aceleração (velocidade e aceleração são proporcionais); ii) Experiência Primeira e Conhecimento Geral – que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial; iii) Experiência Primeira e Conhecimento Geral – que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial e iv) Experiência Primeira e Conhecimento Geral – que a aceleração é condição necessária para haver movimento. Para a superação de tais obstáculos foram estabelecidos os seguintes objetivos: Abordar a importância do estudo da História da Ciência para compreendermos os conceitos físicos; fazer a distinção entre velocidade e aceleração e mostrar que o MRUV consiste em um movimento onde há variação uniforme de velocidade, ou seja, o móvel tem aceleração; abandonar a ideia de que a aceleração se aplica somente para o aumento de velocidade, mas também para a diminuição da velocidade.

Nesta atividade estabeleceu-se a situação de aprendizagem, onde foi utilizada realização de atividades experimentais de compartilhamento, conflitiva e crítica, provocando reflexões dos estudantes com leitura de texto histórico e observação de experimentos que expressam o MRUV. Utilizou-se, ainda, aula expositiva em formato de slides com intuito de descrever e diferenciar os conceitos de velocidade e aceleração. Utilizou-se essa situação de aprendizagem a

fim de possibilitar aos alunos a ligação de conceitos discutidos em um contexto histórico com a atividade experimental. Também, explicar o cálculo da velocidade e da aceleração da bola ao rolar pelo trilho durante sua trajetória. Observar a variação da velocidade nos diferentes intervalos de tempo medidos, o que propicia a análise da aceleração da bola durante a prática. A seguir, mostra-se o Esquema 4, com a representação didática das aulas V, VI e VII (MRUV).

Esquema 4 - Representação didática da atividade das aulas V, VI e VII (MRUV)



Fonte: Astolfi (1994, p. 210, com adaptação da autora).

Inicialmente fez-se leitura do texto histórico "Galileu e o plano inclinado" (APÊNDICE F, p. 221). Realizou-se, em sala de aula, um triálogo, no qual um aluno atuou como narrador e dois alunos como personagens, os demais alunos acompanharam a leitura cada um com seu texto. Ao final do texto constava uma pergunta sobre o movimento de uma esfera em um plano inclinado (questão 1), esta serviria para analisar a compreensão dos alunos quanto ao plano inclinado, identificar as representações sobre o referido tema e servir como introdução à próxima atividade. Participaram desta atividade 25 alunos da turma I e

18 alunos da turma II, 43 ao total. A seguir mostra-se a questão e a análise.

Questão 1: Descreva como você imagina que seja o movimento de uma esfera quanto à velocidade e a aceleração ao longo de um plano inclinado.

Nessa questão o objetivo foi verificar as representações dos alunos quanto ao MRUV. A seguir, no Quadro 30, o quantitativo das respostas dos alunos por categoria. Na sequência, a análise de cada categoria com a exposição de algumas respostas dos alunos.

Quadro 30 - Resposta à questão 1 (aula V, VI e VII parte 1- texto histórico)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	12 (48,00%)	6 (33,33%)	18 (41,86%)
(B) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração. Que a velocidade e aceleração são proporcionais	10 (40,00%)	1 (5,56%)	9 (20,93%)
(C) Obstáculo Conhecimento Geral: que a aceleração é condição necessária para haver movimento	0 (0,00%)	3 (16,67%)	3 (6,98%)
(D) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que força e velocidade são proporcionais	0 (0,00%)	4 (22,22%)	4 (9,30%)
(E) Respostas vagas ou inconsistentes	3 (12,00%)	4 (22,22%)	7 (16,28%)
Total	25	18	43

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 41,86%: conforme os dados apresentados, verifica-se que há indicações que a atividade atentou para uma evolução do conceito pretendido (sem obstáculo). Intui-se que a leitura do texto gerou nos alunos argumentos em suas respostas e os ajudou a compreender os conceitos envolvidos no MRUV. E mais, que esta atividade experimental de compartilhamento possibilitou a identificação e fissuração dos obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral. Por meio do conflito sociocognitivo o aluno confronta suas representações, por ora consideradas como obstáculo ao conceito cientificamente aceito, moldando seu esquema conceitual.

A velocidade da esfera vai aumentando conforme ela vai descendo e a aceleração é constante. (A26-P1).

Partindo de zero, a velocidade irá aumentar. A aceleração é a variação da velocidade. (A29-P1).

Quanto mais inclinado o plano maior vai ser a velocidade. (A09-P2).

Ela descendo ela aumenta a velocidade até um ponto plano. Ela subindo ela para até perder a velocidade. (A22-P2).

Categoria (B) 20,93%: observaram-se os obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral na tendência dos alunos em associarem as grandezas físicas velocidade e aceleração como proporcionais. Essa foi uma das categorias onde se constataram maiores representações dos alunos. Villani (1989) lembra a importância de o professor estar atento às ideias espontâneas dos alunos. "Trata-se da formação e articulação de idéias mistas que incorporam parte do esquema formal científico e o adequa às idéias intuitivas bem enraizadas" (VILLANI, 1989, p. 137). Deste modo, ao trabalhar conceitos novos, cabe ao professor verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre tal conteúdo.

A velocidade e a aceleração não estarão em um movimento constante, sempre estará aumentando. (A26-P1).

Quanto mais inclinado o plano maior vai ser a aceleração e a velocidade. (A05-P2).

Categoria (C) 6,98%: subentende-se nas respostas dessa categoria que o movimento cessa, porque a aceleração vai diminuindo. Nesse caso a aceleração é condição necessária para que ocorra o movimento, o que ocasiona os obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral.

Descendo ela mantém a velocidade e subindo ela vai perdendo a aceleração e para. (A12- P2).

Se estiver descendo imagino que já que não vai ter nada para a esfera parar ela vai ter uma aceleração infinitamente. (A11-P2).

Categoria (D) 9,30%: percebe-se nessa categoria os obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral ao utilizarem a palavra força como mantedora da velocidade. Acrescentou-se esta categoria de

análise, pois não estava descrita no plano de aula como obstáculo a superar. Peduzzi (1996); Peduzzi (1992); Gomes, Fusinato e Neves (2010); Villani, Pacca e Hosoume (1985); Villani (1989); Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira (1992) escrevem sobre a representação que os alunos têm em associar a proporcionalidade entre força e velocidade, mesmo no movimento uniforme.

A velocidade não vai ser sempre a mesma, a esfera vai perdendo a força e parando com o tempo, se mudar o ângulo sua aceleração diminui. (A21-P2).

Descendo. A esfera tem mais velocidade e desce mais rápido. Subindo. Com a forma que tu joga a esfera vai perdendo a força e volta. (A17-P2).

Para complementar tal representação, destaca-se um trecho do texto de Peduzzi (1996):

A descaracterização do paradigma aristotélico nos textos didáticos acaba inibindo qualquer relacionamento entre este referencial e o senso comum do aluno, deixando à margem do processo educativo um importante resultado da pesquisa educacional: o fato de que para estudantes de qualquer nível de escolaridade não pode haver movimento sem força e que força e velocidade são proporcionais (PEDUZZI, 1996, p. 48).

Categoria (E) 16,28%: respostas sem dados consistentes para análise.

Na sequência, no laboratório de ciências, deu-se início à atividade experimental "movimento no trilho" (APÊNDICE G, p. 225). Disponibilizava-se de dez kits de experimento e um roteiro para cada aluno. O roteiro era composto de 2 questões, uma trata da execução e anotações dos dados do experimento (questão 1); e uma discursiva (itens a, b, c, d, e), sobre o conteúdo, as quais abordam, respectivamente: descrição da velocidade, descrição da aceleração, tipos de movimento, sentidos do movimento e interpretação do texto histórico com a realização da atividade experimental. Os procedimentos utilizados foram os mesmos, tanto para a professora pesquisadora quanto para a professora titular, dividiram as turmas em trios para a execução do

experimento e resolução das questões do roteiro. Fizeram a introdução do que seria estudado e a quais obstáculos propôs-se a superação. O intuito foi fazer com que os alunos observassem o que aconteceria no experimento se associassem a conceitos que para eles eram novos, a fim de que esta atividade favorecesse a aprendizagem do MRUV. Participaram da atividade 20 alunos da turma I e 18 da turma II, 38 ao total. A seguir, expõem-se as questões e as análises.

Questão 1: Na tabela 1, com a ajuda do professor, registre os valores de distância percorrida pela bola durante sua trajetória no experimento e seu respectivo tempo, e os valores de velocidade e aceleração calculados.

O escopo nessa questão foi possibilitar a visualização do fenômeno do MRUV, quanto às grandezas tempo, velocidade e aceleração por meio da execução e observação do experimento. As anotações dos dados serviram para resolver os cálculos referentes ao conteúdo. A seguir demonstra-se no Quadro 31 o quantitativo por categorias e, após, a análise das categorias.

Quadro 31 - Resposta à questão 1 (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	4 (20,00%)	2 (11,11%)	6 (15,79%)
(B) Obstáculo Didático de origem didática: dificuldade do aluno no entendimento de grandezas físicas “novas”- cálculos incompletos ou equivocados	7 (35,00%)	15 (83,33%)	22 (57,89%)
(C) Obstáculo Didático de origem ontogenética: dificuldade do aluno no entendimento de grandezas físicas “novas”- cálculos corretos, mas sem unidade de medida	9 (45,00%)	1 (5,56%)	10 (26,32%)
Total	20	18	38

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 15,79%: embora apresente o menor porcentual, considera-se plausível o indicativo de aprendizagem desta atividade.

Categoria (B) 57,89%: atenta-se, conforme o quadro, à evidência de cálculos incompletos ou equivocados. Alguns alunos fizeram uma ótima descrição do conceito de cada grandeza física, no entanto, não foram bem-sucedidos nos cálculos. Pressupõe-se, neste caso, a caracterização

de obstáculos Didático de origem didática que, no entendimento de Brousseau (1983), surgem como limitações dos alunos na compreensão quando são expostos a fazerem cálculos com números decimais.

Categoria (C) 26,32%: quando surgem limitações no conhecimento do sujeito de uma situação para outra, em outro contexto, Brousseau (1983) as caracteriza como obstáculos Didáticos de origem ontogenética. No estudo das respostas desta categoria infere-se a ocorrência de obstáculo Didático, uma vez que os alunos não estão acostumados a trabalhar com medidas em cálculos, tendo em vista que a Cinemática geralmente marca o início do aluno na Física. É preciso uma adaptação do aluno a esta mudança e vigilância epistemológica na escolha do professor.

Questão 2 (item a): Descreva o que você observou no movimento da bola quanto às velocidades. Houve diferença nos valores obtidos?

Nesta questão esperava-se a interpretação e a execução do experimento com os cálculos efetuados, a fim de compreender a descrição da grandeza física velocidade quanto ao conteúdo no MRUV, que a velocidade sofre variações com a passagem do tempo. A seguir, no Quadro 32, aponta-se o quantitativo das respostas por categoria e na sequência as análises.

Quadro 32 - Resposta à questão 2 - item a (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	18 (90,00%)	16 (88,89%)	34 (89,47%)
(B) Respostas vagas ou inconsistentes	2 (10,00%)	2 (11,11%)	4 (10,53%)
Total	20	18	38

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 89,47%: pode-se constatar que a atividade experimental possibilitou que os alunos visualizassem, por meio dos dados coletados na descida da bolinha de gude sobre o cano, o tempo em três posições e, por meio de cálculos, a alteração na velocidade. Nota-se nas respostas uma evolução para a superação dos obstáculos quanto às representações na descrição da velocidade. A seguir, algumas respostas com diferentes interpretações:

Sim, porque a bola aumentava a velocidade quando ia chegando perto da base, por estar em uma reta inclinada. (A16-P1).

A bola ia aumentando a velocidade quando ia chegando perto da base, houve diferença. (A17-P1).

A bola ganhou velocidade a medida que descia pelos tubos. Sim houve diferença nos valores obtidos. (A24-P1).

Quanto maior a distância maior era a velocidade. Sim, houve diferença nos valores. (A26-P1).

A bola foi bem rápida, acelerada. Houve sim diferença nos valores obtidos pois na verdade varia a velocidade conforme o lugar que começamos com a bolinha, em fim a velocidade é variável. (A02-P2).

Observei que quanto mais alta a bola fica, sua velocidade é maior, ou seja, a velocidade vai aumentando conforme a altura os valores foram todos diferentes. (A21-P2).

Observa-se que a proposição desta atividade foi satisfatória, tendo em vista as descrições dos alunos.

Categoria (B) 10,53%: respostas sem dados consistentes para análise.

Questão 2 (item b): Descreva o que você observou no movimento da bola quanto às acelerações. Houve diferença nos valores obtidos?

O intuito nessa questão era que os alunos compreendessem o conteúdo sobre a descrição da grandeza física aceleração no MRUV, através do entendimento que a bola sofre aceleração no decorrer do tempo, sendo esta constante e diferente de zero.

A seguir, no Quadro 33, mostra-se o quantitativo de respostas dos alunos por categoria e análises, respectivamente.

Quadro 33 - Resposta à questão 2 - item b (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	16 (80,00%)	8 (44,44%)	24 (63,16%)
(B) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial	0 (0,00%)	5 (27,78%)	5 (13,16%)
(C) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração. Que a velocidade e aceleração são proporcionais	0 (0,00%)	3 (16,67%)	3 (7,89%)
(D) Respostas vagas ou inconsistentes	4 (20,00%)	2 (11,11%)	6 (15,79%)
Total	20	18	38

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 63,16%: verificou-se na maioria das respostas descrições do conceito pretendido, de que a aceleração se manteve constante, não havendo alterações nos valores nas três posições em que a bolinha foi solta. Considera-se uma evolução na superação dos obstáculos, com relação à interpretação dos alunos, na execução da atividade em relação à compreensão da grandeza aceleração.

Mesmo com a inclinação a bola manteve sua aceleração constante não mudando. (A12-P1).

Mesmo mudando a distância não houve diferença nos valores obtidos. (A27-P1).

A bola teve uma aceleração constante, movimento contínuo e não houve diferença nos valores obtidos pois fica igual, não importa a aceleração vai ser igual pra todos. (A02-P2).

Não houve diferença nos valores pois a aceleração da bola é constante. (A21-P2).

Categoria (B) 13,16%: pressupõe-se a incidência do obstáculo Conhecimento Geral, em que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Nas respostas observa-se a associação de que a aceleração depende da posição em que a bolinha era largada, inferindo-se, portanto, que os valores das acelerações poderiam mudar. Segundo Laburu e Carvalho (1993), essas representações dos alunos entre posição e velocidade

precisam ser melhor trabalhadas para a sua superação. "[...] a inquietação, entre os alunos, de outros critérios não satisfatórios (por exemplo: aceleração como posição, como velocidade final, como ultrapassagem) que precisam ser devidamente eliminados quando confrontados com o conceito cinemático de aceleração" (LABURU; CARVALHO, 1993, p. 71).

Que a aceleração está de acordo como está posicionada, a bolinha no experimento, não houve muita diferença nos valores. (A12-P2).

Sim houve diferença nos valores obtidos pois dependendo da inclinação do plano a bola ganha mais velocidade e se ela não for colocada exatamente no ponto o valor não sai o mesmo, podendo aumentar o diminuir a aceleração da bola. (A07-P2).

Categoria (C) 7,89%: nas respostas desta categoria verificam-se os obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral em que atribuem-se características da aceleração à velocidade. Os alunos compreenderam que a aceleração aumenta ou varia.

Conforme a bola iria se aproximando da distância zero a aceleração aumenta. (A16-P2).

Observei que a bola tem a aceleração variada e os valores teve diferença. (A17-P2).

Categoria (D) 15,79%: respostas sem dados consistentes para análise.

Questão 2 (item c): Como você classificaria este movimento: movimento retilíneo uniforme ou movimento retilíneo uniformemente variado? Por quê?

Com esta questão se propôs a compreensão do conteúdo após a realização do experimento, de modo que os alunos identificassem o movimento observado como MRUV. Ilustram-se no quadro 34 as respostas por categoria.

Quadro 34 - Resposta à questão 2 - item c (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	14 (70,00%)	10(55,56%)	24 (63,16%)
(B) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração	0 (0,00%)	2 (11,11%)	2 (5,26%)
(C) Respostas vagas ou inconsistentes	5 (25,00%)	2 (11,11%)	7 (18,42%)
(D) Respostas em branco	1 (5,00%)	4 (22,22%)	5 (13,16%)
Total	20	18	38

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 63,16%: a maioria das respostas aponta para evolução ao conceito pretendido, não evidenciando obstáculo.

Movimento retilíneo uniformemente variado, porque a velocidade varia com o tempo. (A08-P1).

Movimento retilíneo uniformemente variado. Pois a velocidade não se manteve constante. (A24-P1).

Movimento retilíneo uniformemente variado pois sua aceleração é constante e sua velocidade varia uniformemente de acordo com o tempo. (A06-P2).

Movimento retilíneo uniformemente variado, pois a aceleração continua a mesma e a velocidade muda. (A14-P2).

Categoria (B) 5,26%: Observaram-se nessas respostas os obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral, constatando-se que o aluno associa que, conforme a velocidade, a aceleração também varia.

Movimento retilíneo uniformemente variado, porque a cada movimento a velocidade e a aceleração varia. (A10-P2).

Retilíneo uniforme variado, porque tem vários tipos de velocidade e aceleração. (A23-P2).

Categoria (C) 18,42%: entre as respostas vagas e inconsistentes observou-se a associação do MRUV ao MRU, onde se descreve

velocidade constante; que o movimento varia, mas não citam velocidade nem aceleração. Subentende-se que há o obstáculo Verbal e Didático, pelo fato dos alunos não citarem nas descrições de suas respostas grandezas físicas, tornando incompletas suas respostas. Conforme Astolfi (1994) os alunos possuem muitas vezes concepções prévias que para eles serve como um sistema de explicação alternativo, ou seja, para os alunos faz sentido tal compreensão.

Categoria (D) 13,16%: das repostas em branco.

Questão 2d: O movimento da bola é acelerado ou retardado? Explique com base nos valores de velocidade e aceleração obtidos anteriormente.

O intuito nessa questão era que os alunos, referente ao conteúdo do MRUV, identificassem o movimento da bola como acelerado. Nesse caso, a velocidade da bola sofre alteração (aumenta) à medida que o tempo passa, tendo em vista atividades realizadas anteriormente, como a dinâmica do texto histórico, a visualização do experimento e os cálculos realizados. Expõe-se, a seguir, o Quadro 35, com a quantidade de respostas seguida da análise por categoria.

Quadro 35 - Resposta à questão 2 - item d (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	17 (85,00%)	7 (38,89%)	24 (63,16%)
(B) Obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração	2 (10,00%)	5 (27,78%)	7 (18,42%)
(C) Respostas vagas ou inconsistentes	1 (5,00%)	5 (27,78%)	6 (15,79%)
(D) Respostas em branco	0 (0,00%)	1 (5,56%)	1 (2,63%)
Total	20	18	38

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 63,16%: percebe-se, nesta categoria, que se obteve a maioria das respostas o conceito pretendido. Os alunos indicaram que o movimento é acelerado, com aumento da velocidade.

Acelerado, pois mesmo a velocidade aumentando a sua aceleração continuava a mesma. (A16-P1).

Acelerado porque a velocidade aumenta ao decorrer do tempo. (A22-P1).

É acelerado porque a bola vai aumentando de velocidade na descida. (A05-P2).

Acelerado, pois a velocidade aumenta. (A16-P2).

Categoria (B) 18,42%: infere-se, nesta categoria, os obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral. Nas respostas percebe-se a confusão entre as grandezas velocidade e aceleração. Os alunos deduzem que o movimento é acelerado, ambas as grandezas são constantes e proporcionais.

Acelerado, pois a velocidade é constante, ela não para sem impedimento. (A12-P1).

O movimento é acelerado. Porque a cada distância a aceleração aumenta e junto com isso a velocidade fica maior. (A10-P2).

Categoria (C) 15,79%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (D) 2,63%: respostas em branco.

Questão 2e: O texto *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo: Ptolomaico e Copernicano* expõe sobre a experiência do plano inclinado realizada por Galileu. Que conceitos expostos no diálogo você pôde observar no experimento? Explique.

O proposto nesta questão foi estimular os alunos a correlacionar as duas atividades: o texto histórico (APÊNDICE F, p. 221), o qual serviu para detectar as pré-concepções, e a atividade experimental (APÊNDICE G, p. 225), que apontou um pouco do conteúdo, ambos sobre o MRUV. Fazer com que percebessem que os conceitos evidenciados no experimento constavam no texto e, assim, entender a importância do estudo da História da Ciência na evolução desses conceitos. Na sequência, no Quadro 36 ilustra-se o quantitativo das respostas e, após, a análise por categoria.

Quadro 36 - Resposta à questão 2 - item e (aula V, VI e VII parte 2 - atividade experimental: movimento no trilho)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	16 (80,00%)	11 (61,11%)	27 (71,05%)
(B) Respostas vagas ou inconsistentes	4 (20,00%)	1 (5,56%)	5 (13,16%)
(C) Respostas em branco	0 (0,00%)	6 (33,33%)	6 (15,79%)
Total	20	18	38

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 71,05%: observa-se na maior parte das respostas correspondência entre o contexto histórico e a atividade experimental, descrevendo os conceitos trabalhados no experimento com conceitos expostos no texto. Constata-se, deste modo, a importância dessa dinâmica como um meio para auxiliar a se obter o conceito pretendido.

Se movimentaria espontaneamente na direção do declive, ou seja ganharia velocidade pelo declive. Quanto maior o declive maior é a velocidade. (A02-P1).

"velocidade", "resistência do ar", "inclinação", "movimento retardado", "móvel", "aceleração". Todos relacionados ao movimento de alguma forma. (A09-P1).

Quando Simplício diz que a bola não ficaria parada e sim ao contrário e que o movimento seria acelerado e exatamente isso é o que acontece o experimento a bola se move rapidamente ou seja acelerada e não fica parada justamente porque é inclinado. (A14-P2).

Os conceitos de Simplício, no qual ele responde que uma bola esférica em uma superfície inclinada se moveria espontaneamente e com um movimento continuamente, pois isso foi exatamente o que ocorreu em nosso experimento. (A21-P2).

Macedo (2010) defende o uso da história da ciência como subsídio importante dos professores, ao detectar dificuldades dos alunos em determinados conteúdos. Visto que, os alunos explicitaram nas

respostas o contexto histórico juntamente com a atividade experimental, o que se mostrou um ponto favorável à compreensão.

Categoria (B) 13,16%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (C) 15,79%: respostas em branco. Nessa categoria pode-se considerar a falta do hábito de leitura, em específico, sobre a História da Ciência, dificultando aos alunos a formação de argumentos para responderem a questão. Sobre esta questão, Neves (2000) argumenta:

A pesquisa em ensino de física tem mostrado as grandes similaridades entre as concepções dos estudantes e aquelas cunhadas ao longo da história do conhecimento científico. Porém, o panorama do ensino de ciências e de física permanece inalterado, cumprindo seu papel de ensino dogmatizador e "desmemoriado", no sentido de uma absoluta falta de historicidade (NEVES, 2000, p. 555).

Resumo do resultado da atividade:

Tendo em vista, o disposto na literatura e, o constatado no pré-teste, evidencia-se a grande dificuldade dos alunos na compreensão das grandezas físicas velocidade e aceleração na descrição dos movimentos, porquanto essa atividade se mostrou uma ótima alternativa para o ensino-aprendizagem do MRUV. Verificou-se que a dinâmica de trabalhar as atividades em conjunto proporcionou a fissuração e superação dos obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral. As representações dos alunos, que em um primeiro momento se mostraram explícitas, com a atividade atenuaram-se a medida em que eles foram se apropriando e compreendendo a essência dos conceitos. No entanto, percebeu-se um pouco de dificuldade na resolução dos cálculos, onde se constatou um obstáculo de origem didática. Observou-se uma categoria de obstáculo não prevista no plano de aula: Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que força e velocidade são proporcionais

Pode-se dizer que, em geral, todas as questões mostraram que houve um grande percentual de respostas próximas ao conceito pretendido.

5.5 ANÁLISE AULAS VIII, IX E X

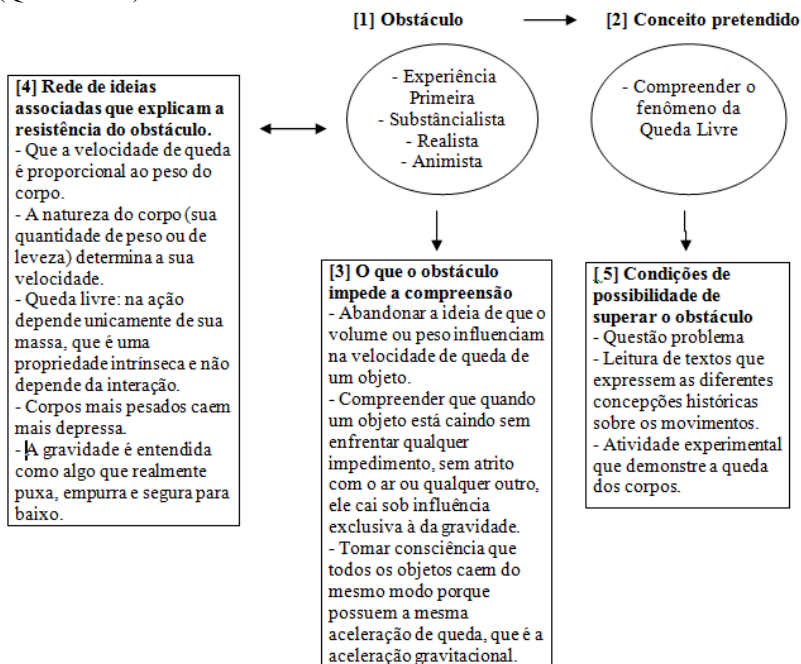
Nestas aulas fez-se um estudo da Queda Livre, por meio da identificação, fissuração e superação dos obstáculos: i) Experiência Primeira, Substancialista e Realista – que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. ii) Experiência Primeira, Substancialista e Realista – que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação. iii) Experiência Primeira e Animista – A gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.

Com o intuito de superação dos obstáculos estabeleceu-se alguns objetivos, como levar os alunos a abandonar a ideia de que o volume ou peso influenciam na velocidade de queda de um objeto, compreendendo, assim, que, quando um objeto está caindo sem enfrentar qualquer impedimento, – como o atrito com o ar, por exemplo – ele cai sob influência exclusiva da gravidade. Objetivou-se também que o aluno tome consciência que todos os objetos caem com igual valor de aceleração.

Como situação de aprendizagem, esta atividade constituiu-se de realização de atividades experimentais de compartilhamento e conflitiva sobre a queda dos corpos. Para tanto, utilizou-se de questão problema, leitura de textos históricos e demonstração por experimentos. O intuito foi causar conflito cognitivo para reflexões de suas concepções prévias quanto à queda dos corpos. Na questão problema (APÊNDICE H, p. 227) procurou-se verificar as concepções prévias quanto à queda dos corpos. A leitura de dois recortes de textos (APÊNDICE L, p. 235) e (APÊNDICE M, p. 239) consiste em explanar a visão de Aristóteles e Galileu sobre a queda dos corpos. Os experimentos I (APÊNDICE I, p. 229) e II (APÊNDICE J, p. 231) consistiram em demonstrar a queda de pares de objetos com formas e massas diferentes. Assim, mostrar que, independentemente da massa dos objetos, eles sempre demoram o mesmo tempo para chegar ao chão, se soltos da mesma altura. Com o Experimento III (APÊNDICE K, p. 233) pretendia-se demonstrar a queda de objetos de formas iguais com massas iguais e diferentes, respectivamente e, assim, mostrar que dois objetos de formas iguais, quando soltos de uma mesma altura, levam o mesmo tempo para tocar o solo, independentemente de suas massas. A aula foi expositiva e utilizaram-se slides com o intuito de procurar esclarecer dúvidas e desestabilizar conceitos intuitivos com explicações do professor, buscando elucidar e instigar os alunos para definições precisas no estudo

da Cinemática. A seguir, no Esquema 5, demonstra-se a representação didática da atividade das aulas VIII e IX e X.

Esquema 5 - Representação didática da atividade das aulas VIII e IX e X (Queda Livre)



Fonte: Astolfi (1994, p.210, com adaptação da autora).

No início das atividades foi aplicada uma questão problema (APÊNDICE H, p. 227), a qual consistiu em verificar as representações dos alunos quanto à queda dos corpos antes da realização do experimento e leitura dos textos. Participaram desta atividade 26 alunos da turma I e 16 da turma II, 42 ao total.

Questão 1: Um menino segura duas esferas de pesos diferentes. Sabe-se que a esfera A pesa duas vezes mais do que a esfera B e que as ações do ar sobre as esferas são desprezíveis. Considerando que as esferas são abandonadas da mesma altura H e no mesmo instante de tempo, qual esfera chega primeiro ao chão? Por quê?

O intuito nessa questão era verificar as representações dos alunos sobre a queda dos corpos. Hülsendeger (2004) disserta sobre a importância de sondar as representações dos alunos acerca desse assunto: "[...] o aluno traz para dentro da sala de aula conceitos, idéias ou concepções que, se ignorados ou não levados a sério, poderão dificultar, e até mesmo prejudicar, o processo de ensino-aprendizagem" (HÜLSENDEGER, 2004, p. 382). A seguir, no Quadro 37, apresenta-se o quantitativo das respostas por categoria e, logo após, as análises.

Quadro 37 - Resposta à questão 1 (aula VIII, IX e X - questão problema Queda Livre)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	5 (19,23%)	15 (93,75%)	20 (47,62%)
(B) Obstáculo Experiência Primeira e Substancialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo	21 (80,77%)	1 (6,25%)	22 (52,38%)
Total	26	16	42

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 47,62%: observa-se, conforme o quadro acima, que apenas um aluno da turma II não respondeu o equivalente ao conceito pretendido (sem obstáculo). Já a turma I apresentou poucas respostas sem obstáculo.

A esfera A e B chegarão ao mesmo tempo no chão mesmo sendo massas diferentes, isso é influenciado pelo ar que é desprezível. (A14-P1).

Chega ao mesmo tempo, porque se o ar não está alterando a massa das esferas não farão diferença na queda. (A15-P2).

Categoria (B) 52,38%: a maioria das respostas da turma I apontou para os obstáculos Experiência Primeira e Substancialista e Realista, associando o peso à velocidade da queda.

O peso A, porque a massa é mais pesada e consegue mais velocidade. (A09-P1).

B, pois a esfera tem a massa menor, assim fazendo com que ela chegue mais rápido ao solo. (A12-P1).

Chega a letra A, por que é mais pesada então tem mais velocidade ao cair no chão, e a letra B é mais leve então não pega velocidade. (A23-P2).

- Atividades experimentais: Queda dos corpos

Na sequência, foi feita a demonstração das atividades experimentais sobre a queda dos corpos. Em ambas as turmas foi solicitado que dois alunos realizassem o experimento e demonstrassem para a turma. Antes da demonstração instigou-se os alunos a responder o que aconteceria nos experimentos. O intuito foi causar conflito cognitivo para reflexões de suas representações quanto à queda dos corpos, por meio da fissuração e superação dos obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista, que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. O experimento I (APÊNDICE I, p. 229) e o experimento II (APÊNDICE J, p. 231) consistiram em demonstrar a queda de pares de objetos com formas e massas diferentes. No Experimento III (APÊNDICE K, p. 233) o objetivo foi demonstrar a queda de objetos de formas iguais com massas iguais e diferentes, respectivamente.

A atividade surtiu efeito no sentido de aguçar os alunos a entenderem o fenômeno da queda dos corpos. Houve grande participação dos alunos. Quanto às respostas, percebe-se que a maioria dos alunos da turma I e uma minoria da turma II atende à representação de que o objeto mais pesado cairá primeiro, ou seja, que a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso. E também que, mesmo o objeto tendo sua forma igual, a massa influencia na velocidade de queda.

Colombo Junior e Silva (2013) descrevem sobre esta representação:

Inúmeras vezes as concepções que os estudantes têm sobre gravidade coincidem com ideias formuladas por pensadores do passado, especificamente a ideia de que objetos mais pesados caem mais rápido que objetos leves, atribuída a Aristóteles, e a queda dos objetos é um movimento natural que não requer força de nenhum tipo (COLOMBO JUNIOR; SILVA, 2013, p. 117).

- Leitura recortes textos históricos

A seguir, foi realizada uma atividade experimental de compartilhamento, na qual ambas as turmas foram divididas em dois grupos de alunos para que ocorresse a leitura e debate de dois textos históricos sobre a queda dos corpos: o primeiro, sobre a visão de Aristóteles (APÊNDICE L, p. 235) e o segundo, sobre a visão de Galileu (APÊNDICE M, p. 239). Nesta atividade procurou-se, por meio da identificação e fissuração, a superação dos obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista. Conforme Macêdo (2010): "A história da ciência nos mostra, muitas vezes, como foi difícil estabelecer um determinado conceito; quantos anos cientistas e mais cientistas deles se ocuparam até que uma explicação plausível pudesse ser aceita" (MACÊDO, 2010, p. 4307-3).

Percebe-se que a leitura indicou um entendimento dos alunos sobre a evolução do fenômeno da queda dos corpos e que as suas respostas não estavam erradas, mas indicavam concepções que se desenvolveram ao longo da história, e que fazem parte da construção de tal conceito. Teorias que, com o passar do tempo, foram aperfeiçoadas. Neves (2000) faz um apanhado das concepções de Aristóteles e Galileu sobre a queda dos corpos:

[...] Galileu baseia suas explicações sobre a queda natural dos corpos utilizando a noção de peso específico (peso por unidade de volume), ao invés de uma relação entre força e resistência interna por unidade de matéria, como acreditava Aristóteles. Galileu sustentava que os corpos homogêneos de medidas desiguais, e, portanto, de pesos diferentes, deviam cair com velocidades iguais no pleno e no vácuo, se bem que suas respectivas velocidades deveriam ser maiores no segundo que no primeiro. Para Galileu, o peso efetivo era igual a diferença no peso específico de um corpo e ao meio através do qual este caía. Assim, era realmente uma diferença nos pesos específicos que determinava a velocidade (NEVES, 2000, p. 547).

Após a leitura dos textos, buscou-se fazer uma ligação entre a questão problema, as atividades experimentais e os textos históricos e, assim, verificar a superação de possíveis obstáculos quanto ao conteúdo

referente a Queda Livre. Desta forma, expõem-se três questões sobre o assunto.

Questão 1: Como podemos pontuar as ideias de Aristóteles sobre o movimento?

O propósito nessa questão era o de verificar se os alunos identificariam a concepção de Aristóteles sobre a queda dos corpos. A seguir, mostra-se o Quadro 38, com o quantitativo das respostas e, posteriormente, a análise de cada categoria.

Quadro 38 - Resposta à questão 1 (aula VIII, IX e X - textos históricos)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	26 (100,00%)	16 (100,00%)	42 (100,00%)
Total	26	16	42

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 100,00%: percebe-se, conforme o descrito no quadro, que as respostas atingiram o conceito pretendido em compreender a concepção aristotélica sobre o movimento.

Ele tinha a ideia que se duas massas uma mais leve e a outra mais pesada fossem soltas de uma altura a mais pesada chegaria no solo antes. (A09-P1).

Dizia que o objeto mais denso cairia primeiro e o menos denso por último, porque ele dizia que tudo que fosse mais denso ficaria em baixo. (A16-P2).

Que o corpo só permanecia em movimento se atuasse sobre este alguma força, ou seja se a força parasse o corpo também parava. (A21-P1).

Assim, reforça Neves (2000), acerca da coerência dessa concepção:

[...] podemos deduzir que a física de Aristóteles possui, como já dissemos, uma formidável coerência, uma vez que se baseia na ocorrência de fenômenos em um meio altamente dissipativo (no

caso, o ar), onde o atrito joga um papel decisivo (NEVES, 2000, p. 544).

Questão 2: Qual seria a concepção de Aristóteles quanto a questão problema (APÊNDICE H, p. 227)?

Nessa questão se propunha que os alunos se colocassem como Aristóteles quanto ao conteúdo sobre queda dos corpos, respondendo à mesma questão que eles já haviam respondido. Assim, com base no conteúdo já trabalhado até o momento, causaria um conflito sócio-cognitivo, onde os alunos verificariam se suas respostas correspondiam à concepção aristotélica. No Quadro 39, expõem-se as respostas por categoria e na seqüência as análises.

Quadro 39 - Resposta à questão 2 (aula VIII, IX e X - textos históricos)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	24 (92,31%)	15 (93,75%)	39 (92,86%)
(B) Respostas vagas ou inconsistentes	2 (7,69%)	1 (6,25%)	3 (7,14%)
Total	26	16	42

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 92,86%: conforme o descrito no quadro acima, verificou-se que há, possivelmente, um entendimento dos alunos quanto à concepção do pensador.

De acordo com Aristóteles, o peso influencia no movimento das esferas, portanto a esfera "A" chegaria primeiro no chão porque pesa duas vezes mais que a esfera "B". (A02-P1).

A esfera mais pesada atingiria o chão primeiro. Isso aconteceria, por que a esfera tem mais massa que a outra. Com isso a esfera A teria tendência maior de alcançar mais de pressa a sua posição natural. (A11-P2).

Categoria (B) 7,14%: respostas sem dados consistentes para análise.

Questão 3: Qual seria a concepção de Galileu quanto à queda dos corpos e qual seria sua opinião referente a questão problema (APÊNDICE H, p. 227)?

Nesta questão o intuito era o de verificar se os alunos compreenderam a concepção de Galileu referente a queda dos corpos, bem como, averiguar a sua aprendizagem após as atividades realizadas sobre o conteúdo. Na sequência, no Quadro 40, exibem-se as categorias de respostas com respectivo quantitativo e, posteriormente, as análises.

Quadro 40 - Resposta à questão 3 (aula VIII, IX e X - textos históricos)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	22 (84,62%)	14 (87,50%)	36 (85,72%)
(B) Respostas vagas ou inconsistentes	3 (11,59%)	2 (12,50%)	5 (11,90%)
(C) Respostas em branco	1 (3,85%)	0 (0,00%)	1 (2,38%)
Total	26	16	42

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 85,72%: observam-se nas respostas descrições do conceito pretendido; porém, a maioria respondeu apenas a primeira parte da pergunta, a respeito de qual seria a concepção de Galileu quanto à queda dos corpos. Poucos alunos descreveram sua opinião.

Os corpos levariam o mesmo tempo em queda livre a partir de uma mesma altura, independente de suas massas. Minha opinião seria que as duas esferas chegariam a sua posição natural ao mesmo tempo. (A26-P1).

Segundo a concepção de Galileu a esfera A e a esfera B tocariam no solo ao mesmo tempo. (A05 - P2).

As duas cai juntas. Mas considerando que o ar é desprezado. (A29-P1).

Categoria (B) 11,90%: respostas sem dados consistentes para análise.

Categoria (B) 2,38%: respostas em branco.

Resumo do resultado da atividade:

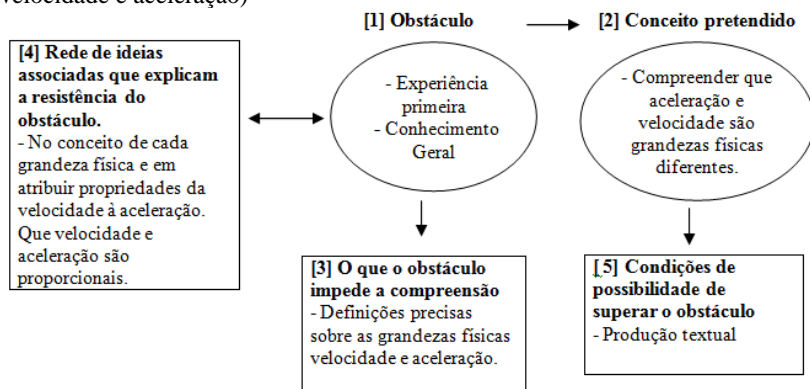
A atividade cooperou significativamente para a aprendizagem, de modo que se pôde observar o entusiasmo e, de certa forma, a surpresa dos alunos quanto aos conceitos cientificamente aceitos sobre este tema. Infere-se que houve a identificação, fissuração e superação dos

obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista por terem superado aquela imagem imediata de que a pedra é mais pesada, assim cairá primeiro; logo terá mais velocidade. Percebeu-se que a investigação foi feita, que o realismo ingênuo foi ultrapassado e o conceito científico alcançado na discriminação das próprias concepções dos alunos constatado no índice de respostas corretas dos mesmos. Observou-se que algumas categorias de obstáculos a serem superados conforme plano de aula, não foram identificadas nas respostas, isso reforça o efeito positivo da atividade. Ademais, as dinâmicas utilizadas em conjunto, foram bem sucedidas. A aula expositiva serviu como explicação final para esclarecer dúvidas e entender melhor os conceitos sobre o assunto.

5.6 ANÁLISE AULA XI

Nesta aula procurou-se verificar a aprendizagem e identificar as representações persistentes nos alunos sobre as grandezas físicas aceleração e velocidade, por meio da fissuração e superação de obstáculos epistemológicos e didáticos. A situação de aprendizagem proposta foi a realização de atividade de compartilhamento com o propósito de constatar a superação das representações quanto aos significados dessas grandezas, envolvendo uma construção textual. A seguir, expõe-se o Esquema 6, com a representação didática da aula XI.

Esquema 6 - Representação didática da atividade da aula XI (produção textual - velocidade e aceleração)



Fonte: Astolfi (1994, p.210, com adaptação da autora).

Para dar início a esta atividade a professora pesquisadora relembrou a aula 2 – o diálogo sobre o tempo e movimento (APÊNDICE D, p. 213), – propondo aos alunos uma produção textual (APÊNDICE O, p. 243) com a continuação do diálogo com as personagens velocidade e aceleração. Participaram desta atividade somente 18 alunos da turma I, porque a turma II estava mais atrasada no calendário devido a atividades extracurriculares desenvolvidas nas aulas de Física.

1) Relembrando o início das atividades, trago novamente o texto do diálogo entre o tempo e o movimento. Agora vocês serão convidados a continuar este diálogo com mais dois personagens: a aceleração e a velocidade. Exponham o que aprenderam sobre essas grandezas físicas, mas na forma de diálogo. Sejam criativos!

DIÁLOGO ENTRE O TEMPO E O MOVIMENTO.
(PIETROCOLA et al. 2010, p. 69).

- Oh, amigo movimento! Chegará o momento em que finalmente terei de te parar. Já pensaste que, se não passo, tu não existes? **(T)**
- Como?! Eu determino o fim de nós dois! Sem o movimento dos ponteiros, dos astros ou até o da suave queda dos grãos de areia nas ampulhetas, não teriam como te encontrar...**(M)**
- Nada disso, nobre amigo! Eu passo a despeito de tudo...Apenas não teriam como me estimar. **(T)**
- Mas, sem corpos em movimento, tudo estaria como antes...**(M)**
- É verdade. Entretanto, quando nada muda, ficamos a esperar. E esperar nada mais é do que experimentar o tempo passar. Porém existes apenas pelo que dizem de corpos em movimento: Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estará lá. Se não passo, deves comigo concordar, um corpo não estará em dois lugares. **(T)**
- E se o rodopio da Terra cessar, o céu parar, os ventos não soprarem mais? Se não fosse o movimento, o que Aristarco, Kepler, Galileu, Newton e muitos outros iriam estudar? **(M)**
- Bem, parece chegada a hora de termos de concordar: somos igualmente importantes. Sinto pelo Espaço, que, pouco importante fica sempre largado. **(T)**
- Estás enganado. Se há movimento, Espaço e Tempo são importantes. **(M)**

- Mas o que é o tal Espaço, senão o nada entre um instante e outro, quando, é lógico, um movimento se dá? (T)
- Os pensadores dizem que o Movimento é o senhor do Espaço e do Tempo... (M)
- Estou convencido! Só mesmo pela Velocidade e pela Aceleração é que devemos lamentar...Mas, se me permites, nobre amigo, sobre elas nem quero comentar. (T)

Mostra-se a seguir a produção de alguns alunos:

— *Por que lamentar por mim e pela aceleração?* (V)

— *Pode deixar, velocidade, que por mim eu respondo.* (A)

— *Mas, aceleração veja isso, você só existe por eu existir!* (V)

— *Pode até ser que sem você eu não exista. Mas eu tenho mais importância que você!* (A)

— *Isso, porém, só na física. Pois só na física que a aceleração é considerada uma grandeza.* (V)

— *Pois bem, vamos chegar a um acordo: somos as duas de extrema importância, e de fato, não teremos aceleração sem velocidade....*(A) (A13-P1).

— *Nada disso pois a velocidade de um móvel normalmente, é variável, esta ideia nos permite estabelecer uma nova grandeza física associada à variação da velocidade e do tempo decorrido nessa variação. Essa grandeza é aceleração!* (A)

— *Velocidade é importante tanto quanto vocês! Pois eu decido muitas coisas também, se um móvel está rápido ou devagar (velocidade média, rápido, chamamos de (velocidade escalar média).* (V)

— *Então todos nós somos importantes.*(T)

— *Isso mesmo, desse vez concordo com você!* (M)

— *Verdade caros amigos.* (A)

— *Isso mesmo, velocidade média é uma grandeza física, o tempo e a aceleração.* (V) (A23-P1).

— *Caro amigo, sou muito importante, sem aceleração o que seria de você, velocidade? (A)*

— *há, há, há...você se engana sem minha velocidade, sua aceleração seria inútil, não acha? (V)*

— *Devemos concordar então, que nós duas somos importantes, juntos fazemos a velocidade e a aceleração e como um carro poderia andar sem velocidade e aceleração?(A)*

— *Verdade cara amiga! Somos importantes. (V) (A11-P1).*

Resumo do resultado da atividade:

Percebeu-se na atividade que grande parte dos alunos demonstraram dificuldade na construção dos textos, tanto que não entregaram o trabalho, mas, dentre os que entregaram verificou-se em cada texto, o esforço em tentar criar um diálogo e atender ao que se foi solicitado. Essa dificuldade no entendimento dos conceitos envolvidos, se deve a falta de prática na construção de textos em física. Infere-se que houve a compreensão do conteúdo e uma possível superação dos obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral.

5.7 ANÁLISE AULA XII

Nessa última aula, o objetivo foi o de avaliar a possível superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos existentes no processo de ensino-aprendizagem da Cinemática. Com o intuito de superação dos obstáculos referente às concepções alternativas indicadas na literatura e trabalhadas na SD, bem como daqueles que ocorreram durante a aplicação da mesma. Desta forma, realizou-se um pós-teste para analisar os resultados da implementação da SD visando seu redimensionamento e correções. O pós-teste (APÊNDICE C, p. 209) é composto das mesmas questões que o pré-teste: 2 dissertativas e 10 objetivas. Participaram desta atividade 30 alunos da turma I e 17 alunos da turma II, 47 ao total.

Questão 1: Como você descreveria o movimento retilíneo uniforme? Cite 1 exemplo.

Nesta questão pretendeu-se verificar a evolução dos alunos à superação dos possíveis obstáculos constatados no pré-teste e ao longo da aplicação da SD quanto ao conteúdo do MRU. O quantitativo das respostas, mostra-se no Quadro 41. Na sequência a análise por categoria.

Quadro 41 - Resposta à questão 1 (aula XII - pós-teste)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	23 (76,67%)	11 (64,71%)	34 (72,34%)
(B) Obstáculo Didático e Verbal associar características do MRUV ao MRU	3 (10,00%)	0 (0,00%)	3 (6,38%)
(C) Respostas vagas ou inconsistentes	3 (10,00%)	3 (17,65%)	6 (12,77%)
(D) Respostas em branco	1 (3,33%)	3 (17,65%)	4 (8,51%)
Total	30	17	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 72,34%: observou-se nessa categoria uma variação de respostas sem obstáculos. Houve respostas que continham mais características do MRU do que outras, em algumas citam-se exemplos. Portanto, entende-se que houve uma evolução na superação dos obstáculos constatados no pré-teste, tendo em vista que em nenhum momento citaram somente "movimento constante", ou, então, compararam o MRU ao fenômeno da Queda Livre. Infere-se indicativos nessas respostas que os alunos conseguiram compreender o conceito do MRU, bem como, diferenciá-lo do MRUV.

Não possui aceleração, ou seja a sua velocidade é constante, percorre uma distancia em um mesmo intervalo de tempo. Um exemplo é o experimento que a gente fez com a professora Márcia, a esfera é bolha de ar. (A02-P2).

Variações de espaços iguais, em intervalos de tempo iguais, a velocidade é constante. Ex: Um rapaz percorre espaços iguais em tempos iguais. Ele leva 2s para percorrer cada 10m, quando está em 20m se passaram 4s e assim continua. (A24-P1).

velocidade constante aceleração igual a zero. (A26-P1).

Categoria (B) 6,38%: a partir das respostas deduz-se os obstáculos Didático e Verbal ao dissertarem característica do MRUV ao MRU.

Movimento retilíneo é o que muda a velocidade. Como por exemplo: Se um carro estiver a 50Km ele vai aumentando de 50 em 50 sempre nessa quantia.(A19-P1).

Varia altera a velocidade aceleração será constante. (A24-P1).

Categoria (C) 12,77%: dentre as respostas nessa categoria avalia-se que os alunos confundiram os conceitos envolvidos tornando as respostas vagas e inconsistentes. Comparado a questão 1 do pré-teste verificou-se que a percentagem foi um pouco menor.

Categoria (D) 8,51%: quanto à quantidade de respostas em branco percebe-se que houve uma evolução dos alunos ao sentirem-se mais seguros em tentar responder a questão, se comparada à questão 1 do pré-teste, o qual apontou 20 respostas em branco.

Em síntese, infere-se um aumento expressivo no percentual, nas duas turmas, de respostas sem obstáculos, 4,26% para 72,34%. Entre as respostas em branco, uma diminuição de 42,55% para 8,51% e, nas respostas vagas e inconsistentes de 17,02% para 12,77%. Subtende-se que houve a superação dos obstáculos Experiência Primeira, Substancialista, Realista; porém, em quantidade mínima, a permanência do obstáculo Didático e Verbal.

Questão 2: Como você descreveria o movimento retilíneo uniformemente variado? Cite 1 exemplo.

Nesta questão pretendeu-se verificar a evolução dos alunos quanto à superação dos possíveis obstáculos constatados no pré-teste e ao longo da aplicação da SD quanto ao conteúdo do MRUV. A seguir, no Quadro 42, apresenta-se o quantitativo e, em seguida, a análise por categoria.

Quadro 42 - Resposta à questão 2 (aula XII - pós-teste)

Categorias das respostas dos alunos	Turma I	Turma II	Total
(A) Respostas consideradas corretas (sem obstáculo)	20 (66,66%)	8 (47,06%)	28 (59,57%)
(B) Obstáculo: Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração	2 (6,67%)	2 (11,77%)	4 (8,51%)
(C) Obstáculo Didático e Verbal: associar características do MRU ao MRUV	3 (10,00%)	0 (0,00%)	3 (6,38%)
(D) Experiência Primeira e Conhecimento Geral: aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo	0 (0,00%)	2 (11,76%)	2 (4,26%)
(E) Respostas vagas ou inconsistentes	3 (10,00%)	1 (5,88%)	4 (8,51%)
(F) Respostas em branco	2 (6,67%)	4 (23,53%)	6 (12,77%)
Total	30	17	47

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Categoria (A) 59,57%: agruparam-se nesta categoria as respostas com o conceito pretendido, que não demonstraram obstáculos. Conforme a questão anterior os alunos descreveram características do MRUV, alguns de maneira mais completa que outros e alguns não citaram exemplos. No entanto, percebe-se que a maioria dos alunos tenderam para a compreensão do conteúdo.

A velocidade varia. A aceleração é constante. Movimento em linha reta. T(s) 1/2/3/4/5 S(m) 100/250/400/550/600. (A12-P1).

É quando um móvel se movimenta em velocidades diferentes que varia de tempos em tempos. Ex: um carro se movendo de 60km/h para 80km/h e termina seu trajeto em 40km/h. (A09-P1).

A aceleração vai ser constante, vai ser maior que zero, então vai ser constante, e pode ser retardado ou acelerado no movimento retilíneo uniformemente variável. (A13-P2).

É um movimento que possui a aceleração diferente de zero, velocidade variável e pode ser acelerado ou retardado. (A21-P2).

Categoria (B) 8,51%: nas respostas dessa categoria os alunos descreveram que há uma variação na aceleração, o que pode conjecturar

o obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral em atribuir características da velocidade à aceleração.

Variação na velocidade ou de tempo igual e espaço igual. A aceleração sofre variação. (A26-P1).

Que tem variação tanto na aceleração, quanto no tempo. Um carro por exemplo, que vai acelerando ele vai mudando de velocidade, no caso variando. (A09-P2).

Categoria (C) 6,38%: englobou-se nessa categoria respostas que descreveram o MRUV com características do MRU o que se pode caracterizar o obstáculo Didático e Verbal.

Um movimento em que um corpo ou ponto material se desloca em trajetórias retas, a velocidade se mantém constante. (A24-P1).

Categoria (D) 4,26%: subentende-se que nesta categoria, embora tenha somente uma resposta, os obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral em considerar aceleração como critério somente para o aumento de velocidade por intervalo de tempo.

No movimento uniformemente variado, o automóvel tem aceleração constante, ou seja a velocidade estará sempre aumentando. Ex: um automóvel sai a 60k/h e chega a 80 k/h. (A16-P2).

Categoria (E) 8,51%: sem dados consistentes para análise. No entanto, percebe-se um percentual menor de respostas nessa categoria se comparada à questão 2 do pré-teste.

Categoria (F) 12,77%: respostas em branco. Observa-se um percentual bem menor que a questão 2 do pré-teste em que se quantificou 21 respostas, constata-se, portanto, um avanço nos alunos na tentativa de responder às questões.

Em suma, percebe-se, em ambas as turmas, que o percentual de respostas próximas do conceito pretendido aumentou de 10,64% para 59,57%. Ainda, houve uma diminuição das respostas em branco, de

44,69% para 12,77% e, nas respostas vagas e inconsistentes, de 23,40% para 8,51%. Constatou-se um índice de superação dos obstáculos constatados no pré-teste; e, em proporção mínima, a subsistência dos obstáculos Conhecimento Geral, Experiência Primeira, Didático e Verbal.

Mostram-se a seguir as questões objetivas que compreendem as questões 3 a 12, o quantitativo das respostas dos alunos da turma I e II, o total equivalente e o respectivo percentual, seguido pela análise às respostas. Para cada alternativa incorreta caracteriza-se o correspondente obstáculo. Apresentam-se quadros com os dados do pós-teste, comparando-os com os resultados do pré-teste (representado abaixo do percentual atual em negrito) para facilitar a análise de que se houve ou não mudança em relação às respostas.

Questão3: Quanto à posição de um corpo, pode-se dizer que esta corresponde:

Quadro 43 - Respostas à questão 3 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) Localização de um corpo em certo instante em relação a um determinado referencial.	(B) Posição é a distância percorrida por um corpo num determinado intervalo de tempo.	(C) Posição de um corpo é o valor da sua velocidade.	(D) Se seu movimento é progressivo ou retrógrado.	(E) O espaço enquanto distância entre dois pontos.
Turma I	27 (86,67%)	1 (3,33%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	2 (6,67%)
	16 (57,14%)	5 (17,86%)	5 (17,86%)	0 (0,00%)	1 (3,57%)
Turma II	12 (70,59%)	2 (11,76%)	1 (5,88%)	1 (5,88%)	1 (5,88%)
	11 (57,90%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Total	38 (80,85%)	3 (6,38%)	1 (2,13%)	1 (2,13%)	3 (6,38%)
	27 (57,45%)	9 (19,15%)	9 (19,15%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Obstáculos caracterizados	Sem obstáculo: resposta correta	Experiência Primeira: espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos.	Experiência Primeira: velocidade como critério de posição.		Experiência Primeira: espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 3: um aluno da turma I não assinalou nenhuma alternativa.

Nota-se um aumento no percentual de respostas corretas, ou seja, de superação dos obstáculos, tanto por parte da turma I quanto da turma II, embora o pré-teste já apontasse uma quantidade expressiva de acertos. Nessa questão, o total de respostas corretas (alternativa A) proporcional às duas turmas, aumentou de 57,45% para 80,85%. Houve uma diminuição de 19,15% para 2,13% no percentual que apontava o obstáculo Experiência Primeira – velocidade como critério de posição (alternativa C) – e, na alternativa B, de 19,15% para 6,38% no percentual que indicava o obstáculo Experiência Primeira – espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos. Nas alternativas D e E, as quais não constavam respostas, apresentaram um percentual de 2,13% e 6,38%, respectivamente.

Questão 4: A distância percorrida dividida pelo tempo nos informa:

Quadro 44- Respostas à questão 4 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) Tempo gasto no percurso.	(B) Percurso descrito pelo corpo.	(C) Velocidade de um corpo.	(D) Sua posição.	(E) Seu deslocamento.
Turma I	3 (10,00%)	3 (10,00%)	24 (80,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	7 (25,00%)	1 (3,57%)	17 (60,71%)	0 (0,00%)	3 (10,71%)
Turma II	1 (5,58%)	1 (5,58%)	13 (66,47%)	1 (5,58%)	1 (5,58%)
	7 (36,84%)	1 (5,26%)	7 (36,84%)	0 (0,00%)	3 (15,79%)
Total	4 (8,51%)	4 (8,51%)	37 (78,72%)	1 (2,13%)	1 (2,13%)
	14 (29,79%)	2 (4,26%)	24 (51,06%)	0 (0,00%)	6 (12,77%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira: confusão entre o tempo e distância percorrida. Experiência Primeira, Animista e Realista: associar o tempo à ideia de mudança e movimento.	Experiência Primeira: a Trajetória de um corpo é independente do observador.	Sem obstáculo: resposta correta		Experiência Primeira: espaço igual ao conceito de distância. O espaço enquanto distância entre dois pontos.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Nessa questão, o percentual de acertos (alternativa C) aumentou de 51,06% para 78,72%. Percebe-se, também, na alternativa A, em ambas as turmas, a superação dos obstáculos Experiência Primeira – na confusão entre tempo e distância percorrida – e Animista e Realista – em associar o tempo à ideia de mudança e movimento, inferindo que a distância percorrida dividida pelo tempo informa o tempo gasto no

percurso. O percentual desses obstáculos diminuiu de 29,79% para 8,51%. As alternativas B e E apresentaram percentual pouco notório e a D não foi assinalada. Fez-se a comparação do total das respostas proporcionais às turmas, porque o pré-teste já indicava em ambas as turmas o maior número de respostas na alternativa correta.

Questão 5: Um móvel descreve um movimento retilíneo, sendo que suas posições variam com o tempo de acordo com os dados na tabela a seguir. Nessas condições, é correto afirmar que:

t (s)	1	3	5	7	9	11	13
X (m)	150	250	350	450	550	650	750

Quadro 45 - Respostas à questão 5 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) a velocidade escalar do móvel é constante e vale 50m/s.	(B) a velocidade escalar do móvel não se mantém constante.	(C) a aceleração escalar do móvel é constante e vale 50 m/s ² .	(D) o movimento é acelerado.	(E) a velocidade escalar média no intervalo de tempo entre 1 e 3 segundos é diferente da velocidade entre 9 e 11 segundos.
Turma I	10 (33,33%)	5 (16,67%)	10 (33,33%)	1 (3,33%)	3 (10,00%)
	6 (21,43%)	6 (21,43%)	6 (21,43%)	8 (28,57%)	2 (7,14%)
Turma II	5 (29,41%)	2 (11,76%)	7 (41,18%)	1 (5,88%)	2 (11,76%)
	6 (31,58%)	2 (10,53%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	2 (10,53%)
Total	15 (31,91%)	7 (14,89%)	17 (36,17%)	2 (4,26%)	5 (10,64%)
	12 (25,53%)	8 (17,02%)	10 (21,28%)	12 (25,53%)	4 (8,51%)
Obstáculos caracterizados	Sem obstáculo: resposta correta	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração.	Obstáculo Conhecimento Geral: qualquer movimento é imaginado como acelerado, basta haver aceleração para existir movimento.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 5: um aluno da turma I não assinalou nenhuma alternativa.

Observou-se que na turma I houve indicativos de que os alunos abandonaram o obstáculo Conhecimento Geral de que qualquer movimento é imaginado como acelerado, mas reforçaram o obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral, ao confundirem a grandeza física velocidade com aceleração, na mesma proporção em que acertaram a questão. Na alternativa A, o percentual de acertos nessa turma passou de 21,43% para 33,33%. Na alternativa D, o percentual diminuiu de 28,57% para 3,33%. Quanto a turma II, na questão D, o percentual diminuiu de 21,05% para 5,88%, entretanto, na alternativa A, o percentual de acertos também diminuiu, de 31,58% para 29,41%. Ainda, na alternativa C, ambas as turmas, demonstraram em suas resposta o obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral – ao confundiram velocidade constante com aceleração constante. Na turma I o percentual aumentou de 21,43% para 33,33% e, na turma II, de 21,05% para 41,18%. As alternativas B e E, no total apresentaram um percentual menor de obstáculos e permaneceram aproximadamente com o mesmo percentual do pré-teste.

Questão 6: A aceleração de um corpo se refere:

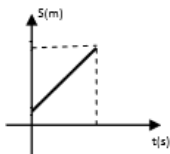
Quadro 46 - Respostas à questão 6 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) A mudança de posição de um corpo.	(B) O aumento da sua velocidade.	(C) A qualquer variação na velocidade.	(D) A diminuição da velocidade.	(E) Ao deslocamento de um corpo.
Turma I	1 (3,33%)	11 (36,67%)	18 (60,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	2 (7,14%)	22 (78,57%)	1 (3,57%)	1 (3,57%)	2 (7,14%)
Turma II	1 (5,88%)	11 (64,71%)	5 (29,41%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	0 (0,00%)	14 (73,68%)	2 (10,53%)	0 (0,00%)	3 (15,79%)
Total	2 (4,26%)	22 (46,81%)	23 (48,94%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	2 (4,26%)	36 (76,60%)	3 (6,38%)	1 (2,13%)	5 (10,64%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo.	Sem obstáculo: resposta correta.		Conhecimento Geral: de que a aceleração é condição necessária para haver movimento.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Nessa questão, alternativa B, houve um indicativo de superação dos obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral – em que a aceleração é entendida somente como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo. Na turma I o percentual de superação se mostrou mais expressivo, diminuiu de 78,57% para 36,67% das respostas. Na turma II o percentual foi mais equilibrado, de 73,68% para 64,71%. Quanto ao índice de acertos (alternativa C) na turma I, o percentual aumentou de 3,57% para 60%. Na turma II de 10,53% para 29,45%. A alternativa A não apresentou alteração de superação dos obstáculos, mantendo-se com 4,26% do total das respostas e, nas alternativas D e E, o percentual, que já era baixo diminuiu para zero. Observa-se que a turma I conseguiu ter mais êxito em abandonar as representações.

Questão 7: O gráfico a seguir representa a posição de um móvel em função do tempo. Nessas condições, pode-se afirmar que o gráfico se refere a um movimento:



Quadro 47- Respostas à questão 7 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) uniforme e retrogrado.	(B) uniformement e variado e acelerado.	(C) uniformem ente variado e retardado.	(D) uniforme com velocidade escalar de 10m/s.	(E) uniforme e progressivo.
Turma I	2 (6,67%)	4 (13,33%)	4 (13,33%)	0 (0,00%)	21 (70,00%)
	3 (10,71%)	11 (39,29%)	2 (7,14%)	7 (25,00%)	5 (17,86%)
Turma II	1 (5,88%)	4 (23,53%)	2 (11,76%)	0 (0,00%)	10 (58,82%)
	3 (15,79%)	8 (42,11%)	0 (0,00%)	2 (10,53%)	6 (31,58%)
Total	3 (6,38%)	8 (17,02%)	6 (12,77%)	0 (0,00%)	31 (65,96%)
	6 (12,77%)	19 (40,43%)	2 (4,26%)	9 (19,15%)	11 (23,40%)
Obstáculos caracterizados	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Didático: dificuldade de interpretar gráficos: fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.	Sem obstáculo resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Nessa questão pode-se considerar uma evolução na superação do obstáculo didático - dificuldade de interpretar gráficos, em fazer a distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento. Percebe-se que na alternativa B o percentual das respostas da turma I de 39,29% diminuiu para 13,33% e, na turma II de 42,11% para 17,02%. O número de acertos (alternativa E) na turma I aumentou de 17,86% para 70,00%, já na turma II, de 31,58% para 58,82%, ou seja, do total de respostas em ambas as turmas, evidenciou-se um aumento no percentual de respostas corretas de 23,40% para 65,96%. Do total das respostas proporcional às turmas, a alternativa A apresentou uma diminuição no obstáculo de 12,77% para 6,38% e, na C, de 19,15% para zero, inferindo total superação. Na alternativa C, verificou-se um aumento no percentual, de 4,26% para 12,77%. Diante do exposto, a proporção de superação foi mais expressiva na turma I.

Questão 8: Um automóvel tem movimento retilíneo com aceleração constante. Deste modo:

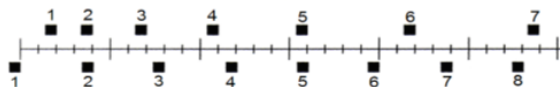
Quadro 48 - Respostas à questão 8 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) Ao diminuir a velocidade a aceleração diminui.	(B) Significa que a velocidade também é constante.	(C) A velocidade varia em quantidades iguais para intervalos de tempo iguais.	(D) A posição sempre estará aumentando com o tempo.	(E) A velocidade está sempre aumentando.
Turma I	0 (0,00%)	5 (16,67%)	17 (56,67%)	3 (10,00%)	5 (16,67%)
	0 (0,00%)	7 (25,00%)	2 (7,14%)	4 (14,29%)	15 (53,57%)
Turma II	1 (5,88%)	5 (29,41%)	4 (23,53%)	0 (0,00%)	7 (41,18%)
	0 (0,00%)	9 (47,37%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	2 (10,53%)
Total	1 (2,13%)	10 (21,28%)	21 (44,68%)	3 (6,38%)	12(25,53%)
	0 (0,00%)	16 (34,04%)	6 (12,77%)	8 (17,02%)	17 (36,17%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade e aceleração são proporcionais	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração. Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade e aceleração são proporcionais.	Sem obstáculo: resposta correta.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Nessa questão, o percentual do obstáculo Conhecimento Geral – aceleração como critério de aumento de velocidade por intervalo de tempo, na turma I, alternativa E, diminuiu de 53,57% para 16,67% e; na turma II, esse percentual aumentou de 10, 53% para 41, 18%. Também, na alternativa B, tem-se a representação que aceleração constante significa velocidade constante, e as respostas apresentaram o seguinte percentual: na turma I, de 25,00% passou para 16,67% e, na turma II, de 47,37% para 29,41%, de modo que se observa um aumento no percentual do quantitativo na representação na alternativa E. Ademais, o número de acertos (alternativa C) da turma I aumentou de 7,14% para 56,67%, enquanto na turma II não houve considerável mudança, apresentando um percentual antes de 21,05% e depois de 23,53%. As demais respostas encontram-se divididas entre as alternativas A e D, sem algo expressivo para ser acrescentado.

Questão 9: Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita. Os blocos têm alguma vez a mesma velocidade?



Quadro 49 - Respostas à questão 9 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) Não.	(B) Sim, no instante 2.	(C) Sim, no instante 3.	(D) Sim, nos instantes 2 e 5.	(E) Sim, em algum instante durante o intervalo 3 e 4.
Turma I	3 (10,00%)	1 (3,33%)	1 (3,33%)	14 (46,67%)	11 (36,67%)
	1 (3,57%)	2 (7,14%)	0 (0,00%)	23 (82,14%)	2 (7,14%)
Turma II	2 (11,76%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	8 (47,06%)	7 (41,18%)
	1 (5,26%)	4 (21,05%)	0 (0,00%)	10 (52,63%)	3 (15,79%)
Total	5 (10,64%)	1 (2,13%)	1 (2,13%)	22 (46,81%)	18 (38,30%)
	2 (4,26%)	6 (12,77%)	0 (0,00%)	33 (70,21%)	5 (10,64%)
Obstáculos caracterizados		Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: velocidade como critério de posição.		Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: velocidade como critério de posição.	Sem obstáculo: resposta correta

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Nessa questão, acredita-se ter ocorrido uma desestabilização conceitual nos alunos, um processo de fissuração com indicativo de superação dos obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral – de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Ainda, Experiência Primeira – velocidade como critério de posição, representados nas alternativas B e D, nos quais o percentual diminuiu de 12,77% para 2,13%; e de 70,21% para 46,81%, respectivamente, proporcional às duas turmas. Portanto,

diminuiu a representação de que móveis que estão na mesma posição possuem a mesma velocidade. O número de acerto (questão E) passou de 10,64% para 38,30%. As questões A e C não representaram um quantitativo expressivo de respostas.

Questão 10: Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita. As acelerações dos blocos estão relacionadas da seguinte forma:



Quadro 50 - Respostas à questão 10 (aula XII - pós-teste)

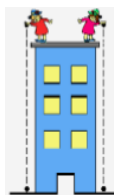
Alternativas	(A) A aceleração de “a” é maior do que a aceleração de “b”.	(B) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são maiores do que zero.	(C) A aceleração de “b” é maior do que a aceleração de “a”.	(D) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são zero.	(E) Não há informação suficiente
Turma I	13 (43,33%)	5 (16,67%)	8 (26,67%)	1 (3,33%)	4 (13,33%)
	8 (64,29%)	0 (0,00%)	5 (17,86%)	1 (3,57%)	4 (14,29%)
Turma II	2 (11,76%)	1 (5,88%)	11 (64,71%)	2 (11,76%)	0 (0,00%)
	8 (42,11%)	1 (5,26%)	8 (42,11%)	1 (5,26%)	0 (0,00%)
Total	15 (31,91%)	6 (12,77%)	19 (40,43%)	3 (6,38%)	4 (8,51%)
	26 (55,32%)	1 (2,13%)	13 (27,66%)	2 (4,26%)	4 (8,51%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Experiência Primeira e Conhecimento Geral: que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial. Experiência Primeira: aceleração como critério de posição.	Sem obstáculo: resposta correta.	

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 10: um aluno da turma II não assinalou nenhuma alternativa.

Nessa questão, foram considerados os dados totais, tendo em vista a proporcionalidade das respostas serem aproximadas nas duas turmas. A alternativa D, na superação do obstáculo Experiência Primeira – de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial, ocorreu um discreto aumento no percentual das respostas: 4,26% para 6,38%. No entanto, houve uma diminuição de 55,32% para 31,91% na representação dos alunos na alternativa A – de que móveis que se movem em espaços menores, mas proporcionais, têm aceleração maior e, quanto menor os espaços, maior a aceleração. Constatou-se um aumento no percentual de 27,66% para 40,43% das respostas da alternativa C, a qual corresponde ao obstáculo Experiência Primeira – de que móveis que se movem em espaços maiores, proporcionais, porém, com menos velocidade, têm aceleração maior. A alternativa E continuou com 8,51% das respostas, a qual indicava que não havia informações suficientes. A alternativa B configurou um aumento no obstáculo de 2,13% para 12,77%. De um modo geral permaneceu a confusão em identificar velocidade constante e aceleração igual a zero, portanto, em identificar o MRU.

Questão 11: Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As esferas são soltas do telhado de um prédio no mesmo instante de tempo. Quanto tempo que as esferas demoram para chegar ao chão?



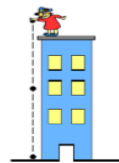
Quadro 51 - Respostas à questão 11 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) A esfera mais pesada demora a metade do tempo da esfera mais leve.	(B) A esfera mais leve demora a metade do tempo da esfera mais pesada.	(C) Ambas as esferas demoram mais ou menos o mesmo tempo.	(D) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais pesada, mas não necessariamente a metade.	(E) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais leve, mas não necessariamente a metade.
Turma I	1 (3,31%)	0 (0,00%)	22 (73,33%)	4 (13,33%)	3 (10,00%)
	4 (14,29%)	4 (14,29%)	3 (10,71%)	12 (42,86%)	5 (17,86%)
Turma II	2 (11,76%)	1 (5,88%)	14 (82,35%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	0 (0,00%)	4 (21,05%)	4 (21,05%)	6 (31,58%)	2 (10,53%)
Total	3 (6,38%)	1 (2,13%)	36 (76,60%)	4 (8,51%)	3 (6,38%)
	4 (8,51%)	8 (17,02%)	7 (14,89%)	18 (38,30%)	7 (14,89%)
Obstáculos caracterizados	Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).	Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).	Sem obstáculo: resposta correta.	Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Obstáculo Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).	Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Experiência Primeira, Substantialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 11: Dois alunos da turma II não assinalaram nenhuma alternativa.

Nessa questão, tanto na turma I quanto na turma II, supõe-se uma considerável superação dos obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista, observa-se que os alunos abandonaram a ideia de que o peso influencia na queda. A alternativa C indicava um percentual de acerto de 14,89% e passou para 76,60%, esse aumento foi aproximadamente proporcional para as duas turmas, diminuindo, assim, conseqüentemente a quantitativo de representações nas demais alternativas.



Questão 12: Uma pedra que é deixada cair do telhado de um edifício na superfície da Terra:

Quadro 52 - Respostas à questão 12 (aula XII - pós-teste)

Alternativas	(A) Alcança uma velocidade máxima logo após ser largada e cai com velocidade constante depois disso.	(B) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, porque a atração gravitacional vai se tornando mais forte à medida que a pedra se aproxima da superfície da Terra.	(C) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, devido a força da gravidade quase constante que atua sobre ela.	(D) Cai por causa da tendência natural de todos os objetos para ficarem em repouso na superfície da Terra.	(E) Cai por causa dos efeitos combinados da força da gravidade e da força do ar que a empurram para baixo.
Turma I	2 (6,67%)	15 (50,00%)	12 (40,00%)	1 (3,33%)	0 (0,00%)
	1 (3,57%)	19 (67,86%)	6 (21,43%)	0 (0,00%)	2 (7,14%)
Turma II	0 (0,00%)	12 (70,59%)	2 (11,76%)	3 (17,65%)	0 (0,00%)
	0 (0,00%)	3 (15,79%)	8 (42,11%)	2 (10,53%)	3 (15,79%)
Total	2 (4,26%)	27 (57,45%)	14 (29,79%)	4 (8,51%)	0 (0,00%)
	1 (2,13%)	22 (46,81%)	14 (29,79%)	2 (4,26%)	5 (10,64%)
Obstáculos caracterizados		Experiência Primeira e Animista: a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.	Sem obstáculo - resposta correta.	Experiência Primeira e Animista: noção de lugar natural, um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar.	Experiência Primeira e Animista: a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa (2017).

Observação questão 12: dois alunos da turma II não assinalaram nenhuma alternativa.

Nessa questão constatou-se nas respostas da turma I uma evolução na superação dos obstáculos Experiência Primeira e Animista – a gravidade entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo. Na alternativa B foi verificada uma redução quanto ao percentual das respostas, de 67,86% para 50,00%. No entanto, na turma II, esse percentual aumentou de 15,79% para 70,59%, o que indicou um grande aumento na manifestação de tal representação. O percentual de acertos (alternativa C) para essa mesma turma diminuiu de 42,11% para 11,76%. Já para turma I, aumentou de 21,43 para 40,00%. Na turma II houve um aumento no percentual das respostas com esta representação, sendo que no pré-teste o percentual de respostas corretas foi maior. As alternativas A e C tiveram um pequeno aumento nas representações dos alunos e a alternativa D diminuiu de 10,64% para zero.

Resumo do resultado da atividade:

Nas questões 1 e 2, demonstradas no Quadro 41 e no Quadro 42, identificou-se que houve uma evolução na descrição correta MRU e do MRUV, uma diminuição expressiva nas respostas em branco e nas respostas inconsistentes. Desse modo, constatou-se índice significativo de superação dos obstáculos. No entanto, em quantidade mínima, subtende-se que na questão 1 transpareceram os obstáculos Didático e Verbal; e na questão 2, os obstáculos Experiência Primeira, Conhecimento Geral, Didático e Verbal.

Nas questões 3 e 4, expostas no Quadro 43 e no quadro 44 nota-se um aumento no percentual de respostas corretas, tanto da turma I quanto da turma II, embora o pré-teste já apontasse para esse fim.

Na questão 5, (Quadro 45) na turma I os alunos abandonaram o obstáculo geral - de que qualquer movimento é imaginado como acelerado, mas reforçaram o obstáculo Experiência Primeira e Conhecimento Geral, ao confundirem a grandeza física velocidade com aceleração, na mesma proporção em que acertaram a questão. O percentual de acertos da turma II diminuiu para o mesmo obstáculo.

Verificou-se, portanto, a importância de se considerarem as representações dos alunos, estudá-las antes de fazer a transposição de tal conteúdo. A exemplo disso, nota-se nas questões 6 e 8, representadas no Quadro 46 e no Quadro 48, a diferença entre as respostas da turma I e II na possível superação da tendência dos alunos a associar a aceleração ao aumento de velocidade.

A pesquisadora havia estudado as representações mais frequentes no estudo da Cinemática, então, durante a aula, trabalhou os obstáculos ocasionados por tais representações de forma explícita, a fim de superá-los conforme as três fases de superação de um obstáculo apresentadas por Astolfi (1994). Já a professora titular aplicou a sequência na turma II sem o estudo das representações dos alunos. Segundo Bachelard (1996, p. 23) "[...] o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana."

Na questão 7, disposta no Quadro 47, pode-se considerar uma evolução na superação do obstáculo Didático: dificuldade de interpretar gráficos e de fazer a distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento. Percebe-se que 40,43% de respostas que apresentavam representações que evidenciaram para um movimento uniformemente variado e acelerado, passou-se para 65,96% de respostas corretas.

Na questão 9, conforme o quantitativo do Quadro 49, demonstra o que se acredita ser a ocorrência de uma desestabilização conceitual dos alunos, um processo de fissuração com indícios de superação dos obstáculos Experiência Primeira e Conhecimento Geral – de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial; e Experiência Primeira – velocidade como critério de posição. Ou seja, uma superação da ideia que os alunos tem de que móveis que estão na mesma posição possuem e mesma velocidade.

Na questão 10, (Quadro 50) houve uma mínima evidência de superação dos obstáculos. Permaneceu a confusão com velocidade constante, ou seja, que móveis que se movem em espaços menores, mas proporcionais tem aceleração maior, e quanto menor os espaços, maior a aceleração.

Na questão 11, disposta no Quadro 51, verificou-se a superação do obstáculo Conhecimento Geral, Substancialista e Realista quando nas respostas observa-se o abandono da ideia de que o peso influencia na queda.

Na questão 12, (Quadro 52), constatou-se nas respostas da turma I uma evolução quanto a superação do obstáculo Animista – a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo. Na qual, os alunos associam que a velocidade da queda aumenta em virtude da força gravitacional da Terra. Na turma II houve um aumento das respostas com a referida representação em relação ao

constatado no pré-teste. Os autores Colombo Junior e Silva (2013) relatam sobre tal concepção:

A maior parte dos alunos explica a gravidade como algo que “tende a puxar para baixo” uma “força pertencente à Terra”. Tal postura pode ser identificada como constituinte de um obstáculo epistemológico do tipo experiência primeira, uma vez que apesar de facilitar momentaneamente o entendimento do conceito, acaba por bloquear o interesse pelo estudo mais aprofundado sobre a gravidade. Percebemos que muitos alunos acreditavam que a Terra atrai os objetos, mas que o contrário não faz sentido, assim, a experiência primeira apresenta-se como obstáculo para o correto entendimento da atração mútua entre os corpos (COLOMBO JÚNIOR; SILVA, 2013, p. 117).

Sendo assim, é difícil fazer com que o aluno abandone uma representação "considerada por ele correta" por um conhecimento cientificamente aceito. Às vezes, na tentativa do professor em obter "o conceito pretendido", acaba conduzindo a situação de a um obstáculo didático ou epistemológico. Como também, há situações, nas quais o professor consegue conduzir o aluno a superação dos mesmos.

5.8 RELATO DA PROFESSORA QUANTO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A professora titular em relato expõe que considera pertinente a aplicação da SD, e que pretende utilizá-la nos próximos anos. Destaca que é sempre válida a proposta trazida pelos pesquisadores, explica que sempre procura utilizar desse tipo de material didático, tendo em vista que os pesquisadores pensam na realidade da escola para atender às necessidades do contexto. Relata que estas propostas não são como os livros didáticos que “vêm prontos e finalizados” e acabam não permitindo uma maior flexibilidade para o que professor queira ensinar, ou para o que os alunos esperam e pretendem aprender sobre o conteúdo. Dessa forma, enfatiza que a SD foi extremamente coerente e que, quando a atividade é bem elaborada, adequadamente preparada para permitir que o professor organize um texto para ler e um experimento para fazer uma análise, com o propósito de compreender o

que de fato os alunos precisam - como foi possibilitado pela SD - sempre há a possibilidade de a experiência de aula dar certo. Nesse sentido, destaca que um dos problemas no contexto atual da escola é que o professor não consiga (ou tenha muita dificuldade para) preparar algo além do que já esteja pré-estabelecido no livro didático ou daquilo que esteja no quadro. Ressalta que hoje, na educação básica, falta um maior tempo de preparo de aulas para o professor que ministra 40 horas em sala de aula. Discute que se deveria trabalhar menos em sala de aula a fim de se poder investir mais horas no preparo de sequências, como a analisada neste estudo, principalmente, para a Física estudada no 1º ano do EM, por ser uma disciplina que os alunos costumam considerar "mais chata", pois quando vão para o 2º e 3º anos, sempre a citam como "aquela física do 1º ano", mencionando-a como maçante. Assim, faz-se necessário desmitificar um pouco a Física desse ano, mas a professora alega que é complicado quando não se tem material e instrumentos adequados para fazer um experimento mais envolvente. Apesar de considerar que é possível usar o tempo que se tem de aula para abordar aulas práticas articulando-as com a teoria, ainda assim acredita que há pouco ou nenhum tempo suficiente para preparar didaticamente o material. A professora considera ainda as atividades como necessárias e não complexas, porque para ela complicado é quando o aluno chega ao quadro e se pergunta "Para que serve tudo isso, todas essas fórmulas?". Quando são feitas atividades diversificadas e pensadas mais didaticamente, como as que foram propostas na SD, há resultados muito positivos. Expõe também, como um problema, o fato de o ensino de Física começar apenas no EM, pois assim os alunos chegam a esse período sem base nenhuma da disciplina. Para ela "isso é muito difícil, não que o conteúdo seja complexo, mas é complicado começar a ter contato com a Física somente no 1º ano do EM": no 9º ano do EF o ensino é bem superficial, por isso esse grau de dificuldade. A professora salienta que a ideia dos textos proposta pela SD foi muito produtiva, acredita que estimulou os alunos a enxergarem a Física de forma diferente, a não ficarem somente nos exercícios, possibilitou mostrar para os alunos por meio de análise de experimentos, leitura e construção de textos que também é possível conhecer Física e aprender. Evidencia que a escola sempre dá um apoio verbal quanto a iniciativas como o presente projeto, mas diz que sente falta de alguém trabalhar conjuntamente, de acompanhar, de se aproximar, de lhe perguntar mais, porque às vezes os projetos ficam apenas na sala de aula e, não há troca de experiências com outros professores, pois quase não se tem reuniões pedagógicas, nem formação em conjunto. Confessa que isso é um pouco

desmotivador, porque quando as coisas dão certo se deve compartilhar, mostrar as experiências que acontecem e, essa parte, não está sendo possível, não no ritmo e no sistema em que as aulas se dão. A professora conclui que é ruim não partilhar boas experiências que ocorrem na escola, assim, as pessoas desconhecem como essas experiências aconteceram, como deram certo, ainda assim todos sabem que houve algo benéfico, mas não sabem exatamente como aconteceu. Ao fim, relata que deseja sempre que possível expor essa proposta de SD e compartilhá-la com outros professores como ela, assim, provavelmente, outros professores irão usá-la, isso no mesmo ambiente escolar ou em outros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ensino, muitas vezes, o professor se questiona por qual motivo o aluno não compreende o que lhe foi ensinado. "Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda" (BACHELARD, 1996, p. 23). É preciso lembrar que esse aluno traz consigo conhecimentos já constituídos, seja em práticas educativas anteriores, ou em sua vida pessoal e social. Segundo Astolfi (1994), esses conhecimentos refletem na aprendizagem, quando os alunos utilizam suas representações como uma forma pessoal de explicação alternativa, que, para eles, faz sentido, até que seja superada.

Bachelard (1996) descreve um amplo estudo dos obstáculos epistemológicos na História da Ciência e da Educação. "Pode-se com certeza dizer que uma cabeça bemfeita é infelizmente uma cabeça fechada. É um produto de escola" (BACHELARD, 1996, p. 20). Nesse sentido, ele se referia aos obstáculos pedagógicos, nos quais Brousseau (1983) se debruçou para demonstrar que obstáculos também estão presentes na Matemática, fazendo um estudo das situações didáticas, onde aponta que os obstáculos podem ocorrer na relação didática em sala de aula. Já Astolfi (1994) parte para uma abordagem metodológica em que torna esses obstáculos em objetivos na busca pela superação. Para ele, "[...] é a tomada de consciência de que existem dificuldades de apropriação que são intrínsecas aos saberes, dificuldades essas que é necessário diagnosticar e analisar com grande exactidão, para que os alunos sejam bem sucedidos" (ASTOLFI et al, 1997, p. 7).

Então se faz a pergunta: como contribuir para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem no estudo da Cinemática no Ensino de Física? É difícil acreditar que há uma única resposta correta para essa pergunta, no entanto, há alternativas a serem estudadas, a fim de tentar respondê-la. Uma delas foi proposta neste trabalho, por meio do planejamento e implementação de uma SD que levasse em conta representações dos alunos, obstáculos identificados, metodologia adotada e mediação do professor.

Diante do exposto, traz-se a importância do estudo da Cinemática, pois é a partir das grandezas físicas iniciais que se abstraem conhecimentos que serão expostos no emaranhado de fenômenos ao longo da vida acadêmica do aluno, como também em outros contextos (SOUZA; DONANGELO, 2012) e (RAMOS; SCARINCI, 2013). Quanto à importância desse conteúdo nos currículos de Física, Gaspar

(1994) expôs em seu trabalho a não concordância em suprimir a Cinemática do currículo de Física.

No momento em que se confirmou o problema de pesquisa e o objetivo geral, equipou-se para se concretizar os objetivos específicos. Para tanto, procurou-se fazer algo diferente do ensino tradicional, porém, não fugindo muito do tempo comumente estipulado para se tratar o referido assunto, e procurando atender à disponibilidade da escola, da professora, etc. Pretendeu-se trabalhar os obstáculos de forma explícita com os alunos, a fim de que, nesta tentativa, houvesse superação, como também transparecessem outros obstáculos.

A SD contou com pré e pós-teste; leitura, discussão e interpretação de textos históricos; atividades experimentais e questões dissertativas; questões problema; produção textual e aula expositiva com a utilização de slides. Foi planejado fazer um estudo em que toda a organização e material da SD pudessem ser compreendidos e utilizados por professores que tenham interesse, tendo em vista que o material foi desenvolvido a partir das representações dos alunos sobre o tema. Brousseau (1983) aborda a importância de o professor, quando está trabalhando um conceito novo, verificar os conhecimentos prévios dos alunos, com o propósito de causar desequilíbrios cognitivos, fazendo com que o aluno seja instigado a interessar-se pelo conteúdo, uma vez que terá de pôr em equilíbrio a sua situação cognitiva.

A fase de coleta dos dados teve como objetivo tanto permitir a identificação das representações dos alunos acerca dos conteúdos propostos, como possibilitar identificação de superação dos obstáculos com as mudanças alcançadas a partir da aplicação da SD, fornecendo subsídios para avaliar o trabalho. Neste contexto, apresentam-se algumas considerações do resultado da aplicação da SD que se julgam relevantes para o ensino-aprendizagem.

Ao realizar a sondagem sobre as representações trazidas pelos alunos acerca dos conceitos envolvidos no estudo da Cinemática verificou-se que a incidência de concepções alternativas dos alunos se aplica nos seguintes pontos: descrição e diferenciação dos movimentos MRU e MRUV; discriminação de velocidade em determinada posição. Porém, a definição de aceleração foi a de maior ocorrência. Nesta fase de identificação, foram conjecturados alguns obstáculos. No entanto, no decorrer da aplicação da SD, constatou-se uma evolução quanto à superação dos obstáculos de aprendizagem referente às concepções alternativas indicadas na literatura e daqueles que ocorreram durante a sua aplicação. Ao longo do desenvolvimento da SD, já foi se estabelecendo uma bagagem quanto às superações, persistências e

mudanças atitudinais quanto aos obstáculos arraigados no senso comum do aluno. Deste modo, o teste final não serviu para apontar o resultado da pesquisa, mas sim para se obter um diagnóstico se houve superação dos obstáculos referentes às representações dos alunos que os levam a não compreender.

Dado o índice de respostas vagas, inconsistentes e respostas em branco razoavelmente baixo nas atividades, o resultado quanto as dinâmicas utilizadas foi satisfatório e alentador. Na análise da participação dos alunos quanto à aprendizagem, compreende-se que a maioria das atividades apresentou respostas sem demonstrar algum obstáculo e que atenderam aos conceitos pretendidos.

Quanto aos temas discutidos, Villani (1989); Laburu e Carvalho (1993); Gomes, Fusinato e Neves (2010) descrevem sobre a atribuição de propriedades da velocidade à aceleração. Santos e Sasaki (2015) expõem sobre o bom desempenho dos alunos em conceitos básicos de Mecânica, tais como velocidade e aceleração, quando o professor em sua metodologia, considera a realidade da escola, a fim de uma melhor adaptação.

Os efeitos dos aspectos sociais dos alunos no ganho de aprendizagem são evidentes quando comparadas turmas de diferentes perfis, o que sugere a necessidade de adaptações na metodologia e no conteúdo de acordo com a realidade social das escolas (SANTOS; SASAKI, 2015, p. 3506-8).

Nesse contexto, expõe-se uma proposta que possa ser utilizada em diferentes realidades escolares, tendo em vista a facilidade de aplicação. A atividade experimental em conjunto com a utilização de textos sobre a História da Ciência proporciona um embasamento ao aluno para aceitar um conteúdo "novo". Há nessa proposta um conflito sociocognitivo de forma a ocorrer fissuração e superação dos obstáculos incrustados, decorridos de representações.

Com a leitura dos textos históricos e realização das atividades experimentais, percebeu-se, por exemplo, que houve a superação dos obstáculos quanto à concepção de que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo. Uma vez que, foi demonstrada a importância da evolução histórica na descrição do movimento, tanto a visão de Aristóteles como na de Galileu, e também visualizado a execução do experimento, evidenciou-se um progresso nas explicações

dos alunos. No final, eles conseguiram se aperceber que a diferença de tempo na queda dos corpos se devia à resistência imposta ao movimento pelo o ar.

A produção de textos pelos alunos foi de grande valia para o trabalho, pois se sabe da dificuldade de se desenvolver a escrita, ainda mais quando o assunto é um conhecimento novo para os alunos, o que os leva a pesquisar sobre o tema. Por entender-se como relevante mostra-se a produção de um aluno:

— *Nada disso pois a velocidade de um móvel normalmente, é variável, esta ideia nos permite estabelecer uma nova grandeza física associada à variação da velocidade e do tempo decorrido nessa variação. Essa grandeza é aceleração! (A)*

— *Velocidade é importante tanto quanto vocês! Pois eu decido muitas coisas também, se um móvel está rápido ou devagar (velocidade média, rápido, chamamos de (velocidade escalar média). (V)*

— *Então todos nós somos importantes. (T)*

— *Isso mesmo, desse vez concordo com você! (M)*

— *Verdade caros amigos. (A)*

— *Isso mesmo, velocidade média é uma grandeza física, o tempo e aceleração. (V) (A23-P1).*

De um modo geral, quanto às implicações para o ensino, constatou-se que nas aulas onde foram utilizadas apenas uma dinâmica para trabalhar um assunto da SD, não surtiu tanto efeito na aprendizagem quanto nas aulas em que foram trabalhadas mais de uma dinâmica. Na proposta de utilização de mais de uma dinâmica por tópico em um assunto percebeu-se que os alunos se sentem mais seguros para realizarem as atividades e serem mais ativos na obtenção do conhecimento. Os textos históricos serviram como uma atividade pré conteúdo, sendo que, quando se passou para a atividade experimental, os alunos já se encontravam mais "inteirados do assunto" e isso constituiu em uma evolução nas referidas aulas. A leitura e produção de texto sobre o tema instigou os alunos a serem mais pró-ativos repercutindo em mais interesse e criatividade na compreensão de novos conceitos. Destaca-se, também, que o estudo das representações dos alunos sobre o assunto antes de sua aplicação foi de suma importância, desse modo,

desenvolveu-se essas representações favoravelmente à aquisição da aprendizagem.

Quanto às limitações, observou-se que os alunos têm um pouco de dificuldade em fazer gráficos, em virtude disso, essa atividade se tornou um entrave ao cumprimento do tempo. Faz-se necessária uma aula somente para explicar como se traçar gráficos e alguns exercícios, com medidas e não somente, com números inteiros. Ainda, houve muita dificuldade em entender o roteiro para realização do experimento, demonstrando quererem realizar o experimento sem lê-lo.

Como perspectiva, expõe-se que todas as atividades aplicadas foram bem recebidas pelos alunos, tanto que descreveram as aulas como "diferentes" e demonstraram um desempenho favorável na superação dos obstáculos epistemológicos. De outro lado, os didáticos necessitam de alguns ajustes. Acredita-se que a SD proposta possa ser uma abordagem metodológica alternativa e adequada para os professores. O uso da História da Ciência, de atividades experimentais e ainda, questões problema, é fundamental para a aprendizagem, principalmente, quando ministrado concomitantemente. Essa dinâmica resulta-se adequada no ensino do conteúdo, uma vez que o aluno se apropria dos conceitos e não somente de cálculos. Tal proposta faz com que os alunos se sintam interessados e aguçados a concretizar as atividades. Ao despertar neles o empenho e a participação, desenvolve-se mais fascínio pelo conteúdo, o que culmina na evolução na superação dos obstáculos.

Ademais, para redimensionamento, uma possível indicação seria, que no ensino de cada tópico do conteúdo seja usado mais de uma dessas ferramentas; senão, todas. Como também, acrescentar outras, a fim de proporcionar interatividade para facilitar no ensino-aprendizagem.

Em meio a tudo que se vivenciou no período da pesquisa, a demanda primordial é verificar se o objetivo geral foi atingido, assim como, a resposta ao problema de pesquisa foi obtida. Por todo o exposto até aqui, acredita-se que sim. Ainda que haja correções a serem feitas, mas, o conjunto de metas que foram traçadas leva a um bom resultado. Frisa-se que nos limites deste estudo, priorizou-se a análise dos dados quanto a aprendizagem dos alunos, apreciando as interações de ensino de forma específica no que tange a compreensão do conteúdo, sem aprofundar suas especificidades.

Destaca-se como um fator relevante durante a concretização deste trabalho a contribuição da professora titular da turma, ao descrever a SD como pertinente para ensino-aprendizagem do conteúdo da Cinemática.

Interessando-se em dar continuidade à proposta de aplicação da SD, assim como, compartilhá-la com a comunidade escolar.

Vale lembrar que uma experiência como esta não é fácil de concluir, dadas as dificuldades enfrentadas ao longo do período, desde a escolha e aceitação do problema de pesquisa até a concretização do último objetivo específico. Foram muitos os obstáculos, não os epistemológicos, mas dificuldades na própria construção da "obra" como, por exemplo: pesquisar em uma extensa literatura trabalhos relacionados a um só tema; planejar algo que possa contemplar as necessidades levantadas; ganhar confiança dos sujeitos expostos ao que se propõe; e acreditar conseguir o resultado almejado. O conjunto da obra está lá, composto pelos alunos, professor e sala de aula. Os alunos com 15 e 16 anos expandindo energia, mas a maioria sem interesse para estudar, para "prestar atenção na aula". Este trabalho concretizou-se entre idas e vindas: dias de sala cheia; dias com menos alunos; dias com muita bagunça; dias de desentendimentos entre alunos; dias de atenção a aula, mas nunca total; e dias de alunos realmente interessados em aprender.

Por fim, com o desenvolvimento desta SD almejou-se contribuir para o Ensino de Física no que diz respeito à superação de obstáculos epistemológicos e didáticos no ensino-aprendizagem da Cinemática. Trata-se de uma proposta indicativa, sabe-se, contudo, que diversos outros fatores, tais como ambiente familiar, questões de natureza afetiva entre outros que fogem ao alcance deste estudo, podem influenciar na aquisição do conhecimento vivenciada pelo aluno. No entanto, nos limites de ensino-aprendizagem propostos nessa pesquisa, conforme demonstrado na análise, pode-se dizer que se alcançou bons resultados na aplicação da SD. Isto é, observou-se um índice favorável de superação dos obstáculos epistemológicos.

Espera-se que os resultados obtidos nessa pesquisa possam servir, por meio da legitimidade e fidedignidade dos dados, como uma contribuição para posteriores pesquisas neste campo de estudo.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, Goar Jacinto Daz; SANCHEZ, Fernando Peon; LAPOLLI, André Lus. Tutorial de Cinemática: resultados teóricos do processo de investigação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p.91-94, mar. 1999. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21_91.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2016.

AGRELLO, Deise Amaro; GARG, Reva. Compreensão de gráficos de Cinemática em Física introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p.103-115, mar. 1999. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21_103.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2016.

ANDRADE, Beatrice L. de; ZYLBERSZTAJN, Arden; FERRARI, Nadir. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 02, n. 2, p.1-11, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/25/57>>. Acesso em: 30 maio 2015.

ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Ângela; MOREIRA, Marco Antonio. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p.179-184, 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/031201.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências**. 16. ed. Campinas: Papyrus, 2012. 123 p.

ASTOLFI, Jean-Pierre *et al.* **Práticas de Formação em Didática das Ciências**. Lisboa: Instituto Piaget, 1997. 553 p.

ASTOLFI, Jean Pierre. **Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas**. 17. ed. Sevilla: Díada Editorial S.I., 1997. 200 p.

_____. El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. **Enseñanza de las Ciencias**. 1994. 12 (2). 206-216.

_____. Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en ciencias: la forma de franquear los didácticamente. In: **PALACIOS, C., ANSOLEAGA, D. & AJOS, A (Org)**. Diez años de investigación in novación enseñanza de las ciencias. Madrid, CIDE. 1993.

BACHELARD, Gaston. A filosofia do não; O novo espírito científico; A poética do espaço. São Paulo: Abril Cultural, 1979. 356p.

_____. **A formação do espírito científico:** contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: contraponto. 8ª reimpressão, 1996. 316p.

BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. Portugal: Edições 70, 1977. 225 p.

BROUSSEAU, Guy. Introdução ao estudo das situações didáticas: Conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: ática, 2008. 128 p.

_____. **Les obstacles épistémologiques et problèmes em mathématiques.** RDM, v4, n2, p.165-198, 1983.

_____. **Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática** In: BRUN, J. (Org.). Didática das matemáticas. Tradução de M. J. Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

_____. **Os diferentes papéis do professor.** In: PARRA, Cecília; SAIZ, Irma (org). Didática da Matemática: Reflexões Psicológicas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. Cap. 4. p. 54-78.

CAMARGO, Éder Pires de; SCALVI, Luís Vicente de Andrade; BRAGA, Tânia Moron Saes. Concepções espontâneas de repouso e movimento de uma pessoa deficiente visual total. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 307-327, jan. 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6763>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

CINDRA, José Lourenço; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baierl. Discussão conceitual para o equilíbrio térmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de**

Física, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 176-193, jan. 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6431/5947>>. Acesso em: 15 mai. 2015.

COLOMBO JUNIOR, Pedro Donizete; SILVA, Cibelle Celestino. A percepção da gravidade na 'Casa Maluca' do CDCC/USP: uma análise à luz de Gaston Bachelard. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p.115-140, 2013. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/528/342>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

DISESSA, A. Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Eds.). **Constructivism in the Computer Age**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1988.

FARIAS, Thiago; SIMÕES, Bruno dos Santos; TRINDADE, Elizabeth Cristine Adam. Tentativa de superar obstáculos de aprendizagem. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p.121-150, nov. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38021/29021>>. Acesso em: 30 maio 2015.

FERNANDES, Simone Aparecida. **Um estudo sobre a consistência de modelos mentais sobre mecânica de estudantes de Ensino Médio**. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/B UOS-8NVHGR/tese_simone_aparecida_fernandes.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11 jan. 2016.

GASPAR, Alberto. **Física**: volume único: livro do professor. São Paulo: Ática, 2008. 551 p.

GASPAR, Alberto. O "R" de retilíneo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 11, n. 1, p.7-10, abr. 1994.

GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto; SILVA, Dirceu da. A história da ciência na formação do professor de física: subsídios para um curso sobre o tema atração gravitacional visando às mudanças de

postura na ação docente. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p.491-500, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/12.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto; SILVA, Dirceu da. História da Ciência no Ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p.7-59, 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID227/v15_n1_a2010>. Acesso em: 15 jan. 2016.

GIORGI, Silvia; CONCARI, Sonia; POZZO, Roberto. Un estudio sobre las investigaciones acerca de las ideas de los estudiantes en fuerza y movimiento. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p.83-95, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n1/08.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

GOMES, Luciano Carvalhais. A ascensão e queda da Teoria do Calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p.1030-1073, dez. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1030/23609>>. Acesso em 30 maio 2015.

GOMES, Luciano Carvalhais; FUSINATO, Polônia Altoé; NEVES, Marcos César Danhoni. Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p.341-353, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n2/v16n2a05.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

HARRES, João Batista Siqueira. Desenvolvimento histórico da dinâmica: referente para a evolução das concepções dos estudantes sobre força e movimento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p.89-101, 2002. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/176/161>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

HÜLSENDEGER, Margarete Jesusa Varela Centeno. Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos. **Caderno Brasileiro**

de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 377-391, jan. 2004.

Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6425>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

LABURÚ, Carlos Eduardo; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Noções de aceleração em adolescentes: uma classificação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 14, p.61-73, 1993. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol15a09.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

LIMA, Luis Gomes de. O estudo do movimento retilíneo uniforme dos corpos através da leitura de trechos da 2ª Jornada do Livro Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomáico e Copernicano, de Galileu Galilei. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p.24-29, jan. 2012. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol13/Num1/a08.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2015.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Bachelard: o filósofo da desilusão. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 1996. v.13, n3, p.248-273. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7049/6525>>. Acesso em: 30 maio 2015.

LUDKE, Menga & ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1986. 99p.

MACÊDO, Marcos Antonio Rodrigues. A equação de Torricelli e o estudo do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 4, p.1-5, fev. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v32n4/07.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2015.

MARTINAND, Jean-Louis. **Connâitreettransformerlamatière**. Berna: Peter lang, 1986.

MARTINS, André Ferrer Pinto; ZANETIC, João. O tempo na mecânica: de coadjuvante a protagonista. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 149-175, jan. 2002.

Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6618>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

MATEUS, Alfredo Luis et al. **Ponto Ciência**. Disponível em:

<<http://www.pontociencia.org.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

MCDERMOTT, L. C. Research on conceptual understanding in Mechanics. **Physics Today**, July, 1984.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins *et al.* Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à Aprendizagem? In: **Encontro Nacional De Pesquisa em Educação em Ciências**, 7, 2009, Florianópolis. Disponível em:

<<http://www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/399.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

MONTEIRO, Midiã M.; MARTINS, André Ferrer P.. História da ciência na sala de aula: uma sequência didática sobre o conceito de inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p.4501-45019, 2015. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n4/0102-4744-rbef-37-4-4501.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

MORS, Paulo Machado. Alguns comentários sobre a linguagem em livros de física básica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p.1-4, jul. 2008. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n2/a01v30n2.pdf>>. Acesso em 30 maio 2015.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. Uma investigação sobre a natureza do movimento ou sobre uma história para a noção do conceito de força. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 4, p.543-556, dez. 2000. Disponível em:

<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_543.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2016.

OSTERMANN, Fernanda. Relatividade Restrita no Ensino Médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física+*. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p.176-190, ago. 2002. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6620/6118>>. Acesso em 30 maio 2015.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 1, p. 48-63, jan. 1996. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7078/6549>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Força e movimento na ciência curricular. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 2, p.87-93, 1992. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a15.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; PEDUZZI, Sônia Silveira. Força no movimento de projéteis. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 2, n. 3, p.114-127, dez. 1985.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; ZYLBERSZTAJN, Arden; MOREIRA, Marco Antonio. As concepções espontâneas a resolução de problemas e a História da Ciência numa sequência de conteúdos em Mecânica: O referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 4, p.239-246, 1992. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a39.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

PIETROCOLA et al. **Física em Contextos**: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia. São Paulo: FTD, 2010.

PORTO, C.m.; PORTO, M.b.d.s.m. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p.1-9, fev. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n4/v30n4a15.pdf>>. Acesso 11 jan. 2016.

RAMOS, Tacita Ansanello; SCARINCI, Anne L.. Análise de concepções de tempo e espaço entre estudantes do ensino médio, segundo a epistemologia de Gaston Bachelard. **Revista Brasileira de**

Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 2, p.9-25, 2013.

Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/292/337>>.

Acesso em: 12 jan. 2016.

RESQUETTI, Silvia Oliveira; NEVES, Marcos Cesar Danhoni. A teoria do movimento de projéteis nos livros didáticos de física e no vestibular. In: **Encontro de Pesquisa Em Ensino de Física**, 11, 2008, Curitiba: p. 1 - 5. Disponível em:

<<http://www.researchgate.net/publication/237363013>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

REZENDE, Flávia; BARROS, Susana de Souza. Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hiperídia “força & movimento”. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, p.1-11, 2001a. Disponível em:

<<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/203/187>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

REZENDE, Flávia; BARROS, Susana de Souza. Teoria aristotélica, teoria do impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de física em mecânica básica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, p.1-14, 2001b. Disponível em:

<<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/215/199>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

ROCHA, Laurentino Gonçalves da et al. O Ciclo da Experiência Kellyana como novo processo metodológico para o ensino das relações entre força e movimento retilíneo uniforme. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 3, p.5-24, 2005.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da. **A Metacognição e as Atividades Experimentais no Ensino de Física**. 2011. 344 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95261/290643.pdf?sequence=1>>. Acesso em 11 jan. 2016.

SANTOS, Robson José dos; SASAKI, Daniel G.g.. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de

jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p.3506-35069,2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n3/0102-4744-rbef-37-3-3506.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

SOUZA, P.v.s.; DONANGELO, Raul Jose. Velocidades média e instantânea no Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p.35031-35036, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n3/a17v34n3.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

STADLER, J. P.; et al. Análise de obstáculos epistemológicos em livros didáticos de química do Ensino Médio do PNLD 2012. **Holos**, v. 2, n. 28, p. 234-243, maio 2012.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 7ª edição. Editora São Paulo:Cortez; 1996.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, Set./Dez. 2005.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1987. 175 p.

VIENNOT, L. Analyzing students' reasoning: tendencies in interpretation. *Design* V.53(5), May, 1985.

VILLANI, Alberto. Ideias espontâneas e ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**,v. 11, n. 1, p.130-147, dez. 1989. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol11a11.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

VILLANI, Alberto; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida; HOSOUOME, Yassuko. Concepção espontânea sobre movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 7, n. 1, p.37-45, 1985. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol07a04.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

WHITAKER, R. Aristotle is not dead: Student understanding of trajectory motion. **American Journal of Physics**, V.51(4), April, 1983.

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



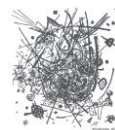
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA

Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica

Centro de Ciências Físicas e Matemáticas

Centro de Ciências da Educação

Centro de Ciências Biológicas



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu, abaixo assinado, com anos, RG, CPF estudante do Ensino Médio da Escola de Educação Básica Apolônio Ireno Cardoso, estou sendo convidado a participar voluntariamente de um estudo denominado **CONTRIBUIÇÕES PARA A SUPERAÇÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS E DIDÁTICOS PRESENTES NO ENSINO-APRENDIZAGEM DA CINEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO**, cujo objetivo é desenvolver uma Sequência Didática (SD) para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos existentes no processo de ensino-aprendizagem no estudo da Cinemática apontados na literatura.

Declaro, ainda, estar ciente que:

1) A minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

2) Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Márcia Elida D. Prudêncio, mestranda do Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica – PPGECT/UFSC e José de Pinho Alves Filho, orientador, professor doutor do Departamento de Física e do PPGECT/UFSC.

3) É garantido a mim o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

4) Por fim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, ***manifesto meu livre consentimento em participar, estando***

totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim, por meus responsáveis legais, e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Araranguá, / / 2016.

Márcia Elida D. Prudêncio
Pesquisadora -Contato: (48) 9988-7108

Ass. Estudante Voluntário da Pesquisa

Ass. Responsável Legal pelo estudante menor de idade

APÊNDICE B - Plano das aulas

Aula 1

Objetivos

- Sondar, com base na literatura, os conceitos intuitivos dos alunos sobre Cinemática.

Obstáculos a transpor

Identificação

- Obstáculos de aprendizagem pertinentes aos conteúdos que serão trabalhados ao longo da SD.

Situação de Aprendizagem

- Conhecer a turma de alunos e informar sobre o desenvolvimento da sequência didática;
- Realização de um pré-teste com intuito de sondagem com questões embasadas na revisão bibliográfica sobre conceitos intuitivos/obstáculos presentes no ensino-aprendizagem da Cinemática.

Atividades

O professor se apresentará para a turma e fará um breve relato sobre a organização da sequência didática, bem como o tema a ser desenvolvido. Pré-teste (APÊNDICE C) – o professor entregará um questionário para cada aluno contendo 12 questões. O questionário abordará questões sobre o estudo da Cinemática. Os alunos terão 30 minutos para responder e entregar.

Referências

FERNANDES, Simone Aparecida. **Um estudo sobre a consistência de modelos mentais sobre mecânica de estudantes de Ensino Médio.**

202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <

http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8NVHGR/tese_simone_aparecida_fernandes.pdf?sequence=1>.

Acesso em: 11 jan. 2016.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da. **A Metacognição e as Atividades Experimentais no Ensino de Física**. 2011. 344 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95261/290643.pdf?sequence=1>>. Acesso em 11 jan. 2016.

Aula 2

Objetivos

- Entender as grandezas tempo e posição na descrição do movimento.

Obstáculos a transpor

Identificação e fissuração:

- Obstáculo Animista, Experiência Primeira e quantitativo - concepção de que o tempo é definido por um relógio, mensurado pelo seu movimento.
- Obstáculo Unitário e Pragmático - dificuldade na distinção entre a grandeza física tempo e o tempo meteorológico.
- Obstáculo Animista, Experiência Primeira e Realista - associar o tempo à ideia de mudança e movimento.

Situação de aprendizagem

- Realização de atividade experimental de compartilhamento – criar um contexto de debate com propósito de instigar os conceitos intuitivos dos alunos sobre as grandezas físicas tempo e espaço na descrição do movimento.

Atividades

O professor disponibilizará uma cópia para cada aluno do texto *diálogo entre o Tempo e o Movimento* (APÊNDICE D), o texto trata-se de uma ficção que propõe um contexto de debate sobre grandezas físicas relevantes na descrição do movimento, destacando como personagens o tempo e o movimento. Após, solicitará que os mesmos façam uma leitura. Em seguida, convidará dois alunos voluntários para que façam a leitura do diálogo para toda a turma. A seguir, pedirá aos alunos que identifiquem no texto palavras que representam a ideia de passagem do tempo e posição no espaço (lugar). Os alunos terão 30 minutos para realização da atividade.

Referências

PIETROCOLA et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia.** São Paulo: FTD, 2010.

YUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I: Mecânica.** São Paulo: Pearson, 2008.

Aula 3 e 4

Objetivos

- Entender que espaço é a posição (localização) de um objeto em certo instante (momento) em relação a um determinado referencial.
- Entender que o objeto que se move com velocidade constante, de modo que a distância percorrida em diferentes intervalos de tempo iguais e sucessivos é sempre a mesma.
- Compreender que a distância percorrida significa o quanto o móvel andou de sua posição inicial até sua posição final, e, deslocamento é a variação de posição de um móvel, posição final menos posição inicial. Conceitos diferentes.

Obstáculos a transpor

Identificação e fissuração:

- Experiência Primeira- há confusão entre o tempo e distância percorrida
- Experiência Primeira- concepção de que a Trajetória de um corpo é independente do observador.
- Conhecimento Geral - concepção de que os conceitos de distância percorrida e deslocamento são iguais.

Situação de Aprendizagem

Realização de atividade experimental conflitiva que demonstre o estudo do MRU com a observação do experimento.

- possibilitar a visualização de velocidade constante com a construção de gráficos: posição x tempo do movimento de uma bolha de ar e de uma esfera de aço; determinar a velocidade e a correspondente função da posição em relação ao tempo; e determinar a posição do encontro dos dois móveis.

Atividades

O professor dividirá a turma em trios e disponibilizará um roteiro com os materiais necessários para a execução de um dispositivo que ilustre a realização de três atividades experimentais no estudo dos movimentos retilíneos. O experimento "Estudo dos movimentos" (APÊNDICE E) consiste em monitorar o movimento de uma bolha de ar e de uma esfera de aço no interior de uma mistura líquida. Enquanto se observa a bolha e a esfera de aço, marcam-se os dados: posição e tempo transcorrido entre uma passagem e outra. Após, com um cronômetro e a escala da régua anotam-se os instantes e as correspondentes posições. Marcam-se seis pontos e preenche-se uma tabela. Em um papel milimetrado constroem-se os gráficos: 1º posição x o tempo do movimento da esfera de aço; 2º a posição x o tempo do movimento da bolha; e 3º posição do encontro dos dois móveis.

Referências

GASPAR, Alberto. **Física**: Volume único: livro do professor. São Paulo: Ática, 2008. 551 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**: Mecânica. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HEWITT, Paul G.. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 744 p.

YUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I**: Mecânica. São Paulo: Pearson, 2008.

PIETROCOLA et al. **Física em Contextos**: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia. São Paulo: FTD, 2010.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**: Volume 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2014. 759 p.

Aula 5, 6 e 7

Objetivos

- Usar o estudo da História da Ciência para compreendermos os conceitos físicos.
- Fazer a distinção entre velocidade e aceleração.
- Perceber que o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, consiste em um movimento onde há variação de velocidade, ou seja, o móvel sofre aceleração à medida que o tempo passa.
- Abandonar a ideia de que a aceleração se aplica somente para o aumento de velocidade, compreendendo que vale também para a diminuição da velocidade.

Obstáculos a transpor

Identificação e Fissuração:

- Experiência Primeira e Conhecimento Geral: atribuir propriedades da velocidade à aceleração. Que velocidade e aceleração são proporcionais.
- Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a velocidade depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.
- Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração depende unicamente da posição que o corpo ocupa em um determinado referencial.
- Experiência Primeira e Conhecimento Geral: de que a aceleração é condição necessária para haver movimento.

Situação de aprendizagem

Realização de atividades experimentais de compartilhamento, conflitiva e crítica, provocando reflexões dos estudantes com leitura de texto histórico e observação de experimento que expressa o MRUV. Ainda, aula expositiva em formato de slides com o intuito de discriminar os conceitos de velocidade e aceleração.

- Possibilitar a ligação de conceitos discutidos em um contexto histórico com a atividade experimental.
- Possibilitar o cálculo da velocidade e da aceleração da bola ao rolar pelo trilho durante sua trajetória.
- Observar a variação da velocidade nos diferentes intervalos de tempo observados, o que propicia a análise da aceleração da partícula durante a prática.

Atividades

O professor distribuirá para cada aluno uma cópia do recorte do texto *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo* (APÊNDICE F) e pedirá que três alunos façam a leitura do texto para a turma em forma de teatro. Após uma breve discussão, solicitará que os alunos respondam a uma pergunta e entreguem. O recorte do texto expõe sobre o experimento do plano inclinado de Galileu. Tempo para a realização do experimento e resolução da questão: 50 minutos. Em seguida, dividirá a turma em trios e disponibilizará um roteiro com o material necessário para a execução de uma atividade experimental sobre o MRUV. O experimento "movimento no trilho" (APÊNDICE G) consiste em dois pedaços de canos do mesmo tamanho unidos com fita adesiva, obtendo-se um trilho, e fita de papel em centímetros colada em um lado dos canos, criando uma régua do tamanho do cano. Coloca-se um calço numa das extremidades dos tubos, de forma que ao soltar a bola ela adquira um movimento acelerado não muito rápido. Coloca-se a bola no início da fita, soltando-a, acionando o cronômetro simultaneamente. Observa-se o movimento da bola e anota-se o tempo que ela leva para percorrer a distância de uma extremidade a outra da fita. A partir dos dados obtidos, preenche-se uma tabela para a construção dos gráficos. Na construção do gráfico 1, que relaciona a distância e o tempo, é possível encontrar a velocidade por meio do cálculo da área da figura formada abaixo da reta. No gráfico 2 é possível observar a variação da velocidade em função do tempo, sendo que, neste caso, com o passar do tempo a velocidade aumenta. No terceiro gráfico observa-se que a aceleração é constante, ou seja, não varia com o passar do tempo e o aumento da velocidade. Os sinais da velocidade e da aceleração são iguais, portanto, o movimento da bola durante o experimento é acelerado, e como ela se move em direção ao eixo positivo o movimento é progressivo. Tempo estipulado para a realização do experimento e resolução das questões: 50 minutos. Após, para esclarecer melhor os conceitos trabalhados nas atividades, aula expositiva no formato de slides explicitando sobre os conceitos iniciais de cinemática, MRU e MRUV. Tempo estipulado: 40 minutos.

Referências

<http://quifisica1.blogspot.com.br/2012/05/movimento-retilineo-uniformemente.html>

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Mecânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HEWITT, Paul G.. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 744 p.

YUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I: Mecânica**. São Paulo: Pearson, 2008.

MATEUS, Alfredo Luis et al. **Ponto Ciência**. Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

PIETROCOLA et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia**. São Paulo: FTD, 2010.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, p.1-10, 18 fev. 2010.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros: Volume 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2014. 759 p.

Aula 8, 9 e 10

Objetivos

- Abandonar a ideia de que o volume ou peso influenciam na velocidade de queda de um objeto.
- Compreender que quando um objeto está caindo sem enfrentar qualquer impedimento – sem atrito com o ar ou qualquer outro – ele cai sob influência exclusiva da gravidade.
- Tomar consciência de que todos os objetos caem do mesmo modo porque possuem a mesma aceleração de queda, que é a aceleração gravitacional.

Obstáculos a transpor

Identificação, fissuração e superação:

- Obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista: Que a velocidade de queda é proporcional ao peso do corpo.

- Obstáculos Experiência Primeira, Substancialista e Realista: que a queda livre depende unicamente de sua massa, que é uma propriedade intrínseca e não depende da interação (interação com a Terra).
- Experiência Primeira, Substancialista e Realista: a natureza do corpo (sua quantidade de peso ou leveza) determina sua velocidade.
- Experiência Primeira e Animista: a gravidade é entendida como algo que realmente puxa, empurra e segura para baixo.

Situação de Aprendizagem

Realização de atividades experimentais de compartilhamento e conflitiva sobre a queda dos corpos. Utilizando-se de questão problema, leitura de textos históricos e demonstração de experimentos. O intuito é causar conflito cognitivo para reflexões de suas concepções prévias quanto a queda dos corpos:

- A questão problema consiste em verificar a concepção prévia dos alunos quanto à queda dos corpos antes da realização do experimento e leitura dos textos.
- A leitura de dois recortes de textos consiste em explanar a visão de Aristóteles e Galileu sobre a queda dos corpos.
- Os experimentos I e II consistem em demonstrar a queda de pares de objetos com formas e massas diferentes. Assim, mostrar que, independentemente da massa dos objetos, eles sempre demoram o mesmo tempo para chegar ao chão, se soltos da mesma altura.
- O Experimento III consiste em demonstrar a queda de objetos de formas iguais com massas iguais e diferentes. Desta forma, mostrar que dois objetos de formas iguais, quando soltos de uma mesma altura, levam o mesmo tempo para tocar o solo, independentemente de suas massas.
- Aula expositiva no formato de slides com intuito de procurar esclarecer dúvidas e desestabilizar conceitos intuitivos por meio de aula teórica, com explicações do professor e questões dialogadas, buscando elucidar e instigar os alunos para definições precisas no estudo da Cinemática.

Atividades

O professor iniciará a aula com uma questão problema (APÊNDICE H), pedindo que os alunos exponham suas opiniões, como também

respondam a questão individualmente e a entreguem. Tempo estipulado para a atividade: 20 minutos. Em seguida, convidará dois alunos voluntários para que façam a demonstração de três atividades experimentais à turma. O experimento I: "queda dos corpos I" (APÊNDICE I) mostra duas quedas de objetos: queda de um livro pesado e uma folha de alumínio. É esperado na primeira queda que o livro chegue ao chão antes da folha. Na segunda queda, desta vez com a folha de papel alumínio bem amassada, na forma de uma bolinha. O resultado esperado agora é de os dois objetos caírem juntos. Os alunos terão 10 minutos para demonstração do experimento. O Experimento II: "queda dos corpos II" (APÊNDICE J) mostra dois objetos de massas bem diferentes: duas esferas modeladas, uma com pouca e outra com muita massa de modelar. Soltam-se as duas da mesma altura ao mesmo tempo, usando algo (caderno, livro, etc) como bandeja: vira-se a bandeja de modo que as duas esferas comecem a cair ao mesmo tempo. O resultado é que as esferas toquem o chão ao mesmo tempo, apesar delas terem visivelmente massas diferentes. Os alunos terão 10 minutos para demonstração do experimento. Experimento III: "queda dos corpos III" (APÊNDICE K) mostra a queda de dois objetos idênticos. O experimento consiste em girar um pedaço de cabo de vassoura, com duas garrafas idênticas presas por dois pedaços de barbante iguais; em cada extremidade livre dos barbantes, é feito um laço e encaixado a cada prego fixo no cabo a uma certa distância. O que se pode observar neste experimento é um único som produzido pelo choque das garrafas com o solo, para qualquer quantidade de massa em garrafa. Os alunos terão 10 minutos para demonstração do experimento. Após, o professor distribuirá dois recortes de textos: 1º sobre a visão de Aristóteles sobre a queda dos corpos (APÊNDICE L) e o 2º sobre a visão de Galileu sobre a queda dos corpos (APÊNDICE M). Em seguida, dividirá a turma em dois grupos: grupo 1 e 2, onde o grupo 1 fará a leitura do 1º texto e o outro grupo 2 explicará o que compreendeu. Da mesma forma, o grupo 2 fará a leitura do 2º texto para que o grupo 1 explique o que compreendeu. Tempo estabelecido: 30 minutos. Por fim, aula expositiva no formato de slides. Tempo: 20 minutos.

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Mecânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

LAVARDA, Francisco Carlos. **Experimentos de física para o ensino médio e fundamental com materiais do dia-a-dia**. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

YUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I: Mecânica**. São Paulo: Pearson, 2008.

PEDUZZI, Luiz O. Q.. Física Aristotélica: Por que não considerá-La no ensino da Mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 1, n. 13, p.48-63, abr. 1996.

PIETROCOLA et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia**. São Paulo: FTD, 2010.

PORTO, C.m.; PORTO, M.b.d.s.m.. Recorte retirado do artigo: A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p.1-9, fev. 2009.

Aula 11

Objetivos

- Descrever definições precisas sobre as grandezas físicas, velocidade e aceleração.
- Verificar a aprendizagem e identificar os conceitos intuitivos dos alunos sobre os conceitos de aceleração e velocidade.

Obstáculos a transpor

Fissuração e superação:

- Obstáculos epistemológicos e didáticos quanto às grandezas físicas velocidade e aceleração.

Situação de aprendizagem

Realização de atividade de compartilhamento com o propósito de constatar a superação das concepções prévias quanto aos significados das grandezas físicas, velocidade e aceleração, envolvendo construção textual.

- Propor a produção de texto que demonstre a diferença entre velocidade e a aceleração e a importância dessas grandezas físicas na descrição dos movimentos.

Atividades

O professor distribuirá para cada aluno o texto *Diálogo o Tempo e o Movimento* (APÊNDICE O), trabalhados na segunda aula da SD e solicitará que os alunos desenvolvam a continuação do diálogo, desta vez com mais dois personagens, a velocidade e a aceleração, partindo dos fenômenos discutidos nas atividades em aulas anteriores da SD. Os alunos terão 40 minutos para o desenvolvimento do texto e a entrega.

Referências

PIETROCOLA et al. **Física em Contextos**: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia. São Paulo: FTD, 2010.

Aula12

Objetivos

- Avaliar a possível evolução quanto aos conceitos intuitivos dos alunos referente a todo o conteúdo de Cinemática.
- Descrever o estágio de superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos existentes no processo de ensino-aprendizagem da Cinemática.

Obstáculos a transpor

Superação:

- Obstáculo de aprendizagem conforme concepções alternativas indicadas na literatura trabalhados na SD.
- Obstáculo de aprendizagem que podem ocorrer durante a aplicação da SD.

Situação de Aprendizagem

- Realizar um pós-teste com intuito de sondagem para analisar os resultados da implementação da SD visando seu redimensionamento e correções.

Atividades

Pós-teste (APÊNDICE C) – aplicação do mesmo teste aplicado no início da SD. Os alunos terão 30 minutos para responder e entregar.

Referências

FERNANDES, Simone Aparecida. **Um estudo sobre a consistência de modelos mentais sobre mecânica de estudantes de Ensino Médio.** 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <
http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8NVHGR/tese_simone_aparecida_fernandes.pdf?sequence=1>.
Acesso em: 11 jan. 2016.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da. **A Metacognição e as Atividades Experimentais no Ensino de Física.** 2011. 344 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95261/290643.pdf?sequence=1>>. Acesso em 11 jan. 2016.

APÊNDICE C - Pré e pós-teste

Responda:

1 - Como você descreveria o movimento retilíneo uniforme? Cite 1 exemplo.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2 - Como você descreveria o movimento retilíneo uniformemente variado? Cite 1 exemplo.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Nas questões 3 a 12 você deve assinalar apenas uma opção.

3. Quanto à posição de um corpo, pode-se dizer que esta corresponde:

- (A) À localização de um corpo em certo instante em relação a um determinado referencial.
- (B) Posição é a distância percorrida por um corpo num determinado intervalo de tempo.
- (C) Posição de um corpo é o valor da sua velocidade.
- (D) Se seu movimento é progressivo ou retrógrado.
- (E) O espaço enquanto distância entre dois pontos.

4. O deslocamento percorrido dividido pelo tempo nos informa:

- (A) Tempo gasto no percurso.
- (B) Percurso descrito pelo corpo.
- (C) Velocidade de um corpo.
- (D) Sua posição.
- (E) Seu deslocamento.

5. Um móvel descreve um movimento retilíneo, sendo que suas posições variam com o tempo de acordo com os dados na tabela a seguir. Nessas condições, é correto afirmar que:

t (s)	1	3	5	7	9	11	13
x (m)	150	250	350	450	550	650	750

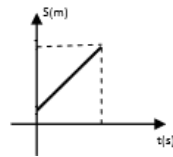
- (A) a velocidade escalar do móvel é constante igual a 50m/s.
 (B) a velocidade escalar do móvel não se mantém constante.
 (C) a aceleração escalar do móvel é constante igual a 50 m/s².
 (D) o movimento é acelerado.
 (E) a velocidade escalar média no intervalo de tempo entre 1 e 3 segundos é diferente da velocidade entre 9 e 11 segundos.

6. A aceleração de um corpo se refere:

- (A) À mudança de posição de um corpo.
 (B) O aumento da sua velocidade.
 (C) A qualquer variação na velocidade.
 (D) A diminuição da velocidade.
 (E) Ao deslocamento de um corpo.

7. O gráfico a seguir representa a posição de um móvel em função do tempo. Nessas condições, pode-se afirmar que o gráfico se refere a um movimento:

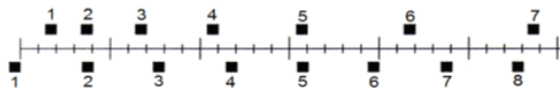
- (A) uniforme e retrógrado.
 (B) uniformemente variado e acelerado.
 (C) uniformemente variado e retardado.
 (D) uniforme com velocidade escalar de 10m/s.
 (E) uniforme e progressivo.



8. Um automóvel tem movimento retilíneo com aceleração constante, deste modo:

- (A) Ao diminuir a velocidade ele está acelerando.
 (B) Significa que a velocidade também é constante.
 (C) A velocidade varia em quantidades iguais para intervalos de tempo iguais.
 (D) A posição sempre estará aumentando com o tempo.
 (E) A velocidade é sempre positiva.

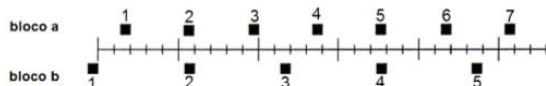
9. Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



Os blocos têm alguma vez a mesma velocidade?

- (A) Não.
- (B) Sim, no instante 2.
- (C) Sim, no instante 3.
- (D) Sim, nos instantes 2 e 5.
- (E) Sim, em algum instante durante o intervalo 3 e 4.

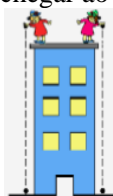
10. Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



As acelerações dos blocos estão relacionadas da seguinte forma:

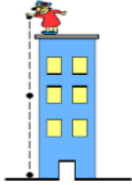
- (A) A aceleração de “a” é maior do que a aceleração de “b”.
- (B) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são maiores do que zero.
- (C) A aceleração de “b” é maior do que a aceleração de “a”.
- (D) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são zero.
- (E) Não há informação suficiente para responder à pergunta.

11. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As esferas são soltas do telhado de um prédio no mesmo instante de tempo. Quanto ao tempo que as esferas demoram para chegar ao chão:



- (A) A esfera mais pesada demora a metade do tempo da esfera mais leve.
- (B) A esfera mais leve demora a metade do tempo da esfera mais pesada.
- (C) Ambas as esferas demoram mais ou menos o mesmo tempo.
- (D) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais pesada, mas não necessariamente a metade.
- (E) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais leve, mas não necessariamente a metade.

12. Uma pedra que é deixada cair do telhado de um edifício na superfície da Terra:



- (A) Alcança uma velocidade máxima logo após ser largada e cai com velocidade constante depois disso.
- (B) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, porque a atração gravitacional vai se tornando mais forte à medida que a pedra se aproxima da superfície da Terra.
- (C) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, devido à força da gravidade quase constante que atua sobre ela.
- (D) Cai por causa da tendência natural de todos os objetos para ficarem em repouso na superfície da Terra.
- (E) Cai por causa dos efeitos combinados da força da gravidade e da força do ar que a empurram para baixo.

APÊNDICE D - Texto diálogo entre o Tempo e o Movimento

Leia o texto com atenção.

DIÁLOGO ENTRE O TEMPO E O MOVIMENTO. Fonte: (PIETROCOLA et al. 2010, p. 69).

- Oh, amigo movimento! Chegará o momento em que finalmente terei de te parar. Já pensaste que, se não passo, tu não existes? **(T)**
- Como?! Eu determino o fim de nós dois! Sem o movimento dos ponteiros, dos astros ou até o da suave queda dos grãos de areia nas ampulhetas, não teriam como te encontrar...**(M)**
- Nada disso, nobre amigo! Eu passo a despeito de tudo...Apenas não teriam como me estimar. **(T)**
- Mas, sem corpos em movimento, tudo estaria como antes...**(M)**
- É verdade. Entretanto, quando nada muda, ficamos a esperar. E esperar nada mais é do que experimentar o tempo passar. Porém existes apenas pelo que dizem de corpos em movimento: Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estará lá. Se não passo deves comigo concordar, um corpo não estará em dois lugares. **(T)**
- E se o rodopio da Terra cessar, o céu parar, os ventos não soprarem mais? Se não fosse o movimento, o que Aristarco, Kepler, Galileu, Newton e muitos outros iriam estudar? **(M)**
- Bem, parece chegada a hora de termos de concordar: somos igualmente importantes. Sinto pelo Espaço, que, pouco importante fica sempre largado. **(T)**
- Estás enganado. Se há movimento, Espaço e Tempo são importantes. **(M)**
- Mas o que é o tal Espaço, senão o nada entre um instante e outro, quando, é lógico, um movimento se dá? **(T)**
- Os pensadores dizem que o Movimento é o senhor do Espaço e do Tempo... **(M)**
- Estou convencido! Só mesmo pela Velocidade e pela Aceleração é que devemos lamentar...Mas, se me permites, nobre amigo, sobre elas nem quero comentar. **(T)**

Responda as questões a seguir.

Fonte: (PIETROCOLA et al. 2010, p. 70).

1. No início do debate, o Tempo e o Movimento julgam-se cada um mais importante que o outro. Que argumentos apresentaram e a conclusão que os dois chegaram?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Uma frase do texto sintetiza bem o Movimento de sua reação com o Espaço e o Tempo: "Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estará lá". Identifique nessa frase uma palavra que representa a ideia de:

a) Passagem do tempo;

.....
.....
.....
.....
.....
.....

b) O espaço ocupado, ou seja, posição no espaço (lugar).

.....
.....
.....
.....
.....
.....

c) Quais maneiras de medida do tempo citada no texto? Cite outras maneiras de medir o tempo.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

d) No relógio, os ponteiros se movem. E sobre as outras maneiras de medir o tempo (que você indicou na questão anterior), há alguma relação com o movimento? Explique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Quanto à descrição do tempo, qual a duração de um instante? Qual a diferença do significado de um instante na vida cotidiana e na Física?

.....

.....

.....

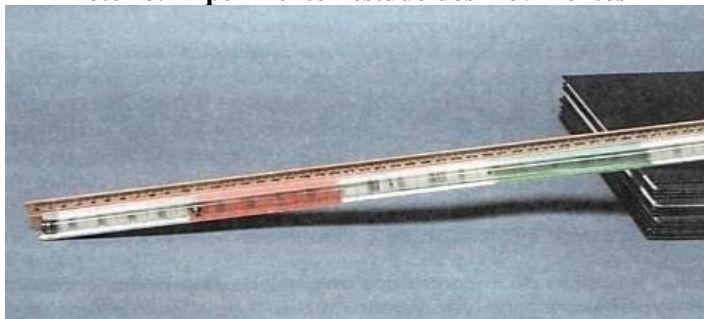
.....

.....

.....

APÊNDICE E - Experimento "estudo dos movimentos"

Roteiro: Experimento "estudo dos movimentos"



Procedimentos:

- ❖ Inicialmente, deixe a bolha de ar e a esfera de aço nas extremidades opostas da mangueirinha;
- ❖ Em seguida, incline a régua, coloque a extremidade onde está a esfera de aço sobre um ou dois livros para manter inclinação constante.
- ❖ Observa-se, então, que a esfera desce enquanto a bolha de ar sobe; ambas se cruzam numa determinada posição e continuam o seu movimento.

1. Primeiro estuda-se o movimento da esfera. Para isso, coloque a extremidade da régua onde está a esfera sobre um ou dois livros e, com um cronômetro e a escala da régua, marque os instantes e as correspondentes posições. Meça seis pontos. Preenche-se então uma tabela, como apresentada abaixo:

t (s)	0					
x (cm)	10	20	30	40	50	60

Com essa tabela, no papel milimetrado, construa o gráfico posição x tempo do movimento da esfera de aço e determine a sua velocidade e a correspondente função da posição em relação ao tempo.

2. Repete-se o procedimento exatamente da mesma maneira, mas agora focando apenas na bolha de ar. Construa o gráfico posição x tempo do movimento da bolha e determine a sua velocidade e a correspondente função da posição em relação ao tempo. É importante que as condições sejam exatamente as mesmas do movimento da esfera de aço. Devemos adotar a escala da régua como referencial. Dessa forma um dos gráficos terá inclinação negativa, já que um dos móveis se movimenta no sentido

contrário ao sentido positivo da régua (sentido dos valores crescentes da escala).

t (s)						
x (cm)	60	50	40	30	20	10

3. Agora determine a posição do encontro dos dois móveis. Isso pode ser feito graficamente desenhando ambos os gráficos no mesmo plano cartesiano.

4. Construa o gráfico da velocidade x tempo para a esfera e a bolha.

É importante repetir o procedimento algumas vezes para verificar por observação direta se o encontro ocorre sempre na mesma posição da régua, o que permitirá avaliar a validade do experimento.

5. Descreva o que você observou ao realizar o experimento em relação à posição e ao tempo no movimento da esfera. Explique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Descreva o que você observou ao realizar o experimento em relação à posição e ao tempo no movimento da bolha de ar. Explique.

.....

.....

.....

.....

.....

7. No movimento da bolha de ar e da esfera, o que você concluiu sobre a velocidade? Explique.

.....

.....

.....

.....

.....

8. Qual a distância percorrida pela esfera e a distância percorrida pela bolha de ar?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. Quanto ao sentido da orientação da trajetória, como você define o movimento da esfera e da bolha de ar? Por quê? Com o que poderíamos comparar em nosso cotidiano?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

APÊNDICE F - Texto - Galileu e o plano inclinado

Leia o texto com atenção:

Galileu e o plano inclinado¹⁴

Em sua já citada obra *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo: Ptolomaico e Copernicano*, construída na forma de um diálogo quase pedagógico, de inspiração socrática, Galileu apresentou um argumento poderoso em favor da idéia da persistência inercial do movimento. Através de seus personagens, Salviati e Simplicio, Galileu expõe o debate entre o novo pensamento científico, representado pelo primeiro, e o pensamento aristotélico, na voz do segundo. Salviati propõe a Simplicio a questão de como se dará o movimento, livre de resistências, de um corpo, como por exemplo uma esfera, sobre um plano inclinado. Conforme a experiência nos indica, o movimento de subida do corpo pelo plano se dará de forma desacelerada, até que o corpo pare por completo. Já no caso de um movimento de descida sobre o plano, a velocidade do corpo aumentará indefinidamente. A conclusão de Salviati emerge da pergunta seguinte: se o corpo ao subir sobre o plano tem sua velocidade diminuída até zero e ao descer sobre o mesmo plano tem sua velocidade aumentada indefinidamente, tão mais lentamente quanto menor for a inclinação do plano, o que ocorreria se não houvesse inclinação alguma? A resposta imposta a Simplicio é a de que o movimento continuaria indefinidamente, sem qualquer alteração na velocidade, seja de diminuição ou de aumento.

Salviati : - Não desejo que digais ou respondais nada sem saber a não ser aquelas coisas que seguramente sabeis. Por isso, dizei-me: quando tivésseis uma superfície plana, polidíssima como um espelho e de matéria dura como o aço, e que não fosse paralela ao horizonte, mas um pouco inclinada, e sobre o qual se colocasse uma bola perfeitamente esférica e de matéria pesada e duríssima, como, por exemplo, de bronze, deixada em liberdade, o que acreditais que ela faria? Não acreditais (assim como eu) que ela ficasse parada?

Simplicio: - Se aquela superfície fosse inclinada?

¹⁴Este texto é um recorte do artigo: PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, p.1-10, 18 fev. 2010.

Salviati: - Sim, porque assim o supus.

Simplicio: - Não acredito de modo algum que ela ficasse parada; ao contrário, estou perfeitamente seguro de que ela se moveria espontaneamente na direção do declive. (...)

Salviati - E qual seria a duração do movimento daquela bola, e com que velocidade? Notai que me referi a uma bola perfeitissimamente redonda e a um plano perfeitamente polido, para remover todos os impedimentos externos e acidentais. E assim também quero que seja abstraído o impedimento do ar mediante a sua resistência a ser aberto, e todos os outros obstáculos acidentais, se outros pudessem existir.

Simplicio: - Compreendi tudo perfeitamente: quanto a vossa pergunta, respondo que ela continuaria a mover-se ao infinito, se tanto durasse a inclinação do plano, e com um movimento continuamente acelerado; (...)

Salviati: - Mas se outros quisessem que aquela bola se movesse para cima sobre aquela mesma superfície, acreditais que ela subiria?

Simplicio: - Espontaneamente não, mas só arrastada ou lançada com violência.

Salviati: - E quando ela fosse impelida por algum ímpeto que lhe fosse violentamente impresso, qual e quanto seria o seu movimento?

Simplicio: O movimento iria sempre enfraquecendo e retardando-se, por ser contra a natureza, e seria mais demorado ou mais breve, segundo o maior ou menor impulso e segundo o maior ou menor aclave.

Salviati: - Parece-me, portanto, até aqui, que vós me haveis explicado os acidentes de um móvel sobre os dois planos diferentes; e que no plano inclinado o móvel pesado espontaneamente desce e vai continuamente acelerando-se, e, que, para retê-lo em repouso, é necessário usar força; mas sobre o plano ascendente é necessário força e também para pará-lo, e que o movimento que lhe foi impresso vai continuamente enfraquecendo, até que finalmente se anula. Dizeis ainda mais que em um e em outro caso nasce uma diferença dependendo de se a declividade ou aclividade do plano for maior ou menor; de modo que a uma inclinação maior corresponde uma maior velocidade e, ao contrário, sobre o plano em aclave o mesmo móvel lançado pela mesma força move-se uma distância maior quanto menor seja a elevação. Dizei-me agora o que aconteceria com o mesmo móvel sobre uma superfície que não estivesse nem em aclave nem em declive.

APÊNDICE G - Experimento "movimento no trilho"

Roteiro: Experimento "movimento no trilho"

Procedimentos:

- Coloque um calço sob uma das extremidades dos tubos, de forma que ao soltar a bola ela adquira um movimento acelerado não muito rápido.
- Coloque a bola no início da fita (Figura 1) e solte-a acionando o cronômetro simultaneamente. Anote o tempo que ela leva para percorrer a distância de uma extremidade a outra da fita.

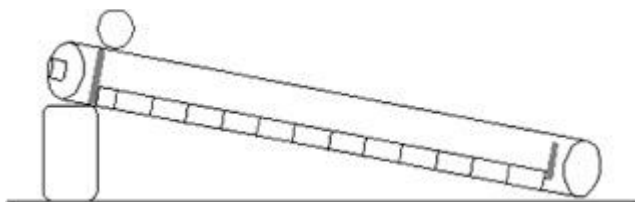


Figura 1 - Esquema do experimento montado

- Repita o procedimento soltando a bola de outro ponto da fita para ter como comparar diferentes valores, com o cuidado de que o ponto inicial (de onde a bola será solta) deverá ter sempre a mesma altura, já que as causas dos valores obtidos não estarão sendo levadas em consideração.

Dados obtidos com a observação do experimento:

1) Na tabela 1, com a ajuda do professor, registre os valores de distância percorrida pela bola durante sua trajetória no experimento e seu respectivo tempo, e os valores de velocidade e aceleração calculados.

Nº de vezes	Distância (m)	Tempo (s)	Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s^2)

2) Após a realização do experimento responda:

a) Descreva o que você observou no movimento da bola quanto às velocidades. Houve diferença nos valores obtidos?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

b) Descreva o que você observou no movimento da bola quanto às acelerações. Houve diferença nos valores obtidos?

.....
.....
.....
.....
.....

c) Como você classificaria este movimento: movimento retilíneo uniforme ou movimento retilíneo uniformemente variado? Por quê?

.....
.....
.....
.....
.....

d) O movimento da bola é acelerado ou retardado? Explique com base nos valores de velocidade e aceleração obtidos anteriormente.

.....
.....
.....
.....
.....

e) O texto *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo: Ptolomaico e Copernicano* expõe sobre a experiência do plano inclinado realizada por Galileu. Que conceitos expostos no diálogo você pôde observar no experimento? Explique.

.....
.....
.....
.....
.....

APÊNDICE I - Experimento "queda dos corpos I"

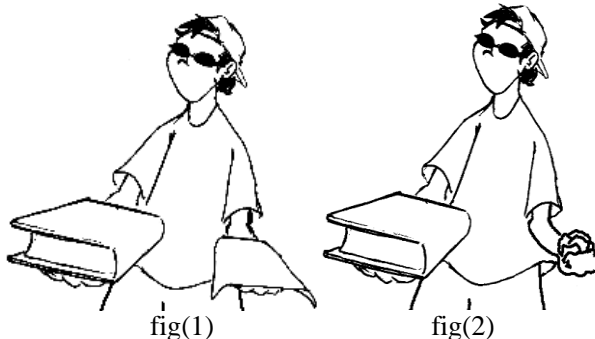
Roteiro: Experimento "queda dos corpos I"

Procedimentos:

1- Com a folha de papel alumínio em uma mão e um livro grosso na outra, soltam-se os dois da mesma altura ao mesmo tempo.

2 - Então realiza-se uma segunda queda, desta vez com a folha de papel alumínio bem amassada, na forma de uma bolinha.

- A figura 1 mostra como fazer a primeira queda: o livro grosso em uma mão e um folha de papel alumínio na outra.
- A figura 2 mostra como fazer a segunda queda: a folha de papel alumínio amassada em uma mão e o livro na outra.



A verificação dos resultados depende da observação atenta da queda. Por isso repita cada par de quedas pelo menos duas vezes.

1) Discussão

.....

.....

.....

.....

.....

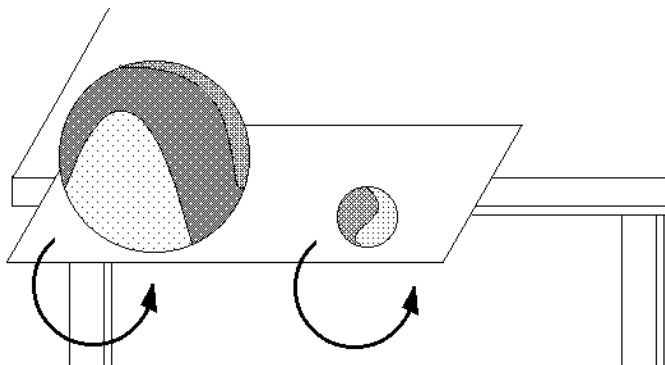
.....

APÊNDICE J - Experimento "queda dos corpos II"

Roteiro: Experimento "queda dos corpos II"

Procedimentos:

- Toma-se de um pacote de massas de modelar com, por exemplo, 10 barras e usa-se 8 barras para fazer a esfera maior e 2 barras para fazer a menor.
 - Solta-se as duas da mesma altura ao mesmo tempo usando algo (caderno, livro, etc) como bandeja: vira-se a bandeja de modo que as duas esferas comecem a cair ao mesmo tempo.
- **A verificação dos resultados depende da observação atenta da queda. Por isso observe com muita atenção o momento em que chegam ao solo.**



1) Discussão

.....

.....

.....

.....

.....

.....

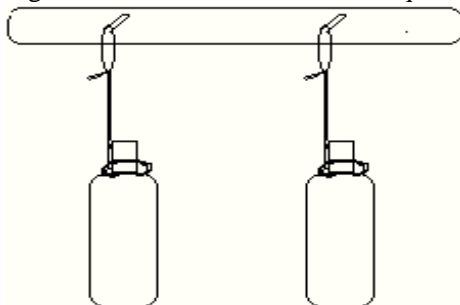
.....

APÊNDICE K - Experimento "queda dos corpos III"

Roteiro: Experimento "queda dos corpos III"

Procedimentos:

- Fixe os pregos no cabo de vassoura de modo que fiquem alinhados.
- Amarre o barbante na tampa da garrafa e com a outra extremidade faça um laço e coloque no prego.
- Repita o procedimento para a outra garrafa, deixando o mesmo comprimento de barbante.
- Coloque uma certa quantidade de água em uma das garrafas e o dobro na outra.
- Levante o cabo de vassoura, horizontalmente, até uma certa altura.
- Gire o cabo de vassoura, fazendo com que as garrafas se desprendam ao mesmo tempo.
- Faça com as garrafas vazias ou com a mesma quantidade de água.



- Se o experimento falhar verifique os seguintes aspectos: os tamanhos do barbante de cada garrafa devem ser iguais; os pregos devem estar alinhados e com o mesmo relevo (referente a sua altura); o giro do cabo de vassoura no momento de soltar as garrafas deve ser rápido; observe se a altura entre o fundo das garrafas e o solo são iguais; para realizar o experimento para diferentes massas é aconselhável que uma das garrafas esteja completa de líquido e a outra esteja com aproximadamente a metade do conteúdo da outra.

Discussão:

.....

.....

.....

.....

APÊNDICE L - Texto 1: Aristóteles

2) Leia o texto abaixo:

Um pouco da História...

Texto 1: Aristóteles¹⁵

Aristóteles (384-322 a.C.), de Estagira, é apontado por historiadores da ciência como uma das mentes mais brilhantes de todos os tempos. Toda e qualquer mudança, para Aristóteles, resulta de um propósito intrínseco ou pré-determinado que as coisas têm para se comportar da maneira como se comportam. Assim, um menino cresce porque é da sua natureza transformar-se num homem; uma semente desenvolve-se e transforma-se em uma planta porque assim é da sua natureza. Da mesma forma, uma pedra cai porque há nela um propósito intrínseco em dirigir-se, como se verá, para o centro do universo que é o seu lugar natural. O termo mudança, para Aristóteles, insere-se dentro de um contexto bastante amplo, significando tanto mudança por crescimento (com a passagem do tempo) como mudança por locomoção (mudança de lugar em relação ao tempo), como também alterações verificadas na natureza, em geral.

No campo da mecânica, as considerações de Aristóteles sobre o movimento dos corpos foram objeto de extensos estudos e debates, notadamente no período que vai do final do século XII até Galileu. A sua concepção de movimento, e em particular o de um movimento natural, é parte fundamental da sua cosmologia. Ela relaciona-se com a forma pela qual imaginava estar constituída a matéria e com a idéia de que os elementos terra, água, ar e fogo possuíam lugares definidos no universo físico.

O lugar natural da terra e da água (por serem pesados) é embaixo. Assim, eles tendem a se mover para baixo. Por ser mais leve (menos densa) do que a terra, o lugar natural da água é sobre a terra.

O lugar natural do fogo e do ar (por serem leves) é em cima. Por isso eles tendem a se mover para cima. Por ser mais leve do que o ar, o fogo procura o seu lugar natural que é acima do ar.

Segundo Aristóteles, as diferentes substâncias e objetos do mundo terrestre originam-se de diferentes combinações dos elementos

¹⁵ Este texto é um recorte do artigo: PEDUZZI, Luiz O. Q.. Física Aristotélica: Por que não considerá-la no ensino na Mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 1, n. 13, p.48-63, abr. 1996.

terra, água, ar e fogo. Um corpo será mais leve ou mais pesado de acordo com o percentual em que nele figuram cada um destes quatro elementos. Dentro desta concepção de lugar natural e da constituição da matéria pode-se, então, entender porque uma pedra cai quando solta de uma certa altura. Por ser uma pedra constituída basicamente do elemento terra, ela cai porque deve retornar ao centro do universo, seu lugar natural. O movimento da pedra em direção ao solo é um movimento natural e por isso não precisa ser objeto de uma discussão mais aprofundada. A propósito, para Aristóteles, se duas pedras, uma pesada e outra leve, são soltas de uma mesma altura, a pedra mais pesada atinge o solo primeiro. Isto acontece porque a pedra mais pesada possui mais terra do que a pedra mais leve. Com isso, a pedra mais pesada tem uma tendência maior para alcançar mais depressa a sua posição natural.

De modo análogo, a fumaça, por ser leve, sobe para ocupar o seu lugar natural, que é em cima. O movimento de subida da fumaça é também um movimento natural.

Movimentos naturais (como o da pedra e da fumaça), isto é, movimentos para baixo de corpos pesados ou movimentos para cima de substâncias leves, resultam de um propósito intrínseco que as coisas têm para buscar o seu lugar natural.

O Sol, a Lua, os planetas e as estrelas também apresentam movimentos naturais que, no entanto, são distintos dos movimentos naturais retilíneos terrestres, que têm um início e um fim, como qualquer fenômeno na Terra. Os corpos celestes estão em constante movimento natural em seu lugar próprio. O movimento circular perpétuo que executam é compatível com a sua natureza e com a idéia de um universo finito.

Assim, a diferença entre os movimentos naturais terrestres e celestes explicita dois tipos de realidades físicas diferentes. Uma é a que existe na Terra, imperfeita, onde tudo muda e decai e nada é o mesmo para sempre. A outra é a que envolve o mundo dos céus, onde tudo é perfeito e incorruptível.

O universo imaginado por Aristóteles tem uma estrutura logicamente ordenada. Nele *"as coisas estão (ou devem estar) distribuídas e dispostas de uma maneira bem determinada; estar aqui ou ali não lhes é indiferente, mas, ao invés, cada coisa possui, no universo, um lugar próprio conforme a sua natureza. (É só no seu lugar que se completa e se realiza um ser, e é por isso que ele tende para lá chegar). Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar; a noção de 'lugar natural' traduz esta exigência teórica da física aristotélica"*

(13). A busca de um corpo a seu lugar natural implica, portanto, num processo de mudança que tem por finalidade a preservação da ordem em um universo hierarquicamente estruturado. De acordo com esta concepção, o repouso de um corpo no seu lugar próprio não necessita de maiores explicações. É a sua própria natureza que o explica, que explica, por exemplo, o repouso da Terra no centro do mundo. (14) O movimento, e não o repouso, é o objeto das atenções de Aristóteles.

Além dos movimentos naturais, existe uma infinidade de outros movimentos, como o de uma caixa que é empurrada ou o de um projétil que é lançado, que são denominados de movimentos violentos ou forçados (por não serem naturais).

APÊNDICE M - Texto 2: Galileu

Texto 2: Galileu¹⁶

Defensor do experimentalismo, Galileu acabou por inventar e aprimorar uma série de instrumentos: lentes, telescópios, microscópios, termômetros e bússolas. Alguns destes instrumentos possibilitaram a observação detalhada do Sol e da Lua. Essas observações permitiram a constatação de que esses astros não possuíam a forma esférica perfeita atribuída por Aristóteles, representando um novo abalo nas fundamentações metafísicas da concepção aristotélica de Universo.

O uso dos instrumentos desenvolvidos por Galileu deu ao empirismo uma nova dimensão e acabou por golpear de forma definitiva a física aristotélica. Através da observação do fenômeno, Galileu concluiu que, contrariamente ao que afirmava Aristóteles, os corpos levariam o mesmo tempo em queda livre a partir de uma mesma altura, independentemente de suas massas, e, através de análises matemáticas, acabou por formular a teoria do movimento uniformemente acelerado para os corpos em queda. A física aristotélica sustentava também que nenhum corpo se movimentava de modo não natural sem uma força externa aplicada constantemente. Galileu desenvolveu, pelo contrário, a ideia decisiva da inércia: do mesmo modo que um corpo em repouso tende a ficar em repouso, um corpo em movimento tende a ficar em movimento, a menos que seja desviado de seu estado original por um agente externo.

Galileu refutou ainda um dos principais argumentos da física aristotélica contra a ideia da Terra em movimento: um projétil lançado para cima cairia forçosamente em outro ponto, já que a Terra teria andado. Como este fenômeno não era observado, os aristotélicos continuavam acreditando que a Terra era estacionária. Galileu, através do conceito de inércia, mostrou que todos os objetos que se encontram sobre a Terra, bem como os observadores nela situados, estão automaticamente dotados do movimento do próprio planeta e, portanto, este movimento seria imperceptível para qualquer desses observadores.

¹⁶Este texto é um recorte do artigo: PORTO, C.m.; PORTO, M.b.d.s.m.. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p.1-9, fev. 2009.

APÊNDICE N - Questões textos históricos

2) Como podemos pontuar as ideias de Aristóteles sobre o movimento?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3) Qual seria a concepção de Aristóteles quanto a situação-problema citada no início desta atividade?

- Um menino segura duas esferas de pesos diferentes. Sabe-se que a esfera A pesa duas vezes mais do que a esfera B e que as ações do ar sobre as esferas são desprezíveis. Considerando que as esferas são abandonadas da mesma altura H e no mesmo instante de tempo, qual esfera chega primeiro ao chão? Por quê?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4) Qual seria a concepção de Galileu quanto a queda dos corpos e qual seria sua opinião referente a este problema?

- Um menino segura duas esferas de pesos diferentes. Sabe-se que a esfera A pesa duas vezes mais do que a esfera B e que as ações do ar sobre as esferas são desprezíveis. Considerando que as esferas são abandonadas da mesma altura H e no mesmo instante de tempo, qual esfera chega primeiro ao chão? Por quê?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

APÊNDICE O - Produção textual

1) Relembrando o início das atividades, trago novamente o texto do diálogo entre o tempo e o movimento. Agora vocês serão convidados a continuar este diálogo com mais dois personagens: a aceleração e a velocidade. Exponham o que aprenderam sobre essas grandezas físicas, mas na forma de diálogo. Sejam criativos!

DIÁLOGO ENTRE O TEMPO E O MOVIMENTO

- Oh, amigo movimento! Chegará o momento em que finalmente terei de te parar. Já pensaste que , se não passo, tu não existes? **(T)**
- Como?! Eu determino o fim de nós dois! Sem o movimento dos ponteiros, dos astros ou até o da suave queda dos grãos de areia nas ampulhetas, não teriam como te encontrar...**(M)**
- Nada disso, nobre amigo! Eu passo a despeito de tudo...Apenas não teriam como me estimar. **(T)**
- Mas, sem corpos em movimento, tudo estaria como antes...**(M)**
- É verdade. Entretanto, quando nada muda, ficamos a esperar. E esperar nada mais é do que experimentar o tempo passar. Porém existes apenas pelo que dizem de corpos em movimento: Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estará lá. Se não passo deves comigo concordar, um corpo não estará em dois lugares. **(T)**
- E se o rodopio da Terra cessar, o céu parar, os ventos não soprarem mais? Se não fosse o movimento, o que Aristarco, Kepler, Galileu, Newton e muitos outros iriam estudar? **(M)**
- Bem, parece chegada a hora de termos de concordar: somos igualmente importantes. Sinto pelo Espaço, que, pouco importante fica sempre largado. **(T)**
- Estás enganado. Se há movimento, Espaço e Tempo são importantes. **(M)**
- Mas o que é o tal Espaço, senão o nada entre um instante e outro, quando, é lógico, um movimento se dá? **(T)**
- Os pensadores dizem que o Movimento é o senhor do Espaço e do Tempo... **(M)**
- Estou convencido! Só mesmo pela Velocidade e pela Aceleração é que devemos lamentar...Mas, se me permites, nobre amigo, sobre elas nem quero comentar. **(T)**

APÊNDICE P: Slides

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Cinemática

O Que iremos Estudar na CINEMÁTICA ?

2. CONCEITOS BÁSICOS
 - 2.1 Ponto Material
 - 2.2 Corpo Extenso
 - 2.3 Repouso e Movimento
 - 2.4 Trajetória
 - 2.5 Distância Percorrida e Deslocamento
 - 2.6 Veloc. Média e Veloc. Escalar Média
3. ACELERAÇÃO
4. MRU
5. MRUV
- 5.4. QUEDA LIVRE

11/03/2017

CINEMÁTICA

É um ramo da mecânica que estuda o movimentos dos corpos sem considerar as causas desse movimento.

Ex: NÃO ESTUDAREMOS as forças que deram origem ao movimento do carro, ou as forças que atuam durante o movimento



2. CONCEITOS BÁSICOS

2.1 Ponto Material: dimensões do corpo "não são significativas" na análise do problema.

2.2 Corpo Extenso: as dimensões do corpo não podem ser desprezadas comparadas com outras dimensões dentro do fenômeno observado.




2.3 Repouso ou Movimento ?


Depende do REFERENCIAL !!!!



*@x67p

Para Pensar III

Podem ter movimento em relação a um certo referencial sem que o móvel se aproxime ou se afaste do mesmo?



2.4 TRAJETÓRIA

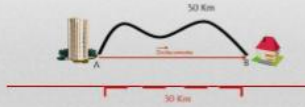


2.5 DISTÂNCIA PERCORRIDA E DESLOCAMENTO

Um boi sai da posição zero da estrada, vai até a posição 5m e depois retorna para a posição zero.



Qual foi o seu deslocamento?
Qual foi a distância percorrida pelo boi ?



2.6 VELOCIDADE MÉDIA

É a razão entre o deslocamento (Δx) do móvel e o tempo decorrido (Δt) nesse deslocamento.

$$v_m = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

2.7 RAPIDEZ OU VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA

É a razão entre a distância percorrida (d) e o tempo gasto (Δt) para percorrê-la.

$$v_m = \frac{d}{\Delta t}$$

EXEMPLO – VELOCIDADE MÉDIA

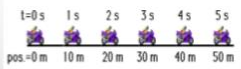
(UFSC-1999) Alguma vez já lhe propuseram a questão sobre "um trem trafegando numa via férrea, com velocidade constante de 100km/h, que é avistado por uma vaca que está no meio dos trilhos? Calcule."

É claro que esta pergunta tem por sua imediata reação: "Calcular o quê?" "E você recebe como resposta: O susto que a vaca vai levar!"

Mas será que ela realmente se assustaria? Para responder a esta questão, desprezando-se os problemas pessoais e psicológicos da vaca, dentre outras coisas, seria necessário conhecer

- 01. a potência do motor da locomotiva.
- 02. a distância entre a vaca e a locomotiva quando esta é avistada.
- 04. o peso da vaca.
- 08. o vetor velocidade média com que a vaca se desloca.
- 16. a largura do trem.
- 32. o comprimento da vaca.
- 64. o peso do maquinista.

4. MRU – MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

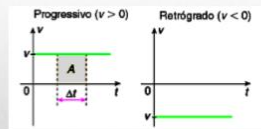


→ deslocamentos iguais em intervalos de tempos iguais

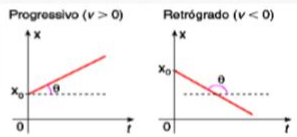
→ Velocidade CONSTANTE (MÓDULO, DIREÇÃO E SENTIDO)

$$X = X_0 + Vt$$

4.1 GRÁFICOS DO MRU

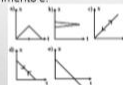


4.1 GRÁFICOS DO MRU



EXEMPLO – MRU GRÁFICOS

(UFMG) Uma pessoa parte de um ponto P, vai até um ponto Q e volta ao ponto P, deslocando-se em linha reta com movimento aproximadamente uniforme. O gráfico da posição x em função do tempo t que melhor representa esse movimento é:



18/07/2017

3. ACELERAÇÃO

Um velocista normalmente acelera no primeiro terço de uma corrida e desacelera gradualmente no restante do percurso. É exato afirmar que um velocista está *acelerando* enquanto diminui a velocidade nos dois terços finais da corrida?

R: Sim. A aceleração se refere a *qualquer* variação na velocidade, incluindo tanto o seu aumento quanto a sua redução

3. ACELERAÇÃO

Aceleração de um movimento é a razão entre a variação da velocidade e o intervalo de tempo decorrido.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Ex. Qual a aceleração média do carro após o motorista pisar no freio, até parar definitivamente?

V(m/s)	6,0	4,0	2,0	0,0
t(s)	0,0	2,0	4,0	6,0

5 – MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO -MRUV



Características:

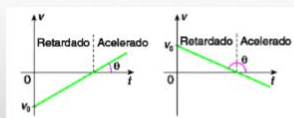
→ O módulo da Velocidade sofre variações iguais em tempos iguais.

→ Equação da Velocidade: $V = V_0 + at$

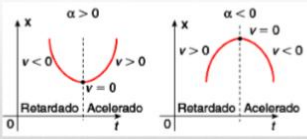
→ Equação da Posição: $X = X_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$

→ Equação de Torricelli: $V^2 = V_0^2 + 2a\Delta x$

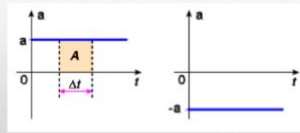
5.1 – GRÁFICOS DO MRUV



5.1 – GRÁFICOS DO MRUV



5.1 – GRÁFICOS DO MRUV



Exemplo 1- MRUV

Uma partícula desloca-se em Movimento Retilíneo Uniformemente Variado de acordo com a seguinte equação horária das posições: $x(t) = 3 - 5t + 2t^2$, em unidades do S.I.

Determine:

- a) A posição inicial
- b) A velocidade inicial
- c) A aceleração
- d) Faça um esquema representando o movimento

Exemplo 1
Resolução

$$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad X = 3 - 5t + 2t^2$$

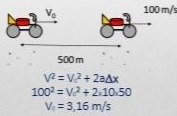
$$X_0 = 3 \text{ m}$$

$$V_0 = -5 \text{ m/s}$$

$$a = 10 \text{ m/s}^2$$

Exemplo 2- MRUV

Uma motocicleta pode manter uma aceleração constante de 10 m/s^2 . A velocidade inicial de um motociclista que deseja percorrer uma distância de 50 m , em linha reta, chegando ao final com uma velocidade de 100 m/s , é de:



5.4 Queda Livre



Quem tinha razão acerca da queda das graves?

Aristóteles

Galileu



?

5.4 Queda Livre

Galileu refutou as hipóteses de Aristóteles



5.4 Queda Livre

O módulo da aceleração de um objeto em queda livre é:

$$g = 9,80 \text{ m/s}^2$$

Observação:

→ g diminui com o aumento da altitude a partir da superfície terrestre

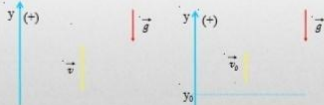
→ $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ é o valor próximo à superfície da Terra

→ Os movimentos de lançamento vertical e queda livre são movimentos retilíneos

5.4 Queda Livre

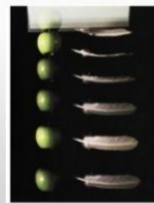
queda livre é um movimento uniformemente acelerado

lançamento vertical (para cima) é um movimento uniformemente retardado



5.4 Queda Livre

Qual o Significado da Expressão Livre ?



Exemplo - Queda Livre

Um corpo cai livremente a partir do repouso do alto de um edifício. Calcule a sua posição e velocidade em $t = 1s$. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$

Resolução

$$y = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} 10 \cdot 1^2 = 5 \text{ m}$$

$$V = V_0 + at$$

$$V = 0 + 10 \cdot 1 = 10 \text{ m/s}$$

REFERÊNCIAS

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Mecânica. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 744 p.

YUNG, Hugh D.; FREDMAN, Roger A. **Física I**. Mecânica. São Paulo: Pearson, 2008.

MARQUES, Nelson Luiz Reyes; LESSA, Marco Antonio. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA. Disponível em: <http://www.sldeserve.com/etma/prof/nelson-luiz-reyes-marques-prof-marco-antonio-lessa>. Acesso em: 07 jan. 2016.