

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JOSÉ CIRÍACO SILVA DUTRA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA CENTRADA NA HISTÓRIA DA
CIÊNCIA E EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD**

**Bagé
2015**

JOSÉ CIRÍACO SILVA DUTRA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA CENTRADA NA HISTÓRIA
DACIÊNCIA E EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Luiz Nedel.

Bagé

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo (a) autor (a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

D978p Dutra, José Ciriaco Silva
Uma proposta para o ensino de física centrada na história
da ciência e epistemologia de Bachelard / José Ciriaco Silva
Dutra.
216 p.

Dissertação (Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2015.
"Orientação: Daniel Luiz Nedel".

1. Ensino de física. 2. História da Ciência. 3.
Epistemologia de Gaston Bachelard. 4. Aprendizagem e ensino de
ciências. 5. Movimento. I. Título.

JOSÉ CIRÍACO SILVA DUTRA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA CENTRADA NA
HISTÓRIA DA CIÊNCIA E EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Ciências

Dissertação defendida e aprovada em: 05 de dezembro de 2015

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Daniel Luiz Nedel
Orientador
UNILA



Prof. Dr. Carlos Roberto Senise Júnior
UNIFESP



Profa. Dra. Vania Elisabeth Barlette
UNIPAMPA

Dedico esta dissertação aos meus pais Sidaulino e Ana por serem exemplos para mim. À minha esposa, Santa Zélia, pelo incentivo e companheirismo sempre presentes. Às minhas filhas Juliana e Paula com meus netos Lucas e Ygor, por darem novos significados à minha vida.

AGRADECIMENTOS

A lista nominal das pessoas e instituições que contribuíram para a concretização deste trabalho tornaria este texto muito extenso. Assim, inicio este texto de agradecimento pedindo antecipadamente perdão àqueles que por esquecimento ou omissão de minha parte, venham a sentirem-se injustiçados. Todos os que contribuíram para este trabalho qualquer que tenha sido a forma, nominados ou não neste texto, tenham a certeza da minha eterna gratidão.

Em especial agradeço à minha família, principalmente aos que me são mais próximos como minha esposa, pela paciência com as minhas horas de mau humor, impaciência e até de desespero. Espero poder recompensá-los por isso.

Referencio sem exceção, os professores do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, tanto aos que lutaram para construí-lo, como aos que no presente contribuem para mantê-lo em alto nível e, por justiça, destaco as valiosas contribuições da professora Vania Elisabeth Barlette para a parte final deste trabalho. Não tenho como expressar a justa medida da gratidão que lhes devo pela imensa contribuição que deram à minha formação intelectual.

Agradeço a todos os meus colegas de curso independentemente de turma, pelo compartilhamento de conhecimento, prazer e amizade decorrentes de nossa convivência.

Sou grato aos professores da Escola Estadual Manoel Lucas de Oliveira, pela demonstração de coleguismo e compreensão da importância do meu estudo. O mesmo se estende aos estudantes, especialmente os da turma cento e um pela colaboração e aos graduandos em física pela UNIPAMPA, Giovanni Del Duca e Felipe Lima pela disposição e contribuição.

Finalmente, minha eterna gratidão ao meu orientador, prof. Daniel Luiz Nedel, o qual, mais do que qualquer outro, contribuiu para a construção deste trabalho. Agradeço pelas lições recebidas, pelas correções de rumo sugeridas, e principalmente, pelas inestimáveis horas de franca dialética histórico-filosófica. Obrigado por tudo, prof. Daniel.

A todos, minha gratidão.

“Precisamente uma das funções do ensino científico é suscitar dialéticas. Descobrir é a única maneira ativa de conhecer. Correlatamente, fazer com que se descubra é o único método de ensinar.”

Gaston Bachelard

RESUMO

A intenção materializada neste trabalho é mostrar que a História da Ciência (HC) pode servir como um referencial norteador e facilitador para o ensino e a aprendizagem da física escolar. A linha pedagógica adotada foca na construção conceitual do fenômeno. Apresenta-se como uma alternativa a um ensino de física fundamentado na exposição de conceitos prontos e atividade puramente matemática. A ideia surgiu da insatisfação com os resultados produzidos pela rotina didático-pedagógica tradicional da escola, acompanhada da acentuada dificuldade dos estudantes em compreender os conceitos da ciência física, quando trabalhados na forma de aulas expositivas tradicionais; centradas em cálculos matemáticos. O fenômeno escolhido como objeto de estudo foi *movimento*. A escolha se justifica pelo fato de se tratar de um fenômeno cotidianamente observado pelos estudantes, e, cuja construção conceitual, é fundamental na física clássica. Para a realização da proposta, foi construída uma sequência didática, acompanhada de estratégias diversificadas; e sua aplicação deu-se em uma turma de primeiro ano do ensino médio da E. E. E. M. Manoel Lucas de Oliveira, localizada no município de Hulha Negra, RS. A partir da aplicação da proposta, foi elaborado um produto educacional no formato de sequência didática, contendo explicações adicionais e sugestões para auxílio aos professores que optarem por inseri-la em sua atividade pedagógica. O embasamento teórico da proposta encontra-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2003), Moreira (2006) e na Epistemologia de Gaston Bachelard, principalmente na sua obra *A Formação do Espírito Científico* (1996) e *Filosofia do Não* (1991). Ausubel postula a importância de considerar os conhecimentos prévios ou espontâneos já construídos pelos estudantes e da forma de usá-los para a construção de novos conceitos. Bachelard, além de considerar importantes os conhecimentos prévios, identifica os entraves naturais, denominados por ele de Obstáculos Epistemológicos, incrustados no sistema cognitivo dos estudantes, decorrentes de suas vivências cotidianas. Foram elaborados textos individuais e em processo de colaboração, bem como mapas conceituais, previstos pela teoria ausubeliana e o perfil epistemológico de cinco estudantes, fundamentado na epistemologia de Bachelard. Optou-se por uma metodologia flexível, adequada a cada momento da ação pedagógica. Foram usadas principalmente Instrução pelos colegas (IpC), Ensino Colaborativo (EC) e alguns experimentos. Os dados obtidos foram analisados sob a teoria metodológica da pesquisa qualitativa, amparada principalmente em Moreira (2011) e Triviños (2012). Espera-se que esta proposta possa contribuir para o ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ensino de física. História da Ciência. Epistemologia de Gaston Bachelard. Aprendizagem e ensino de ciências. Movimento.

ABSTRACT

The purpose of this work is to show that the Science History (SH) it can serve as a guide and facilitator be an instrument for facilitating the learning of physics. The adopted pedagogical line shows the focus on building concepts of phenomenon. It presents itself as an alternative to the teaching of discipline based on exposure of ready concepts and pure mathematical activity. The idea grew out of dissatisfaction with the results produced by the routine of traditional school accompanied by education and the student's difficulty to understanding the physics with traditional classes of mathematics estimates. The chosen phenomenon as study objective was to move. The choice is justified by the fact that it is a phenomenon observed by students and whose construction conceptual, is fundamental in classical physics. In the case of a fundamental phenomenon in classical physics and observed daily by students, the choose has been built a didact sequence, followed by diversified strategies and the implementing was in a first year of high school class at Manoel Lucas de Oliveira in HulhaNegra's city. From implementation of the proposal, an educational product was designed in a didact sequence format, containing additional explanations and suggestions to assist teachers who choose implement in their pedagogical practice. The theoretical background proposed is in the meaningful Learning Theory of David Ausubel (2003), Moreira (2006) and the epistemology of Gaston Bachelard, especially the Word Formation of the Scientific Spirit (1996) and Philosophy of Not (1991). Ausubel postulates the importance of considering the prior knowledge already built by the students and how to use them to build new concepts. Besides Bachelard considered previous knowledge important, shows the natural difficults the epistemological obstacles, embedded in the cognitive system of students resulting from their everyday experiences. An experience comes from questionnaires for data collection, building instructional sequence and final gathering informational through a questionnaire. It was elaborated individual texts and conceptual maps, predicted by the Ausubeliana theory and the epistemological profile of five students, based on Bachelard's theory. A flexible methodology was chosen matched to each moment of pedagogical action. It was used mainly educational by peers and collaborative learning and some experiments. The issues were analyzed from the methodological theory of the qualitative research, based on Moreira (2011) and Triviños (2012). It is expected that this proposal may contribute to the science teaching.

Keywords: Physics teaching. History of Science. Epistemology of Gaston Bachelard. Learning and teaching science. Movement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 e 2- Representação do perfil epistemológico de Bachelard para os conceitos, respectivamente, de massa e energia.....	48
Figura 3 - Diagrama simplificado do processo de pesquisa-ação	67
Figura 4 e 5 - Anotações equipe 2 e experimento resistência do meio ao movimento	84
Figura 6 e 7 - Experimento e anotações equipe 4.....	86
Figura 8 - Anotações da equipe 1: organização das anotações para análise	93
Figura 9 - Experimento relativo ao conceito de inércia e anotações	94
Figura 10 - Experimento e aparato relacionado aos conceitos newtonianos	98
Figura11 - Representação gráfica das aplicações da questão 02.....	107
Figura12 - Representação gráfica das aplicações da questão 03.....	110
Figura 13 - Representação gráfica das aplicações da questão 04.....	113
Figura14 - Representação gráfica das aplicações da questão 05.....	115
Figura15 - Representação gráfica das aplicações da questão 06.....	118
Figura16 - Representação gráfica das aplicações da questão 07.....	122
Figura17 - Representação gráfica das aplicações da questão 08 a.....	125
Figura18 - Representação gráfica das aplicações da questão 08 b.....	126
Figura19 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante A. F.	151
Figura20 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante D. L.	152
Figura21 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante L. R.	153
Figura22 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante T. L.....	153
Figura23 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante V. P.	154
Figura24 - Representação gráfica da amostragem da pluralidade filosófica.....	155
Figura 25 -Representação gráfica da aprendizagem dos cinco estudantes.....	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas de tempo (em segundos), obtidas no experimento sobre meios de densidades diferentes.	84
Tabela 2 – Medidas de tempo (em segundos), obtidas no experimento sobre a lei aristotélica do movimento.....	86
Tabela 3 – Medidas de tempo (em segundos), obtidas no experimento sobre a aceleração.....	92
Tabela 4 – Medidas de distância (em centímetros), obtidas no experimento sobre a lei da inércia.	94
Tabela 5 – Medidas de distância (em centímetros), obtidas no experimento fundamentado na segunda lei de Newton.	98
Tabela 6 – Dados das aplicações da questão 02.....	106
Tabela 7 - Dados das aplicações da questão 03.....	110
Tabela 8 - Dados das aplicações da questão 04.....	112
Tabela 9 - Dados das aplicações da questão 05.....	115
Tabela 10 - Dados das aplicações da questão 06.....	118
Tabela 11 - Dados das aplicações da questão 07.....	121
Tabela 12 - Dados das aplicações da questão 08 a.....	124
Tabela 13 - Dados das aplicações da questão 08 b.....	125
Tabela 14 – Análise das respostas do estudante A. F.	151
Tabela 15 - Análise das respostas do estudante D. L.....	152
Tabela 16 - Análise das respostas do estudante L. R.....	152
Tabela 17 - Análise das respostas do estudante T. L.	153
Tabela 18 - Análise das respostas do estudante V. P.....	154
Tabela 19 – Distribuição das respostas dos estudantes nas escolas filosóficas.....	154
Tabela 20 – Dados dos questionários dos cinco estudantes	158

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REFERENCIAL TEÓRICO	20
1.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	20
1.1.1 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa	21
1.1.2 Ausubel e os tipos de aprendizagem	22
1.1.3 A aprendizagem representacional	22
1.1.4 A aprendizagem proposicional	24
1.1.5 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa	26
1.2 A EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD E A CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO	27
1.2.1 O Progresso da Ciência e os Estados Científicos	29
1.2.2 A Experiência Primeira ou Conhecimento Comum	32
1.2.3 O Conhecimento Geral	33
1.2.4 O Obstáculo Verbal	35
1.2.5 O Obstáculo Substancialista	39
1.2.6 O Obstáculo Animista	41
1.2.7 O Obstáculo Quantitativo	43
1.2.8 A Psicanálise do Realismo	46
1.2.9 O Perfil Epistemológico	48
1.3 O PROGRESSO DA CIÊNCIA EM BACHELARD	51
1.3.1 A Dialética em Bachelard	52
1.3.2 Bachelard, Ausubel e o Ensino	55
2 A PROPOSTA E SUA FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA	63
2.1 A PROPOSTA	63
2.2 O CONTEXTO	64
2.3 A FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA	65
3 ESTUDOS RELACIONADOS	69
4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	73
4.1 MÓDULO I	74
4.1.1 Parte um	75
4.1.2 Parte dois	75
4.1.3 Parte três	75
4.1.4 Comentários sobre o módulo I	76
4.2 MÓDULO II	76
4.2.1 Parte um	77
4.2.2 Parte dois	77
4.2.3 Parte três	78
4.2.4 Comentários sobre o módulo II	79
4.3 MÓDULO III	79
4.3.1 Parte um	80
4.3.2 Parte dois	80
4.3.3 Parte três	82

4.3.4 Parte quatro	83
4.3.5 Comentários sobre o módulo III.....	83
4.4 MÓDULO IV	87
4.4.1 Parte um	88
4.4.2 Parte dois	88
4.4.3 Parte três.....	89
4.4.4 Parte quatro	91
4.4.5 Comentários sobre o módulo IV	91
4.5 MÓDULO V	95
4.5.1 Parte Um.....	95
4.5.2 Parte Dois.....	95
4.5.3 Parte Três.....	96
4.5.4 Parte quatro	97
4.5.5 Comentários sobre o módulo V	97
5 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DAS APLICAÇÕES DO QUESTIONÁRIO	102
5.1 QUESTÃO 01	104
5.1.1 Descrição e análise da primeira aplicação.....	104
5.1.2 Análise da segunda aplicação	105
5.2 QUESTÃO 02.....	106
5.2.2 Descrição e análise da primeira aplicação.....	107
5.2.3 Análise da segunda aplicação	108
5.3 QUESTÃO 03.....	109
5.3.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 03	110
5.3.2 Descrição e análise da primeira aplicação.....	110
5.3.3 Análise da aplicação	111
5.4 QUESTÃO 04.....	111
5.4.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 04	112
5.4.2 Descrição e análise da primeira aplicação.....	113
5.4.3 Análise da segunda aplicação	114
5.5 QUESTÃO 05.....	114
5.5.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 05	115
5.5.2 Descrição e análise da primeira aplicação.....	116
5.5.3 Análise da segunda aplicação	116
5.6 QUESTÃO 06.....	117
5.6.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 06	118
5.6.2 Descrição e análise da primeira aplicação.....	118
5.6.3 Análise da segunda aplicação	120
5.7 QUESTÃO 07.....	121
5.7.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 07	121
5.7.2 Descrição e análise da primeira aplicação.....	122
5.7.3 Análise da segunda aplicação	123
5.8 QUESTÃO 08 A	124
5.8.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 08 a	124
5.8.2 QUESTÃO 08 b	125
5.8.3 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 08 b.....	125
5.8.4 Descrição e análise da primeira aplicação das questões 08 a e 08 b.....	126
5.8.5 Análise da segunda aplicação das questões 08 a e 08 b.....	127
5.9 ANÁLISE GERAL DAS APLICAÇÕES DO QUESTIONÁRIO	128

6 PERFIL EPISTEMOLÓGICO	132
6.1 METODOLOGIA E AÇÃO	132
6.2 QUADRO-RESUMO DAS ESCOLAS FILOSÓFICAS E DESCRITORES DE ANÁLISE	135
6.3 AS ESCOLAS FILOSÓFICAS	136
6.3.1 Realismo ingênuo.....	136
6.3.2 Racionalismo Galileano	139
6.3.3 Racionalismo clássico	142
6.3.4 Racionalismo contemporâneo	143
6.3.5 Força Impressa.....	144
6.3.6 O conceito de massa.....	146
6.4 A CONSTRUÇÃO DOS PERFIS EPISTEMOLÓGICOS	150
6.4.1 Representação do perfil epistemológico do estudante A. F.	151
6.4.2 Representação do perfil epistemológico do estudante D. L.	152
6.4.3 Representação do perfil epistemológico do estudante L. R.	152
6.4.4 Representação do perfil epistemológico do estudante T. L.....	153
6.4.5 Representação do perfil epistemológico do estudante V. P.	154
6.4.6 Representação da pluralidade filosófica: respostas identificadas com mais de uma escola filosófica.....	154
6.4.7 Análise dos perfis epistemológicos construídos	155
6.4.8 A situação de aprendizagem dos cinco estudantes e a relação com seus perfis epistemológicos	157
6.4.9 Análise da situação de aprendizagem dos cinco estudantes	158
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
REFERÊNCIAS	167
OBRAS CONSULTADAS	170
APÊNDICE A - Questionário de sondagem	172
APÊNDICE B - Quadro – resumo da sequência didática	173
APÊNDICE C - Questionário de aplicação inicial e de aplicação final	179
APÊNDICE D - Material de Apoio	182
APÊNDICE E - Roteiro da entrevista para o perfil epistemológico.....	199
APÊNDICE F - Entrevistas transcritas: perfil epistemológico.....	199
APÊNDICE G - Exemplos de mapas conceituais produzidos durante a aplicação da proposta.....	212
APÊNDICE H - Exemplo de texto produzido durante a aplicação da proposta	214
APÊNDICE I - Imagens de atividades desenvolvidas durante a aplicação da proposta	215
ANEXO A-Termo de autorização	217

INTRODUÇÃO

A Educação Brasileira já há algum tempo é objeto de sistemáticas e acirradas críticas, originadas em praticamente todos os setores da sociedade. Entende-se a preocupação em relação ao tema, pois é praticamente consenso que a educação formal ainda é fundamental no desenvolvimento do indivíduo, da sociedade e, por consequência, do país. A sociedade vem se transformando aceleradamente, principalmente nos dois últimos séculos. De modo geral, a escola não acompanha essas mudanças, sua ação pedagógica ainda está centrada na transmissão de conhecimento. Atualmente, principalmente nas escolas públicas de educação básica, o ensino-aprendizagem está amparado no livro didático. A metodologia predominante é a expositiva, onde o professor, amparado no livro didático, é responsável por transmitir o conhecimento. Ao estudante cabe “receber” o conhecimento transmitido pelo professor. Nesse contexto, o estudante é descaracterizado como sujeito construtor de conhecimento. Sua função é a de sujeito passivo, destinado a receber e assimilar informação e conhecimento prontos seja eles de que natureza for.

Essa cultura pedagógica já vem sendo criticada a considerável tempo. Citamos como referencial, entre outros autores, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), Ausubel (2003), Moreira (2006), Bachelard (1991, 1996). A concepção atual em educação é a de que o estudante é o agente construtor de seu próprio conhecimento e que este conhecimento só terá significação para ele se fizer sentido para a compreensão de sua própria realidade. Dessa forma, segundo os autores já citados e muitos outros que comungam a mesma linha de pensamento, é primordial, para a materialização de um ensino-aprendizagem realmente eficaz e significativo para o estudante, uma mudança epistemológica e metodológica.

Em relação ao ensino de ciências, é necessário clareza em relação à concepção epistemológica que deve nortear as ações pedagógicas das escolas. O sistema que rege a educação básica carece de fundamentos filosófico-epistemológicos norteadores claramente explicitados, que possam servir de referencial às escolas e seus professores. Em função desta lacuna, as escolas não definem com clareza as razões do ensino de ciências. Quanto aos professores, grande parte acaba pautando suas ações em concepções pessoais ou então adotando, segundo Becker (1993) e Bittencourt (2001), a epistemologia empirista no

ensino de ciência. É essencial, portanto, a definição de uma concepção filosófico-epistemológica de vertente racionalista, isto é, que oriente o processo de ensino-aprendizagem de ciências para a construção de pensamento racional - científico.

Cabe ressaltar, que no momento da construção deste trabalho, encontra-se em gestação no Ministério da educação (MEC), uma proposta de reforma de base da educação nacional, denominada de Base Nacional Comum (BNC). Depreende-se, a partir do esboço inicial, tratar-se de uma proposta de definição de “conteúdos mínimos” a serem ensinados-aprendidos e, de objetivos comuns a serem perseguidos por todas as escolas de educação básica. A apresentação inicial aponta como base, referenciais já instituídos, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Orientações Curriculares Nacionais (OCN), estas últimas, são referenciais para cada área de conhecimento. Portanto, não se trata, a nosso ver, de uma proposta inovadora ou revolucionária, capaz de resolver os graves problemas de ensino-aprendizagem existentes no sistema atual. O texto não contempla (ao menos até o momento), qualquer linha filosófico-epistemológica, ou metodológica, da mesma forma que as diretrizes nas quais está fundamentada. Ignoramos intencionalmente os também graves problemas de origem material, estrutural e humano, por não serem objetos de estudo deste trabalho. Entretanto, entendemos como positivo, a discussão da necessidade de certa uniformidade, de uma linha geral de ação comum em todo o território nacional, no que tange à atividade educacional. É necessária, por assim dizer, uma mínima “padronização” dos direitos de acesso que todo estudante tem, em qualquer parte do território nacional, aos mesmos saberes. Isto posto, continuamos postulando a necessidade da adoção de uma linha filosófico-epistemológica e metodológica clara para o ensino de ciências. Consideramos essas definições, de fundamental importância para os professores que atuam nas salas de aula, pois, só assim, estes terão referenciais claros, a partir dos quais poderão traçar suas próprias estratégias de ensino. Frisamos, entretanto, que se trata de uma proposta em estágio inicial, que pode, portanto, ainda ser aperfeiçoada.

Em relação à metodologia, a essência da mudança deve ser a substituição da passividade do estudante, para a ação organizada e produtiva. Ou seja: o estudante passa a ser o centro do processo pedagógico. Desloca-se dessa forma o enfoque da transmissão-recepção para a oportunidade-construção. É oportunizar ao estudante a construção e evolução de seu próprio pensamento científico. De outra forma, não

haverá aprendizagem significativa ou evolução da razão, pois para Bachelard (1996), a evolução do espírito científico não é fruto de uma lição recebida, mas sim de um pensamento reconstruído.

A proposta apresentada neste trabalho, mesmo que não se constitua de conceitos inovadores, pode contribuir para a melhoria do processo de ensino de ciências, ao qual nos referimos anteriormente. A razão encontra-se no fato de que para operacionalizá-la necessita-se basicamente de mudança de referencial epistemológico e metodológico, perfeitamente acessível e compreensível aos professores. Não são necessários materiais e instrumentais inéditos ou de difícil obtenção por escolas ou professores. É uma proposta pensada para a realidade da maioria das escolas públicas, especialmente àquelas com maiores dificuldades de acesso aos recursos materiais e humanos. É adequada em nosso entendimento, principalmente por considerar as limitações da realidade material da maioria das escolas públicas e diversidade sócio-culturais dos estudantes que as frequentam. Também por ser flexível. Os professores da disciplina podem, sem dificuldade, adaptá-la de acordo com as suas realidades escolares.

Estudos acadêmicos e exames nacionais e internacionais apontam a dificuldade generalizada dos estudantes na aprendizagem de ciências, particularmente na disciplina de física. Várias hipóteses e, por consequência, explicações, foram, e ainda são formuladas na tentativa de compreender o porquê dessa dificuldade relativa à aprendizagem de física. Os estudos acadêmicos e as diversas obras que embasam este trabalho permitem conjecturar algumas razões, sendo as mais evidentes: o ensino de física centrado somente na matemática, a desconsideração da realidade e contexto do estudante, bem como do conhecimento a ser ensinado; da desconsideração dos conhecimentos prévios dos estudantes, bem como o desconhecimento dos entraves naturais (obstáculos epistemológicos), que se constituem na forma de pensar do próprio estudante e que se opõem ao pensamento científico. Neste ponto é importante destacar que muitos estudos já apontam que os estudantes constroem concepções semelhantes ao pensamento dito científico do passado e conservando-as por vezes, mesmo após o ensino formal. Um exemplo discutido no capítulo seis é a semelhança entre as ideias dos estudantes e o pensamento aristotélico no tocante ao conceito de movimento. Outra razão que pode ser apontada para os problemas do ensino de ciências é a ênfase utilitarista da produção científica, desconsiderando seu maior benefício: o aumento

do nosso conhecimento sobre a natureza e o universo. A esse conjunto deve-se agregar a ausência de diretrizes filosófico-epistemológicas do sistema educacional em relação ao ensino de ciências.

Entendemos que embora não resolva todos os problemas, a inserção da História da Ciência no ensino de física pode contribuir significativamente para amenizá-los. Seu uso possibilita ao estudante a oportunidade de compreender conhecimento como um processo e resultado de atividade intelectual humana, que o saber é um produto histórico de indagações e reflexões articulado por muitas gerações. Isto significa compreender a ciência como uma construção de pensamento, e que, portanto, o seu saber deve ser desejado como parte da cultura humana.

As concepções espontâneas que os estudantes possuem sobre o conceito de movimento (embora incorretas sob o ponto de vista científico), possuem generalidades suficientes para servirem como subsunçores. Sob outro aspecto, podem se constituir no ponto de partida do processo de retificação.

A partir destas considerações, construímos esta proposta com a intenção de mostrar que a inserção da História da Ciência no processo pedagógico pode contribuir para uma melhora qualitativa no aprendizado da disciplina de Física. Também mostraremos que um ensino-aprendizagem, fundamentado num processo dialético entre experimento e pensamento (razão), instrumentalizado por uma metodologia dinâmica, facilita a aprendizagem e a superação das concepções prévias e do conhecimento de senso comum. Ao mesmo tempo, mostraremos que mesmo ocorrendo evolução da razão do ponto de vista científico, os obstáculos epistemológicos nunca são totalmente superados na construção do espírito científico.

A sequência didática, parte desta proposta, foi organizada na forma de módulos didáticos. Foi usado como objeto de estudo o fenômeno *movimento*, tendo como objetivo, a sua construção conceitual racional (científica). A sequência didática foi aplicada em uma turma de primeiro ano do ensino médio na E. E. E. Manoel Lucas de Oliveira, município de Hulha Negra, RS. O módulo foi construído de modo a favorecer a construção lógica de conceitos por parte dos estudantes e a compreensão histórica do desenvolvimento da ciência. Em relação à metodologia, a opção se deu pela Instrução pelos Colegas (IpC), por estar fortemente associada à teoria da aprendizagem significativa, em conjunto com a metodologia da

Aprendizagem Colaborativa (AC).A avaliação da eficácia da proposta foi realizada na forma de análise qualitativa,através da análise de questões (com viés conceitual) aplicada aos estudantes, em conformidade com a proposta de trabalho.

Como resultado, espera-se mostrar que a inserção da HC na atividade de ensino-aprendizagem favorece a aprendizagem de conceitos científicos da disciplina de física, que facilita a superação de possíveis obstáculos epistemológicos referentes a conceitos considerados inadequados do ponto de vista científico e, ao mesmo tempo, possibilita a compreensão dos aspectos histórico-filosóficos da construção do conhecimento científico.

O uso da HC busca justamente a compreensão destes aspectos histórico-filosóficos a que nos referimos anteriormente. Está em consonância com a tendência atual da crescente importância atribuída à Filosofia e a História da Ciência (FHC) como uma ferramenta pedagógica de ensino - aprendizagem. Mathews (1995), em seu estudo *história, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação*; apresenta um panorama geral sobre o assunto. Em seu entendimento, a FHC podem facilitar a compreensão dos conceitos científicos. Os estudantes podem comparar sua forma de pensar ao desenvolvimento das ideias científicas do passado. Conhecendo as revoluções de pensamento da historia da ciência, poderão compreender a necessidade de retificação de seu pensamento. A História facilita a compreensão da natureza da ciência, contextualiza os conteúdos de ensino e permite uma visão relativamente homogênea da disciplina, apresenta a ciência como uma construção humana.

Acrescente-se que para a epistemologia de Bachelard, a HC é de fundamental importância, pois se fundamenta na psicanálise do pensamento histórico. Portanto, sem história não há processo de retificação de “erros” de pensamento e, conseqüentemente, não pode haver evolução do espírito científico. “Psicologicamente, não pode haver verdade sem erro retificado” (BACHELARD, 1996, p. 293). Fica claro que o novo conhecimento torna-se possível pela retificação de um conhecimento anterior. Eis a importância da HC para a eficácia desta proposta e para o ensino de modo geral: permitir aos estudantes a percepção do processo histórico da construção do conhecimento. Pela compreensão desse processo, identificando os erros e equívocos cometidos na construção dos conceitos científicos, os estudantes poderão identificar, em relação ao seu próprio modo de pensar, semelhanças e diferenças. Do mesmo modo, ao compreenderem as

rupturas, as revoluções ocorridas, poderão perceber a necessidade de superarem seus inadequados modelos de pensamento, ou seja: possibilita a superação dos obstáculos epistemológicos. Portanto, mostraremos neste trabalho, a importância da HC como instrumento de superação dos obstáculos epistemológicos dos estudantes e progresso de seu espírito científico.

Este estudo está organizado em nove partes, ou capítulos (desconsiderando a introdução). Cada parte ou capítulo, por sua vez, contém em si, a sua organização, metodologia de construção, descrição e análise de sua aplicação. A organização geral se deu na forma a seguir: a primeira trata do referencial teórico. Na segunda parte são expostas justificativas para a realização deste estudo. Na terceira relaciona-se este a outros trabalhos já existentes. Na quarta parte se discute a construção e a aplicação da sequência didática. A quinta parte se constitui da descrição e análise das aplicações do questionário construído para esta proposta. Na sexta parte explicitamos a construção e discussão do perfil epistemológico dos estudantes. A sétima parte trata das conclusões deste trabalho, onde defendemos, apoiados nas evidências surgidas nas etapas anteriores, que a HC, em conjunto com os referenciais teóricos e as metodologias adotadas neste trabalho, agregam qualidade ao processo de ensino-aprendizagem.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Este estudo tem como referencial teórico a Epistemologia de Gaston Bachelard (1977, 1985, 1991, 1996, 2008) e a Teoria da Aprendizagem Significativa, elaborada por David Ausubel (2003), com colaboração de Josep Novak e D. Bob Gowin, citado por Moreira (2006). Portanto, apresentaremos de forma sucinta, neste capítulo, conceitos considerados importantes para o embasamento teórico-filosófico deste trabalho.

1.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria de Ausubel tem como conceito fundamental a aprendizagem significativa. Para ele, a aprendizagem só pode ser definida como significativa quando a informação, o conhecimento com que o sujeito se defronta, se relaciona de maneira substantiva, não literal ou arbitrária com a sua estrutura cognitiva. Entretanto, para que ocorra aprendizagem significativa, o conhecimento a ser aprendido deve não apenas se relacionar, mas interagir com a estrutura cognitiva do estudante; deve se ancorar no conhecimento que o estudante já possui. Esse conhecimento preexistente na estrutura cognitiva do estudante, comumente denominado de conhecimentos prévios, tem origem na cultura geral, concepções espontâneas, metáforas, etapas anteriores do processo de escolarização e até em materiais preparados com essa finalidade. Por isso, o conhecimento prévio do estudante é também um princípio básico da teoria:

Se tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, apud MOREIRA, 2006 p. 13).

Assim, para que ocorra uma verdadeira aprendizagem, é necessário que o conhecimento apresentado ao estudante encontre na estrutura mental deste; condições adequadas ou conhecimentos potencialmente relacionáveis, os quais Ausubel denomina de subsunçores. Portanto, subsunçores são conhecimentos estáveis na estrutura cognitiva do estudante e cujos significados são potencialmente relacionáveis aos significados do novo conhecimento. A função destes subsunçores será a de ancorar os novos conceitos vistos pelo estudante (MOREIRA, 2006). A

aprendizagem que acontece sem conexão com o conhecimento prévio do estudante é não significativa. É linear e provavelmente de curta duração, por isso chamada por Ausubel de aprendizagem mecânica.

1.1.1 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa

Existem condições necessárias para que ocorra aprendizagem significativa. O material a ser ensinado/aprendido deve ser potencialmente significativo, isto é: seja lógico, faça sentido e seja incorporável a estrutura cognitiva do indivíduo. Ao mesmo tempo, se faz necessário que o assunto a ser ensinado/aprendido encontre subsunçores específicos na estrutura cognitiva do estudante, à qual possa se relacionar significativamente. Há dois sentidos para um material de ensino: o lógico, que depende somente da natureza do próprio material e das possibilidades de relacionamento com as estruturas cognitivas do indivíduo, e o psicológico, que se concretiza na forma com que o indivíduo fará esse relacionamento. Este último é uma experiência do sujeito, pois depende exclusivamente do que ele já sabe, de seu meio cultural e de sua interpretação da realidade. Assim, para que ocorra uma aprendizagem verdadeiramente significativa é necessário que sejam satisfeitas duas condições fundamentais: que o material seja potencialmente significativo e que o sujeito se disponha a aprender, isto é: que esteja psicologicamente disposto a aprender (MOREIRA, 2006). Isto significa que o estudante tem de ser o sujeito de sua aprendizagem, pois “O surgimento de significados, à medida que se incorporam novos conceitos e ideias na estrutura cognitiva, está longe de ser um fenômeno passivo” (AUSUBEL, 2003, p. 54).

Como já dito, a aprendizagem significativa depende de conhecimentos prévios (subsunçores) presentes no sistema cognitivo do estudante. Mas como estes se formam? E o que fazer quando não existem, ou são notadamente insuficientes para que se dê a aprendizagem? Para Moreira (2006), o processo de conceituação se dá nas crianças a partir de sua interação com a realidade e seus signos. Esta significação é um processo idiossincrático, psicológico. É um processo empírico – espontâneo, dá-se pela experimentação, pela testagem de hipóteses e generalizações, decorrentes da interação com o cotidiano. Quando a criança chega à fase escolar, já possui, aos menos hipoteticamente, uma quantidade de conceitos formados. Estes permitirão a aquisição, assimilação e diferenciação de novos

conceitos.

Uma vez que significados iniciais são estabelecidos para signos ou símbolos de conceitos, através de processo de formação de conceitos, novas aprendizagens significativas darão significados adicionais a esses signos ou símbolos, e novas relações, entre conceitos anteriormente adquiridos, serão estabelecidos (AUSUBEL, apud MOREIRA, 2006,p. 22).

Entretanto, é aceitável que em determinadas situações de ensino/aprendizagem o estudante não possua os subsunçores necessários à aprendizagem significativa de determinado conjunto de conhecimento. Uma possibilidade, embora não seja desejável, segundo Novak (MOREIRA, 2006), é o uso da aprendizagem mecânica. Os conceitos aprendidos mecanicamente pelo estudante serão usados como ancoradouros para novos conhecimentos e da dinâmica entre eles, gradativamente serão transformados e surgirão conceitos mais elaborados, mais significativos e maiores possibilidades de servirem como subsunçores. Ausubel, segundo Moreira (2006), entretanto, propõe como possível solução, o uso de organizadores prévios. Estes seriam materiais sobre o assunto a ser ensinado/aprendido, porém, mais amplos, mais gerais e mais inclusivos.

A principal função dos organizadores prévios é, então, a de preencher a lacuna entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa saber, a fim de que o novo conhecimento possa ser aprendido de forma significativa (MOREIRA, 2006).

Ausubel (2003) aponta três tipos gerais de aprendizagem significativa: a representacional, a de conceitos e a proposicional. Outros tipos podem constituir-se em consequência do processo de assimilação.

1.1.2 Ausubel e os tipos de aprendizagem

Ausubel descreve em sua teoria diversas formas de como o sujeito pode aprender e dos modos como o conhecimento pode ser organizado em seu sistema cognitivo. Descreveremos sucintamente alguns desses conceitos, mencionando outros de passagem. Não é objetivo deste trabalho a discussão pormenorizada da teoria ausubeliana.

1.1.3 A aprendizagem representacional

A *aprendizagem representacional*, da qual as outras dependem, é a forma mais simples de aprendizagem. É a forma como as crianças, a partir de certa idade, começam o processo de significação do mundo ao seu redor. Trata-se de atribuir significados a determinados símbolos, principalmente palavras, Ausubel (2003), Moreira (2006, 2011). Implica no desenvolvimento da capacidade de relacionar e identificar os objetos reais ou ideais com os símbolos que os representam. Símbolos estes que podem ser objetos, eventos ou conceitos. Ausubel (2003), apresenta como exemplo, a aprendizagem significativa do conceito da palavra “cão”. Inicialmente, o som que representa a palavra isolada, embora dotado de potencial significativo, não o é para a criança-estudante. O processo de significação inicia-se quando a palavra (símbolo) passa a ter um referente no mundo real. Esses referentes podem ser imagens, objetos, eventos ou conceitos. Pelo processo de representação, símbolo e referente tornam-se a mesma coisa. A aprendizagem representacional torna-se evidencia de aprendizagem significativa quando o estudante consegue, de maneira substantiva e não arbitrária, estabelecer uma relação com conteúdos relevantes de sua estrutura cognitiva. No exemplo, o conceito de “cão” passa a ser significado quando o estudante for capaz de relacioná-lo a referentes representativo-abstrato, biológico ou cultural ou outros, presentes em sua estrutura cognitiva.

Segundo Moreira (2006, 2011), a *aprendizagem de conceitos* constitui-se em uma forma de aprendizagem representacional, pois conceitos são também representados por símbolos específicos que podem ser genéricos ou categóricos, porque representam critérios abstratos essenciais dos referentes. Ou seja: representam regularidades em objetos, eventos ou fenômenos. “Podem definir-se os *conceitos* como objectos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo” (AUSUBEL, 2003, p. 02). Enquanto na aprendizagem representacional a equivalência dá-se entre o símbolo e seu referente, na aprendizagem conceitual a equivalência é entre o símbolo e os atributos criteriosais do referente. Estendendo o exemplo anterior para a aprendizagem de conceitos, a equivalência dá-se não mais somente entre o símbolo e seu referente, como na aprendizagem por representação, mas entre o símbolo e uma série de atributos gerais ou específicos (que pode ser diferenças de raça, porte, sociabilidade e outros) do referente cão.

1.1.4 A aprendizagem proposicional

A *aprendizagem proposicional* se constitui na capacidade de construir significação para ideias ordenadas na forma de proposição. Não se trata de atribuir significados de representação ou de equivalência como nas formas antes descritas. O objeto de significação são proposições verbais. Uma proposição pode ser composta de palavras, conceitos, ou ambos, com certo grau de ordenação, que possibilitem ao estudante atribuir-lhe um mínimo de significado. Enquanto que nas formas representacional e/ou conceitual, a significação se dá em relação a entes unitários (referentes), na proposicional, a mesma acontece em relação a um conjunto de palavras (e ou referentes). De modo geral, palavras organizadas na forma de sentença para construir proposições verbais expressam conceitos. Desse modo, a forma representacional e a conceitual constituem-se em pré-requisitos para a aprendizagem proposicional significativa. Desse modo;

[...] na verdadeira aprendizagem proposicional verbal, apreende-se o significado de uma nova ideia compósita na medida em que (1) a própria proposição se cria a partir da combinação ou relação de múltiplas palavras individuais (conceitos), representando cada uma delas um referente unitário; e (2) as palavras individuais se combinam de tal forma (geralmente na forma de frase) que a nova ideia resultante é mais do que a soma dos significados das palavras individuais componentes. Por isso, é óbvio que antes de se poderem apreender os significados das proposições verbais, é necessário conhecer-se, em primeiro lugar, os significados dos termos componentes ou o que estes representam. Desta forma, a aprendizagem representacional e a conceptual constituem uma base, ou um pré-requisito, para a verdadeira aprendizagem proposicional, sempre que as proposições se expressam de forma verbal (AUSUBEL, 2003, p. 85).

Assim, para aprender de forma significativa uma proposição, se faz necessário que antes se tenha aprendido os significados dos conceitos que a compõem. Embora mais complexa que as anteriores, a aprendizagem proposicional se realiza de modo similar, pois os significados emergem da relação desta com os conceitos ou proposições relevantes presentes na estrutura cognitiva do estudante.

É evidência de uma aprendizagem significativa a posse inequívoca e clara de significados precisos, diferenciados e transferíveis. Entretanto, na busca por evidências dessa aprendizagem é necessário criar situações em contextos diferentes dos apresentados no material instrucional. Podem ser situações-problemas, associações conceituais ou desenvolvimento de várias tarefas, cujas soluções sejam dependentes uma das outras. Assim se pode evitar o uso de

recursos de aprendizagem mecânica, tais como: conceitos decorados ou esquemas concebidos apenas para resolver problemas - modelos.

Segundo Moreira (2006, 2011), Ausubel introduziu o princípio da assimilação para melhor esclarecer o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva. A interação entre a estrutura cognitiva preexistente no indivíduo e os novos materiais de ensino-aprendizagem é uma assimilação de novos e antigos significados, provocando uma ressignificação dessa estrutura, uma diferenciação em relação a sua condição anterior. Simplificando: é apresentado ao estudante um conceito com potencial de aprendizagem. Consideremos que este possua a ideia - âncora (subsunçor) adequada para assimilar, por inclusão, o novo conceito. Ocorrerá então a interação entre ambos, que pode ser na forma de exemplo, extensão, elaboração ou qualificação. A interação provocará modificações tanto no conceito aprendido como no conceito - âncora, tornando-os diferentes de seus originais. Entretanto, durante certo tempo, o estudante pode ainda fazer uso desses conceitos de forma independente, pois eles ainda permanecem dissociáveis no seu sistema cognitivo. “No processo de assimilação, mesmo após o aparecimento dos novos significados, a relação entre as ideias-âncora e as assimiladas permanecem na estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2006, p. 28-29).

Para Ausubel, (2003) e Moreira (2006, 2011), existe uma relação hierárquica entre a o novo conceito ou ideia a ser aprendida e os conceitos ou ideias (subsunçores) existentes no sistema cognitivo do estudante. Os processos descritos como representacional conceitual e proposicional, vistos anteriormente, são classificados por Ausubel como aprendizagem subordinada. A apresentação de proposições ou conceitos potencialmente significativos a proposições ou conceitos (subsunçores) mais gerais e inclusivos, presentes no sistema cognitivo do estudante, estabelece, segundo Ausubel, uma relação de subordinação dos primeiros em relação aos segundos. De acordo com Moreira (2006), essa relação se estabelece porque o sistema cognitivo tende a estabelecer uma organização de hierarquia para o grau de abstração, de generalidade e inclusão das ideias. A aprendizagem subordinada pode ser derivativa ou correlativa. É derivativa quando o material aprendido é entendido como exemplo específico de conceito ou serve como confirmação ou ilustração de conceito ou proposição presente no sistema cognitivo. Por outro lado, é correlativa quando o material aprendido é entendido como extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições já

aprendidos. Para Moreira (2006), este é o processo mais presente na aprendizagem de um novo conteúdo.

A aprendizagem superordenada ocorre quando proposições ou conceitos com menores potenciais de significação, menos gerais e inclusivos, previamente aprendidos, servem de ancoradouro para a aprendizagem de preposições ou conceitos de maior potencial significativo, mais abrangente e inclusivo. Neste processo os primeiros acabam assimilados pelos segundos. Desta forma, além de ocorrer a aprendizagem significativa, pode ocorrer a interação entre os subsunçores existentes, formando novos, mais gerais e mais inclusivos. Esta forma é mais comum na aprendizagem conceitual.

Diz-se que a aprendizagem é combinatória quando as proposições ou conceitos a serem aprendidos não apresentam relações de subordinação ou de ordenação em relação a subsunçores de caráter mais específico existentes no sistema cognitivo. Significa que “[...] a nova proposição não pode ser assimilada por outras já estabelecidas na estrutura cognitiva e nem é capaz de assimilá-las. Esta situação dá origem ao aparecimento de significados combinatórios, ou à aprendizagem combinatória” (MOREIRA, 2006, p. 35).

1.1.5 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Outras definições relevantes da teoria da aprendizagem significativa são as de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Para Ausubel (2003) e Moreira (2006), sempre que um material de aprendizagem é apresentado ao estudante, em um ato de aprendizagem, os conceitos ou proposições contidos nele se ancoram em outros já existentes (subsunçor) na estrutura cognitiva do estudante. A ocorrência desse processo, seja por uma ou mais vezes, conduz a uma diferenciação progressiva do conceito subsunçor. Neste processo, os conceitos-âncora estão em permanente reelaboração e ressignificação. Ausubel denomina essa diferenciação de progressiva, pois entende que ela se dá no sentido dos conceitos mais gerais e inclusivos para os mais específicos. Aponta como natural e espontânea a organização hierárquica em que os conhecimentos são dispostos no sentido geral para o particular.

Por outras palavras, elaboram-se aqui dois pressupostos: (1) é menos difícil para os seres humanos apreenderem os aspectos diferenciados de um

todo, anteriormente apreendido e mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir das partes diferenciadas anteriormente aprendidas; e (2) a organização que o indivíduo faz do conteúdo de uma determinada disciplina no próprio intelecto consiste numa estrutura hierárquica, onde as ideias mais inclusivas ocupam uma posição no vértice da estrutura e subsumem, progressivamente, as proposições, conceitos e dados factuais menos inclusivos e mais diferenciados (AUSUBEL, 2003, p. 166).

Pode, entretanto, acontecer que no decurso da atividade de ensino-aprendizagem o material apresentado ao estudante não encontre os subsunçores adequados a uma interação. Dessa forma, não é possível a ocorrência da diferenciação progressiva. Os conceitos ou proposições (os novos e os anteriores) se fazem presentes, embora não relacionados, no sistema cognitivo do estudante. No decorrer do processo de ensino-aprendizagem pode ocorrer que novos elementos introduzidos possibilitem o estabelecimento de relação entre esses conceitos. Para Moreira (2006, 2011), novas ideias ou conceitos, ou mesmo as já estabelecidas no sistema cognitivo do indivíduo, podem, no decurso de aprendizagens, serem reconhecidas como relacionadas. Esta recombinação de proposições, conceitos ou ideias recebe a denominação de reconciliação integrativa. Ocorre principalmente nas formas superordenada e combinatória.

1.2 A EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD E A CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO

Para Gaston Bachelard (1991, 1996), a Ciência (por consequência, o conhecimento) progride por ruptura com um estado anterior de saberes estabelecido. “No fundo, o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos” (BACHELARD, 1996, p. 17, grifo do autor). Para Bachelard, o estudante, ao se inserir na escola formal, ao ser apresentado ao estudo do conhecimento dito científico já traz consigo uma estrutura de conhecimento cognitivamente estabelecido, resultado, segundo ele, de observações empíricas sobre o mundo “real”. São conhecimentos funcionais, que permitem ao sujeito interagir com o mundo que o rodeia. Não são, portanto, frutos de investigação intencional e objetiva sobre a natureza, ou de ordem estritamente racional-abstrata.

Bachelard dedicou parte de sua vida profissional ao ensino de ciências na educação básica e superior da França. Em sua epistemologia, tece duras críticas ao

ensino de Ciências, principalmente ao seu aspecto determinista, linear e comunicador de verdades prontas. Critica o modelo de ensino fundamentado na transmissão de conhecimentos prontos, ou seja, critica o modelo de educação bancária, centrada na passividade do estudante. Deixa claro sua concepção de ciência e de ensino quando escreve:

Resta, então, a tarefa mais difícil: Colocar a cultura científica em estado de Mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão, razões para evoluir (BACHELARD, 1996, p.24).

Bachelard usa como exemplo o ensino de ciências e afirma, entretanto, sua validade para todo tipo de ensino. Nesse processo, critica também a ação dos professores: “Na minha longa e variada carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico” (1996, p. 24). Outro diferencial no pensamento bachelardiano encontra-se na significação dada aos “erros” de aprendizagem dos estudantes. Para Bachelard (1991), no que se refere ao processo de conhecer, erros (no sentido usual) não existem. São apenas conhecimentos inacabados, mal construídos. Para ele, o verdadeiro conhecimento se dá na retificação desses erros, na sua superação. Assim, a ciência avança retificando, psicanalisando seus equívocos e sua história. Eis a razão de Bachelard ser chamado de “filósofo da desilusão”. Para ele, o novo conhecimento é sempre produto da desilusão com um conhecimento que pensávamos possuir.

Em sua obra *A Formação do Espírito Científico* (1996), Bachelard detalha longamente os entraves que se opõem à construção do conhecimento no sujeito. Ele os denomina de Obstáculos Epistemológicos, pois se referem ao ato de aprender, conhecer e pensar. Não são ideias, objetos ou entidades externas ao sujeito que conhece(embora existam empecilhos externos ao conhecimento). São estruturas de pensamento presentes no sistema cognitivo do sujeito. Os obstáculos epistemológicos materializam-se na forma de pensar, são modelos de pensamento construídos ao longo da existência, baseados na observação da realidade sensível, isto é, da visão empírico-realista do mundo. Pode-se dizer uma falsa racionalidade.

E não se trata de considerar os obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer, que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentsidões e conflitos. É aí onde mostraremos causas de estagnação e até de regressão,

detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996, p. 17).

Para Bachelard (1996), o conhecimento comum, fundado em opiniões, imagens e metáforas, constitui-se em obstáculo ao conhecimento científico e ao ensino-aprendizagem em ciências. “No fundo, o ato de conhecer, dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que no próprio espírito, é obstáculo a espiritualização” (1996, p.17. Grifo do autor). Entretanto, não significa a impossibilidade do uso do conhecimento do senso comum. Significa apenas que ele deve ser visto como um conhecimento mal posto, que deve ser superado. Significa que não deve ser permitido à razão acomodar-se a ele.

1.2.1 O Progresso da Ciência e os Estados Científicos

Com objetivo de melhor compreender a idéia bachelardiana de obstáculos epistemológicos e sua importância para o ensino de ciências, nos deteremos um pouco mais sobre estes. Para tanto, precisamos, como dito antes, compreender que Bachelard entende o progresso da ciência como não linear, não cumulativo e não neutro historicamente. Para ele, o progresso científico acontece de forma descontínua, através de constantes rupturas com o conhecimento já posto. Reale e Antiseri (2006) destacam os seguintes pontos do pensamento filosófico bachelardiano: a necessidade de uma filosofia (da ciência) contemporânea à mesma, o caráter histórico-social da ciência e sua dimensão psicológica. Para Bachelard (1996), a história do progresso do conhecimento científico pode ser dividida em três partes: a primeira, denominada por ele de estado pré-científico, inclui a antiguidade clássica até o século dezoito. A segunda, chamada de estado científico, tem início no final do século dezoito até o início do século vinte. A terceira parte, o novo espírito científico e inicia mais precisamente em 1905, com os estudos da relatividade de Albert Einstein. Objetivando corroborar as divisões mencionadas acima, Bachelard enuncia características que permitem a explicação e a compreensão do modo como ocorrem as mudanças no espírito científico em cada estado.

O primeiro é o estado concreto (pré-científico). Caracteriza-se pelo conhecimento fundamentado em imagens dos fenômenos, admiração filosófica da

natureza e exaltação, ao mesmo tempo, da unidade e diversidade do mundo. O segundo é o estado concreto-abstrato (científico), onde o espírito agrega elementos e esquemas geométricos às experiências físicas. Entretanto, o pensamento ainda não se livrou da necessidade do apoio do real e da intuição sensível. “O espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se mais seguro de sua abstração, quanto mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível” (BACHELARD, 1996, p.11). O terceiro é o estado abstrato (novo espírito científico), onde o espírito científico elabora o conhecimento desconsiderando deliberadamente o real e a intuição sensível. Dito de outra forma: esse conhecimento é uma construção não apoiada na experiência sensível, mas uma elaboração puramente do intelecto, ou seja, uma abstração que pode estar, “[...] em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe” (BACHELARD, 1996 p. 11-12).

Ainda como caracterização dos três estados, Bachelard (1996) diz ser necessário considerar os diferentes interesses, que segundo ele, constituem sua base afetiva. Propõe estabelecer “a psicologia da paciência científica” (BACHELARD, 1996, p.12). Para ele, significa acrescentar aos três estados científicos, uma espécie de lei dos três estados da alma caracterizados por esses interesses. Como primeiro estado, aponta a alma pueril ou mundana, que segundo ele, contenta-se com a curiosidade ingênua, assombrada pelas mais simples experiências, desprovidas de qualquer objetivo científico. O segundo estado é a alma professoral, que se caracteriza pela valorização de seu dogmatismo e imobilidade na sua primeira abstração. Ensina um conhecimento imóvel e acabado, não cansando de repeti-lo ano após ano. O terceiro estado é a alma com dificuldade de abstrair e chegar à quinta essência, caracterizada pela inquietação da consciência científica, de saber da necessidade e do valor da abstração. “[...] mas absolutamente segura de que a abstração é um dever, o dever científico, a posse enfim purificada do pensamento do mundo!” (BACHELARD, 1996, p. 13). Argumenta que é dever do educador, em qualquer nível de formação, criar e manter um interesse pelo progresso intelectual e da ciência. Perguntando-se se seria possível a convergência de interesses tão dispersos, em prol do conhecimento racional-abstrato, Bachelard diz que:

[...] a tarefa da filosofia científica é muito nítida: Psicanalisar o interesse, derrubar qualquer utilitarismo por mais disfarçado que seja, por mais elevado que se julgue, voltar o espírito do real para o artificial, do natural para o humano, da representação para a abstração (BACHELARD, 1996, p. 13).

Portanto, Bachelard defende uma filosofia que fundamente a construção do conhecimento em uma permanente vigilância epistemológica do pensamento científico. E essa vigilância deve constituir-se na forma de contínua psicanálise sobre o conhecimento instituído no passado e os processos que o originaram, detectando e compreendendo seus erros. Esse processo de análise, segundo Bachelard, permite compreender o progresso do pensamento científico moderno. O vetor dessa construção é a razão, que deve apontar para uma abstração sempre crescente, afastando-se assim, das primeiras impressões da intuição sensível.

Ela tem de ser normativa e coerente. Tem de tornar claramente consciente e ativo o prazer da estimulação espiritual na descoberta da verdade. Tem de modelar o cérebro com a verdade. O amor pela ciência tem de ser um dinamismo psíquico e autógeno. No estado de pureza alcançado por uma psicanálise do conhecimento objetivo, a *ciência é a estética da inteligência* (BACHELARD, 1996, p. 13. Grifo do autor).

Portanto, a filosofia bachelardiana aponta a ciência como um produto do intelecto humano, em permanente e contínuo afastamento da percepção do mundo sensível. Esse afastamento se dá porque a experiência científica contradiz a percepção do senso comum. A experiência pensada é uma construção do intelecto e, portanto, pode ser confrontada, seja com as bases que o originaram ou em relação a outros pontos de vista. A experiência sensível é um fato. Não pode criar uma lei. A racionalização da experiência é que pode criar leis. É preciso pensar a experiência, submetê-la a uma dialética racionalizante, construí-la sob o princípio de um pluralismo epistemológico.

De acordo com Bachelard (1977, 1985, 1991 e 1996), para que um intelecto atinja o estado abstrato, um conhecimento científico elaborado, necessita superar obstáculos incrustados em seu íntimo. Como dito antes, não se trata de obstáculos externos ao sujeito que conhece. São esquemas internos (presentes no sistema cognitivo) forjados na relação do sujeito com o mundo sensível. Nasceram da tentativa e da necessidade de conhecimento do mundo “real”. Bachelard (1996) denomina esses empecilhos ao desenvolvimento do espírito científico de Obstáculos Epistemológicos. Segundo Bulcão (2009), Bachelard classifica os obstáculos epistemológicos em gerais e particulares. Os obstáculos gerais podem ser compreendidos sob um esquema mais amplo, de ordem metafísica, representado na oposição entre realismo e racionalismo. Embora o realismo seja objeto permanente da crítica bachelardiana, o racionalismo não está isento, pois Bachelard posiciona-se

contrariamente a quaisquer posições dogmáticas ou radicais, independente de escolas filosóficas em que se façam presentes. Em oposição a imobilismos dessa natureza, propõe a construção do conhecimento fundamentado na dialética entre as escolas filosóficas. No que se refere aos obstáculos, os particulares são dotados de natureza mais específica. De modo geral, se pode dizer que estão relacionados aos obstáculos gerais. “Os obstáculos particulares são mais específicos e muitas vezes já estão implícitos nos gerais, sendo destacados por Bachelard mais por uma questão de clareza” (BULCÃO, 2009, p. 57).

1.2.2 A Experiência Primeira ou Conhecimento Comum

É o primeiro obstáculo enfrentado pelo espírito científico. A primeira observação, a primeira experiência, se contamina com a dimensão psicológica do sujeito. Sua interpretação se dá sob a influência dos obstáculos epistemológicos presentes no íntimo do sujeito. São resultados da experiência deste com o mundo sensível. Constituem-se de imagens, metáforas, crenças e interpretações equivocadas construídas ao longo de sua vida. Bachelard (1996) alerta para o perigo da sedução do conhecimento fácil da primeira impressão. Conclusões simplistas, imagens, metáforas podem servir para satisfazer espíritos preguiçosos, que se deixam iludir pelas aparências apresentadas pelo senso comum, pelo conhecimento sensível. Já um espírito que almeja o conhecimento de acordo com os parâmetros da ciência, deve se precaver permanentemente contra tais facilidades. A crítica, que segundo ele, é o instrumento indispensável a um espírito científico, é que deve ser usada para psicanalizar e extrair da primeira experiência o conhecimento confiável. A crítica deve anteceder a experiência, pois, para Bachelard, o fenômeno sem uma proposição que o interrogue; é apenas um fato. “[...] a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura” (BACHELARD, 1996, p. 29.). A mera observação do fenômeno não gera conhecimento, não passa de constatação. As interrogações para ou sobre ele é que podem traduzir-se em conhecimento. Conhecimento esse que, se construído sob a égide da racionalidade investigativa, numa dialética entre o observado e a razão, mostrará a evolução do intelecto. Bachelard se insurge contra a ideia de o conhecimento seguro poder ser obtido de um dado claro da primeira impressão.

Eis, portanto, a tese filosófica que vamos sustentar: o espírito científico deve formar-se *contra* a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma. Só pode aprender com a Natureza se purificar as substâncias naturais e puser em ordem os fenômenos baralhados (BACHELARD, 1996, P. 29. Grifo do autor).

Para Bachelard, a ciência do período pré-científico não passa de um espetáculo de entretenimento e de uma admiração contemplativa da natureza, pois não isola seu objeto de estudo. O espírito pré-científico vaga de um objeto a outro buscando variedades e não variações. Busca apenas ampliar conceitos, sem se preocupar em enriquecer sua compreensão, sem pensar uma abstração; seja a priori ou a posteriori. Para o espírito pré-científico ver é conhecer. “O espírito pré-científico sempre acha que o produto natural é mais rico do que o artificial” (BACHELARD, 1996, p. 39). Para que se produza um conhecimento científico, se faz necessário inserir o fenômeno numa relação dialética entre a observação e a razão, um processo contínuo de depuração de suas ambiguidades e equívocos originados da primeira impressão. Por isso o filósofo diz que;

Contra a adesão ao "fato" primitivo, a psicanálise do conhecimento objetivo é especialmente difícil. Parece que nenhuma experiência nova, nenhuma crítica pode dissolver certas afirmações primeiras. No máximo, as experiências primeiras podem ser retificadas e explicitadas por novas experiências. Como se a observação primeira pudesse fornecer algo além de uma oportunidade de pesquisa! (BACHELARD, 1996, P. 52. Grifo do autor).

1.2.3 O Conhecimento Geral

O *Conhecimento geral* é apontado por Bachelard como o obstáculo epistemológico que mais prejudicou o progresso científico. Aponta que a falsa doutrina do geral, que predominou de Aristóteles a Bacon, ainda é considerada por muitos uma doutrina fundamental do saber. Sua origem está na generalização apressada, destituída de qualquer abordagem racional do fenômeno. Essa forma de pensar trava a experiência, anula a curiosidade do intelecto. Por que investigar, se qualquer problema proposto encontra resposta no conceito geral? A generalidade é perniciosa ao progresso do conhecimento, pois seduz os espíritos com a ideia de um conhecimento fácil, que tudo pode ser explicado pela doutrina da generalidade. Bachelard aponta que se pode medir a capacidade de evolução de um conceito pela

sua capacidade de deformação. Dito de outro modo: de sua capacidade de reformulação, retificação e refinamento. Quanto mais depurado de sua generalidade e ambiguidade, mais científico será. “A psicanálise do conhecimento objetivo deve examinar com cuidado todas as seduções da *facilidade*. Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica” (BACHELARD, 1996, p. 69. Grifo do autor).

Bachelard (1996) discute vários exemplos de “verdades científicas” mal postas. Como exemplo, a questão da queda dos corpos. Aristóteles ensina que corpos leves, como fogo e vapores, sobem em vez de cair e que os corpos graves caem em vez de subir porque ambos procuram seu lugar natural. A queda dos corpos pode parecer uma lei da gravitação, mas para ele, não passa de uma generalização. Argumenta que para um espírito pré-científico, o verbo cair define a essência do fenômeno “queda” e que a lei da queda dos graves serve para definir o termo “pesado”. Entretanto, com o experimento no tubo de Newton, se pode obter uma lei com maior grau de racionalidade: no vácuo, todos os corpos, independente de suas gravidades, caem com a mesma velocidade. Mesmo bem constituída, essa forma geral ainda pode servir como obstáculo ao pensamento menos exigente no rigor científico. A lei parece tão completa, clara, que parece não haver mais necessidade de dialetizar mais o fenômeno da queda. Desse modo, a ação da gravidade na subida e descida de um corpo, a noção de velocidade e a noção de aceleração são ofuscadas. Assim, perde-se o essencial se o espírito satisfizer-se com a generalidade mal posta. Para Bachelard, o verdadeiro espírito científico não pode acomodar-se no conhecimento vago, impreciso, pois o conceito científico é construído por sucessivas retificações aproximativas objetivando torná-lo mais preciso e abstrato. Ele se torna científico na medida em que sua realização é mediada por uma técnica.

[...] pode-se afirmar que o conceito científico correspondente a um fenômeno particular é o *agrupamento* das aproximações sucessivas bem ordenadas. A conceitualização científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que pretendemos [...] (BACHELARD, 1996, p. 76. Grifo do autor).

Na obra *A Formação do Espírito Científico* (1996), Bachelard tece duras críticas “as generalizações apressadas e vagas. As tentativas de conciliar e explicar conceitos diferentes, apoiando-se em doutrinas gerais, que, ao invés de explicar,

servem de obstáculo ao desenvolvimento do espírito. Sua tese se apoia na análise de textos considerados científicos no século XVIII. Bachelard cita, entre outros, como mau exemplo de generalidade, um texto de 1669 sobre o fenômeno da coagulação. No texto em questão, no intuito de explicar o fenômeno, discorrem sobre a coagulação nas substâncias leite, sangue, fel e gordura. A análise crítica de Bachelard mostra que tais fenômenos não poderiam ser explicados sob um conceito geral de coagulação.

Nesse processo de generalização apressada e superficial, incluem-se sempre mais elementos, como a fundição dos metais e o congelamento da água como formas de coagulação. Posto dessa forma, toda transformação do estado menos denso para o mais denso, pode ser explicado sob a generalidade do conceito coagulação. A coagulação do leite explica todos os fenômenos. Não importa a natureza das substâncias. Explica-se em uma, explica-se em todas. Passa-se de um fenômeno ao outro sem deter-se em suas particularidades, sem formular questões, sem perguntas sobre a natureza essencial de cada um deles. “Como se vê, é na região de extensão máxima que ocorrem os erros mais grosseiros” (BACHELARD, 1996, p. 79). A doutrina do geral é obstáculo ao conhecimento científico na medida em que é autossuficiente, não gera polêmica, não possibilita perguntas, fornece respostas sem as respectivas indagações que devem anteceder-las. Não permite a possibilidade da objetivação racional. Esse modo de proceder está em oposição à ciência moderna.

1.2.4 O Obstáculo Verbal

O *Obstáculo Verbal* se caracteriza por uma única imagem ou palavra, que pode, para um intelecto menos atento, representar a totalidade da explicação. “Para um espírito pré-científico, às vezes, uma palavra pode se converter em uma explicação suficiente” (CARDOSO, 1985, p. 21). Tais palavras ou imagens, por trazerem a concretude do realismo do mundo sensível, adquirem uma intensidade psicológica difícil de psicanalizar em um intelecto que se proponha à racionalização objetiva. São explicações verbais usando substantivos repletos de adjetivos. Deixam de servir como instrumento para facilitar a explicação de um fenômeno, para se tornarem a explicação do mesmo. São obstáculos porque trazem o poder psicológico da elucidação do fenômeno. Para tanto, basta acrescentar-lhe mais

adjetivos. Assim, uma única palavra ou imagem pode servir para explicar uma gama de fenômenos de natureza diferentes, tais como a compressão do ar e o acúmulo de cargas elétricas e fenômenos de origem magnética.

Para Bachelard (1996), o hábito verbal (obstáculo) é nocivo ao verdadeiro conhecimento porque possibilita expressar o fenômeno sem explicá-lo. As particularidades internas, as perguntas que poderiam surgir das contradições internas, são ignoradas ou ajustadas à explicação geral. O próprio obstáculo é a explicação do fenômeno e por isso tende a uma generalização vaga. Para explicar o obstáculo verbal, Bachelard analisa o uso da palavra “esponja” pelos estudiosos dos séculos XVII - XVIII. Inicia com textos de Réamur, estudioso conhecido desse período. No intuito de corroborar sua tese, faz longa transcrição de texto desse autor sobre a possibilidade da dissolução do ar pela água. Usaremos somente uma pequena parte dessa citação, aquela que no nosso entender é suficiente para mostrar a ideia de obstáculo verbal.

[...] Continuemos a considerar o ar como semelhante, por sua estrutura, aos corpos esponjosos, e como sendo do tipo em que a água pode penetrar, que pode ser embebido por ela, e não será nenhuma surpresa que o ar, que está contido na água, não seja mais comprimível, e nela ocupe pouco lugar. Se eu envolver a esponja com qualquer material em que a água não penetre e se eu mantiver a esponja na água, por meio de algum fio preso no fundo do vaso, a esponja ficará então tão comprimível quanto era no meio do ar (RÉAMUR, apud BACHELARD, 1996, p. 92).

Sem entrar no mérito do significado de “dissolução” do ar pela água, percebe-se que as diversas variáveis decorrentes da interação dessas substâncias foram negligenciadas em favor de uma explicação geral que nada explica. Nenhuma menção às diferenças físico-químicas e/ou estruturais entre ar e água. Nem sobre a dinâmica do fenômeno, ou sobre possíveis resultados decorrentes. É suficiente que o ar seja como a esponja e receba a água em seus espaços “vazios” para que se entenda o fenômeno. Inexiste qualquer contradição interna, dúvida ou interrogação sobre a dinâmica do fenômeno. Ou seja, não há racionalização objetiva do processo. Para Bachelard, o conhecimento científico é o conhecimento que provém da dialética das variáveis, da racionalização do processo. Este obstáculo, seja pela palavra ou pela imagem, leva a explicações gerais e a uma ideia de completude e de suficiência. Oblitera a curiosidade e o raciocínio científico, causa a estagnação do progresso do conhecimento. No texto a seguir, mostra Benjamin Franklin usando a metáfora da esponja para explicar fenômenos elétricos.

A matéria comum é uma espécie de esponja para o fluido elétrico; a esponja não absorveria água se as partes da água não fossem menores que os poros da esponja; só a absorveria muito devagar, se não houvesse uma mútua atração entre suas partes e as partes da esponja; esta ficaria embebida mais depressa se a atração recíproca entre as partes da água não formasse um obstáculo, pelo que deve existir alguma força empregada para separá-las; enfim, a absorção seria muito rápida se, em vez de atração, houvesse entre as partes da água uma mútua repulsão que concorresse com a atração da esponja. É exatamente o caso em que se encontram a matéria elétrica e a matéria comum (FRANKLIN, apud BACHELARD, 1996, p. 94).

Neste exemplo, a matéria substitui o ar do exemplo anterior e a eletricidade substitui a água. Porém, a metáfora continua a mesma. As características dos fenômenos elétricos se dão pelo comportamento da matéria, que se assemelha ao da esponja. Este texto mostra o quão fortemente uma imagem obstaculiza um pensamento. Franklin procura conciliar as diferenças particulares dos fenômenos mecânico (esponja x água) e elétrico (matéria x eletricidade), propondo características idênticas para esponja, água, matéria e fluido elétrico. Para o intelecto seduzido pelo realismo da metáfora, as contradições internas do fenômeno devem se ajustar à ideia geral. Ao contrário de um espírito científico, o espírito do período pré-científico considera o conhecimento geral sempre mais importante que o particular.

O texto que segue mostra a força dessa mesma metáfora, associada a um pensamento realista-ingênuo. Neste caso, o autor tenta explicar a relação entre o ferro e o fluido magnético.

Assim como a esponja transporta água em toda a sua massa é em maior quantidade se seu volume for maior, assim também o ferro, que tem mais massa ou volume, parece *atrair* e *retirar* (*abducere*) uma maior quantidade de Fluido do que o Ferro de menor volume (BRUGMANS, apud SWINDEN, apud BACHELARD, 1996, p. 96-97. Grifo do autor).

O pensamento realista sob o domínio da metáfora, procura tornar iguais fenômenos de natureza muito diferentes. Vai direto para a explicação geral, sem se deter na essencialidade da natureza dos fenômenos. Toda analogia precipitada torna-se um obstáculo ao verdadeiro conhecimento científico que, para Bachelard, deve pautar-se pela abstração.

Não significa que consideramos inadequado o uso de metáfora na construção do conhecimento e no ensino de ciência. Defendemos apenas que seu uso deve ser criterioso e que quando se fizer necessário, deve vir acompanhada de imediata

abstração, servindo dessa forma, como ilustração de um esquema racional, de uma construção abstrata. Segundo Bachelard, o perigo das metáforas é que nem sempre são passageiras. Tendem a torna-se um pensamento autônomo, fechado em si mesmo. Obstaculizam a racionalização das particularidades dos fenômenos, pois o objetivo é a concordância com o conhecimento geral.

A tendência de explicar os fenômenos relacionando-os a uma visão geral de mundo, a um princípio geral da natureza, é o que Bachelard (1996), denomina de obstáculo do *conhecimento unitário e pragmático*. Sustenta que este é um impedimento não de ordem empírico-realista, e sim de ordem filosófica. A natureza deste trabalho dispensa a exposição detalhada deste obstáculo. O próprio filósofo em seu texto dispensa tal detalhamento. Mostraremos resumidamente as razões de essa forma de pensamento se tornar um obstáculo ao progresso do pensamento científico. Primeiro: o fenômeno e a experiência como parte harmoniosa de um princípio geral da natureza. A unidade buscada, a necessidade de conciliar as discrepâncias apresentadas pela experiência, conduz a idealizações desmedidas e valorações sem sentido do ponto de vista racional. Como exemplo, transcrevemos parte de um texto de autor do século XVII, sobre a razão da luz diminuir sua luminosidade com o aumento da distância da fonte geradora.

Se seguissemos as opiniões comuns, seria preciso acrescentar que a Luz se enfraquece por si só ao afastar-se do corpo luminoso; que, a exemplo de todas as outras qualidades, ela perde pouco a pouco sua virtude nos progressos que faz; e é essa a verdadeira razão pela qual ela se enfraquece e até, no fim, se torna insensível. Mas, sejam como forem as outras qualidades, temos certeza de que a Luz é de natureza e de ordem tão acima delas, que não está sujeita a nenhuma de suas enfermidades... (seu) enfraquecimento é apenas exterior, não chega à essência nem à virtude interior da Luz (DE LA CHAMBRE, apud BACHELARD, 1996, p. 106).

Como se percebe, é atribuída à luz qualidades de fundo subjetivo. “Percebe-se com clareza a influência esterilizante da valoração irregular” (BACHELARD, 1996, p. 106). Percebe-se uma idealização levada ao extremo. A luz não é apenas um fenômeno físico da natureza, é uma construção metafórica do sujeito, fundada numa concepção de homogeneidade da natureza. Não podendo negar a observação que mostra que a luminosidade diminui, parte-se para uma explicação fácil, postulando que a diminuição é apenas aparente, isto é, uma ilusão que engana os órgãos de percepção. Desse modo, preserva-se perfeição das “qualidades” e da essência íntima da luz.

A ideia de que fenômenos, por diferentes que sejam, devem estar de acordo uma concepção de natureza unitária e finalista, coloca-se como um obstáculo a uma racionalização objetiva dos mesmos. Ela dissolve as particularidades, as diferenças e as contradições. Ao se deparar com elas o espírito pré-científico procura explicá-las de acordo com a sua concepção filosófica de natureza. Se não conseguir, ignora-apara preservar a unidade harmônica do todo. “Percebe-se também que a *perfeição* dos fenômenos físicos é, para o espírito pré-científico, um princípio fundamental da explicação. É claro que se costuma ligar o princípio dessa perfeição ao ato criador” (BACHELARD, 1996, p. 107. Grifo do autor). Entretanto, para o espírito científico, as particularidades dos fenômenos são oportunidades de progresso.

A ideia de finalidade útil acompanha a de generalidade. Os fenômenos são observados sob a ótica de uma concepção utilitária e generalista. Buscam-se as vantagens práticas, mas, também nestas, um princípio de explicação. “Encontrar uma utilidade é encontrar uma razão” (BACHELARD, 1996, p. 115). Para o espírito pré-científico é inadmissível conhecimento sem utilidade. Eis a argumentação de Van Swinden, estudioso do período pré-científico:

Pergunto ainda a todo Físico sincero se está interiormente convencido de que essa Força magnética, tão universal, variada, espantosa e admirável, foi produzida pelo Criador apenas para orientar as Agulhas imantadas, que foram durante tanto tempo desconhecidas do Gênero humano (SWEINDEN, apud BACHELARD, 1996, p. 115).

Para um espírito obstaculizado pelo pragmatismo não é concebível a ideia de um fenômeno inútil. Então, o imã tem de ter uma utilidade. Segundo Bachelard (1996), mesmo os fenômenos mais hostis possuem sua utilidade pragmática. Como exemplo, o trovão, que ao mesmo tempo em que provoca medo, fertiliza as terras mais estéreis, espalha o fogo purificador e é visto como um quinto elemento. Da mesma forma que o trovão, o granizo possui a virtude de fertilizar a terra, pois depois de sua queda o reflorescimento é mais intenso e as colheitas são mais abundantes. Para o pensador pré-científico, verdade e utilidade são sinônimas. Tudo se explica e fica claro pela função. O conhecimento inútil é uma verdade mutilada.

1.2.5 O Obstáculo Substancialista

O obstáculo substancialista constitui-se de intuições diversas, dispersas e até

opostas. Intuições de valorações sensíveis ou ocultas imputadas ao objeto. O espírito pré-científico conhece o objeto pelas pressupostas funções por ele desempenhadas. Assim, o fascínio por pedras preciosas leva a dotar a esmeralda de propriedades medicinais. Além de curar hemorragias e disenterias, seu brilho suave e verde é benéfico ao paciente. O topázio torna-se um medicamento que, se associado ao jacinto, cura males físicos e psicológicos, sendo benéfico ao coração e espírito de quem o usa. O espírito pré-científico atribui ao objeto qualidades (íntimas ou superficiais) diversas, independente de qualquer hierarquia empírica ou abstrata. O mito do interior se caracteriza por valorizar o que está escondido em detrimento do que o visível. “O que é oculto é fechado” (BACHELARD, 1996, p. 122).

Aparece então outra projeção do inconsciente: a valoração do ato de descobrir, de extrair do interior da substância a sua preciosa qualidade oculta. Para isso é preciso que algo a contenha, isto é, que a qualidade preciosa esteja contida. “Para um espírito pré-científico, a substância tem um interior, ou melhor, a substância é um interior” (BACHELARD, 1996, p. 123). O interior e o exterior da substância podem apresentar contradições. O ouro pode ser volátil no seu interior e fixo na sua superfície. O mercúrio, branco por fora e vermelho por dentro. O espírito pré-científico prescinde da análise em favor da substancialização direta do fenômeno. O realismo intuitivo impede de imediato qualquer possibilidade de objetividade, negando a oportunidade de perguntas. Para o pensamento realista, no fenômeno de eletrização, os corpos leves se prendem ao corpo eletrizado e a atração elétrica se realiza por um fluido elétrico. “A teoria de Boyle sobre a atração elétrica era que o corpo Elétrico lançava uma emanção viscosa que ia apanhando pequenos corpos pelo caminho e os trazia com ela, ao voltar ao corpo de onde tinha saído” (PRIESTLEY, apud BACHELARD, 1996, p. 128).

Ao mesmo tempo, quanto mais adjetivos acompanhá-lo, maior o conhecimento. Por exemplo, ao fluido-substância são agregadas qualidades como viscosidade, untuosidade e tenacidade. Um intelecto imerso em um realismo ingênuo poderia, sem dificuldade, pensar na língua de um camaleão (elástica, viscosa, untuosa, tenaz) quando lançada para a captura de um inseto. Com tamanha carga metafórica, qualquer investigação a cerca da natureza do fenômeno é ignorada. Para um espírito pré-científico, conhecer um fenômeno é conhecer suas qualidades. Segundo Bachelard, o que torna essa forma de pensar mais prejudicial é sua aceitação psicológica.

Se essa metáfora não fosse *interiorizada*, o mal não seria tão grande; sempre é possível afirmar que ela não passa de um meio de traduzir, de expressar o fenômeno. Mas, no fundo, não se limita a descrever com uma palavra; quer explicar por meio de um pensamento. 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. Grifo do autor).

Ao pensar a corrente elétrica como substância, não apenas pensa-se o que se vê, mas também o que se deseja ver. A corrente elétrica pensada como um fluido permite a conclusão ou o desejo de que ela ao percorrer uma substância, se impregne de suas qualidades, tais como cheiro e sabor. Sendo então substância, possui qualidades de cura de enfermidades, sejam físicas ou psicológicas. Para um pensamento pré-científico sob o domínio substancialista – realista, o conhecimento é a projeção de suas intuições e desejos.

1.2.6 O Obstáculo Animista

O *obstáculo animista* é caracterizado pelo uso dos princípios vitais exclusivos da vida. É tentativa de explicação de fenômenos da matéria inerte usando os princípios que são próprios da matéria orgânica. “A palavra vida encerra em si a máxima valorização, pois é a matéria viva que anima todo o Universo, os astros, as plantas, os corações, os germens, etc.” (CARDOSO, 1985, p. 23). Assim, um espírito pré-científico, ao analisar os três reinos da natureza, hierarquiza-os. Coloca-os em plano considerado como natural. Essa hierarquização sempre privilegia os reinos animal e vegetal em detrimento do reino mineral. Tudo que se fundamenta na analogia dos reinos, deprecia o mineral. Químicos do século XVIII afirmavam que as substâncias vivas são mais simples do que as matérias não vivas. Na passagem de um para o outro, percebe-se a intuição valorizante. Busca-se, por princípio, a finalidade e não a causa do fenômeno. Abordando a questão da relação entre os reinos, Lavoisier escreve:

Por meio de que procedimentos a natureza opera essa maravilhosa circulação entre os três reinos? Como consegue formar substâncias combustíveis, fermentáveis e putrescíveis, com materiais que não tinham nenhuma dessas propriedades? São mistérios até agora impenetráveis. Entrevê-se, porém, que a vegetação e a animalização sejam fenômenos inversos aos da combustão e da putrefação (LAVOSIER, apud BERTHELOT, apud BACHELARD, 1996, p.187).

Além de uma generalidade mal posta, percebe-se o engano que a valoração indevida do reino da vida sobre o da matéria inerte pode provocar. O fenômeno inverso ao da combustão é o da redução e não o da vegetação. Entretanto, um intelecto imerso na concepção animista, pensa cada fenômeno tendo como plano natural o princípio vital da vida. A necessidade de unir os três reinos é preocupação permanente. O pensamento animista precisa ligar a matéria viva à matéria morta. Assim, o imã atuando na junção entre a pedra e o ferro potencializa neste último o princípio da vida. Há vida no imã, pois não importa de que maneira o cortemos, cada parte separada torna-se um imã. A caracterização da vida, independente do reino da substância, é uma ideia levada ao extremo. Por exemplo, os metais, assim como os seres vivos, se reproduzem e sofrem enfermidades.

A ferrugem sugere imperfeição, sendo então considerada doença do ferro. Desse modo, os metais podem nascer e morrer. Por exemplo, em minas esgotadas, um princípio vital age sobre os restos de metais, fazendo-os produtivo novamente. Para o espírito pré-científico, o desenvolvimento biológico é perfeitamente aplicável ao reino da matéria inerte. Assim, pode acontecer de, ao se abrir uma mina, alguns metais estarem imperfeitos, e assim ficarão, pois a abertura da mina interrompe a ação da natureza e todo o sêmen metálico (da mina) perderá suas propriedades, ficando estéril. O texto a seguir não deixa dúvida quanto à ideia de vida nos metais:

os minerais crescem e renascem como as plantas, porque, se as *estacas para enxerto* das plantas formam raízes, os estilhaços das pedras ou dos *diamantes* que foram lapidados, se enterrados na terra, reproduzem outros diamantes e outras pedras ao cabo de alguns anos (HECQUET, apud BACHELARD, 1996, p. 196. Grifo do autor).

O princípio vital da fecundidade é natural, mesmo que aplicado ao reino mineral. “Todos esses fatos, diz ele, provam a sucessiva reprodução dos metais, de maneira que os filões que foram explorados numa época precedente podem, ao cabo de certo tempo, encontrar-se de novo cheios de matérias metálicas” (POTT, apud BACHELARD, 1996, p. 196).

Para Bachelard (1996), o mito da fecundidade das minas é inadmissível para o espírito científico. A valoração da vida obscurece a investigação sobre as propriedades da matéria, inanimada ou não. O privilégio do biológico sobre o não biológico, o desejo de perceber vida em matérias que não lhe são própria, transforma-se em um obstáculo ao verdadeiro conhecimento científico. Para Bulcão

(2009), “A intuição sempre presente e valorizada da vida leva à concepção desta como propriedade generalizada, fazendo com que se acredite que há uma força unindo todos os seres do universo”. Na busca pela objetividade, característica do novo pensamento científico a intuição animista é mais um obstáculo a ser superado.

1.2.7 O Obstáculo Quantitativo

O obstáculo quantitativo é representado, segundo Bachelard (1996), pela matematização apressada de primeira aproximação. Se o conhecimento qualitativo é falho em objetividade, o mesmo se aplica ao conhecimento fundado em dados numéricos obtidos a partir da observação primeira e imediata. Deve-se desconfiar das certezas das primeiras impressões, pois estas são falseadas pelos obstáculos presentes no inconsciente do sujeito. De acordo com Bulcão, “As primeiras representações matemáticas são ainda inadequadas, pois estão fundadas sobre um realismo ingênuo e, sendo assim, não conseguem atingir a objetividade científica” (BULCÃO, 2009, p. 69).

Para Bachelard (1996), uma grandeza quantitativa imediata não significa conhecimento científico. O objeto científico será confiável se revelado por racionalizações sucessivas. As abordagens ao objeto precisam de uma teoria de medida. É preciso, a priori, delimitar o objeto a ser conhecido e verificar a adequação, o alcance e a precisão dos instrumentos de medida. Um exemplo encontra-se na evolução histórica das medidas dos fenômenos elétricos. Por longo tempo, até os estudos de Ohm, os instrumentos e as medidas tinham como objeto o princípio vital da eletricidade. O conhecimento científico só foi possível após a redução do fenômeno à sua essencialidade. Para isso, foi necessária a remoção dos obstáculos da subjetividade presentes no espírito e a elaboração de instrumentos e técnicas adequados. A apreensão aparente e imediata de um fenômeno não se presta a um estudo objetivo. É preciso uma precisão crescente, através de sucessivas aproximações.

Para Bachelard (1996), pensar já conhecer o objeto antes da medida é obstáculo ao conhecimento. Para ele, o objeto se materializa na sua quantificação mediada por um aparato teórico-metodológico-instrumental. “O cientista crê no realismo da medida mais do que na realidade do objeto” (BACHELARD, 1996, p. 260). Aponta que, justamente nessa forma de medir, se pode diferenciar o

pensamento científico-abstrato do pensamento realista. O primeiro se aproxima do objeto, mede para conhecer. O segundo se apossa do objeto para então conhecê-lo. Alerta, porém, que se a precisão vaga é obstáculo ao conhecimento, a busca por uma precisão exagerada e independente da experiência e dos instrumentos de medida também é. Como exemplo, aponta os problemas propostos em vestibulares e manuais de estudo. Aponta que cálculos de valores numéricos que vão além da possibilidade dos dados experimentais, são destituídos de significados.

Para ele, valores numéricos que vão além da precisão nos dados experimentais representam nada, não pertencem ao objeto. Portanto, para uma sadia quantificação da experiência, se faz necessário a consideração dos erros no cálculo, quer estejam eles presentes nas quantificações grosseiras das primeiras impressões ou na tentativa de uma exatidão desarmônica em relação ao aparato experimental.

Quando duas disciplinas interferem, como a matemática com a física, é raro que os alunos harmonizem as duas "precisões". Assim, costumo propor — no intuito de ensinar as sadias aproximações — este simples problema: calcular, com margem de erro de um centímetro, o raio médio de um carvalho que tem 150 centímetros de circunferência. A grande maioria da classe utiliza para o cálculo o valor estereotipado do número $\pi = 3, 1416$, o que se afasta manifestamente da precisão possível (BACHELARD, 1996, p. 262 - 263).

No texto do período pré-científico a seguir, se pode perceber a dicotomia entre as possibilidades experimentais e os pretensos valores numéricos apresentados. “[...] havia 74.832 anos que a Terra tinha se soltado do Sol por causa do choque com um cometa, e que em 93.291 anos ela ter-se-á resfriado a tal ponto que a vida nela será impossível” (CUVIER, apud BACHELARD, 1996, p. 263). Valores quantitativos precisos como estes não podem ter como base fenômenos ou leis vagas ou generalidades superficiais. Bachelard critica o que chama de falsa precisão, acompanhada de falsa sensibilidade. Por exemplo: se o fogo dilata todos os corpos, então se pode supor que eles serão maiores durante o dia e menores à noite. Assim, esse movimento permanente de dilatação-contração mantém o movimento no universo. Segundo Bachelard, pode-se determinar o estágio de desenvolvimento de uma ciência pela técnica e instrumentos de medida por ela usados. Se no período pré-científico era quase impossível obter uma medida de temperatura padronizada devido à enorme variedade de termômetros e escalas, o mesmo já não acontece atualmente. A ciência do período científico caracteriza-se

pela padronização de seus instrumentos de medidas e procedimentos metodológicos. Atualmente, os valores quantitativos obtidos relativamente à medida de um determinado fenômeno são o produto de uma técnica de realização.

Pensamentos como o que segue são típicos de um período de pré-ciência. A eletricidade, semelhante ao fogo, sua ação sobre os órgãos do corpo deve provocar calor. Desse modo, é possível, usando um termômetro, medir a quantidade de fluido elétrico presente no corpo humano. Essa relação de reciprocidade entre fenômenos e variáveis que não se relacionam diretamente, o relativismo, o realismo e as sobre-determinações não possuem mais lugar na física moderna.

Bachelard aponta a dificuldade do pensamento pré-científico e até dos estudantes de seu tempo, de aceitar, ou de compreender, a matemática aplicada à física. Relata as diversas críticas ao trabalho de Isaac Newton. Uma das razões é que se considera, nesse período, a física mais fácil que a matemática. A física ainda é realista, conhecem-se seus objetos, são corpos físicos reais e/ou fenômenos sensíveis. Já a matemática manipula objetos e relações no mundo da abstração. Diferentemente do pensamento newtoniano, ainda se tenta representar o raio de luz da seguinte forma:

O que acontece com um raio de Luz nada mais é do que o que acontece com um homem que, depois de atravessar uma multidão de crianças, encontra obliquamente uma multidão de homens fortes e decididos; porque decerto esse homem será desviado de seu caminho, passando obliquamente de um grupo para o outro (HARTSCEKER, apud BACHELARD, 1996, p. 279).

O pensamento, ainda preso no realismo da experiência do mundo sensível, não aceita a explicação puramente matemática-abstrata de Newton. O que se pode ver é que mesmo quando se aventura a uma representação quantitativa, o faz desprovido de qualquer objetividade.

O espaço de um grão de cevada pode conter 27 milhões de animais vivos, cada qual com vinte e quatro patas... o menor grão de areia pode ser a morada de 294 milhões de animais organizados, que propagam sua espécie, que têm nervos, veias e fluidos que os preenchem, e que estão para o corpo desses animais na mesma proporção em que os fluidos de nosso corpo estão para a sua massa (DE BRUNO, apud BACHELARD, 1996, p. 275-276).

Para Bachelard, essa matematização apressada, não é conhecimento científico, pois não corresponde ao resultado do uso de aparato instrumental, não

encontra correspondência na experimentação. É, antes de tudo, um obstáculo, pois ignora as imprecisões e indeterminações da primeira impressão. Seduz o intelecto menos atento, proporcionando a este a ilusão de conhecer o objeto, bloqueando assim a possibilidade de retificação dos erros cometidos. Imobiliza, no primeiro estágio, a racionalização, que deveria ser crescente. Sobre a primeira experiência, Bachelard diz que, “[...] a primeira experiência *exigente* é a experiência que “falha”. *Toda mensuração precisa é uma mensuração preparada*. A ordem de precisão crescente é uma ordem de instrumentalização crescente [...]” (BACHELARD, 1996, p. 296. Grifo do autor).

Essa ordem de precisão instrumental aponta a ordem crescente de racionalidade, que se dá pela retificação dos erros de pensamento construídos ao longo da vida. A construção do espírito científico requer a superação da ilusão do realismo imediato e do conforto do empirismo. Para a existência da racionalidade, ao menos no tocante à ciência, não há outro caminho que não seja o de construção. Para Bachelard, uma lição dada é um pouco racional, uma lição recebida é um pouco empírica, O que significa dizer ninguém pode instalar-se de imediato na racionalidade científica. Assim, um intelecto que busca a objetividade científica move-se em um refluxo entre racionalismo e empirismo. Essa dinâmica permite ao conhecimento objetivo sempre avançar. A recorrência histórica ao conhecimento do passado permite a crítica permanente do conhecimento no presente. De acordo com Bachelard, o antigo deve ser pensado em função do novo.

1.2.8 A Psicanálise do Realismo

Bachelard (1996) aponta o realismo como origem dos demais obstáculos epistemológicos. A adesão imediata e fácil do espírito a uma ideia substancialista o faz pensar que é no próprio inconsciente do sujeito que nasce tal preferência. Não hesita em propor uma psicanálise especial para o realismo no sentido de se livrar do que para ele é o mais difícil entrave ao conhecimento objetivo. Ao se apossar espiritualmente do objeto a conhecer, ao torná-lo um bem pessoal, o sujeito impede a mobilidade objetiva do pensamento.

Trata-se de convicção substancialista extremamente ingênua, Bachelard diz que “[...] já não hesitamos fazer do realismo um instinto [...]. De fato, a convicção primeira do realismo não é discutida, como nem chega ser ensinada. De modo que o

realismo pode com razão, ser considerado a única filosofia inata [...]” (BACHELARD, 1996, p.164). A psicanálise do pensamento substancialista-realista, passa pela psicanálise do sentimento de ter, pois: “O complexo a ser desfeito é o complexo do pequeno lucro [...] que chama a atenção para as pequenas coisas que não devem se perder, porque uma vez perdidas, a pessoa não as encontra mais” (BACHELARD, 1996, p. 164).

O desejo de possuir um objeto socialmente valorizado, conduz a uma adjetivação indevida. Quanto mais qualidades agregadas ao objeto, maior valor ele possui. Por exemplo, “O enxofre dourado é: Emenagógico, hepático, mesentérico, expectorante, febrífugo, cefálico, diaforético e antídoto [...]. O raio de cardo santo (cactus) possui dezessete propriedades farmacêuticas” (BULCÃO, 2009, p. 65). Esse acúmulo de qualidades leva à necessidade de interiorizá-lo e guardá-lo no íntimo, pois o que é valioso deve ser escondido e bem guardado. A esmeralda, uma pedra preciosa, logo é também valorizada para a vida e quando ingerida, suas qualidades combatem hemorragias e disenterias. Se o fogo possui a capacidade de extrair ou modificar as propriedades da esmeralda, então a linfa estomacal pode fazer o mesmo. O topázio, além de estancar as hemorragias, diminui a melancolia e fortifica o coração e o ânimo. O ouro produz os mesmos efeitos, fortificando o coração e alegrando a alma e quando misturado ao sangue preserva-o, reanimando assim a natureza humana. O desejo íntimo de possuir o ouro torna-se um desejo material, mas esse pensamento realista vai além da simples posse. Ele possibilita a união entre ouro, sol e homem, pois,

[...] os Químicos acrescentam ainda que o ouro contém um enxofre fixo mais forte; que, por ser incorruptível, se for ingerido e misturado ao sangue, preserva este de toda corrupção; restabelece e reanima a natureza humana do mesmo modo que o Sol, que é a fonte inesgotável desse enxofre e faz reviver toda a natureza (GEOFFROY, apud BACHELARD, 1996, p. 170).

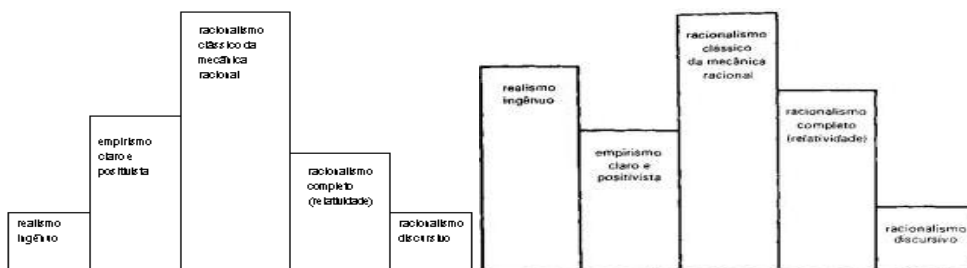
Percebe-se então que a materialização das virtudes terapêuticas do ouro, não é suficiente ao intelecto realista. É preciso a posse de tudo. O ouro é dotado das virtudes, as mesmas do Sol (o enxofre), que são possuídas então pelo homem na ingestão do ouro. Então, de certo modo o homem possui o Sol e o princípio vital que anima toda a natureza. Os desejos íntimos de posse e valorização se materializam em grau máximo no realismo da vida. Por isso, Bachelard (1996) diz que no exagero da ingenuidade, todo realista é um avarento e, reciprocamente, todo avarento é um

realista. Para Bachelard, é necessário um imenso esforço intelectual para abandonar a ideia de que as pedras preciosas e o ouro não curam enfermidades, não acalmam o coração e a alma, não possuindo, portanto, as virtudes nelas materializadas pelo desejo íntimo do sujeito. Em resumo: somente um inconsciente psicanalisado, despojado dessas concretudes realistas, pode almejar estágios de objetividade.

1.2.9 O Perfil Epistemológico

Em sua obra *A Filosofia do Não* (1991), Gaston Bachelard apresenta o conceito de perfil epistemológico, representado por uma organização das escolas filosóficas, segundo ele, presentes no intelecto do sujeito. Afirma como natural tanto a presença como a organização das filosofias na ordem crescente de racionalidade de um espírito, identificando nessa ordem o progresso da ciência. Para ele, um intelecto empenhado na construção do pensamento racional parte do realismo ingênuo, passando pelo empirismo positivista, racionalismo clássico, racionalismo completo e racionalismo discursivo. Para fins de clareza, apresenta essas filosofias dispostas em um plano, no qual o eixo das abscissas aponta o grau crescente de racionalidade e o eixo das ordenadas mostra a relativa influência que exercem ou exerceram na formação do pensamento racional. Considerando essa organização, Bachelard elabora seu próprio perfil epistemológico dos conceitos de massa (fig. 1) e de energia (fig. 2).

Figura 1 e 2 – Representação do perfil epistemológico de Bachelard para os conceitos, respectivamente, de massa e energia.



Fonte: *A Filosofia do não* (1991, p. 41) Fonte: *A Filosofia do não* (1991, p. 42)

Em um processo de psicanálise de seu próprio pensamento, conclui pela predominância da escola filosófica do racionalismo clássico no perfil epistemológico pessoal relativo a esses dois conceitos. Bachelard atribui esse fato à sua formação

clássica em matemática e física elementar bem como à sua vivência como filósofo e professor de física, matemática e principalmente de química. Ao mesmo tempo, destaca a presença e a importância das demais filosofias em seu perfil quando argumenta que, “[...] temos, como toda a gente, as nossas horas de realismo, e mesmo a propósito de um conceito tão elaborado como o conceito de massa não nos psicanalisámos inteiramente” (BACHELARD, 1991, p. 42).

A hierarquização das escolas filosóficas no perfil epistemológico não significa estágios uniformes de evolução do espírito, ou que todos atinjam este ou aquele estágio em determinado tempo. Significa apenas o caminho natural na evolução da racionalidade. Para Bachelard (1991), tal evolução depende da experiência pessoal, de uma condição particular e transitória de um intelecto em particular. O que a representação do perfil epistemológico pode mostrar é o nível de influência das escolas filosóficas no pensamento do indivíduo naquele momento evolutivo de sua racionalidade científica. Portanto, as escolas filosóficas coexistem no intelecto, diferenciando-se apenas pelo maior ou menor grau de influência sobre a argumentação utilizada pelo sujeito em se tratando de conhecimento científico. Segundo Bachelard, mesmo o cientista com elevado grau de pensamento racional-abstrato recorre, quando necessário, a explicações de conotação realista-empirista e de senso comum, no intuito de ser mais bem compreendido.

Mesmo numa ciência muito avançada, as condutas realistas subsistem. Mesmo numa prática inteiramente comprometida com uma teoria se manifestam condutas realistas. Estas condutas realistas reinstalam-se porque o teórico racionalista tem necessidade de ser compreendido por simples experimentadores, porque ele quer falar mais depressa regressando conseqüentemente às origens animistas da linguagem, não teme o perigo de pensar simplificando, porque sua vida comum ele é efetivamente realista (BACHELARD, 1991, p. 26).

Portanto, a discussão não é sobre a coexistência ou não das escolas filosóficas no pensamento do sujeito, mas de como ele as mobiliza na explicação dos fenômenos. Um espírito científico de posse de conceitos científicos racionalizados usa-as conscientemente, pois tem consciência de suas limitações explicativas. Portanto, o uso delas ocorre em contextos por ele bem definidos. Já os estudantes, como não possuem tal grau de racionalidade do ponto de vista científico, usam o realismo ingênuo (explicações de senso comum) e o empirismo (dados simples de primeira aproximação), como instrumentos definitivos e definidores de verdades. Fazem delas instrumentos de explicações gerais e finalistas, pois ainda

não atingiram um estágio racional que possibilitasse abandoná-las. Ou seja, ainda não superaram seus obstáculos epistemológicos. Assim, um ensino de ciências que tenha como objetivo a formação do real espírito científico, deve propor situações aos estudantes que levem estes a concluir pela limitação explicativa de suas concepções. Significa a persuasão racional do abandono de uma concepção em favor de outra dotada de maior poder explicativo e encadeamento racional.

Bachelard bem o explica em sua análise da relação professor/estudante no ensino de física: “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. Grifo do autor). Por exemplo: apresentar argumentação ao estudante que permita a ele convencer-se de que a física galileana/newtoniana explica melhor certas questões relativas ao movimento do que a física aristotélica. Ou seja, a mudança neste caso se consuma no momento em que o estudante, ao explicar cientificamente o movimento opta pela teoria racional em detrimento da teoria aristotélica ou de percepção de senso comum. Essa persuasão racional não pode ser um convencimento de quem ensina para quem aprende. A razão não deve ser ensinada. Ela precisa ser construída pelo sujeito que aprende, pois, para Bachelard, uma lição dada pode ser racional para quem ensina, mas é uma forma de empirismo para quem a recebe. Significa que deve emergir do sujeito que aprende, em decorrência de tomada de consciência de sua própria forma de pensar. Como bem o diz Bachelard, é necessária permanente vigilância de si mesmo identificando e afastando os erros de pensamento (do ponto de vista racional), oriundos do senso comum. Desse modo, a capacidade de superação dos obstáculos epistemológicos é o fator que determinará o estágio do perfil epistemológico de um estudante, que é, segundo Bachelard, estritamente particular: “Insistimos no facto de um perfil epistemológico dever sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura” (BACHELARD, 1991, p. 41).

Em síntese, Bachelard concebe a construção da racionalidade como um processo dialético, aberto e provisório. Um novo pensamento é sempre a reforma de um pensamento anterior. Desse modo, inevitavelmente, o caminho da evolução racional passa por todas as escolas filosóficas. Para ele, um espírito que desejar se

instalar de imediato no pensamento racional não terá para si mais do que simples generalidades. A pluralidade filosófica está presente tanto na evolução da racionalidade de um determinado corpo de conhecimento, como em um espírito científico (intelecto) em particular. As escolas filosóficas presentes no perfil epistemológico de um determinado espírito representam as marcas dos obstáculos em vias de superação ou já superados. Eis porque todo perfil construído apontará a presença das escolas, variando apenas seu grau de influência. Portanto, o perfil epistemológico de um sujeito são as marcas dos obstáculos superados ou a superar.

1.3 O PROGRESSO DA CIÊNCIA EM BACHELARD

Cabe breve explicação sobre o significado de progresso da ciência defendido por Bachelard, por ser este oposto à ideia de progresso linear e cumulativo de conhecimento. O progresso, de acordo com o pensamento bachelardiano, não se mede pela justaposição de saberes, mas pelo aumento da objetividade, ou, em outras palavras, da evolução da racionalidade de uma ciência ou de um intelecto em particular. É transformação qualitativa, forjada no esforço de superação dos erros e nas retificações feitas ao longo do tempo. “Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que *é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado*” (BACHELARD, 1996, p. 17. Grifo do autor). Portanto, o progresso da ciência não deve ser medido pela “quantidade” de conhecimento acumulado no decorrer de sua história e sim pela presença e intensidade dos obstáculos que teve de superar, o que torna o progresso científico preconizado por Bachelard como processo de recorrência histórica. Em se tratando do progresso racional do espírito científico, é um processo psicanalítico e dialético-histórico. Psicanalítico, no sentido de que o sujeito necessita permanentemente pensar sobre como pensa, no intuito de livrar-se das subjetividades que obstaculizam sua racionalidade. Dialético-histórico porque precisa da recorrência permanente ao conhecimento constituído no passado a fim de nele identificar a carga de subjetividade e imprecisões, buscando a eliminação de seus “erros”. Para isso, Bachelard nos diz que devemos olhar para o passado da ciência à luz do conhecimento do presente, pois esse olhar nos permite compreender como esse passado se constituiu, comparando-o ao que deveria ter se constituído.

Fica evidente a oposição entre o conceito de progresso do conhecimento em Bachelard e o progresso por acúmulo linear de conhecimento. Por isso, ele critica duramente a ideia de unidade filosófica na ciência que, para ele, retira do pensamento científico o sentido de problema. Defende a ideia de que são os problemas e os obstáculos os propulsores do conhecimento científico. Não menos crítico o é em relação à ciência do geral, de um conhecimento pretensamente isento de erros e contradições. A ideia de generalidade e de ciência fácil mascara os obstáculos e provoca o imobilismo do espírito científico, obstaculizando o progresso do conhecimento. Em oposição, Bachelard defende a identificação desses erros, pois segundo ele, estes são mais importantes que acréscimos vagos de conhecimento. Outro pensamento que distingue a ideia de progresso do conhecimento (ciência) encontra-se na análise do objeto de conhecimento. Na concepção generalista de ciência, o objeto é conhecido pela justaposição dos adjetivos. Em contraposição, o progresso do pensamento científico consiste em reduzi-los em número e organizá-los hierarquicamente, e não por justaposição. Na ideia bachelardiana de perfil epistemológico, entende-se perfeitamente que o parâmetro de progresso da ciência encontra-se no grau de racionalidade do conhecimento por ela produzido.

1.3.1 A Dialética em Bachelard

O novo conhecimento é produto de permanente processo retificativo, possível pela permanente vigilância sobre nosso próprio pensamento. Como podemos fazê-lo? Bachelard diz que é um caso de psicologia e não de filosofia. “Psicologicamente, não há verdades sem erros retificados. A psicologia da atividade objetiva é a história de nossos erros pessoais” (BACHELARD, 1996, p. 293). Significa que não existem verdades primeiras, mas erros primeiros. A busca inicial do objeto científico (conhecimento científico) carece de objetividade. Portanto, o objetivo imediato não fornece o objeto científico simplesmente porque as primeiras impressões são os primeiros enganos. Bachelard aponta a sedução do conhecimento do sensível, da generalização apressada, do pragmatismo e do realismo imediato com as razões mais evidentes para isso. Para o autor, se faz necessária uma verdadeira catarse do intelecto em direção ao objeto de racionalidade. O preço de um espírito verdadeiramente científico é a eterna vigilância sobre sua forma de pensar. A

racionalidade se constrói pela resistência a toda forma de valoração subjetiva de conhecimento. “O racionalismo é uma verdadeira guerra interior contra as pulsações da vida que são igualmente obstáculos ao conhecimento objetivo” (QUILLET, 1977, p. 32).

Segundo Bachelard (1977, 1996), a psicanálise do intelecto que busca a racionalidade científica toma forma de duas maneiras: a primeira é a auto psicanálise, que, como já afirmamos, se constitui de uma auto vigilância do pensamento com a intenção de identificar e superar os obstáculos epistemológicos, principalmente os indutores de explicações generalistas e de origem no senso comum. Para superar o imobilismo provocado por esses obstáculos, Bachelard propõe uma catarse intelectual no sentido de que é preciso pensar contra todas as tentações de imobilismo, inclusive contra si mesmo. Palavras dele:

O pensamento científico moderno exige que se resista à primeira reflexão. É, portanto, o uso do cérebro que está em discussão. Doravante o cérebro já não é o instrumento absolutamente adequado do pensamento científico, ou seja, o cérebro é *obstáculo* para o pensamento científico. Obstáculo, no sentido de ser um coordenador de gestos e de apetites. É preciso pensar *contra* o cérebro (BACHELARD, 1996, p. 307-308. Grifo do autor).

A catarse sobre o pensamento busca identificar neste o que de racional existe e o que de subjetivo persiste no conhecimento produzido, adotando para isso uma disciplina de permanente crítica à sua própria forma de pensar, pois, para Bachelard: “De resto, sem desenvolver logo em seguida a dialética do psicologismo e do não-psicologismo, facilmente se reconhece que antes de o racionalismo às coisas, é preciso aplicá-lo aos espíritos” (BACHELARD, 1977, p. 20). É preciso antes de tudo uma vigilância permanente objetivando a impessoalidade do conhecimento, sua pureza racional, em detrimento da pessoalidade e impurezas subjetivas que persistem no espírito. Em suma, defende uma dialética permanente entre o psicologismo e o não-psicologismo.

A outra forma de psicanálise defendida pelo autor refere-se ao controle social da ciência e do conhecimento científico. Não significa controle por parte da sociedade em geral, mas sim uma forma de controle exercida pelos membros da cidadela científica (comunidade científica). Na visão de Bachelard, o conhecimento científico produzido deve ser compartilhado, para poder ser objeto de crítica e retificação. Nesse contexto, é a visão do outro que permitirá que o intelecto pensante compreenda como pensa, identificando e psicanalisando seus próprios

equivocos. Está na observação do outro a via de acesso ao erro positivo, ao erro ao ser retificado. Como diz o autor:

Propomos que a objetividade seja fundada no comportamento do outro, ou ainda, para logo revelar o aspecto paradoxal de nosso pensamento, pretendemos escolher o olho do outro – sempre o olho do outro – para ver a forma – a forma felizmente abstrata – do fenômeno objetivo: Dize-me o que vês e eu te direi o que é (BACHELARD, 1996, p. 295).

Dessa forma, somente através dessa dialética discursiva é possível certa garantia da realização das abstrações racionais. Nesse processo de retificação discursiva se fundamenta, segundo Bachelard, a gênese do conhecimento objetivo, que se constitui como característica da ciência contemporânea. A observação e a precisão discursiva da comunidade científica possibilitam a superação das imprecisões da intuição e da pessoalidade. “Essa catarse prévia, não a podemos efetuar sozinhos, e é tão difícil empreendê-la como psicanalizar a si mesmo” (BACHELARD, 1996, p. 298-299).

Bachelard (1996) nos diz que um intelecto isolado não é autossuficiente na construção de sua racionalidade. É necessário considerar o olhar da cidadela científica a qual pertence o sujeito. Dito de outra forma: a racionalidade do conhecimento científico é uma obra coletiva. É imprescindível o esforço individual de eliminação de obstáculos que dificultam o progresso em direção ao objeto de conhecimento, porém, não é suficiente. É necessária uma dialética entre pensamentos e olhares dos demais membros da comunidade científica sobre o mesmo objeto. É preciso também pensar sob o olhar e o pensamento do outro. Consideramos importante a compreensão dessas ideias para a educação em ciências, pois ela nos leva a compreender, de modo geral, a dificuldade dos estudantes em construir suas racionalidades, quando se trata de ciência.

Pois se a racionalidade científica é uma construção dialógica da comunidade que a compartilha, os estudantes de ensino médio não estão inseridos (longe disso) numa comunidade de pensamento científico. Ao contrário: o pensamento dominante da comunidade a que pertencem é o do senso comum, Construído e alicerçado na observação cotidiana, confusamente mesclada a conhecimento e informações gerais, de uso corrente e/ou escolar. Eis uma das razões porque Bachelard (1996), alerta para o fato de que o conhecimento comum, ingênuo e empirista, é insidiosamente persistente e necessita-se, para sua eliminação, permanente catarse

psicológica individual. Em decorrência, ressaltamos a importância da ideia bachelardiana de construção do perfil epistemológico para o ensino e em especial para os professores de ciências. É preciso se conhecer, mesmo que imprecisamente, a intensidade de influência das escolas filosóficas e do conhecimento de senso comum sobre o intelecto dos estudantes. Obstante não o termos usado para esse fim, pensamos que o perfil epistemológico pode ser o ponto de partida para o desenvolvimento da ideia de formação do espírito científico nos estudantes.

1.3.2 Bachelard, Ausubel e o Ensino

Embora o objeto de estudo de Bachelard (em sua fase “diurna”) seja a epistemologia da ciência, percebemos em sua obra várias possibilidades de aplicação ao ensino, com destaque para a importância que Bachelard (como Ausubel) atribui aos conhecimentos prévios dos estudantes. Para este estudo, não faremos distinção entre conhecimentos prévios e conhecimentos espontâneos, embora se saiba que outros estudos apontam diferenças entre as duas definições. No que concerne a este trabalho, considera-se como conhecimento prévio todo aquele já de posse do estudante ao iniciar certa fase de estudo, independentemente de como o construiu.

Nesta seção faremos uma análise da relação do pensamento de Bachelard com o ensino de ciência, sob a luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Bachelard (1991, 1996) deixa clara a importância por ele atribuída aos conhecimentos prévios dos estudantes, quando afirma que estes não são “tábula rasa”. Estes, ao se inserirem no sistema formal de ensino, trazem consigo uma cultura muito bem sedimentada. Cultura esta de fundo realista-empirista, fundada na observação da realidade sensível e na intuição. Em consequência, tece severas críticas à postura dos professores, principalmente os de ciências. A crítica do filósofo refere-se justamente ao fato de que aos professores (ao menos a maioria) ignoram a existência desse conhecimento não escolar-científico nos estudantes. O erro, afirma ele, é pensar que se pode iniciar uma cultura nova ou consertar uma cultura falha, apenas expondo aos estudantes os conceitos científicos. “não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já construídos [...]” (BACHELARD, 1996 p. 23. Grifo do autor).

Esse conhecimento não científico se constitui em obstáculo e precisa ser superado para que novo conhecimento se estabeleça. Portanto, não se trata do professor expor/transmitir um novo conhecimento e nem do estudante recebê-lo. Trata-se, isto sim, da destruição por um processo contínuo de retificação dessa cultura ingênua do ponto de vista da ciência. Cabe ao professor criar o ambiente pedagógico adequado que leve o estudante a pensar sobre a insuficiência de seu conhecimento frente a determinadas situações e, conseqüentemente, refletir sobre sua forma de pensar. As situações de aprendizagem devem ser sempre uma questão a ser resolvida, uma pergunta a ser respondida, pois, para Bachelard, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. As perguntas certas são a mola propulsora da racionalidade e, por conseqüência, do progresso da ciência. Portanto, as questões colocadas aos estudantes devem despertar nestes o desejo de respostas, devem constituir-se em razões suficientes. Eis porque Bachelard diz que é necessário “oferecer enfim à razão razões para evoluir” (BACHELARD, 1996 p. 24). Perguntas pertinentes e problemas adequados que ponham em xeque o conhecimento do estudante são razões para a evolução de sua razão.

Pensando em um diálogo com Ausubel (2003), note que, para este autor, os conhecimentos prévios são os primeiros subsunçores a serem utilizados, pois ao se iniciar o processo de ensino - aprendizagem, o sistema cognitivo do estudante se encontra organizado em razão destes. Em decorrência, é necessário descobrir o que o estudante sabe para então ensiná-lo de acordo. Portanto, para Ausubel, da mesma forma que para Bachelard, há necessidade de serem criadas situações pedagógicas potencializadoras de aprendizagem. Do ponto de vista bachelardiano, ela precisa ser capaz de fazer a razão evoluir. Na concepção ausubeliana, ela precisa apresentar condições que permitam a um novo conceito se relacionar significativamente com os subsunçores (neste caso, os conhecimentos prévios). Satisfeitas tais condições, ocorre então aprendizagem significativa via transformação do sistema cognitivo do aprendiz. Caso os conhecimentos prévios não sejam os subsunçores adequados para a aprendizagem de um determinado conceito, pode-se recorrer aos “organizadores prévios” a fim de adequá-los mesmo à criação de novos subsunçores. Em Bachelard, sempre existe um conhecimento prévio a ser retificado. O processo de retificação é potencializado nos erros e limites desse conhecimento. A condição essencial é que esse conhecimento deve ser colocado na forma de problema, pois “Para um espírito científico, todo conhecimento é uma resposta a

uma questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico” (BACHELARD, 2006, p. 166).

A ideia de retificação e ruptura em Bachelard, assim como a ideia de assimilação obliterante (esquecimento significativo) em Ausubel, reforça a compreensão de um progresso do conhecimento de sentido qualitativo. Nota-se claramente esse viés na explicação formulada por Ausubel para um processo contínuo de aprendizagem. Postula a concepção de que os novos conceitos (conhecimento), se aprendidos significativamente, são gradativamente incorporados aos conhecimentos que lhes serviram de ancora (subsunçor). Ocorrendo a assimilação total, não mais será possível compreendê-lo isolado do subsunçor. A assimilação completa (obliterante) é definida por Ausubel como um esquecimento significativo.

Na devida altura, à medida que o processo de assimilação continua a decorrer, os significados de conceitos ou proposições componentes podem já não ser dissociáveis (recuperáveis) das respectivas ideias ancoradas, afirmando-se ter ocorrido uma assimilação obliterante ou um esquecimento significativo: a assimilação relativamente completa da especificidade do novo significado faz com que este já não seja dissociável (recuperável) da generalidade da ideia mais inclusiva ancorada na estrutura cognitiva (devido à subsunção obliterante) e considera-se, por conseguinte, estar esquecido (AUSUBEL, 2003, p. 106).

Por outro lado Bachelard, afirma que o novo conhecimento constitui-se via negação do conhecimento anterior. Não se trata, entretanto, de rompimento ou recusa no sentido literal dos termos. É uma negação conciliadora, pois pelo processo de retificação, ocorre o abandono racional do que de não científico existe no antigo conhecimento. E uma vez retificado, torna-se parte do novo conhecimento. Essa ideia toma forma na explicação de Bachelard sobre a construção do objeto científico no ultrarracionalismo.

O ultra objeto é o resultado de uma objetivação crítica, de uma objectividade que apenas retém do objecto aquilo que criticou. [...] O esquema do átomo proposto por Bohr há um quarto de século actuou, nesse sentido, como uma boa imagem: dela já nada mais resta. Mas sugeriu-nos suficientemente numerosos para manter um papel pedagógico indispensável em qualquer iniciação (BACHELARD, 1991, p. 131. Grifo do autor).

O conceito moderno de átomo é uma longa história de retificações de modelos e imagens construídos para representá-lo. Constitui-se do conjunto de retificações a que os modelos anteriores foram submetidos. Eis porque Bachelard

afirma que um conhecimento retificado pode se constituir em um caso particular do novo conhecimento, mas que em nenhuma hipótese este último pode ser uma extensão do primeiro. Note que em Ausubel, o novo conhecimento é produto da interação, (desde que significativa), entre o novo conhecimento e o antigo, estável na estrutura cognitiva do sujeito. Portanto, ocorre uma reorganização do sistema cognitivo, produzindo uma nova compreensão (conhecimento) diferente, tanto do novo conceito apresentado, como do antigo que serviu de âncora. Esta reorganização estabelece os saberes do sujeito de forma hierárquica, dos conceitos mais inclusivos para os mais específicos. A aprendizagem ocorre quando as condições anteriores se estabelecem de modo satisfatório.

Toda relação, nessas condições, resulta em reorganização do sistema cognitivo do aprendiz. Portanto, uma sequência contínua de aprendizagens modifica gradual e continuamente novos conhecimentos, subsunçores e sistema cognitivo. Essa transformação pode ser entendida como uma forma de retificação. Pode se dizer que, assim como em Bachelard, também em Ausubel, o novo conhecimento é uma espécie de reforma do conhecimento anterior.

Por outro lado, a evolução racional defendida por Bachelard e a aprendizagem significativa postulada por Ausubel não são construções instantâneas. Os processos de ratificação e reorganização cognitiva demandam certo tempo, o qual depende das muitas variáveis previstas para cada uma das teorias. Desse modo, certamente que conceitos em processo de retificação (Bachelard) ou em fase de subsunção (Ausubel), permanecem presentes por algum tempo e perfeitamente identificáveis no intelecto dos estudantes. A continuidade do processo (retificação/reorganização) produz conhecimento qualitativamente melhor estruturado, caracterizando um progresso no sentido qualitativo.

Outro ponto interessante e que requer considerações é a posição do sujeito em relação à construção de seu conhecimento. O que leva, por exemplo, um estudante a optar pelo esquema que melhor explica (do ponto de vista da ciência), uma determinada situação-problema? Ausubel postula que ao longo de uma aprendizagem bem sucedida, conhecimentos podem ser totalmente obliterados (assimilação total, esquecimento significativo). Por outro lado, as reorganizações constantes do novo conhecimento, associadas às particularidades do processo educativo, farão com que ocorra o mesmo aos subsunçores mais antigos. Dessa forma, parece uma decisão que acontece à revelia do próprio sujeito. Deve-se,

entretanto, salientar que Ausubel (2003), não afirma que sempre deva ocorrer o esquecimento significativo. Da mesma forma, afirma que a aprendizagem depende também de fatores idiossincráticos do aprendiz (desejo de aprender, de relacionar significativamente os conceitos, de condições psicológicas e outros).

Bachelard, por sua vez, postula que diante de uma situação problema, o sujeito se utilizará de fundamentos racionais, ou seja, de sua razão para se decidir. A razão se sobressai quando o sujeito percebe a insuficiência dos conhecimentos anteriores, e isto o faz conscientemente e racionalmente decidir-se por determinado esquema explicativo em detrimento de outro. Neste sentido, Bachelard admite a possibilidade de coexistência de concepções diferentes e até mesmo conflitantes no intelecto em processo de aprendizagem e ou racionalização. Assim, as decisões sobre quais estruturas usar é uma decisão consciente do sujeito, apoiadas naquilo que sua razão lhe aponta como mais adequada para tal situação.

Dessa forma, merece atenção a idéia bachelardiana de perfil epistemológico. De acordo com Bachelard (1991), as diversas escolas filosóficas permanecem no intelecto mesmo após a superação dos obstáculos que as caracterizam. Significa que coexistem em diferentes graus de influência, o qual depende do grau de racionalidade do espírito científico em questão. Elas são, em essência, as marcas dos obstáculos epistemológicos que o espírito teve de superar na evolução de sua racionalidade. Bachelard alerta para o grande esforço psicológico necessário para superar esses obstáculos que se opõem ao processo de objetivação, pois para ele, os obstáculos não são características dos fenômenos observados. São de origem funcional interna do intelecto. “é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. [...] às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos” (BACHELARD, 1996, p. 17).

Estudos realizados principalmente nas três últimas décadas apontam para a dificuldade dos estudantes em abandonarem suas ideias de senso comum. Por exemplo, Martins, em sua dissertação de mestrado (1998, p. 06 - 17), ao discutir as características no âmbito do movimento de mudança conceitual (MMC) e do movimento das concepções mudança alternativas (MCA), aborda estudos de diversos autores que apontam a dificuldade de mudança de perfil dos estudantes. Os resultados desses estudos mostram significativamente que, mesmo em estudantes que já percorreram o currículo escolar, ainda mobilizam em determinadas circunstâncias, concepções alternativas em detrimento de conceitos

científicos, bem como de ideias espontâneas identificadas ao senso comum. Como interpretar esses resultados à luz da teoria ausubeliana, mais especificamente em relação ao conceito de assimilação obliterante (esquecimento significativo)?

Primeiramente, Ausubel (2003), ao explicitar as diferentes formas de aprendizagens em sua teoria, não postula a instantaneidade de nenhuma delas. Excetuando-se talvez, a aprendizagem mecânica, no caso de memorização pelo estudante do conceito apresentado. Percebe-se claramente o conceito de aprendizagem significativa como um processo progressivo, em que o conhecimento mais amplo presente no sistema cognitivo do estudante, interage nas formas explicitadas, com conhecimentos mais específicos.

Devido a ser psicologicamente mais económico e menos incómodo lembrar, meramente, variantes reduzidas das proposições e dos conceitos ancorados mais estáveis e gerais do que lembrar as ideias novas e altamente diferenciadas (novos significados), assimiladas de forma obliterante pelos primeiros, o significado das novas ideias não ensaiadas ou não apreendidas de forma exaustiva tende a ser assimilado ou reduzido, ao longo do tempo, aos significados mais estáveis das ideias ancoradas estabelecidas (AUSUBEL, 2003, p. 108-109. Grifo nosso).

Portanto, os subsunçores e novos conceitos permanecem por tempo variável, identificáveis e mobilizáveis pelo aprendiz, até que se constitua novo conhecimento resultante da interação entre estes. A duração desse tempo é dependente de variáveis como continuidade e eficácia da forma de ensino-aprendizagem, bem como dos fatores inerentes ao próprio estudante, como interesse, esforço pessoal de estudo, condições psicológicas e cognitivas adequadas.

Os seres humanos têm tendência a trabalhar mais e sentem-se muito mais motivados quando as actividades de aprendizagem que iniciam fazem sentido, em vez de não o fazerem, e se podem lembrar e depois articular pelas próprias palavras. [...] quando a aprendizagem surge acompanhada de interiorização e de compreensão das relações, formam-se 'vestígios estáveis' que se recordam durante mais tempo (AUSUBEL, 2003, p. 15-16. Grifo do autor).

Os vestígios estáveis referidos por Ausubel são o novo conhecimento decorrente da interação (desde que dotada de significado lógico) entre subsunçores e novos conceitos vistos. A assimilação total (obliteração total), colocada por Ausubel, implica em consequências diferentes para as ideias assimiladoras (subsunçoras) e as assimiladas (subsumidas). “A assimilação relativamente completa da especificidade do novo significado faz com que este já não seja

dissociável (recuperável) da generalidade da ideia mais inclusiva ancorada na estrutura cognitiva (devido à subsunção obliterante) e considera-se, por conseguinte, estar esquecido” (AUSUBEL, 2003, p.106). Significa que, em relação ao conhecimento assimilado, pode ocorrer a obliteração total (esquecimento significativo). O mesmo não ocorre relação ao que serve como subsunçor. As consequências para este são modificações que resultam em ideias (conhecimentos) mais estáveis (no sentido de coerência) e psicologicamente mais significativas para o aprendiz.

Porém, nada impede que as ideias iniciais subsunçoras percam suas identidades, desde que o sujeito se submeta a um processo relativamente longo de aprendizagem significativa. As transformações oriundas das sucessivas interações produzem sequência de novos significados, afastando-se cada vez mais dos significados iniciais. Como consequência, ao final (hipotético) de um processo de aprendizagem significativa, no sentido de clareza e plausibilidade, os subsunçores mais antigos são gradualmente esquecidos, via modificações e ressignificações. Na concepção de perfil epistemológico, o processo contínuo de retificação do conhecimento diminui gradativamente a influência dos conceitos considerados menos científicos. Significa dizer que o aumento da racionalidade (do ponto de vista científico) ou da aprendizagem significativa, distancia qualitativamente o novo pensamento do antigo pensamento.

Todavia, as marcas das ideias superadas ainda permanecem em seu intelecto. Eis porque Bachelard alerta para o fato de que os obstáculos epistemológicos nunca são definitivamente superados. A origem é outro fator que contribui para essa “persistência” das ideias primeiras (equivale dizer concepções alternativas). Os estudantes as constroem a partir da observação do mundo “real” de seu cotidiano. Portanto, quando na análise de um fenômeno relacionado a esse mesmo cotidiano, mostrar-se-ão dotadas de maior coerência e sentido à percepção dos estudantes. Eis porque, para Bachelard, o conhecimento primeiro, a primeira interpretação, se constitui num obstáculo muito difícil de ser superado. Fato é que o mundo dos estudantes é o percebido por seus sentidos desde seu nascimento. Não é o mundo pensado da ciência. O mundo “real” insiste em lembrá-los de suas ideias formadas ao longo de suas vidas. Portanto, para um real progresso do pensamento científico, se faz necessário um ensino persistentemente contínuo em uma escola permanente de ciências, capaz de oportunizar aos estudantes o

desenvolvimento do pensamento científico-abstrato. O modelo atual de ensino de ciências (superficial e fragmentado) é ineficaz para esse fim.

Seria possível identificar existência de aprendizagem significativa em ciências, considerando a ideia de perfil epistemológico? No que tange ao conhecimento científico, sim, pois demonstramos neste texto que Bachelard e Ausubel concebem o progresso do conhecimento no sentido de aumento da qualidade e complexidade. Do ponto de vista científico, significa um gradativo afastamento do conhecimento de senso comum (não científico) e conseqüentemente, uma sucessiva aproximação em relação ao conhecimento considerado científico. Desse modo, a construção de conhecimento lógico-significativo pelo aprendiz, inevitavelmente modificará seu perfil epistemológico, no sentido de aumento da influência da escola racional. Em recíproca, afirma-se que, se em determinado perfil epistemológico houver crescimento da escala de racionalidade, do mesmo modo, há progresso do ponto de vista da aprendizagem significativa.

O referencial teórico visto neste capítulo, fundamenta a construção da proposta explicitada no capítulo que segue.

2 A PROPOSTA E SUA FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Neste capítulo apresentamos, em linhas gerais, a proposta de trabalho concebida a partir dos problemas levantados na introdução deste trabalho e do referencial teórico por nós adotado. Ao mesmo tempo, apresentamos sucintamente, a metodologia de pesquisa adotada como referencial.

2.1 A Proposta

A sequência de ensino-aprendizagem construída neste trabalho considera as ideias discutidas no capítulo anterior e a história da ciência como instrumento didático. Adotou-se como estratégia inicial, a desconstrução (retificação) das ideias prévias dos estudantes. Os dados obtidos na aplicação do questionário inicial (capítulo seis), apontam que essas ideias são de fundo realista e expressam construções de senso comum misturadas, por vezes, a fragmentos de conhecimentos escolares. No contexto da história da ciência, são ideias semelhantes às concebidas por Aristóteles na sua teoria do movimento. Como já explicitado, o objetivo principal deste trabalho é mostrar a eficácia da história da ciência no ensino escolar via construção do conceito de movimento. Na sequência didática, a abordagem da ideia de movimento acontece a partir do módulo três. Os módulos anteriores foram de preparação. A partir dos dados do questionário inicial confirmado por pesquisa informal em sala de aula, adotou-se como estratégia a desconstrução (retificação) do conceito aristotélico de movimento.

Inicialmente, propõe-se a discussão das leis aristotélicas, tendo o cuidado de não “corrigi-las”. A intenção é torná-las mais claras para que o estudante se perceba confortável na identidade de suas ideias com as de Aristóteles. Essa condição permite usá-las como organizadores prévios na sequência dos estudos. A partir de então, elas se constituem nos primeiros subsunçores e primeiras ideias a serem retificadas. Com essa finalidade de propiciar a retificação e a aprendizagem significativa, são apresentadas aos estudantes questões que colocam em xeque as leis aristotélicas. Por exemplo: a queda de mesma altura de uma folha de papel (aberta e depois amassada) e um caderno de mesmas dimensões. Esta situação simples serve para por em xeque a ideia aristotélica da relação entre as massas ou

“pesos” dos corpos em relação a suas velocidades. A constatação pelos estudantes de que as leis aristotélicas são insuficientes para explicar certas situações, até bem simples, são, considerando o pensamento de Bachelard, razões para a razão evoluir.

Em suma, propomos a construção do conceito científico de movimento, a partir da “desconstrução” da percepção realista-ingênua e empírica, predominante entre os estudantes. Estabelecemos como limite desta proposta, o espaço conceitual entre o pensamento aristotélico e o pensamento newtoniano.

2.2 O Contexto

A proposta foi aplicada no início de 2014, na escola Estadual de Ensino Médio Manoel Lucas de Oliveira, localizada em Hulha Negra, RS, município da região da campanha gaúcha. A escola em questão, foi a primeira de ensino médio implantada do município, sendo que atualmente existe mais uma. A origem dos estudantes é predominantemente da área rural (em torno de setenta e cinco por cento), pois, o único espaço com características urbanas, é a sede do município, cuja área é insignificante em relação à área de características rurais. A atividade econômica do município se baseia na agricultura (comercial e de subsistência) e pecuária e, menos significativamente, comércio na área urbana.

Em relação aos estudantes, propriamente: em uma pesquisa realizada no início do ano de dois mil e quatorze (início da aplicação desta proposta), mostrou que a turma cento e um, primeiro ano do ensino médio (escolhida para a aplicação), era formada por estudantes de idades entre quatorze e dezessete anos, doze do sexo masculino e dezesseis do sexo feminino. Sessenta por cento dos estudantes da turma habitavam (na época da aplicação), a área rural. Em decorrência, dependiam exclusivamente do transporte escolar oficial para frequentar a escola, percorrendo para isso, de médias a longas distâncias. A maioria já tinha estudado em duas ou mais escolas antes desta, mas com baixo índice de repetência. A renda mensal familiar se situava entre dois e meio e três salários mínimos. A pesquisa também apontou o pouco hábito de leitura dos estudantes, bem como o acesso restrito a possíveis fontes de cultura, tais como livros, jornais, revistas e internet. Para muitos, a biblioteca da escola era a única que conheciam. Em relação à

internet, mesmo aqueles que afirmaram possuir relativa facilidade de acesso à rede, afirmaram que o faziam mais por causa das redes sociais do que para fins de pesquisa e estudo. Essa mesma pesquisa mostrou a dificuldade dos estudantes, em “lembrar” ou identificar, os assuntos estudados nas séries finais do ensino fundamental.

2.3 A fundamentação metodológica

Em relação à metodologia de pesquisa, definimos esta proposta como de cunho qualitativo. Foram adotados como referenciais (para esse intento), as obras de Moreira (2011) e Triviños (2012). Não entendemos, pela natureza deste trabalho, a necessidade do detalhamento dos processos gerais e paradigmas do conceito de pesquisa qualitativa. Assim, nos ateremos à pesquisa qualitativa em educação e, mais especificamente, a metodologia de pesquisa-ação, pois entendemos ser esta a natureza deste trabalho. De modo geral, a pesquisa em educação é de natureza predominantemente qualitativa e tem como objetivo, a produção de conhecimentos, na forma de respostas originadas em indagações sobre a dinâmica de ensino-aprendizagem e seus elementos essenciais (currículo, professores, estudantes, filosofia e metodologia), Moreira (2011). Ainda de acordo com Moreira, a metodologia de pesquisa em educação em ciências se constituiu pela influencia de dois paradigmas, o quantitativo e o qualitativo: o primeiro se refere à metodologia desenvolvida nas ciências naturais, e tem como características, a quantificação e o tratamento estatístico dos dados. Por esse paradigma, as explicações são obtidas via medições objetivas e tratamento matemático, buscando leis e previsões passíveis de generalizações. O segundo se baseia na concepção humanista, que privilegia o tratamento qualitativo-interpretativo dos dados. Neste, busca-se a compreensão do fenômeno, considerando a participação dos atores envolvidos no processo. Na pesquisa qualitativa, privilegia-se a explicação interpretativa, heurística, em detrimento da algorítmica e abstrata. Triviños (2012), aponta características que segundo ele, são importantes para a caracterização da pesquisa qualitativa. Por exemplo, diz que na pesquisa qualitativa, o ambiente natural é a fonte de obtenção dos dados, tendo o pesquisador como instrumento chave. Que a pesquisa qualitativa prima pela descrição e os processos são tão importantes quanto os resultados. Considera também que os pesquisadores qualitativos tendem à

análise indutiva dos dados, cuja significação é a preocupação maior.

Como afirmamos anteriormente, consideramos que este trabalho, sob o ponto de vista da metodologia de pesquisa, se trata de uma pesquisa-ação. A razão principal é que se trata de uma proposta ensino-aprendizagem, portanto, visa à melhoria de um processo, no caso, o pedagógico. “O objetivo fundamental da pesquisa-ação consiste em melhorar a prática em vez de gerar conhecimentos. A produção e utilização do conhecimento se subordinam a este objetivo e estão condicionadas por ele” (MOREIRA, 2011 p. 90). Evidentemente a busca é pelo conhecimento que possibilite a melhoria do processo, isto ocorrendo, deverá contribuir para a aprendizagem dos estudantes. Nessa mesma linha, Engel (2000), define a pesquisa-ação como uma união entre prática e teoria onde ocorre o engajamento do pesquisador.

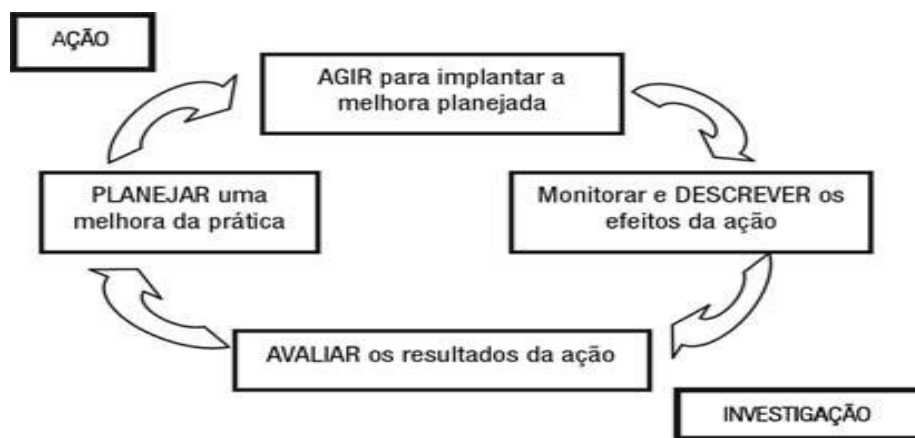
A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa participante engajada, em oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não-reativa” e “objetiva”. Como o próprio nome já diz, a pesquisa-ação procura unir a pesquisa à ação ou prática, isto é, desenvolver o conhecimento e a compreensão como parte da prática. É, portanto, uma maneira de se fazer pesquisa em situações em que também se é uma pessoa da prática e se deseja melhorar a compreensão desta (ENGEL, 2000, p. 182. Grifos do autor).

Assim, pesquisados e pesquisadores se encontram imersos na ação de pesquisa, cujo objetivo primeiro é a análise e melhoria de um determinado processo. Obviamente, se busca a melhoria do produto final emergido da aplicação de tal processo, pois: “Na educação, quando se pretende melhorar a prática, é preciso considerar conjuntamente os processos e os produtos”. (MOREIRA, 2001, p. 90). Portanto, considera-se a pesquisa-ação como um processo reflexivo, onde pesquisados e pesquisadores necessitam, principalmente os professores pesquisadores, refletir sobre suas ações práticas, concepções teóricas, éticas e filosóficas de seu trabalho.

Apoiamos, nos argumentos recém expostos, nossa convicção de que este trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa-ação, e, no sentido de reforçá-la, acrescentamos outros que julgamos pertinentes. Por exemplo: esta proposta tem como objetivo principal, mostrar que o uso da história da ciência, conjuntamente com a epistemologia de Bachelard e a teoria de Ausubel no ensino de física, pode melhorar a aprendizagem dos estudantes nessa disciplina. Trata-se, neste, caso, de busca de dados e melhorias sobre o processo de ensino, quando nele inserida a história da ciência, à luz dos referenciais teóricos adotados. Em outras palavras,

mostrar que o produto final (a aprendizagem dos estudantes), melhora qualitativamente, quando, no processo de ensino-aprendizagem, se usar a história da ciência. Trata-se, portanto, de uma proposta sobre o processo, obviamente levando em consideração o produto final, pois, em última instância, será este a validar ou não, a hipótese de melhoria, na comparação com resultados obtidos pelo processo “tradicional” de ensino. Outro exemplo é a participação reflexiva no processo: Na aplicação da sequência didática, professor e estudantes precisaram refletir sobre suas práticas. Os estudantes, sobre o quê e como estavam aprendendo, já o professor sobre a forma e a validade do que estava sendo proposto, pois é justamente este “repensar sobre” que permite e orienta os ajustes necessários no processo. Tripp (2005), apresenta um diagrama simplificado do processo de pesquisa-ação, com o qual identificamos a nossa proposta.

Figura 3 – Diagrama simplificado do processo de pesquisa-ação



Fonte: TRIPP 2005, p. 446

Questionários (apêndices A e C) e entrevista semiestruturada (apêndice E), foram os instrumentos escolhidos para a coleta dos dados. Em relação aos questionários, optou-se pela forma mista, com questões abertas, questões fechadas e questões com as duas características. Foram elaborados dois, um com o propósito de sondagem sobre os assuntos estudados nos anos finais do ensino fundamental, ou melhor, o que os estudantes haviam aprendido ou “lembravam” da etapa anterior. A seguir, foi construído o segundo questionário, levando em consideração os dados

obtidos no primeiro, o referencial teórico adotado e as hipóteses e objetivos norteadores desta proposta. Os objetivos deste último foi os de, primeiramente, verificar as concepções espontâneas (prévias) dos estudantes e, posteriormente, a verificação de mudança conceitual (ou não). Nos capítulos quatro e cinco, referentes à construção da sequência didática e aplicação dos questionários, encontram-se outros detalhes sobre suas construções.

Para a coleta dos subsídios que possibilitaram a representação do perfil epistemológico dos estudantes (capítulo seis), foi usada como instrumento, a entrevista semiestruturada. Dos três modelos de entrevista, estruturada (fechada), aberta (livre expressão do entrevistado) e semiestruturada (com características das duas anteriores), optou-se por esta última, pois;

“[...] queremos privilegiar a entrevista semiestruturada porque esta, ao mesmo tempo em que valoriza a presença do investigador, oferece todas as perspectivas possíveis para que o informante alcance a liberdade e a espontaneidade necessárias, enriquecendo a investigação.” (TRIVIÑOS, 2012, p. 146).

Entendemos que este modelo é o que permite ao investigador manter a entrevista com o foco no objetivo, e, ao mesmo tempo, permite ao pesquisado, liberdade de argumentação. O primeiro modelo, como o próprio nome sugere, se aplica quando buscamos informações específicas, pontuais. Por outro lado, no caso da entrevista livre, pode ocorrer do entrevistado se perder em divagações e generalizações que pouco tenha a ver com o objetivo da pesquisa. No capítulo referente aos perfis, fazemos nova referência à metodologia de sua construção. De modo geral, a cada capítulo desenvolvido, fazemos referência às metodologias nele utilizadas. Destacamos, ainda, que o segundo questionário e a entrevista, foram melhorados gradativamente, a partir de um rascunho inicial. Isso foi possível graças a um processo de ensaio, crítica retificação levada a efeito pelo professor orientador e orientando, com a participação significativa dos graduandos em física pela UNIPAMPA, Giovanni Del Duca e Felipe Lima.

A análise qualitativa é empregada por Martins (1998), em seus estudos de investigação sobre o conceito de tempo. Seu trabalho serve como referencial para este, e se encontram entre outros vistos no capítulo seguinte.

3 ESTUDOS RELACIONADOS

Na literatura de pesquisa em educação, encontram-se disponíveis diversos trabalhos relacionados ao uso de *Filosofia e História da Ciência (FHC)* e do tema *Movimento* (objeto desta proposta). Com o objetivo de situar este trabalho no plano de pesquisa e produção no campo da educação, mostraremos de forma sucinta alguns destes estudos, com os quais este possui semelhanças, citando, entretanto, as diferenças existentes.

Em sua pesquisa de mestrado, Curado (1999), propõe o ensino do tema *queda dos corpos* tendo como suporte a História da Ciência (HC). Ressalta (p. 07) que o uso da HC não visava apenas proporcionar a mudança conceitual dos estudantes, mas apresentar-lhes o processo de produção científica, de modo a desmistificá-lo. Para isso, foi usado como objeto de discussão em sala de aula, diferentemente do que é feito na prática tradicional de ensino- aprendizagem, onde só os resultados finais interessam, isto é, a ciência pronta. Focaliza o diálogo da HC com a ciência escolar, na intenção de mostrar as características de provisoriedade da ciência. Simultaneamente ao enfoque histórico, analisa as concepções de ciência apresentadas pelos estudantes. Compara-as a teorias científicas históricas, como a física de Aristóteles, medieval e galileana-newtoniana.

A semelhança entre esta proposta e o trabalho analisado encontra-se no uso da HC com facilitadora do processo de construção da ciência, bem como das dificuldades apresentadas pelos estudantes em relação às concepções espontâneas. Apontam-se, entretanto, diferenças: em vez de somente a compreensão do conceito de queda dos corpos como objeto de estudo (trabalho analisado), a opção desta proposta está na compreensão do conceito de movimento numa perspectiva de construção-reconstrução mais geral. E o foco está na estrutura causal. Assim, nesta proposta, as identificações dos obstáculos cognitivos e de concepções anteriores dos estudantes não serão objetos de estudos profundos, servindo apenas para orientar o processo de aplicação da proposta pedagógica e verificação de evolução de aprendizagem. Além disso, a HC é usada como instrumento didático e não se constitui no objeto de estudo propriamente dito.

Baccon(2010), em dissertação de mestrado, investigou de que forma se poderia construir uma proposta diferenciada, tendo como tema *força como interação*, na intenção de qualificar a aprendizagem de estudantes de uma 8ª série. A proposta

foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Através de pesquisa qualitativa, buscou identificar os conhecimentos prévios dos estudantes (p. 13), princípio básico na teoria ausubeliana (MOREIRA, 2006-2011).

A partir deste contexto, produzir uma proposta de ação diferenciada e interdisciplinar (p.18) para ensino de física. A praticada se materializou via construção de unidades de aprendizagem (UA), que constituíram unidades de aprendizagem potencialmente significativas (UEPS) Moreira (2006-2009-2011). Em resumo, propõe em relação aos estudantes, a identificação de conhecimentos prévios e identificação de evoluções conceituais em relação ao tema proposto e compreensão da ciência como construção.

É possível apontar algumas semelhanças entre o trabalho analisado e esta proposta em construção. Uma delas está na estrutura geral pensada. Sondagem inicial de conhecimentos prévios (no caso desta proposta, também obstáculos epistemológicos). A construção de unidades didáticas para abordagem do objeto de conhecimento dos temas propostos. O embasamento teórico em Ausubel (2003), Moreira (2006-2009-2011). Como diferença, entre outras, pode-se citar a amplitude dos objetos de conhecimento (temas). Enquanto o trabalho em questão não faz uso de HC e propõe especificamente investigar o conceito de força, esta proposta se pauta na investigação do conceito de movimento e o uso da HC como instrumento de aprendizagem.

Embora a TAS seja fundamentação comum, além desta, propomos o uso da epistemologia de Gaston Bachelard (1996), especificamente em referência aos obstáculos epistemológicos e à construção do perfil epistemológico. Apesar de a intervenção realizada ter como público-alvo estudantes de 8º série, ao verificarmos os objetos de conhecimento utilizados, se percebeu serem idênticos aos temas (conteúdos) geralmente propostos para o 1º ano do ensino médio.

Gebara (2001), em sua dissertação de mestrado, *O Ensino e a Aprendizagem de Física: Contribuições da História da Ciência e do Movimento das Concepções Alternativas. Um estudo de caso*, realiza uma investigação detalhada sobre trabalhos acadêmicos que abordaram o uso de HC no ensino de física a partir de 1987, principalmente na USP e UNICAMP. Ao mesmo tempo, realiza uma investigação junto a estudantes do ensino médio produzindo importantes considerações e dados sobre conhecimentos espontâneos (ou prévios) sobre os mesmos.

Analisa os dados obtidos, sejam os da própria pesquisa entre estudantes ou bibliográfica, com dados produzidos junto a estudantes de outras nacionalidades. Seu foco está na análise do ensino-aprendizagem de física e na gênese das concepções espontâneas dos estudantes.

Embora não claramente explicitado, a fundamentação teórica está no uso de HC e nas concepções de ciência bachelardianas. Esse aspecto pode ser considerado como semelhanças entre o trabalho citado e esta proposta de intervenção. Como diferença, entre outras, se pode apontar a existência de objeto específico usado para materializar a construção desta proposta. As concepções espontâneas, que são objetos de estudo no trabalho citado, possuem finalidade diferente para esta proposta. Servirão como orientadores da ação didática.

Martins (1998), em dissertação de mestrado *intitulada O Ensino do Conceito de Tempo: Contribuições Históricas e Epistemológicas*, defende o uso da HC como instrumento facilitador da construção e compreensão do conceito de tempo. Partindo de críticas consistentes apoiado nas concepções de Freire (educação bancária) e Kuhn (paradigma vigente, ciência normal), define o modelo atual de escola como organização de treinamento e doutrinação (p. 58-59). Por extensão, o mesmo se aplica ao ensino de ciências.

Como contraponto, apoiado em Freire (a educação se constrói pelo diálogo e reflexão) e Bachelard (a conhecimento científico é construído contra um conhecimento já estabelecido e a ciência progride pela retificação de sua história), propõe uma educação científica aberta, dialógica, dialética e fundamentada na sua história. Para isso, propõe investigar, junto a estudantes, como acontece o processo construção-compreensão do conceito de *tempo*. Defende, para esse fim, a adoção da HC como referencial e facilitadora do processo ensino-aprendizagem.

Como fundamentação teórica, opta pela epistemologia de Bachelard (progresso científico como retificação de erros, recorrência e psicanálise histórica, obstáculos epistemológicos). Com essa intenção, cita diversos autores que desenvolveram trabalhos de pesquisa com viés cognitivista, bachelardiana e da linha denominada de movimento de mudança conceitual (MMC). Defende a necessidade de um posicionamento epistemológico no ensino de ciências. Seu trabalho tem como objetivo identificar possíveis contribuições epistemológicas. Para isso, busca identificar os obstáculos epistemológicos à construção conceitual do tema proposto, bem como conhecer as concepções ontológicas e/ou espontâneas dos estudantes.

A materialização de sua proposta se dá através de pesquisa quantitativo-qualitativa aplicada a estudantes da educação básica. A coleta de dados se deu através da aplicação de questionário (inicial, intermediário e final) e de entrevistas semiestruturadas. Como resultado da investigação (entre outros), o autor aponta a tendência dos estudantes em pensar o tempo como uma finalidade (um sentido utilitário), ligado ao cotidiano e aos fenômenos da natureza. Essa constatação se relaciona à concepção bachelardiana de obstáculo realista e ou animista. Leva o autor a concordar (p. 203) com Mariani & Ogborn (1991), de que o conceito de tempo se constitui de uma “categoria ontológica fundamental”.

Mesmo usando o trabalho de Martins (1998) como referencial para a construção desta proposta, existe, entre elas, diferença de objetivos. O objetivo primeiro desta proposta é verificar possíveis contribuições ao processo de ensino-aprendizagem pela inserção da HC e do reconhecimento da existência (e persistência) de possíveis obstáculos que dificultam o aprendizado de ciência por parte dos estudantes.

Embora a inserção da HC no ensino de física ainda não seja o tema mais abordado em trabalhos acadêmicos, existem diversos e qualificados estudos com essa temática. Os trabalhos aqui mencionados, Curado (1999), Baccon (2010), Gebara (2001) e Martins (1998), servem como uma amostra de vários outros, citados inclusive por estes autores.

Os referenciais teóricos discutidos no primeiro capítulo e os estudos citados neste, serviram de fundamento para a construção da sequência didática vista no próximo capítulo.

4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo e no produto educacional, descrevemos e discutimos o conjunto de ações e instrumentos mobilizados com o objetivo de mostrar que, sob o enfoque da epistemologia de Bachelard e da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a HC pode ser um elemento eficaz no ensino escolar de ciências e, mais especificamente, no ensino-aprendizagem da disciplina de física. A dinâmica, fundamentada na metodologia Instrução pelos Colegas (IpC), Ensino sob Medida (EsM), Ensino Colaborativo (EC) e experimentos básicos será melhor detalhada no produto educacional. A metodologia adotada na aplicação e teve como objetivo, evitar que os estudantes se acomodassem a uma rotina pedagógica e, ao mesmo tempo, criar situações de dinamismo que permitissem a construção dos conceitos pela interação dialógica via construção coletiva, seja de dados nos experimentos, resenhas ou mapas conceituais.

O conjunto de ações foi organizado na forma de uma sequência didática, mostrada no quadro-resumo (anexo B), explicitado neste capítulo e no produto educacional. Sua estrutura e objetivo, teve como fundamentação, o referencial teórico adotado e as concepções prévias (espontâneas) dos estudantes, expressas na aplicação inicial do questionário. Os dados do questionário mostraram que, na turma escolhida para a aplicação, predomina o pensamento realista-ingênuo e de senso comum, que, do ponto de vista histórico, se assemelha ao pensamento aristotélico. A partir dessas premissas, foi concebida esta sequência, que buscou a “desconstrução gradual” das ideias iniciais dos estudantes. Partindo de um contexto inicial (A Grécia a Antiga), foi proporcionado aos estudantes, o estudo das diversas concepções (aristotélica, força impressa, galileana), elaboradas sobre o fenômeno *movimento*, até a teoria newtoniana. Buscou-se, dessa forma, oportunizar a evolução da razão (Bachelard) e produzir uma aprendizagem significativa (Ausubel). Para fins de clareza, compreensão da organização e da dinâmica de aplicação, dividiu-se a sequência didática em cinco módulos. Cada módulo, por sua vez, foi dividido em três ou quatro partes, cuja duração foi de uma a três horas de aula, levando em consideração sua extensão e/ou complexidade. A explicação da estrutura e da dinâmica de cada módulo traz, explícita ou implícita, as metodologias nele utilizadas.

No que se refere à estrutura e dinâmica de aplicação, cada parte foi constituída de ponto de partida, atividade e objetivo. O ponto de partida constitui-se, com exceção do primeiro módulo, de proposições (uma ou mais) colocadas na intenção de atrair a atenção dos estudantes para o assunto a ser abordado e ao mesmo tempo induzir-lhes o pensamento reflexivo. O item definido como atividade descreve o processo dinâmico da ação e materiais usados no mesmo. O item objetivo define o que se pretendeu alcançar com a ação em relação aos estudantes.

A produção material da aplicação se constitui de resumos, resenhas, registros de dados, anotações sobre observação de experimento e mapas conceituais. Produção esta de natureza individual e/ou coletiva, permite a verificação da evolução de aprendizagem e adequação desta proposta. Ao final de cada módulo é feita uma análise parcial dos resultados obtidos (resenhas, mapas conceituais ou dados dos experimentos). O encerramento do capítulo se constitui de síntese e considerações sobre a aplicação. Por questão de organização, são mostrados em apêndice apenas alguns exemplos de mapas conceituais (apêndice G) e resenhas (apêndice H).

4.1 MÓDULO I

Preparação: questionários e mapas conceituais. Este módulo versa sobre questionários e mapas conceituais. É preparatório para a sequência propriamente dita. Achamos necessário incluí-lo na sequência, nem tanto por sua importância didática, mas para mostrar a importância do planejamento inicial. A intenção é que todos os que se propuserem a construir uma proposta de ensino-aprendizagem nos parâmetros desta, atentem para a valorização dos conhecimentos anteriores dos estudantes. Este ponto é de grande importância, tanto na epistemologia bachelardiana como na teoria ausubeliana, conforme discutido na subseção Bachelard e o ensino, contida no referencial teórico.

O tempo de uma hora/aula refere-se somente ao que os estudantes usaram para responder o questionário. A construção do questionário aplicado e análise dos dados obtidos de suas duas aplicações não foram computadas como atividades de sala de aula. Quanto à aplicação em si, foi realizada de modo a se obter a resposta estritamente individual de cada estudante entrevistado.

4.1.1 Parte um

Compõe-se das ações de construção do primeiro questionário, aplicação e análise das informações. Não computamos como atividade da sequência didática propriamente, apenas como ação preparatória. O primeiro questionário teve como objetivo produzir uma visão geral do que os estudantes estudaram no ensino fundamental, no tocante à disciplina de física, e do que lembravam. Assim, as questões propostas não envolveram uso de conceitos ou resolução de qualquer espécie de problema. A construção desse questionário foi embasada no conteúdo de física previsto em obras de didática de oitava/nova série. O resultado obtido serviu como parâmetro para a construção do segundo questionário (principal).

4.1.2 Parte dois

A parte dois, com duração de uma hora/aula compunha-se somente pela aplicação do questionário dois (principal) com a finalidade de coleta de dados iniciais. Resumidamente, o questionário compõe-se de oito questões. A primeira questão é de livre dissertação. As demais se apresentam na forma de alternativas a serem escolhidas pelos estudantes, algumas acompanhadas de espaço destinado à justificativa de respostas ou livre expressão.

Este questionário, cuja estrutura é explicitada no capítulo específico sobre análise dos questionários, foi planejado para atingir dois objetivos. O primeiro é o de identificar os conhecimentos prévios, sejam eles de natureza escolar ou espontânea (intuitiva) dos estudantes. Esses dados serviram de referência na construção desta proposta. O segundo foi para a coleta de dados ao final da aplicação. Esses dados nos permitiram a comparação dos dados pré e pós-aplicação da sequência didática.

4.1.3 Parte três

Nesta parte, com duração de duas hora/aula, tratou-se exclusivamente de mapas conceituais. Usamos os mapas conceituais não com a função de avaliação, mas de acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem. Este instrumento pode mostrar a forma como o estudante está organizando os novos conceitos em seu sistema cognitivo. Assim, consideramos importante que o estudante

compreenda as ferramentas e as razões de seu uso. Segundo Ausubel (1978) e Moreira (2006), a técnica de construção de mapas conceituais (ou mapas mentais), mostra-se adequada ao uso como ferramenta de verificação na teoria da aprendizagem significativa.

Como relacionamos conceitos presentes em nosso cotidiano? A partir de questões como essa, foi desenvolvida aula expositivo-dialogada na qual foram discutidas a estrutura, a organização e a importância dos mapas conceituais. Foram apresentados e discutidos diversos modelos de mapas conceituais. Por fim foi solicitado aos estudantes que elaborassem um mapa conceitual sobre o conceito *movimento*.

4.1.4 Comentários sobre o módulo I

O encerramento do módulo deu-se com a construção de mapas conceituais (apêndice G). Os mapas produzidos apresentaram como previsto, estruturas simples e forte impressão do cotidiano dos estudantes. Considera-se aceitável, devido a proposta se encontrar em seu estágio inicial e ao fato de que certamente é a primeira vez que estes estudantes têm contato com mapas conceituais. O conceito foi invariavelmente associado a objetos reais como veículos, seres vivos, como pessoas e animais, fenômenos naturais como vento. Apareceram também o Sol e planetas.

Isto significa que, neste momento de início da aplicação da proposta, os estudantes entendem o conceito de movimento como invariavelmente associado ao mundo “real” e de caráter animista. É o mesmo pensamento identificado na primeira aplicação do questionário.

4.2 MÓDULO II

O contexto inicial: a Grécia antiga. Este módulo trata da construção de um contexto inicial: a Grécia. Para fins didáticos, também foi dividido em três partes. Teve como início a Grécia Antiga e encerrou com a ideia de Cosmos e modelos cosmológicos concebida pelos gregos. Pensamos este módulo pela necessidade de contextualização e posição no espaço-tempo do nosso objeto de estudo. A história da evolução do conhecimento da natureza, do desenvolvimento do pensamento

ocidental aponta diretamente para os pensadores da Grécia antiga.

A escolha do pensamento grego antigo como ponto de partida não significa a desconsideração da contribuição de outras civilizações para o desenvolvimento do pensamento humano, inclusive das que colaboraram para o desenvolvimento do próprio pensamento grego. Nossa escolha leva em consideração a necessidade de demarcar um ponto de partida para a proposta e a importância histórica das ideias gregas, principalmente para a civilização ocidental.

4.2.1 Parte um

Partindo de uma pesquisa informal realizada no encontro anterior, onde foi solicitado aos estudantes que escrevessem, sem consulta a qualquer fonte, o que sabiam sobre o desenvolvimento do pensamento moderno e contribuição dos gregos antigos. O resultado mostrou o desconhecimento quase completo por parte dos estudantes sobre a contribuição da civilização grega. A mostra se resumiu a mera lista de nomes. Em razão disso foi apresentado o vídeo *Grandes Civilizações: a Grécia Antiga, parte 1*, que trata da história e das contribuições da civilização grega. Esse vídeo foi escolhido por apresentar características, no nosso entender, adequadas ao público em questão, por apresentar média duração, tratar de filosofia, ciências e artes. Apresenta boa dinâmica visual e a linguagem é acessível aos estudantes.

O tempo decorrido foi de duas horas/aula. A primeira foi utilizada para as questões reflexivas iniciais e exposição do vídeo. Na segunda, após breve recapitulação da aula anterior, os estudantes foram organizados em grupos de quatro ou cinco. Como objetivo, de acordo com a teoria da aprendizagem colaborativa, Moreira (2010, 2011), Damiani (2008), construir e compartilhar significados. Ao final, cada grupo produziu pequena síntese escrita e a apresentou oralmente. Por fim, foi distribuído o material de apoio *A constituição da Natureza segundo os antigos gregos* (texto 1 do apêndice A) a ser usado na próxima aula.

4.2.2 Parte dois

Esta parte também se constitui de duas hora/aula. Inicialmente foi feita uma breve retomada do que foi visto na aula anterior e do que foi estudado até o

momento. Essa dinâmica de retomada, de religação com o estudado anteriormente, foi adotada como práxis permanente para início de todas as aulas desta proposta. A seguir, foi solicitado aos estudantes que se posicionassem sobre questões construídas a partir do texto anteriormente distribuído. Essa ação didática se fundamenta na Metodologia de Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC), Araujo (2013), Oliveira (2012) e Rodrigues (2012). Essas questões podem ser de livre escolha ou de elaboração de quem coordena a ação pedagógica. Entretanto, deve ser formulada de modo a conduzir o estudante à construção de um pensamento, evitando ao máximo uma resposta decorada.

Quanto mais diversidade nas respostas iniciais, mais benefício para o resultado final. A título de exemplo, citamos duas questões usadas: 1. Por que os gregos produziam essa variedade de concepções? 2. Das teorias vistas, qual ou quais se identificam mais em relação à atualmente aceita? O fechamento desta parte deu-se pela discussão das respostas formuladas. Na segunda hora/aula, além da retomada de praxe e resumo do já visto, procedeu-se à formação dos grupos para a socialização dos conceitos dentro do princípio da aprendizagem colaborativa. Como fechamento, houve a produção de resenha sobre o assunto estudado. Finalizando, foi distribuída aos estudantes o material de apoio *Teorias cosmológicas antigas* (texto 2 do apêndice A), para o próximo encontro.

4.2.3 Parte três

Dividida em duas horas/aula, esta parte fechou o módulo II. Na primeira hora/aula, após sucinta retomada, foi novamente utilizado o método de EsM e IpC. Os estudantes tiveram de se posicionar sobre questões construídas a partir do material distribuído anteriormente. O tempo final desta hora/aula serviu para discussão e breve resumo do assunto estudado. Na segunda hora/aula após a retomada, procedeu-se à breve releitura do material distribuído de antemão. Essa ação deu-se em grupo, a fim de possibilitar a socialização das ideias. A segunda hora/aula, foi iniciada com a tradicional retomada. O tempo restante foi usado para a construção de mapa conceitual do que foi até então estudado. Ao final, foi feita a distribuição do material de apoio *Movimento*. (construção adaptada), para o próximo encontro.

4.2.4 Comentários sobre o módulo II

Ao final da segunda parte, os estudantes construíram a resenha um sobre os assuntos estudados. Percebe-se, pelos escritos, relativa compreensão do que foi visto. Ao final do módulo, foi produzida a resenha dois, referente à terceira parte e um conceitual individual sobre o que foi estudado no módulo. Assim como a primeira, esta também apresenta evidências de relativo entendimento do que foi visto. Ressaltamos que as resenhas são construções coletivas (em grupos), fundada na metodologia da aprendizagem colaborativa e realizada no espaço pedagógico destinado à discussão do que foi visto naquele encontro. Essa condição possibilita uma construção textual melhor articulada. O encerramento do módulo deu-se com a construção de mapa conceitual.

4.3 MÓDULO III

A física do movimento pensada por Aristóteles. Neste módulo inicia-se, de forma mais específica, a abordagem do conceito de movimento. Para facilitar a compreensão e o trabalho didático, foi dividido em quatro partes. É inegável, e já o afirmamos aqui, a importância do pensamento grego para na história ocidental e não menos importante o é para a história da ciência.

Dentre os pensadores gregos, Aristóteles foi o primeiro a formular uma teoria buscando explicar o movimento. A sua teoria exerceu influência sobre o pensamento ocidental até meados do século XVII. Da mesma forma, somos cientes de seus equívocos frente à ciência contemporânea. Mesmo que seu pensamento já tenha sido superado, Koyré (1991), Bachelard (1996), não devemos ignorá-lo, pois numerosos estudos (alguns citados neste trabalho) indicam que estudantes em fase de escolarização formal ainda apresentam pensamento no referente à ciência, semelhante ao pensamento aristotélico. Concordamos com Peduzzi (1996), que questiona: por que não usar a física aristotélica no ensino? Não no sentido de reforçá-la, de torná-la correta do ponto de vista científico, mas, de acordo com a teoria ausubeliana, usando como ancoragem para aprendizagem de novos conceitos, ou do ponto de vista da epistemologia bachelardiana, para mostrar aos estudantes que ela é uma cultura a ser superada, pela insuficiência em explicar determinados fenômenos. Nessa linha de ação, este módulo trata do movimento na

física aristotélica.

4.3.1 Parte um

Na primeira hora/aula começamos como das vezes anteriores, buscando engajar os estudantes na proposta de estudo. Para isso, usamos as questões iniciais previstas no quadro-resumo, no intuito de estabelecer o diálogo e a reflexão. Na sequência, foi utilizado a metodologia IpC e EsM, onde os estudantes se posicionaram via cartões respostas, sobre questões formuladas a partir do material distribuído anteriormente. Questões estas que põe em xeque conceitos aristotélico, por exemplo: se todo o corpo grave procura imediatamente seu lugar natural, então porque uma pedra lançada horizontalmente não cai imediatamente após perder contato com seu lançador? O que move a flecha depois que ela abandona o arco? São questões conceituais exploradas que suscitam dúvidas e possibilitam uma reconstrução cognitiva nos estudantes.

A segunda hora/aula inicia-se com a problematização inicial e breve resumo do que foi estudado no encontro anterior. Em sequência, uma releitura e discussão em grupo do material distribuído no encontro anterior. A seguir, foi produzida uma resenha sobre o que foi estudado. Depois, foi distribuído o material de apoio, *A crítica à física aristotélica*. (texto 4 do apêndice A), para o próximo encontro.

4.3.2 Parte dois

A primeira parte da segunda hora/aula foi usada na realização de uma atividade prática-experimental. O objetivo é despertar o interesse pela investigação e discutir a lei aristotélica do movimento, constatando na prática a interferência do meio sobre o movimento de um corpo (fig. 5, p.83). Material usado: uma tábua plana (tábua de trinta) medindo 120 cm x 30 cm; três partes de tubo plástico transparente (mangueira), medindo 120 cm por 2 cm de diâmetro; três esferas de vidro (bolinhas de gude), que deslizem livremente nos tubos; rolhas para fechar uma das extremidades dos tubos, óleo e água; um cronômetro por equipe de estudantes. Os tubos foram fixados lado a lado na tábua.

Um tubo foi preenchido com água e outro com óleo de cozinha. Um terceiro ficou “vazio”, de modo que se obteve então três meios de densidades diferentes (ar,

água e óleo). Os estudantes foram organizados em equipes (número variável), para a prática. O experimento consistiu em deixar a esfera descer livremente, por três vezes, a distância de um metro, cronometrando o tempo a cada descida. Para que todos os membros de cada equipe se envolvessem com a tarefa, se definiu dentro de cada uma, os responsáveis pelas atividades de: 1. Partida da esfera. 2. Cronometragem do tempo de duração do movimento. 3. Registro dos dados na planilha. 4. Cálculo das médias. 5. Apresentação dos dados no quadro. No caso de sobrar alguém sem função, assume a de “fiscalizar” a correção dos procedimentos de sua equipe. Esse foi o procedimento geral adotado para todos os experimentos.

A segunda hora/aula foi usada para a discussão das ideias que envolveram o experimento. Os dados obtidos por cada equipe foram colocados no quadro para serem discutidos. Pela tabela e as anotações (p. 83), percebe-se as discrepâncias dos resultados numéricos entre as equipes. Devemos considerar que, na concepção bachelardiana, os “erros”, incluindo os de cunho experimental, são de suma importância, pois eles são fonte para uma dialética de retificação (BACHELARD, 1996). A uniformidade dos dados, caso acontecesse, impossibilitaria essa discussão. Constituir-se-ia no que Bachelard denomina de obstáculo quantitativo de primeira aproximação. Na discussão dos resultados do experimento, essas diferenças foram debatidas com os estudantes.

A precisão matemática dos dados não foi prioridade do experimento. Aliás, não foi em nenhum dos experimentos realizados nesta proposta, pois ela não se fundamenta no rigor do resultado numérico, mas na compreensão do conceito relacionado. Com base no experimento, passou-se à discussão de algumas questões, buscando a construção argumentativa das equipes. Por que a diferença nos dados obtidos, se as condições eram idênticas para todos? Aristóteles tem razão? De fato, o movimento (a velocidade) tem relação com a resistência do meio? O que mostrou o experimento? Por que as esferas sempre se moveram para baixo? O que aconteceria se conseguíssemos retirar gradativamente o “ar” do interior do tubo? E se substituíssemos, sucessivamente, o óleo por outras substâncias dotadas de maior grau de “resistência”, o que aconteceria? E se acontecer de o grau de “resistência” ser igual à “força” da esfera para descer? E se o grau de “resistência” for maior? Neste caso, o que acontece se colocarmos essa mesma esfera no “meio” do tubo? O que podemos dizer da lei aristotélica do movimento? Se as bolinhas são “pesadas”, então por que não procuram sempre seu “lugar natural”? Estas foram

algumas questões colocadas para discussão pelos estudantes.

4.3.3 Parte três

Este experimento simples teve como objetivo, além dos já especificados anteriormente, o de discutir a intuição comum dos estudantes, através da ideia aristotélica sobre a velocidade dos corpos “graves”. No capítulo seis, na subseção que trata da escola filosófica do realismo ingênuo, encontra-se uma melhor diferenciação entre corpos graves e leves. Para este experimento é suficiente considerar grave e pesado como tendo o mesmo significado.

Os conceitos de peso e massa são usados pelos estudantes, na maioria das vezes, como sinônimos. Tendem, por intuição, a estabelecer uma relação de proporcionalidade direta entre massa (peso) e tamanho (volume), com a velocidade em movimento livre, principalmente em movimento de queda. Como exemplo, citamos as ideias expressas na parte referente ao perfil epistemológico (capítulo seis), bem como as entrevistas realizadas para a construção do referido capítulo (apêndice F).

Os estudantes foram questionados sobre a duração do tempo de subida e descida de um objeto em movimento sobre uma rampa. A tendência das respostas apontou para o tempo de descida menor que o de subida. Em alguns casos, o “peso” foi a razão para esse fato. Segundo Aristóteles, em movimento livre, a velocidade dos corpos guarda relação de proporcionalidade com suas “gravidades” (pesos). Assim, se um corpo A possui o dobro do “peso” de um corpo B, sua velocidade de queda deve ser o dobro da velocidade de B. Em outras palavras, a medida do tempo de duração de seu movimento deve ser a metade da medida de duração do tempo do movimento de B.

A primeira hora/aula foi usada para a realização do experimento e obtenção de dados. De modo geral, a organização das equipes do primeiro experimento permaneceu para os demais. Foi usado o seguinte material: uma canaleta dupla de alumínio (usada em Box de banheiro), medindo 200 cm por 4,5 cm, duas bolas de tênis de mesa (bolinhas de ping pong), de massas 08 gramas e 16 gramas (suas massas foram ajustadas por meio de injeção de água); uma pequena balança digital, com capacidade de medir a massa em gramas; cronômetros e planilhas para anotações. Cada equipe realizou três medidas de tempo de duração do movimento

de descida de cada bola, anotando os dados na planilha. Na segunda hora/aula, os dados foram organizados no quadro em forma de tabelas. Os resultados foram então discutidos, considerando as ideias aristotélicas sobre o movimento de queda.

4.3.4 Parte quatro

Procuramos realizar, dentro do possível, variações na dinâmica de execução da proposta. Somente o ponto de partida permanece semelhante para todos os encontros. No restante, procuramos no mínimo alternar processos. Nos dois encontros anteriores foi oportunizado aos estudantes o debate dos conceitos de movimento da física aristotélica, usando experimentos. Nesta parte, constituída de duas horas/aula, retornamos ao processo do EsM e IpC. O uso desta metodologia em um processo de variação metodológica possibilita a aprendizagem via argumentação e mantém o interesse dos estudantes, evitando a acomodação a uma rotina pedagógica.

Na primeira hora/aula, uma breve recapitulação das atividades anteriores e suas consequências, acrescidas dos questionamentos iniciais usados como ponto de partida deste encontro. A seguir, foi solicitado o posicionamento dos estudantes sobre questões envolvendo o material de apoio anteriormente distribuído. A segunda hora/aula foi usada para breve releitura do material *A crítica à física aristotélica*, distribuído anteriormente. Procedeu-se então a discussão nos grupos e no final, um apresentou uma síntese verbal das ideias de seu grupo. Foi distribuído, visando próximos encontros, o material de apoio *As primeiras ideias de Galileu sobre o movimento* (texto 5 do apêndice A).

4.3.5 Comentários sobre o módulo III

Ao final da segunda parte (2 h/a), foi produzida a resenha três, no âmbito do processo da aprendizagem colaborativa, onde os estudantes se reúnem em grupos para discussão e construção de texto. Essa prática favorece a ideia de coletividade, de negociação de significados e respeito à opinião do outro. Serve também como “reforço” dos conceitos estudados. As segunda e quarta partes foram usadas para a realização de experimentos. O primeiro experimento foi descrito na parte dois e teve o propósito de verificar a influência do meio sobre o movimento de um corpo.

A importância do experimento está na observação “preparada” do fenômeno, na verificação intencional por parte dos estudantes e materializada nos dados obtidos. Os dados serviram para discutir situações referentes à lei aristotélica do movimento (velocidade proporcional à razão entre força e resistência do meio). A tabela 1 mostra as médias de tempo para cada meio considerado.

Tabela 1 – Medidas de tempo (em segundos), obtidas no experimento sobre meios de densidades diferentes.

Meio	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 4	Equipe 5	Equipe 6
Ar	0,666 s	0,59 s	0,57 s	0,70 s	00,24 s	0,43 s
Água	7,31s	6,81 s	6,7 s	6,65 s	7,07 s	8,57 s
Óleo	37,41s	28,41 s	22,2 s	28,51	29,31s	23,93 s

Fonte: do autor, 2014.

Figura 4 e 5 - Anotações equipe 2 e experimento resistência do meio ao movimento

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

APLICAÇÃO DE SEQUENCIA DIDÁTICA – SEGUNDA ETAPA
A física aristotélica-física do impetus.

Atividade Experimental I

OBJETIVO: Comprovar a influencia do meio sobre o movimento de um corpo.

EQUIPE Nº. 2

NOME: *Dianafer... Marinho*

NOME: *Diana... Sousa de Silva*

NOME: *Vandee... Carvalho*


NOME: *Guilherme... P. Coelho*

NOME:

Meio I (ar). Medidas de tempo:
Med 1. *0,52*... Med 2. *0,63*... Med 3. *0,32*... Média Aritmética *0,52*.

Meio II (água). Medidas de tempo:
Med 1. *6,75*... Med 2. *6,94*... Med 3. *6,75*... Média Aritmética *6,81*.

Meio III (óleo). Medidas de tempo:
Med 1. *36,32*... Med 2. *28,76*... Med 3. *20,16*... Média Aritmética *28,41*.



Fonte: do autor, 2014.

A partir desses dados colocados no quadro, foram discutidas as questões colocadas na parte dois deste módulo. A primeira discussão se referiu à diferença entre as medidas obtidas por cada equipe. Os estudantes chegaram à conclusão de que se as condições eram iguais para todas as equipes, as diferenças verificadas eram por “erros” dos cronometristas. Concordaram que, já que a força era a mesma, a diminuição da resistência do meio aumentaria a velocidade da bolinha.

Alguns argumentaram que para isso deveria haver aceleração (resquício do ensino escolar formal do ensino fundamental) e que a lei de Aristóteles não fazia referência a isso. Outros contra-argumentaram que já havia aceleração, só que Aristóteles ainda não “sabia” (termo dos estudantes). Entretanto, o estudante D. S. S colocou a seguinte questão: se a velocidade do movimento dependia da resistência do meio, então essa não poderia ser totalmente eliminada, porque então não poderia se medir o tempo de deslocamento da bolinha (a questão do vácuo na teoria aristotélica). Segundo D. S. S, como $V = F$, o movimento da bolinha seria “automático” (termo do estudante), isto é: instantâneo. A maioria concordou que isso não seria possível.

Foi então colocada em discussão a ideia oposta: o aconteceria se fosse aumentada gradativamente a resistência do meio? Por exemplo, se colocasse no lugar do óleo uma após outra, substâncias cada vez mais resistentes ao movimento da descida da bolinha? A argumentação geral foi de que o movimento seria cada vez mais lento e, segundo os estudantes, quando ocorresse $F = R$, não haveria movimento. Sabe-se, entretanto, que matematicamente, na lei aristotélica, $F = R$ não significa $V = 0$. Aqui, o professor teve de lembrar a indeterminação da divisão por zero, pois alguns argumentaram a favor da resistência “zero”, o que recaiu na primeira discussão, a do movimento instantâneo. A equipe um argumentou que, na prática, poderia acontecer $V = 0$. Construíram um exemplo: se a força que faz a bolinha descer fosse exatamente igual à resistência ao seu movimento, quando colocada no ponto de partida, ela não desceria.

Dois estudantes da equipe três argumentaram que, neste caso, se poderia colocar a bolinha em qualquer parte do líquido e ela não se moveria e que se a resistência fosse maior que a força de descida, a bolinha se moveria para cima, em sentido contrário ao seu movimento natural. Deram como exemplo que se fosse trocada a bola de vidro por uma de isopor na própria mangueira com óleo usada no experimento, isso já aconteceria e seria como se a mão a empurrasse para o alto. A maioria concordou. O experimento da parte quatro foi planejado com a mesma finalidade do anterior: discutir o movimento na física aristotélica e, neste caso, discutir especificamente a relação entre a massa (confundida com peso pelos estudantes) e a rapidez de queda de determinado corpo. Para essa finalidade, foi pensado o experimento descrito na parte quatro. O procedimento geral foi o mesmo descrito no experimento anterior. Cada equipe realizou duas séries de medidas de

tempo, sendo que em cada série foram realizadas três medições e, no final, determinando uma média. Na primeira série, foi usada a esfera de 08 gramas e a distancia de 200 cm. Procedimento análogo foi realizado na segunda série, mudando apenas a esfera de 08 gramas para a de 16 gramas. A tabela 2 mostra as médias dos tempos (em segundos), obtidas pelas equipes.

Tabela 2 – Medidas de tempo (em segundos), obtidas no experimento sobre a lei aristotélica do movimento

Esferas/distancia/massa	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 4
200 cm / 08 gramas	0,452 s	0,457 s	0,464 s	0,470 s
200 cm / 16 gramas	0,386 s	0,354 s	0,408 s	0,416 s

Fonte: do autor, 2014.

Figura 6 e 7 - Experimento e anotações equipe 4



Unpampa Universidade Profissional do Pampa FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS				
APLICAÇÃO DE SEQUENCIA DIDÁTICA A física galileiana - newtoniana				
Atividade Experimental V				
OBJETIVO:				
Etapa I: Analisar a relação massa e vel. caída (movimento)				
Etapa II: Analisar a relação superfície (área) x velocidade (movimento)				
EQUIPE Nº. 4				
NOME: <i>Leonarda J. Padua</i>		NOME: <i>Chandro Silva</i>		
NOME: <i>Marghyelis Calvete</i>		NOME: _____		
NOME: <i>Luizma Artunes</i>		NOME: _____		
ETAPA I				
Bola 1: Massa: <i>8,0g</i>	Distancia percorrida <i>200cm</i> para todo o experimento			
Medida 1: <i>0,478</i>	Medida 2: <i>0,475</i>	Medida 3: <i>0,463</i>	Média: <i>0,410</i>	
Bola 2: Massa: <i>16,0g</i>				
Medida 1: <i>0,400</i>	Medida 2: <i>0,423</i>	Medida 3: <i>0,422</i>	Média: <i>0,416</i>	
ETAPA II				
Bola 1: Massa: _____	Superfície: _____			
Medida 1: _____	Medida 2: _____	Medida 3: _____	Média: _____	
Bola 3: Massa: <i>8,9g</i>	Superfície: _____			
Medida 1: <i>0,394</i>	Medida 2: <i>0,394</i>	Medida 3: <i>0,383</i>	Média: <i>0,383</i>	
Etapa I. Conclusão:				

Fonte: do autor, 2014.

Para a realização desse experimento, houve a necessidade de reorganização das equipes, motivada pela ausência de alguns estudantes, devido a problemas no transporte escolar. Por isso, a divisão da turma em quatro equipes. A discussão dos resultados do experimento possibilitou aos estudantes perceberem a inconsistência da física aristotélica no que tange à relação massa (ou peso) e velocidade de queda dos corpos. “Dobrando a massa, não dobrou a velocidade, pois se isso acontecesse o tempo da segunda bola teria que ser metade do tempo da primeira bola. Alei de Aristóteles não está de acordo” (ESTUDANTE P. S). O estudante mencionado quis

dizer que, considerando que as distâncias são iguais e a segunda esfera possui a dobro da massa, deveria percorrer a distância na metade do tempo da primeira esfera. As medidas de tempo de nenhuma das equipes mostram esse fato.

Alguns estudantes objetaram que talvez Aristóteles se referisse à queda de grandes alturas, outros argumentaram que ele não poderia saber, por que no seu tempo não havia meios de realizar tal experimento, outros lembraram que Aristóteles não baseava sua física em experimentos. Percebe-se a razão em vias de evolução pelas dúvidas e insatisfação com as ideias aristotélicas. O professor propôs ao estudante F o seguinte experimento: destacar uma folha de seu caderno, abandonar de uma altura aproximada de 150 cm, folha e caderno (lado a lado), e verificar qual deles chega primeiro ao piso.

Todos verificaram que o caderno chegou bem antes. Foi proposta a repetição do experimento, porém, com a folha transformada em uma “bola” (amassada). Verificaram que ambos (caderno e folha), chegaram praticamente juntos ao piso. Foi questionado aos estudantes que, se as condições do experimento continuaram as mesmas (massa e altura), por que então o resultado foi diferente? Concluíram rapidamente que no primeiro experimento a folha possuía menor massa, mas a mesma forma (área de atrito) que o caderno. Isso a fez ter maior dificuldade em vencer a resistência do ar. No segundo, com a redução da forma (área), ela pôde cair praticamente com a mesma velocidade do caderno. Por fim, foi colocada aos estudantes a seguinte questão: em um movimento tendo somente o ar como impedimento, o que era mais determinante para a diferença de velocidade entre corpos? Suas massas (pesos) ou suas formas (áreas, superfícies)? A conclusão geral foi a de que a superfície (área) do corpo é o fator mais determinante. O encerramento do módulo deu-se com a construção do mapa conceitual.

4.4 MÓDULO IV

A física do movimento pensada por Galileu. De modo geral, este módulo trata do pensamento galileano sobre o movimento, mas não somente sobre ele. Buscamos permanecer coerentes em relação ao objetivo maior, o de mostrar, através do conceito de movimento, o progresso do conhecimento como produto do pensamento humano em um contexto histórico. Para isso, relacionamos constantemente o que está em estudo ao já estudado. Tentamos evitar, dentro do

possível, uma fragmentação do processo. Por exemplo, antes de iniciarmos o estudo das primeiras ideias de Galileu, na primeira parte, relembramos brevemente as ideias aristotélicas. O pensamento galileano se constitui em um significativo avanço (do ponto de vista científico), em relação ao pensamento aristotélico. Começamos a primeira parte com as primeiras ideias de Galileu sobre movimento, pois estas permitem a discussão das ideias aristotélicas e de força impressa.

Como já explicitado, se procurou imprimir variações metodológicas, de modo a evitar a acomodação dos estudantes a uma forma de ação, evitando dessa forma o perigo da rotina pedagógica, uma das causas de desinteresse dos estudantes pela escola. Por essas razões entre outras, inserimos neste módulo, além do experimento prático, o recurso de vídeo, até então usado somente no primeiro módulo. Fechamos o módulo tratando da relatividade do movimento, usando esse recurso.

4.4.1 Parte um

Na primeira hora/aula, deu-se a breve retomada do que foi estudado no encontro anterior e as questões iniciais, previstas como ponto de partida. A seguir, foi aplicada a dinâmica do EsM e IpC, onde os estudantes precisaram se posicionar sobre questões fundamentadas no tema de em estudo. A segunda hora/aula foi usada para a discussão nos grupos do material de apoio previamente distribuído ao final do módulo anterior. Finalizando, foi produzida uma resenha desses dois últimos encontros. Visando os próximos encontros, foi distribuído o material de apoio *O movimento acelerado e a queda dos corpos* (texto 6 do apêndice A).

4.4.2 Parte dois

Esta parte e a seguinte foram usadas para atividades práticas (experimentos). Nesta parte foram usados três períodos hora/aula. As duas primeiras horas/aula tiveram como ponto de partida a retomada, questionamentos iniciais e orientações preparatórias para realização do experimento. Foi usada a idéia de Galileu (não o experimento) do plano inclinado para verificar a variação da velocidade de um móvel em movimento livre. A partir da constatação de que o móvel varia sua velocidade no decorrer do tempo, isto é, confrontar o estudante, na prática, com a ideia de

aceleração, visto que ela é mencionada no material de leitura previamente distribuído e é fundamenta para fazer a distinção entre movimento uniforme e acelerado. Aparato (idêntico ao da fig. 6, p.85) e material usado: uma canaleta dupla de alumínio, dessas comumente usadas em Box de banheiro, medindo 200 cm por 4,5 cm; uma bola de tênis de mesa (ping pong), peso aproximado de 03 gramas; quatro cronômetros comuns; uma balança digital, com capacidade de medir massa em gramas. Para este experimento, a canaleta foi dividida (marcada) em duas partes iguais de 100 cm cada.

O objetivo, discutido e pré-determinado, foi o de verificar se realmente ocorre a variação de velocidade no movimento livre. Como de praxe, para as atividades práticas, os estudantes organizaram-se em equipes. De acordo com o procedimento geral adotado para os experimentos, cada equipe escolheu um responsável por coordenar o andamento do experimento, cronometrista e anotador dos dados na planilha. Os demais membros da equipe foram os responsáveis por calcular médias, colocar no quadro e “fiscalizar” o procedimento realizado. Cada equipe realizou três medidas para cada espaço determinado (100 cm e 200 cm), obtendo, por fim, uma média de tempo que a bola levou para percorrer cada espaço. A ideia é perceber, na comparação das médias obtidas, a variação da velocidade da bola, neste caso, o aumento gradativo da velocidade. Em consequência, compreender que o fator responsável por essa mudança na velocidade da bola é a aceleração.

A terceira hora/aula teve como atividade breve resumo da dinâmica do encontro anterior, organização no quadro dos dados das equipes e sua discussão. A discussão dos resultados teve como objetivo verificar a existência (ou não) de variação da velocidade. Para isso, duas hipóteses foram consideradas pelos estudantes: primeira: a de não ocorrer variação na velocidade. Nesse caso, haveria uma proporcionalidade direta e simples entre os espaços percorridos e o tempo decorrido. Ou seja: duplicando o espaço deveria duplicar o tempo, o mesmo se aplicando às médias (desconsiderando pequenos erros de cálculo). Segunda: a de que existe variação na velocidade durante o movimento. Neste caso, como consiste em movimento de queda, a variação concretiza-se em aumento da velocidade. Significa tempos menores a cada espaço percorrido, o mesmo se aplicando às médias.

4.4.3 Parte três

Esta parte também foi usada para atividades práticas. O objetivo deste experimento foi o de possibilitar aos estudantes construir o conceito de movimento sem a necessidade de uma causa (força) atuando sobre o móvel. O instrumento usado neste experimento foi concebido tendo como referencial o pensamento de Galileu sobre a possibilidade de movimento perpétuo (a ideia de inércia), expresso nos *Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano* (2011, p. 228-229). O aparato (fig. 9, p. 93), construído consiste de uma canaleta (de madeira) plana. A primeira parte é fixa, medindo 100 cm de comprimento por 6 cm de largura, com uma inclinação que possibilite o rolamento de uma esfera. A segunda rampa é um conjunto de três canaletas com as mesmas dimensões da primeira, com sistema de encaixe que permite uni-las à parte fixa e entre si. Para permitir a abertura gradual do ângulo até a posição do plano horizontal, foram construídas quatro canaletas curvas com quatro aberturas angulares diferentes e com sistema de encaixe para as rampas. Essas peças permitem o rolamento uniforme da esfera, do movimento de descida para o de subida, sem obstáculo. O último estágio angular coincide com o plano horizontal.

Na primeira hora/aula foram colocadas as questões iniciais, as orientações de procedimentos e realizada a coleta de dados pelas equipes. Material: além do descrito, cronômetros, planilhas e uma esfera de diâmetro aproximado 5 cm, adequada para rolar nas canaletas. Organização: cada equipe se organizou e procedeu de acordo com a experiência dos experimentos anteriores. A realização do experimento: a partir do ponto “zero” (altura máxima) da canaleta fixa, as equipes deixaram a esfera rolar livremente, anotando, na rampa oposta, a altura alcançada na subida. As medidas foram obtidas em sequência, partindo do ângulo mais agudo até o mais raso e coincidente ao plano horizontal.

O último encontro desta parte foi usado para apresentar no quadro os dados coletados, a fim de discuti-los. A discussão se deu a partir de questões como; por que a esfera não atinge a mesma altura da partida? Por que retorna? Por que alcança maior distância a cada aproximação da inclinação horizontal? O que a faz parar? Discute-se a questão do atrito e da resistência do meio (visto em outro experimento), de modo que os estudantes cheguem à conclusão de que, na ausência destes, o movimento poderia perdurar perpetuamente. Para encerrar, foi

apresentado o vídeo do experimento sobre a queda dos corpos na superfície lunar¹, com o objetivo de reforçar a ideia de que é a resistência do meio e não a massa que determina a diferença de velocidade entre os corpos e, ao mesmo tempo reforçar a ideia de movimento perpétuo na ausência dessa resistência. Ao final, foi distribuído o material de estudo *A inércia* (texto 7 do apêndice A), usado aqui excepcionalmente como material de reforço em razão de que se fosse distribuído de antemão, poderia diminuir o interesse dos estudantes pelo experimento.

4.4.4 Parte quatro

Neste encontro também composto de duas horas/aula, usamos vídeos de experimento e de simulação. O objetivo desta etapa consiste em dar sequência ao desenvolvimento do conceito de movimento sob o enfoque da aprendizagem significativa e do progresso racional da epistemologia de Bachelard. Esta ação visa reforçar o conhecimento já construído e continuar na progressão do ponto de vista significativo e racional do conceito. A dinâmica da primeira hora/aula consistiu da colocação das questões iniciais, posicionamento dos estudantes via EsM e IpC sobre questões construídas sobre o assunto ser abordado. A seguir foi exibido o vídeo produzido na Universidade de Brasília (UnB), denominado *o trem de Galileu*². Este vídeo possibilita a discussão da independência e da relatividade dos movimentos.

Na segunda hora/aula, foi usado o vídeo de simulação do modells Movimento relativo³. Este vídeo permite discutir de forma didática e objetiva a relatividade e a causalidade no movimento. Como encerramento, foi solicitado a construção de um mapa conceitual, considerando os assuntos discutidos.

4.4.5 Comentários sobre o módulo IV

Ao final das partes um e quatro foram produzidas resenhas, sempre considerando os assuntos anteriormente estudados. Já foram explicitadas algumas razões da recorrência a essa ação pedagógica. Pode-se, entretanto, acrescentar

¹ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8>> Acesso em: 04/06/2014.

² Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=QUCDtS1Ts1Q>> Acesso em: 19/03/2014

³ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kk8xk8COODI>> Acesso em: 19/03/2014

que serve como revisão e reforço do que já foi estudado (textos prévios ou de reforço e experimentos). Mantém-se, dessa forma, a conexão entre o que foi e o que está sendo visto, evitando, assim, a fragmentação do conjunto. Considerando a teoria bachelardiana, essa recorrência é uma necessidade para o avanço do pensamento científico. Por outro lado, o que foi estudado, se significativamente aprendido, pode ancorar os novos conceitos, produzindo, dessa forma, novo conhecimento.

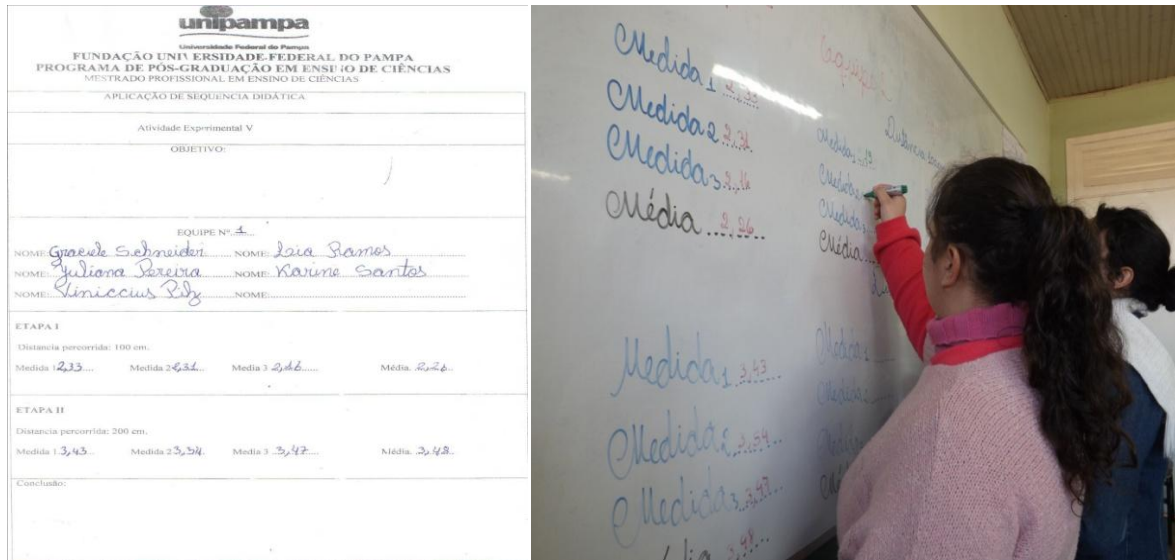
Neste módulo foram realizadas duas atividades experimentais (partes dois e três). A primeira delas para os estudantes verificarem via experimental, a existência da aceleração. Este experimento demandou tempo além do previsto. A razão é que o planejamento original previa a medida de tempo a cada 50 cm da canaleta de 200 cm. Entretanto, após a execução, verificaram-se extremas discrepâncias entre os dados das equipes, sendo que alguns eram totalmente incompatíveis com a teoria. Portanto, não seriam úteis aos objetivos propostos. As prováveis razões para o acontecido foram as pequenas variações de tempo, devido às pequenas distâncias (50 cm), determinadas para as medições em conjunto e a inexperiência dos experimentadores. Em razão disso, decidiu-se por mudar o experimento. A canaleta foi dividida em duas partes iguais (100 cm cada) e as medidas foram realizadas nos moldes dos experimentos anteriores (três medidas para cada espaço). A tabela 3 mostra as médias de tempo obtidas.

Tabela 3 – Medidas de tempo (em segundos), obtidas no experimento sobre a aceleração

Distância	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 4
100 cm	2,26 s	2,28 s	2,43 s	2,09 s
200 cm	3,48 s	3,42 s	3,53 s	3,30 s

Fonte: do autor, 2014.

Figura 8 - Anotações da equipe 1: organização das anotações para análise



Fonte: do autor, 2014.

Coincidentemente, na data de realização desta tarefa também ocorreu problema de transporte para os estudantes, reduzindo a turma para quatro equipes. Procedeu-se então a avaliação dos resultados, considerando as hipóteses anteriormente formuladas (movimento com velocidade constante ou com velocidade variável). Para a hipótese do movimento uniforme, isto é, com velocidade constante, os estudantes arguíram que seria preciso que os tempos relativos ao espaço de 200 cm deveriam ser o dobro do tempo relativo ao de 100 cm. Apontaram os dados mostrando que o tempo relativo ao segundo espaço foi menor do que o do primeiro espaço, defendendo que a esfera aumentou sua velocidade durante o movimento. E que esse fator de variação era a aceleração.

O experimento e o instrumento para sua realização descrito na parte três (p. 82), foi fundamentado no pensamento galileano sobre a possibilidade de movimento inercial, dispensando a presença permanente de uma causa. O objetivo desta prática foi a de fornecer razões suficientes aos estudantes para romperem com a percepção espontânea de que o movimento precisa sempre de um causa que o faça acontecer. Os estudantes executaram os procedimentos explicitados na parte três, obtendo as medidas aproximadas, constantes na tabela 4, sendo que a primeira medida se refere ao ângulo mais agudo e a última medida se trata do plano horizontal.

Tabela 4 – Medidas de distância (em centímetros), obtidas no experimento sobre a lei da inércia.

Equipes	Medida de descida	Medida de subida				
		Ângulo 1	Ângulo 2	Ângulo 3	Ângulo 4	Ângulo 5
1	100 cm	65 cm	80cm	124 cm	180 cm	Horizontal
2	100 cm	61 cm	82 cm	128 cm	178 cm	Horizontal
3	100 cm	63 cm	84 cm	130 cm	176 cm	Horizontal
4	100 cm	67 cm	85 cm	132 cm	175 cm	Horizontal
5	100 cm	70 cm	80 cm	131 cm	177 cm	Horizontal

Fonte: do autor, 2014.

Figura 9 - Experimento relativo ao conceito de inércia e anotações



unipampa
 Universidade Federal do Pampa
 FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

APLICAÇÃO DE SEQUENCIA DIDÁTICA
 A física galileana - newtoniana
 Atividade Experimental I V

OBJETIVO: Construção do conceito de inércia.

EQUIPE Nº 01

NOME: *Lara Ayvora*

NOME: *Rômulo*

NOME: *Salvina*

NOME: *Trâmirus*

NOME: *Giuseppe*

Medida 1:	Descida: 1m	Subida: 65cm
Medida 2:	Descida: 1m	Subida: 80cm
Medida 3:	Descida: 1m	Subida: 124cm
Medida 4:	Descida: 1m	Subida: 180cm
Medida 5:	Descida: 1m	Subida:

Fonte: do autor, 2014.

Finalizado o experimento, passou-se à discussão dos dados, com o objetivo de desenvolver o conceito de inércia. Provavelmente, por já terem debatido anteriormente a influência do meio (atrito) no movimento e observando a lógica dos dados do experimento, não tiveram dificuldade em apontar a possibilidade de movimento perpétuo no plano horizontal, desde que se eliminassem todos os impedimentos. É o que mostra o questionário pós-experimento, na questão que interroga sobre o que aconteceria no caso de livrar o movimento da esfera de qualquer interferência. “A bola não pararia, ela continuaria infinitamente” (ESTUDANTE L. R. equipe 5). “A bolinha estaria em movimento perpetuamente, para sempre” (ESTUDANTE E. S. P. equipe 3). “Se movimentaria para sempre” (ESTUDANTE D. S. S. equipe 1). O módulo foi encerrado com a construção de um

mapa conceitual.

4.5 MÓDULO V

A física do movimento pensada por Newton. Este módulo foi usado para as três leis do movimento postuladas por Isaac Newton. Como já dito, foi tomado todo o cuidado para evitar a fragmentação, isto é, uma possível dicotomia entre o que já foi estudado e o que está sendo visto no momento. Optou-se então por discutir com os estudantes as leis newtonianas, considerando para isso a relação dos conceitos de movimento nas concepções aristotélicas e galileanas.

4.5.1 Parte Um

A primeira hora/aula foi iniciada como nas anteriores, isto é, através de questões mobilizadoras. Exemplificando: a fim de provocar a reflexão, foi colocada aos estudantes a seguinte questão: De acordo com o que foi estudado, o pensamento de Galileu é continuidade do pensamento de Aristóteles? E o pensamento de Newton seria continuidade destes? Em seguida foram distribuídos aos estudantes dois textos referentes à lei da inércia. O primeiro é o próprio enunciado por Newton, extraído do Livro I dos *Principia* (p. 53, 2012). O outro se constitui de parte dos *diálogos* (com adaptações) extraído de Galileu Galilei; *Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano* (São Paulo, 2011, p. 226 a 229), no qual aparece a ideia de inércia. O objetivo almejado é o de identificar, via discussão, as semelhanças e/ou diferenças entre os textos.

A primeira metade da segunda hora/aula foi usada para a discussão em grupo. Ao mesmo tempo, foram distribuídos vários livros didáticos de física, com o objetivo de comparação com os enunciados contidos nestes. A segunda metade foi usada para a exposição oral da síntese do pensamento dos grupos.

4.5.2 Parte Dois

Esta parte foi usada para o conhecimento da segunda lei de Newton (Lei do movimento, $f = m.a$). A parte introdutória se constituiu de questionamento aos estudantes sobre o conceito de força em Aristóteles, Galileu, e como seria em

Newton. Em sequência, distribui-se o conceito original enunciado por Newton (a mesma fonte, p. 54). Da mesma forma, um texto-resumo (com adaptações), sobre o conceito de movimento em Aristóteles extraído de: *A complexidade do movimento local na Física aristotélica, dos autores Campos e Ricardo (2012)*. Foi solicitada aos estudantes a análise das relações $v = f/r$ (Aristóteles) e $f = m.a$ (Newton). Para a segunda hora/aula, o procedimento foi idêntico ao da primeira parte.

4.5.3 Parte Três

Na primeira aula, foram usadas como introdução as ideias discutidas anteriormente. Foi distribuído aos estudantes o enunciado da terceira lei (ação e reação, força resultante), na forma original, extraído da mesma fonte anterior (p. 54). Foram propostas duas tarefas: encontrar definição semelhante nas concepções anteriores. A segunda se constitui em comparar com os enunciados atuais dos livros didáticos, buscando possíveis diferenças na expressão do conceito ao longo do tempo.

A segunda hora/aula foi usada para realização de um experimento onde os estudantes tinham como tarefa inferir relações entre as grandezas massa, força e aceleração, no que tange à segunda lei e terceira lei de Newton. Material: canaleta (usada em box de banheiro), dividida em três partes: uma parte de 200 cm de comprimento por 4 cm de largura e outras duas, de 50 cm de comprimento por 4 cm de largura, com finalidade de servirem de plano inclinado nas extremidades da parte maior (fig. 10, p. 97). Três esferas (bolinhas de tênis de mesa), duas com massa 3 gramas e uma com massa 6 gramas. Uma fita métrica, calculadora, balança e planilha de anotação.

Montagem da atividade: posicionar a canaleta grande sobre uma superfície plana. Ajustar as partes menores em suas extremidades, de modo a formar dois planos levemente e igualmente inclinados. Procedimento para cada equipe: posicionar primeiramente, a esfera de 3 gramas na junção entre a canaleta plana e a inclinada. Após, deixar deslizar livremente, a partir da extremidade elevada do plano inclinado, a outra esfera de massa 3 gramas. Ocorrida a interação entre as esferas, medir o espaço percorrido pela esfera inicialmente em repouso. Repetir a prática, substituindo a esfera de 3 gramas, colocada no estado de repouso, pela de 6 gramas. De posse dos dados obtidos nas medições, organizá-los para discussão em

grupo, em relação à segunda lei. A segunda parte do experimento serve para inferir relações da terceira lei. A prática consistiu em abandonar esferas ao mesmo tempo, em cada plano inclinado, observando as variações de espaço de cada uma delas após a interação no plano horizontal. Tem-se como objetivo que esses dados sirvam como auxiliares na compreensão dos conceitos relacionados à terceira lei.

A terceira hora/aula foi iniciada com breve e resumida exposição do que foi visto até então no módulo. Foi apresentado aos estudantes o software de simulação “Forças e movimento”⁴. Após uma demonstração inicial, na qual foram explicados os comandos básicos, as equipes receberam valores de módulos de força (cem, duzentos newtons, por exemplo), para serem usados na interação com a simulação. As tarefas executadas da seguinte maneira: primeira: cada equipe deveria determinar, usando seu módulo de força, quais dos corpos constantes da simulação poderiam ser movidos. Segundo: o mesmo procedimento, porém eliminando-se o atrito na simulação. Todos os dados deveriam ser anotados em planilhas, para fins de comparação. A tarefa final foi a construção de um mapa conceitual.

4.5.4 Parte quatro

Esta parte, composta de duas aulas, foi usada para a aplicação do questionário final e para a construção dos últimos mapas conceituais, finalizando com uma pesquisa junto aos estudantes, para saber suas opiniões sobre a proposta aplicada.

4.5.5 Comentários sobre o módulo V

Como já dito, este módulo foi construído para que os estudantes discutissem as leis newtonianas do movimento. A ideia de comparação dos textos serve para mostrar aos estudantes a mudança do pensamento ao longo do tempo, bem como sua forma de expressão e escrita. Compreendam então que um conceito científico não nasce pronto, não é imutável e nem é uma construção de um único indivíduo.

Essa dinâmica se mostrou vantajosa em relação à prática costumeira de simplesmente o professor enunciar os conceitos e passar então a trabalhá-los com

⁴ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/forces-and-motion>

exemplos matemáticos. Houve estudantes que apresentaram certa dificuldade para compreender os enunciados newtonianos. Alguns disseram ter entendido melhor a ideia de inércia por causa da explicação de Galileu. “Galileu explica porque acontece a inércia, por isso faz mais sentido” (ESTUDANTE D. S. S). Na discussão do texto referente à segunda lei, os estudantes questionaram se a expressão “força imprimida” usada por Newton possuía o mesmo significado de força impressa (impetus), estudada anteriormente, porém, foi lembrado que, na realização dos experimentos, já tinha sido colocado na concepção newtoniana que a força é uma resultante da interação entre os corpos. A tabela 5 mostra a prática experimental fundamentada na segunda lei.

Tabela 5 – Medidas de distância (em centímetros), obtidas no experimento fundamentado na segunda lei de Newton.

Esferas/ repouso	Equipe 1- média	Equipe 2- média	Equipe 3- média	Equipe 4- média	Equipe 5- média
Massa 3 gr.	148 cm	150 cm	141 cm	138 cm	150 cm
Massa 6 gr.	64 cm	71 cm	70,5 cm	66 cm	67 cm

Fonte: do autor, 2014.

Figura 10 - Experimento e aparato relacionado aos conceitos newtonianos



Fonte: do autor, 2014.

Para esta prática, foram mantidas idênticas as condições na obtenção de todas as medidas, mudando-se somente a massa da esfera a ser movida (a do

estado de repouso). Concluída esta etapa, os dados foram organizados no quadro, com a finalidade de facilitar a análise. Os estudantes discutiram os dados orientados pelas seguintes questões: a cada repetição do experimento, o que foi modificado em relação ao anterior? Qual a implicação na nova medida? Que relação matemática se pode estabelecer entre a modificação e o dado obtido? Colocamos como parâmetro fundamental, o fato de que a esfera destinada a causar a interação devia ser considerada apenas como uma força invariável “imprimida” no sentido newtoniano, à esfera em repouso. De modo geral, as equipes apresentaram, em seus relatos, conclusões semelhantes. Mostraram, usando os dados, que ao dobrar a massa da esfera em repouso, espaço percorrido pela esfera movida se reduziu aproximadamente à metade. Argumentaram que se a força sobre as esferas de repouso era sempre a mesma, então a redução do espaço percorrido se devia ao aumento da massa dessa esfera e que, portanto, quando a massa fosse aumentada do dobro, o mesmo deveria ser feito em relação à força aplicada para manter a distância de deslocamento.

Questionados sobre o que fariam para manter o primeiro espaço medido, sem reduzir a massa da esfera a ser movida, afirmaram ser necessário aumentar a força exercida pela primeira esfera, na mesma proporção que a massa da segunda. Essa compreensão serviu de subsunção imediato para estabelecer a relação matemática entre os conceitos (força, massa e aceleração) que compõem a segunda lei, bem como mostrar que a massa de um corpo pode ser entendida como a medida de sua inércia. O experimento referente à terceira lei consistiu na seguinte prática: abandonar simultaneamente duas esferas posicionadas nas extremidades das rampas inclinadas, no intuito de visualizar seus espaços percorridos após a colisão.

Na discussão, os estudantes observaram que, no caso das esferas de mesma massa (3 gramas), o deslocamento em sentido oposto foi aproximadamente o mesmo para ambas, e que o mesmo já não aconteceu quando da interação entre as massas de 3 e 6 gramas. No primeiro caso, compreenderam perfeitamente o princípio (direção, sentido e mesma intensidade do par de forças ação - reação). Entretanto, alguns estudantes se mostraram confusos no segundo caso. A razão é que a interação apenas diminuiu a velocidade da esfera de 6 gramas, não ocorrendo movimento em sentido contrário. Foi necessário lembrar-lhes da segunda lei, quando, embora mantida a mesma força de colisão, o deslocamento da esfera de maior massa foi menor. “É a mesma coisa que duas pessoas conseguem empurrar

um carro pequeno, mas nas mesmas condições, não conseguem empurrar um caminhão, por exemplo?” (ESTUDANTE D. Z. R). Essa pergunta sintetiza de modo geral a conclusão a que chegaram.

O uso da simulação virtual serviu para reforçar a compreensão dos conceitos estudados neste módulo. Seus recursos disponíveis permitiram a exploração, de forma dinâmica e intuitiva, das relações que envolvem as leis de Newton (força, massa, aceleração e par ação-reação), além da retomada do conceito de inércia. Ao eliminarem o atrito no movimento dos objetos virtuais, os estudantes perceberam a possibilidade da existência de movimento, mesmo com uma força resultante nula sobre o objeto, desde que o atrito seja nulo. Argumentaram que, neste caso, existe movimento sem que exista uma causa. O encerramento do módulo deu-se com a construção de mapa conceitual.

4.5.6 Análise da aplicação da sequência didática

Esta proposta foi concebida com a intenção de contribuir para o ensino de física, principalmente da rede pública. Já foi amplamente discutido e continua sendo, a situação do ensino público brasileiro. Portanto, considera-se desnecessário sua discussão neste trabalho. A filosofia desta proposta foi pensada em razão da situação e das características da maioria das escolas públicas e estudantes que as frequentam, principalmente aquelas mais distantes dos centros urbanos. Nestas, os recursos são escassos e os estudantes provêm de uma realidade onde são limitados os meios de informação e acesso ao conhecimento formal, onde a cultura não está em primeiro plano. Em consequência, se pensou em uma proposta de ensino de física, não a física do saber sábio, nem mesmo a do saber a ser ensinado (dos livros didáticos, por exemplo).

Buscou-se uma proposta fiel à filosofia bachelardiana, que possibilite a evolução do pensamento do estudante no que tange à compreensão da ciência e que possibilite o rompimento com os conceitos construídos pela observação do mundo do senso comum. Da mesma forma, amparados na teoria da aprendizagem significativa ausubeliana, considerou-se, dentro dos limites do possível, o pensamento prévio e os conhecimentos anteriores dos estudantes.

Três eixos nortearam a construção desta proposta: primeiro: o uso recorrente da história da ciência. No caso desta proposta apontamos duas razões para justificar

seu uso. Primeiramente, permite que o estudante perceba o contexto da construção do pensamento em cada tempo. Segundo, na análise dos diversos pensamentos construídos ao longo da história, venha a construir, ou como diz Bachelard, retificar seu pensamento.

O segundo eixo se pauta na diversidade de metodologia usada na execução do trabalho. Foram usadas, ao longo da dinâmica, a aprendizagem colaborativa (produção de resenhas-resumos coletivos), o ensino sob medida e/ou instrução pelos colegas (posicionamento, discussão e convencimento dos colegas), construção de mapas conceituais individuais. Nessa mesma linha, foram propostos e realizados pelos estudantes diversos experimentos dos quais obtiveram dados importantes para a discussão das ideias postas. Em suma, a opção foi por uma metodologia essencialmente ativa para os estudantes, buscando, com isso, contrastar com a prática comum no sistema, em que predomina a exposição do professor e a passividade do estudante.

O terceiro eixo orientador baseou-se na questão do contexto. Esta proposta traz elementos novos, ou, no mínimo, não usuais no ensino de ciências. Entretanto, não se pode desconsiderar que se insere num sistema educacional e social, onde o estudante, por vontade própria ou não, pode migrar para outra escola. Em razão desse fato, se procurou, nos entremeios da aplicação, trazer elementos do ensino tradicional, principalmente a resolução matemática de alguns problemas dos assuntos estudados. Usamos como exemplo, a aplicação e resolução de alguns exercícios presentes nos livros didáticos. Essa ação foi pensada para o caso de mudança de escola do estudante (o que ocorreu durante a aplicação da proposta).

Como já foi dito, esta seque didática foi produzida fundamentada no referencial teórico adotado neste trabalho, e, nas informações obtidas na primeira aplicação inicial do questionário concebido com esta finalidade. No capítulo que segue, é feita análise da primeira e segunda aplicação desse questionário.

5 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DAS APLICAÇÕES DO QUESTIONÁRIO

Foram construídos dois questionários, sendo que o primeiro (apêndice A), serviu apenas como elemento de sondagem para se ter uma ideia do que haviam estudado e ou se ainda lembravam os conteúdos de física estudados no ensino fundamental. Serviu com ponto de partida, um marco inicial para a construção do segundo questionário (apêndice C). Em consequência, não nos deteremos em sua análise, partindo, portanto, para a análise do segundo questionário, o de maior relevância dentro da proposta. A finalidade da elaboração e aplicação deste questionário (o segundo), foi a de, inicialmente, proporcionar subsídios que contribuíssem para a materialização de uma proposta de intervenção didática (capítulos quatro). Posteriormente, servir como instrumento de avaliação da eficácia (ou não), dessa proposta e, finalmente, contribuir para a produção do roteiro da entrevista (capítulo seis), instrumento usado para a coleta dos dados que permitiram a construção da representação dos perfis epistemológicos dos estudantes.

A sua construção material ocorreu após a consulta a diversos estudos, alguns já mencionados neste trabalho, por exemplo: Martins (1998), Gebara (2001), Matthews (1995), Curado (1999) e vários outros que versam sobre as concepções prévias ou espontâneas, o uso da história da ciência no ensino, da epistemologia bachelardiana e da teoria ausubeliana. A análise dos questionários, entrevistas, imagens e outros instrumentos presentes nesses estudos, serviram como referencial para a construção deste questionário e outros instrumentos deste trabalho. Por exemplo: no critério de escolha das questões, optamos por usar algumas constantes nos estudos, fazendo, porém, as adaptações necessárias. Outras, foram elaboradas a partir de modelos, e, outras originais deste trabalho, pois, em função de objetivos específicos. Recorremos a conteúdos comumente presentes em obras didáticas de uso corrente no ensino de ciências nos anos finais do ensino fundamental e de física no primeiro ano do ensino médio. O questionário foi organizado em oito questões (a questão oito é composta de duas partes). A primeira questão foi de livre dissertação. As demais se compunham de respostas na forma de alternativas a serem escolhidas pelos estudantes. Algumas acompanhadas de espaço destinado à justificação de respostas ou livre expressão.

A aplicação inicial do questionário permitiu-nos conhecer as concepções prévias dos estudantes sobre o conceito de movimento. Fundamentamos a análise

dos dados iniciais, na distinção, sempre que possível, entre conhecimento fundado no senso comum e conhecimento escolar, de origem científica. A partir disso, buscamos relacionar os pensamentos representados nas escolhas das respostas às escolas filosófico-epistemológicas. Assim, escolhas ou justificativas livres que contenham elementos animistas ou deduzidos de eventos cotidianos são identificadas a um realismo-empirismo ingênuo. Por outro lado, pensamentos expressos de acordo com princípios científicos são identificados a certo estágio de racionalismo. Os dados coletados determinaram o marco zero da construção da proposta de intervenção pedagógica, ou seja, permitiram o estabelecimento de uma situação inicial. No final da aplicação da proposta didática, o usamos novamente (segunda aplicação), buscando nesse instante, verificar a ocorrência ou não de mudança conceitual, isto, na ótica ausubeliana, ou mudança de cultura científica, na concepção bachelardiana.

Do embate entre os diferentes pensamentos filosóficos, em um processo de dialetismo recorrente-histórico, emergiu o conceito moderno de movimento, significando, portanto, que este conceito é uma construção histórica. Do movimento na física aristotélica ao movimento na física relativística, passando pelo emergente racionalismo galileano, até o racionalismo clássico da física newtoniana, deu-se um longo processo de formação e refinamento intelectual. Por essa razão, o questionário situa-se dentro desse espectro filosófico-epistemológico postulado por Bachelard (1991), que vai do realismo-empirismo ingênuo até o ultrarracionalismo.

Concordando com a ideia de progresso do conhecimento científico, proposto por Bachelard, entendemos que o conceito de movimento apresenta vetor crescente de racionalização. Dessa forma, em nossa concepção, esse conceito na física aristotélica e na força impressa (*impetus*) se identifica ao realismo-empirismo ingênuo. Entretanto, na física galileana e mais ainda na newtoniana, o conceito torna-se uma construção racionalista. Dessa forma, as questões foram pensadas de modo a permitir sua identificação a essas escolas filosófico-epistemológicas.

A seguir, faremos uma descrição sucinta das questões. Apresentamos conjuntamente à descrição, uma análise dos dados obtidos da primeira aplicação, seguidos da análise dos dados da segunda aplicação. Os dados das questões, com exceção da primeira, são organizados na forma de tabelas e gráficos.

5.1 QUESTÃO 01

Anote todo e qualquer termo (palavras) ou conceitos que você entenda que tenha alguma relação com o fenômeno *movimento*.

5.1.1 Descrição e análise da primeira aplicação

Nesta questão aberta, os estudantes deveriam escrever termos, frases ou conceitos que no seu entendimento se relacionam ao movimento. Dessa forma, conceitos como velocidade, força aceleração, espaço, poderiam aparecer. Não necessariamente que tivessem relação coerente entre si, como por exemplo, a ideia de que força produz aceleração. O esperado para a maioria das repostas, era a mobilização por parte dos estudantes de algum conhecimento escolar, mesmo que resultantes de memorização. Como resultado, sete estudantes relacionaram conceitos aceitos no contexto do ensino formal-escolar de física.

Citamos força, velocidade, inércia, direção trajetória, mru, mruv para exemplificar. Salientamos que destes, somente um estudante usou um pensamento coerente em relação ao conceito de movimento. “É variação de posição de um objeto no decorrer do tempo” (ESTUDANTE E. B). Com algumas variações, de modo geral é esta a definição ensinada de nas escolas e que consta nos livros didáticos. Os demais deste grupo usaram os termos de forma desconexa. Vinte e cinco estudantes usaram situações cotidianas como respostas. Para estes, movimento significa andar, pular, dançar, correr, empurrar, ou seja, a ideia animista de movimento. O movimento aparece como uma ação e não com um estado.

Outros optaram por associá-lo a objetos do cotidiano ou fenômenos da natureza, tais como carro, vento, trem e também a pessoas. Apesar de ser uma questão livre, já aparece neste grupo, o que se confirmará nas questões de múltipla escolha. A ideia de que para haver movimento é necessária uma força em ação. Por vezes a razão do movimento encontra-se no próprio objeto (corpo) e outras vezes, se faz necessário uma força externa que ponha o corpo em movimento, que o anime. Constata-se a presença do conceito animista, pois de modo geral, associam o movimento à vida. Se perceber que a maioria não lembra ou não usa o conhecimento escolar na resposta da questão. E mesmo quando usado, parece ser por simples recorrência à memória e não por uma mudança de cultura científica.

As respostas apontam para uma concepção empirista-realista ingênua construída na observação dos fenômenos cotidianos com forte presença de ideias animistas. Como exemplo, a resposta a seguir aponta a tendência da maioria dos pesquisados. “Andar, pedalar, escrever, pular” (ESTUDANTE E. S. P). Para esse estudante e a maioria dos pesquisados, cujas respostas foram similares, o movimento é uma “ação” de um ente vivo, ou está intimamente associada ao fenômeno da vida.

5.1.2 Análise da segunda aplicação

Como foi explicitado no início deste texto, este questionário em análise teve duas finalidades: a primeira, quando de sua aplicação inicial, visou identificar os conhecimentos prévios, fossem eles de origem espontânea (senso comum), ou escolares (origem científica, conhecimento formal). De acordo com os dados obtidos e comentados no texto acima, as respostas se pautaram por forte conteúdo empirista-realista ingênuo. Fundamentado numa ideia de movimento animista. Apontaram a necessidade de uma força, associada principalmente à vida para que o movimento pudesse acontecer. Foram raras as referências a conhecimentos formais previstos para o ensino escolar.

O resultado da aplicação final difere essencialmente sob dois aspectos: primeiro; os pesquisados se expressaram mais e de forma melhor organizada. Quer dizer: Escreveram mais e com maior grau de coerência em relação à primeira aplicação. Dos vinte e oito pesquisados, vinte e quatro usaram pensamentos, expressões ou termos relacionados ao conhecimento escolar. Por exemplo, entre os termos mais usados temos, força, aceleração, movimento uniforme, movimento acelerado, distancia (espaço), massa, interação, atrito e inércia; só para citar alguns. Há também em maior profusão, pensamentos dotados de maior extensão, organização e profundidade.

Pecam em alguns casos no quesito objetividade em relação à questão proposta. Como exemplo: “Movimento pode ser natural, pode haver alguma causa, pode ser retilíneo uniforme, ou retilíneo uniformemente variável, pode ser também que haja muita força, velocidade ou certa distancia” (ESTUDANTE L. T). O mesmo estudante conclui: “Então conceituamos movimento que podemos perceber quando esta acontecendo ou não” (ESTUDANTE L.T). Mesmo admitindo-se certa confusão,

quanto à objetividade e clareza, é claramente uma evolução em relação à quase totalidade das respostas da aplicação inicial. Outro exemplo de um pensamento dotado de alguma organização. “O movimento nem sempre tem uma causa, as vezes pode ser natural, ou provocado por algo que faça com que se mova” (ESTUDANTE E. L.). Consideremos o pensamento a seguir: “O movimento nem sempre tem uma causa, as vezes pode ser natural, mas se houver movimento tem que ter uma causa” (ESTUDANTE L. R.).

A primeira vista, parece tratar-se de mera confusão de expressão. Cremos, entretanto que se trata de um conflito entre o novo conhecimento (formal) e o conhecimento intuitivo. Dito de outra forma; ele “aprendeu” que pode ocorrer movimento que prescindia de uma causa inicial (relativo), entretanto, os exemplos realistas da vida cotidiana não se apresentam dessa forma. Parece-nos evidencia de princípio de uma mudança conceitual no sentido ausubeliano. Por outro lado, podemos entender como um princípio de mudança de cultura científica sob a ótica da epistemologia bachelardiana. Outra mudança significativa em relação à aplicação anterior foi o total abandono da explicação animista do movimento. Desapareceram os argumentos explicativos vinculando o movimento a ser vivo, à vida de um modo geral. Desse modo nos parece evidente o progresso em relação à situação inicial.

5.2 QUESTÃO 02

Segundo Aristóteles (384 a 322 a.C.), não pode haver movimento se não existir uma causa (motivo), que o produza. Em relação à ideia expressa no texto acima, você:

5.2.1 Dados e representação gráfica das aplicações da questão 02

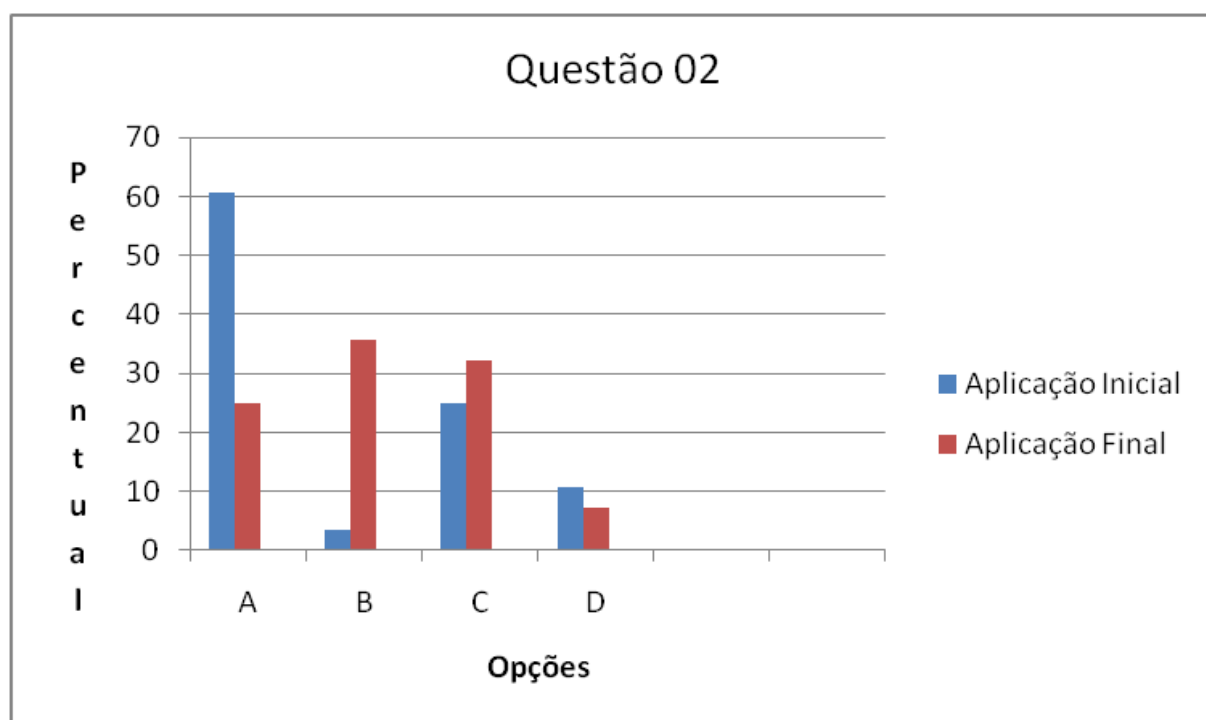
Tabela 6 – Dados das aplicações da questão 02

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A – Concorda totalmente	17	60,71%	07	25,0%

B – Discorda totalmente	01	3,58%	10	35,71%
C – Concorda em parte	07	25,0%	09	32,14%
D – Discorda em parte	03	10,71%	02	7,15%
Total	28	100%	28	100%

Fonte: do autor, 2014.

Figura 11 – Representação gráfica das aplicações da questão 02



Fonte: do autor, 2014.

5.2.2 Descrição e análise da primeira aplicação

Esta questão solicita que o estudante se posicione sobre a ideia de movimento concebida por Aristóteles (a necessidade ou não de causa que o produza). Poderia concordar ou discordar totalmente, bem como poderia também fazê-lo de modo parcial explicando a seguir sua argumentação. Embora tenhamos usado somente o conceito aristotélico, entendemos que aqueles aprenderam de

forma efetiva os conceitos da física escolar se oporiam a ideia posta. Quer dizer: se tivessem efetivamente construídos os conceitos previstos para o ensino escolar, o esperado é que os mobilizassem em argumentação de oposição a tal afirmativa. Entretanto os dados mostram que a maioria encontra-se de total acordo com o conceito aristotélico.

Considerando as escolhas das opções A e C (concordância total e parcial), o percentual aproximado atinge oitenta e seis por cento. Isso se torna mais evidente ao constar que somente um estudante colocou-se em total discordância. A análise das justificativas não traz qualquer esclarecimento. A quase totalidade delas, quando não confusas e desconexas em relação ao perguntado, mostra-se carregada de impressões cotidianas e intuições animistas. Citamos como exemplo de explicação confusa: “Porque movimento é tudo aquilo que faz esforço a uma movimentação e se não tiver causa para que isso ocorra o movimento não é causado” (ESTUDANTE R. K.).

Na justificativa a seguir, um exemplo de concepção de movimento impregnado de animismo. “Às vezes a gente se movimenta só por que quer e por que é preciso” (ESTUDANTE V. P.). Além do animismo da ideia de que o movimento é propriedade do que se move ou é movido, aparece uma representação a nosso ver, subjetiva e metafórica, extraídas das representações cotidianas onde por vezes, conceitos são utilizados em contextos que lhes são estranhos. “Você não pode lutar por uma coisa sem ter motivo” (ESTUDANTE P. K.). As evidências indicam um alinhamento dos estudantes com o pensamento aristotélico, carregado de um realismo animista, fundado na observação e intuições do cotidiano.

5.2.3 Análise da segunda aplicação

Pode-se observar pelos dados e gráficos, a ocorrência de mudança significativa na concepção dos estudantes em relação a essa questão. Se na primeira aplicação as respostas foram concentradas na opção (A) de total acordo (aproximadamente oitenta e seis por cento), na segunda aplicação, esse percentual decresce para vinte e cinco por cento. A discordância total em relação à ideia posta cresce de aproximadamente três por cento para em torno de trinta e cinco por cento. Significa dizer que a escolha dessa opção saltou de um estudante na primeira aplicação para dez na segunda. A comparação entre os gráficos permite perceber

que a aplicação final gerou distribuição mais equilibrada entre as alternativas. Outra mudança perceptível se refere a argumentação para sustentação de suas escolhas.

Na primeira aplicação foram escassas, mas nesta aplicação (segunda) todos os pesquisados usaram explicações adicionais para justificarem suas posições. Como exemplo, citamos três delas: de concordância parcial: “Segundo o que nós estudamos se tirarmos o atrito do ar e a força da gravidade, o objeto pode ficar se movendo sem uma causa” (ESTUDANTE D. S.S.). Ainda na mesma opção, uma argumentação carregada de animismo: “Porque um carro se move, mas sem motorista não se move” (ESTUDANTE D. M. P.). Já este estudante, ao discordar totalmente, argumenta: “Porque o movimento depende do lugar de onde a gente observa. Depende de um referencial. Por isso às vezes não precisa de uma causa real” (ESTUDANTE T. L.).

Entendemos que se por um lado o resultado ficou aquém do máximo possível, por outro lado, a proposta aplicada relativamente a esta questão, gerou mudança conceitual ou no mínimo, lançou dúvida e questionamento sobre as certezas do conhecimento comum dos estudantes. Bachelard nos diz que: “Abandonar os conhecimentos do senso comum é um sacrifício difícil. Não é de espantar a ingenuidade que se acumula nas primeiras descrições de um mundo desconhecido” (BACHELARD, 1996, p. 277). O progresso do conhecimento objetivo, segundo o autor só será alcançado por permanente catarse do espírito que conhece (1985, 1996).

5.3 QUESTÃO 03

Pedro e Paulo são dois estudantes de física do ensino médio. Estão debatendo o movimento de objetos. Pedro afirma que um objeto depois de colocado em movimento, pode continuar a mover-se sem nenhuma “causa ou razão” para isso. Ou seja: sem ação externa sobre ele. Diz inclusive que em circunstâncias especiais, pode se mover para sempre. Paulo não concorda. Diz que para haver movimento é preciso sempre uma causa, um motivo como princípio. Você concorda com:

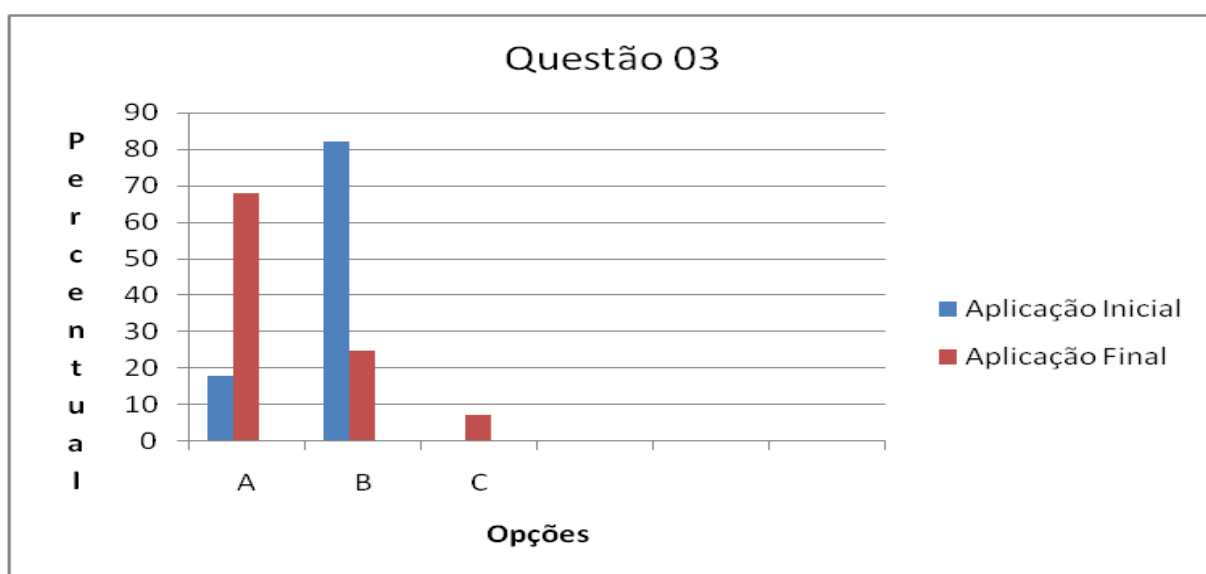
5.3.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 03

Tabela 7 - Dados das aplicações da questão 03

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A – Pedro	05	17,86%	19	67,85%
B – Paulo	23	82,14%	07	25,0%
C – Nenhum dos dois	00	0,0%	02	7,15%
	28	100%	28	100%

Fonte: do autor, 2014.

Figura 12 - Representação gráfica das aplicações da questão 03



Fonte: do autor, 2014.

5.3.2 Descrição e análise da primeira aplicação

Esta questão apresenta de forma simples os conceitos de movimento da teoria aristotélica (representada na opção B) e o conceito galileano-newtoniano (representado na opção A) inseridos numa situação cotidiana escolar bem conhecida dos estudantes. Diferentemente da questão anterior, nesta, eles puderam ler e comparar os enunciados. A Questão trata da necessidade da existência de uma causa para a ocorrência do movimento. Em oposição, apresenta a ideia aristotélica de que todo movimento tem como origem uma causa primeira. Como os pesquisados tiveram a possibilidade de confrontar as duas opções,

esperava-se que mobilizassem seus conhecimentos escolares para suas escolhas.

Mesmo que não tivessem compreendido os conceitos na escola poderiam ainda assim, recorrer à memória para responderem de acordo com a cultura escolar. Entretanto, os dados mostram que dos vinte e oito pesquisados, somente cinco apresentaram escolhas de acordo com o conhecimento escolar, ou condizente com o conceito da física galileana-newtoniana. Este resultado confirma o da questão anterior. Portanto, consideramos pertinente aplicar a esta questão, análise semelhante à anterior.

5.3.3 Análise da aplicação

Nesta questão, provavelmente pela existência de somente duas opções claramente explicitadas, se pode constatar acentuada mudança de posição dos pesquisados. Os estudantes que na questão anterior se mostraram em dúvida e em consequência, não se decidiram por uma das opções, nesta decidiram (exceto dois) optar por uma delas. Os dados da primeira aplicação mostram que aproximados oitenta e dois por cento consideravam a concepção aristotélica como correta. Enquanto na segunda, essa mesma concepção obteve somente vinte e cinco por cento de adesões.

Em oposição, a concepção representativa do racionalismo galileano – newtoniano, que na primeira escolha obteve em torno de dezessete por cento, na segunda foi escolhida por aproximados sessenta e sete por cento dos pesquisados. Os argumentos usados nas justificativas se assemelham aos da questão anterior. Deve-se considerar o fato da segunda aplicação realizar-se apenas uma semana após o término da aplicação sequência didática. Entretanto, é improvável que essa mudança seja apenas caso de recorrência à memória. Por fim, entendemos esses dados como evidências a favor de uma mudança conceitual e ou de outra forma, a compreensão do conhecimento escolar.

5.4 QUESTÃO 04

Três estudantes assistem a uma partida de futebol pela televisão. Em determinado instante, há uma falta a ser “cobrada”. As câmeras mostram a bola “imóvel” no local indicado pelo juiz e logo a seguir, em câmera lenta, mostra em

destaque o exato instante em que o pé do jogador entra em contato com a bola, colocando-a em movimento. Como teriam uma prova de física no dia seguinte, ao final do jogo, passaram a debater o “movimento” da bola, desde sua “imobilidade” inicial até sua “imobilidade” final. As indagações que se faziam eram: por que se moveu e por que parou? A seguir, a opinião de cada um dos estudantes:

Estudante A: a bola se moveu porque o contato do pé do jogador produziu uma força sobre a mesma, colocando-a em movimento. E parou porque “outras forças” a fizeram parar.

Estudante B: a bola se moveu porque o pé do jogador em contato com a bola transmitiu para ela “certa” quantidade de força. E parou porque essa força foi consumida pelo movimento.

Estudante C: a bola se moveu porque foi “obrigada” a se mover pela ação do pé do jogador. E parou porque como ela é “pesada”, e tudo que é pesado tende a parar.

Supondo que os estudantes elejam você como árbitro dessa questão, você decidiria a favor de:

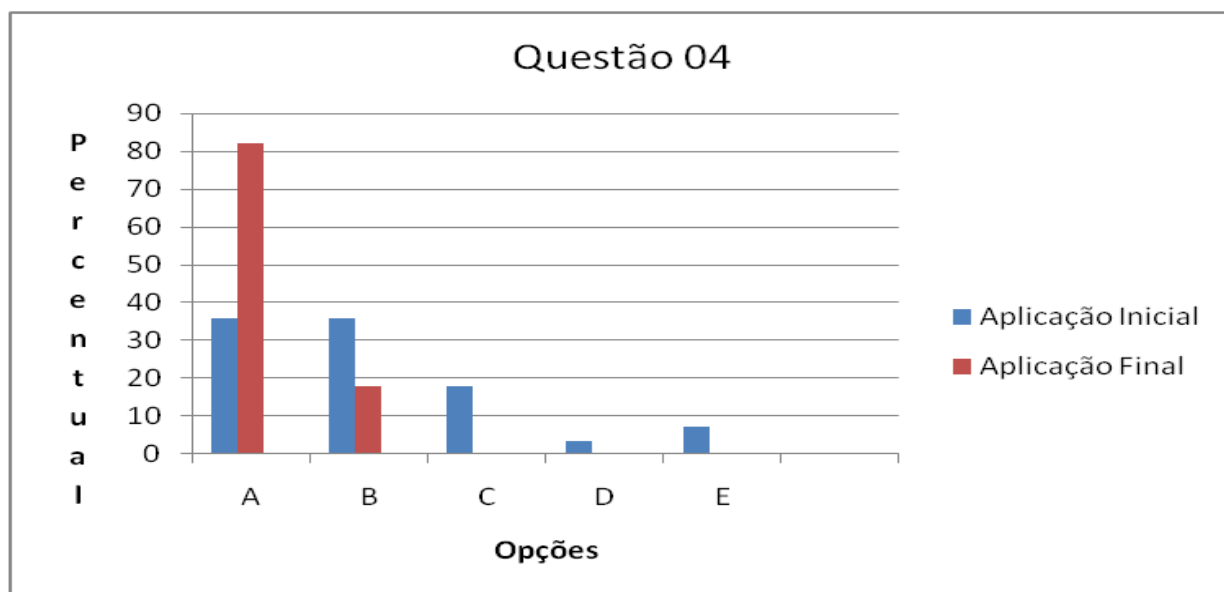
5.4.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 04

Tabela 8 - Dados das aplicações da questão 04

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A - Estudante A	10	35,71%	23	82,14%
B - Estudante B	10	35,71%	05	17,86%
C - Estudante C	05	17,85%	00	0,0%
D - Nenhum dos três	01	3,59%	00	0,0%
E - Não responderam	02	7,14%	00	0,0%
Total	28	100%	28	100%

Fonte: do autor, 2014.

Figura13 - Representação gráfica das aplicações da questão 04



Fonte: do autor, 2014.

5.4.2 Descrição e análise da primeira aplicação

Novamente, partimos de uma situação comum na vida dos estudantes para introduzirmos questionamento sobre o conceito de movimento dentro do espectro filosófico-epistemológico proposto por Gaston Bachelard (1991), adotado como referencial neste trabalho. A questão compõe-se de quatro alternativas. A primeira opção se refere faz referencia ao conceito de movimento da física galileana-newtoniana. A segunda traz implícito o conceito de força impressa. A terceira, embora de modo sutil, traz a ideia aristotélica de movimento forçado, da necessidade de causa para ocorrência de movimento. A última permitiu ao estudante, caso não concordasse com as opções colocadas, expressar sua própria concepção.

Esperava-se para esta questão o mesmo que para as anteriores. Que houvesse ao menos, certo equilíbrio de mobilização entre o conhecimento originário do senso comum, intuitivo, e o conhecimento escolar de origem científica. Entretanto, os dados mostram quão presente está entre os pesquisados, o conceito do impetus, a ideia intuitiva da força como algo substancial que pode ser transferido de um corpo para outro e acrescida por vezes, de características animistas. Embora a teoria da força impressa tenha surgido a partir de contradições internas da teoria aristotélica, mantém as características do realismo ingênuo. Não apresenta avanço

em direção ao pensamento racional abstrato. A teoria da força impressa.

Considerando as questões anteriores, mais estudantes optaram pela resposta representativa do racionalismo. Ainda assim, constata-se que metade mais um dos pesquisados, optaram pelas respostas (B e C), representativas da escola do realismo-empirismo ingênuo. Os dados nos revelam maior equilíbrio. Entretanto, ainda há ligeira predominância da concepção fundada no senso comum e intuitivo.

5.4.3 Análise da segunda aplicação

Se na primeira aplicação as escolhas foram relativamente equilibradas, principalmente em relação às opções racionalista (A) e da força impressa (B), o mesmo não se verificou na segunda. Nesta, as escolhas recaíram principalmente sobre a opção A que concentrou aproximadamente oitenta e dois por cento das escolhas e a B que obteve aproximadamente dezessete por cento das respostas. Os argumentos seguem basicamente a mesma linha usada para as questões anteriores. Citamos dois deles com ilustração. O primeiro se refere a um optante pela alternativa A. “Primeiro porque o contato do pé com a bola faz o movimento dela. Ela parou por causa da força de atrito e da gravidade” (ESTUDANTE M. G). O próximo foi emitido por um estudante que fez opção pela alternativa B. “Toda vez que você impor certa força num objeto vai ter uma hora que a força vai começar a diminuir até acabar” (ESTUDANTE J. L).

A comparação entre as duas aplicações mostra evidências a favor da ocorrência de evolução conceitual dos estudantes devido à aplicação da sequência didática.

5.5 QUESTÃO 05

A flecha após ser lançada (figura no apêndice C) continua seu movimento após abandonar o arco. Algumas pessoas acham que o movimento ocorre por causa da corda tensa em contato com a flecha. Mas e depois dela abandonar o arco, quem ou o que a movimenta? Várias possibilidades foram apontadas como respostas: escolha uma dessas possibilidades ou escreva outra, se não concordas com nenhuma delas.

A) A corda do arco dá o primeiro impulso, depois o ar passa a empurrar a flecha para frente, mantendo-a em movimento.

B) A corda do arco imprime certa quantidade de força para a flecha, o que faz com que ela se mantenha em movimento até acabar essa força.

C) A ação inicial da corda do arco põe a flecha em movimento. Depois ela se mantém porque a tendência de um corpo posto em movimento é permanecer em movimento em linha reta, a não ser que outra força o faça mudar a direção ou parar.

D) Outra possível explicação.

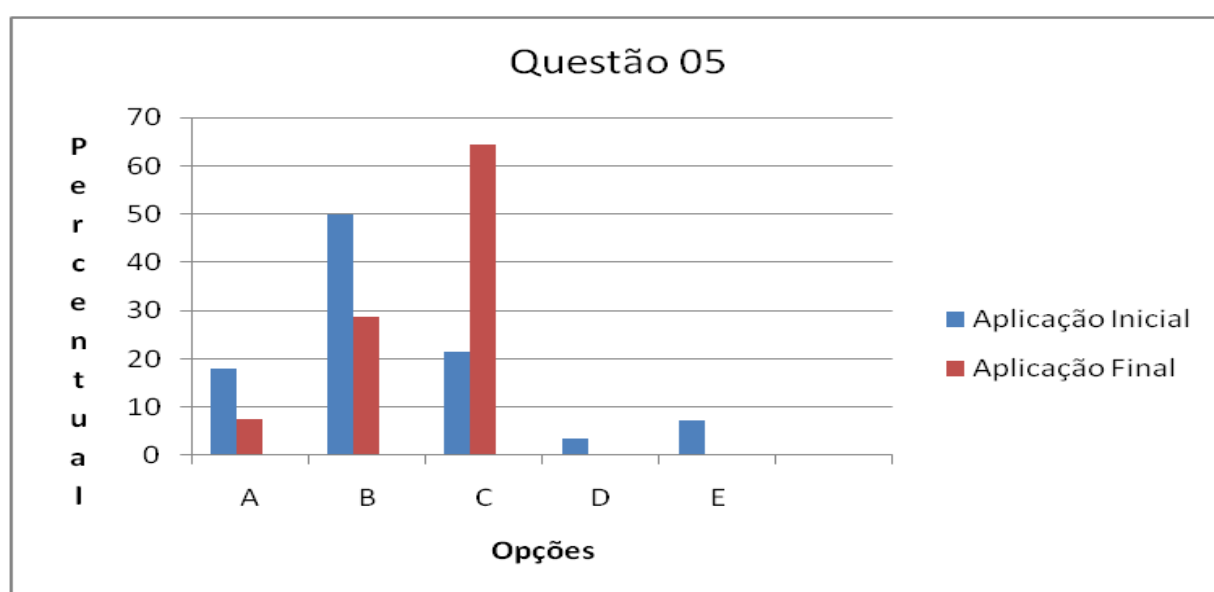
5.5.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 05

Tabela 9 - Dados das aplicações da questão 05

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A	05	17,85%	02	7,5%
B	14	50,0%	08	28,57%
C	06	21,42%	18	64,28%
D	01	3,59%	00	0,0%
E – Sem resposta	02	7,14%	00	0,0%
	28	100%	28	100%

Fonte: do autor, 2014

Figura14 - Representação gráfica das aplicações da questão 05



Fonte: do autor, 2014.

5.5.2 Descrição e análise da primeira aplicação

Nesta questão, apresentamos o clássico problema da física aristotélica. O que move um corpo depois da separação entre este e o causador de seu movimento. O que move a flecha depois que ela se separa do arco? Como na questão anterior, explicitamos as concepções teóricas sobre o movimento dos corpos. Representamos a concepção aristotélica na alternativa A, a galileana-newtoniana (científico-escolar) pela alternativa C e a alternativa B representa o conceito da física do impetus. Da mesma forma que na questão anterior, esta também apresenta certa dispersão nas escolhas das respostas. Entretanto, observamos a confirmação da tendência apontada na questão anterior: a preferência de metade dos pesquisados pelo conceito de força impressa.

A opção da maioria dos estudantes pelo conceito de força impressa está de acordo com a afirmação de Koyré (1991), a de que a física do impetus responde melhor ao censo comum do que a própria física aristotélica. Concordando com Koyré, salientamos que especificamente para esta questão, a explicação aristotélica mostra-se insatisfatória. Não corresponde à experiência sensível, pressuposto básico da física aristotélica. Mostra-se, de fato contra intuitiva.

Como já afirmamos anteriormente, consideramos a teoria do “*impetus*” no mesmo espectro filosófico da teoria de Aristóteles. Apontamos o fato de que sua construção deu-se em função de pontos falhos nesta última. Apresenta característica empírico-animista, pois atribui aos corpos o privilégio de possuírem força e de poderem “passá-la” a outros. Apoia-se, como a teoria aristotélica, mais na intuição e no mundo físico real do que no pensamento racional-abstrato. Portanto, esta questão nos mostra mais uma vez, que os estudantes pesquisados deixaram de (ou não conseguiram) mobilizar o conhecimento escolar em detrimento do que lhes sugere a intuição. Provavelmente compreenderam mal quando estudado, ou não compreenderam o conceito moderno de movimento e inércia, pois este está claramente explicitado na alternativa C. Portanto, aplicamos para esta, a mesma avaliação da anterior.

5.5.3 Análise da segunda aplicação

Os dados da segunda aplicação mostram que aproximados sessenta por

cento dos pesquisados escolheram como resposta a alternativa C, considerada por nós como a que melhor responde, do ponto de vista do conhecimento científico, ao problema posto. Percebe através dos dados significativa parcela dos estudantes abandonaram as ideias da física aristotélica e do impetus em favor da ideia de força como resultado de uma interação.

Todavia, não podemos desprezar os dados que mostram que trinta e sete dos estudantes pesquisados permaneceram fiéis às suas convicções primeiras. Evidencia-se, desse modo a grande dificuldade representada pelas concepções intuitivas e o conhecimento espontâneo. Essas concepções são construídas ao longo do desenvolvimento cognitivo e intelectual do sujeito. São construções, por assim dizer, “naturais”, decorrentes da necessidade de compreender a realidade que o cerca. Como não são resultados de pensamentos racionalmente organizados sobre os fenômenos, essas concepções se tornam de certa forma, uma ontologia do sujeito. Em decorrência, são pouco ou nada refratárias a conceitos exteriores que possam vir a modificá-las. Dificultam enormemente uma reconciliação integrativa ou uma diferenciação progressiva do ponto de vista ausubeliano, ou de mudança de cultura científica, na concepção bachelardiana. Bachelard (1996) e principalmente quando trata do perfil epistemológico (1991), alerta para o fato de que as concepções realistas ingênuas são extremamente difíceis de serem superadas em um espírito que almeja tornar-se científico. Assim, é compreensível a pouca eficácia da ciência escolar em modificar esse status intelectual-científico dos estudantes.

Numerosas pesquisas mostram estudantes que chegam às universidades ainda firmemente detentores de tais concepções, mesmo após frequentarem toda a educação básica. Apesar disso, consideramos também para essa questão, haver evidência de resultado positivo originado na aplicação da sequência didática, proposta neste trabalho.

5.6 QUESTÃO 06

Se um canhão (figura no apêndice C) disparar um tiro na direção horizontal, qual dos caminhos abaixo no diagrama representa melhor a trajetória (caminho) da bala de canhão?

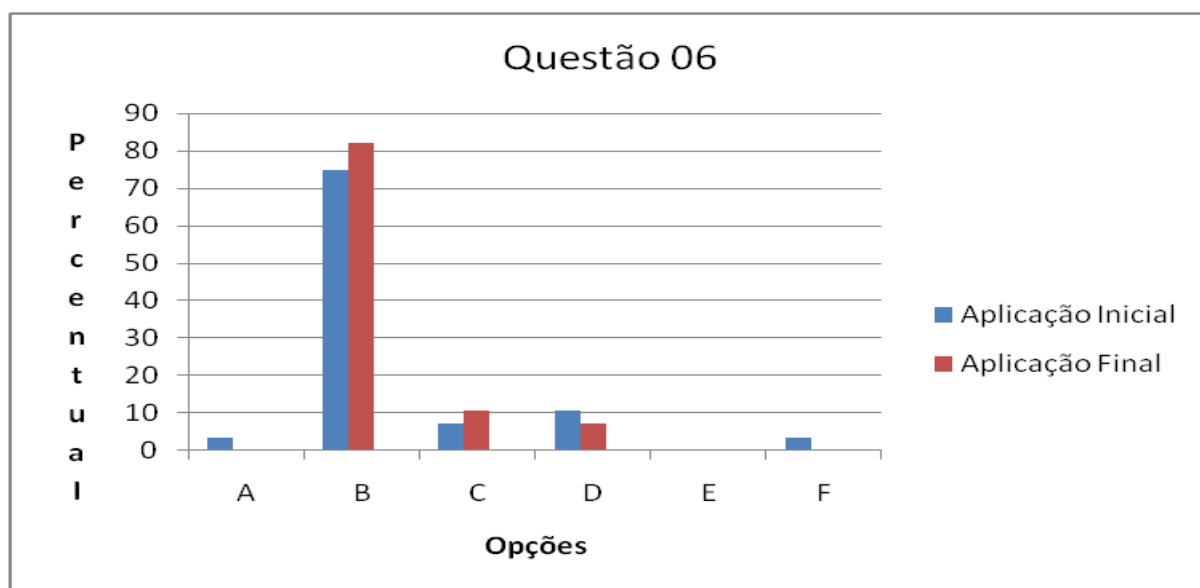
5.6.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 06

Tabela 10 - Dados das aplicações da questão 06

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A – Trajetória a	01	3,57%	00	0,0%
B – Trajetória b	21	75,0%	23	82,14%
C – Trajetória c	02	7,14%	03	10,71%
D – Trajetória d	03	10,72%	02	7,15%
E – Outra trajetória	00	0,0%	00	0,0%
F- Sem resposta	01	3,57%	00	0,0%
	28	100%	28	100%

Fonte: do autor, 2014.

Figura 15 - Representação gráfica das aplicações da questão 06



Fonte: do autor, 2014.

5.6.2 Descrição e análise da primeira aplicação

Nesta questão apresentamos a representação de um lançamento horizontal. O objetivo é identificar o uso de concepções espontâneo-intuitivas ou de conhecimento escolar-científico na análise da trajetória de um objeto, possibilitando a identificação nas escolas filosóficas. Para ser mantida a mesma linha de análise, consideramos que a opção B é a melhor aproximação do conceito de movimento

violento de Aristóteles (quando a força geradora da violência acaba o corpo desloca-se em linha reta para seu lugar natural). As opções A e C representam (aproximadamente) esse movimento na teoria da força impressa. No caso da opção A, representa uma pequena força e na opção C uma maior quantidade de força “impressa” no corpo lançado. A alternativa B a nosso ver, é a que melhor representa a composição dos movimentos dos estudos de Galileu. Os dados mostram clara preferência pela alternativa B. Isto significaria, à primeira vista, o reconhecimento de dois movimentos simultâneos e diferentes, implicando no reconhecimento da independência de movimentos, o que significaria a mobilização de conhecimento escolar-científico.

Porém, não é o que as argumentações usadas na defesa dessa escolha mostram. Ao verificá-las, não encontramos uma sequer que realmente se mostre de acordo com a escolha dessa alternativa. Postulamos então possíveis explicações para esse resultado: a primeira é o de que os estudantes tenham compreendido a composição de movimentos e trajetória posta nessa questão; o que não nos parece plausível. Justificamos nossa posição apontando a tendência de respostas apresentada nas questões anteriores e a ausência de argumentação coerente com a alternativa escolhida. A segunda explicação e que nos parece plausível, é a terem usado a intuição e experiência cotidiana. A trajetória b pode ser associada a uma situação cotidiana. Exemplifiquemos: se rolarmos uma bola sobre uma mesa plana com certa velocidade, ela apresentará uma trajetória intuitivamente semelhante a da letra b, pois cairá a certa distância da mesa. A experiência vivencial mostra que em nenhum lançamento horizontal o objeto lançado cai diretamente para baixo. Portanto, os estudantes podem ter feito suas escolhas baseados nessa situação.

Outra possível explicação refere-se à imagem usada na ilustração da questão. A posição intermediária da trajetória b pode ter induzido os estudantes a considerá-la como correta. Cabe aqui o alerta de Bachelard quanto ao uso de imagens e metáforas como obstáculo ao conhecimento científico: “Uma ciência que aceita as metáforas, é mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas” (BACHELARD, 1996, p. 48). Em defesa do argumento de que a escolha da alternativa B não envolveu, ao menos na sua totalidade, mobilização de conhecimento escolar, citamos algumas justificativas de estudantes que a escolheram. “Parece que ele vai reto porque sempre que disparo um canhão tenho

um alvo primeiro ele tem que ir na reta para acertar o alvo, mas se não houver o alvo ele vai caindo degradamente (grafia do estudante), não vai cair de vez como na letra d e devagar para baixo” (ESTUDANTE A. F). “Ele irá um pouco reto por mais que seja pesado em algum tempo ira cair” (ESTUDANTE A. S. R). “Porque a força posto nela mais o peso da gravidade faz com que ela não caia em linha reta e sim *graduativamente* (grafia do estudante)” (ESTUDANTE D. S. S).

Apesar de escolherem a alternativa adequada, suas justificativas são desprovidas de organização conceitual. Para o primeiro, o movimento proposto depende da existência de um alvo. O segundo parece confundir “pesado” com “leve” e o terceiro parece recorrer ao conceito de força impressa e entende o peso como uma propriedade da gravidade. Some-se a isso, a ausência total de linguagem adequada (escolar, científica) nas explicações. Portanto, leva-nos a crer que suas escolhas não foram fundamentadas no conhecimento científico.

5.6.3 Análise da segunda aplicação

Com referência a esta questão, os dados coletados não diferem significativamente da primeira para segunda aplicação. Na análise referente à aplicação inicial, abordamos possíveis explicações para a escolha majoritária da alternativa que a nosso ver, é a adequada. Uma possibilidade, a por nós considerada mais plausível, é a de que os estudantes tenham feito suas escolhas de forma intuitiva, fundada no senso comum. Consideramos essa possibilidade em função das escassas justificativas. Bem como da inadequação e incongruência das poucas que foram expressas.

A segunda aplicação diferencia-se justamente nesse quesito. A argumentação explicativa revela-se melhor adequada e mais consistente. Citamos algumas no intuito de corroborar nossa argumentação. “Porque o atrito com o ar e a força gravitacional faz com que a bala de canhão caia com um movimento composto (horizontal e vertical) (ESTUDANTE F). “Porque o movimento que não é só vertical têm dois movimentos”. “Um para baixo, e outro, na direção que a bala é disparada” (ESTUDANTES). “Porque quando começa o movimento dela, ela irá começar a cair. Então ela tem dois movimentos, um para frente, na direção que foi disparada e outro caindo” (ESTUDANTE K. S). Até quando da escolha equivocada, há certa coerência entre a escolha e a argumentação. Eis o exemplo de um estudante que

escolheu a alternativa D. “Ela vai seguir em linha reta até que o atrito com o ar o faça cair” (ESTUDANTE R. K). É possível que ele tenha comparado ao movimento violento em Aristóteles.

Outros dois que mesmo escolhendo a alternativa B, deram explicações que corroboram nossa argumentação da análise da primeira aplicação. Ou seja: usaram somente a intuição e o senso comum nas suas argumentações. “Pois acho que essa foi a melhor trajetória” (ESTUDANTE E. L. S). “Pois qualquer objeto lançado no espaço tem que cair” (ESTUDANTE L. E. S. P). Embora os dados não permitam uma análise conclusiva, a nosso ver, a melhora na argumentação pode ser considerada uma evolução em relação à condição inicial da proposta.

5.7 QUESTÃO 07

Um barco (figura no apêndice C) se move para a direita, com velocidade aproximadamente constante. Um tripulante decidiu realizar um experimento que havia lido em um livro sobre história da ciência. Subiu ao ponto mais alto do mastro do barco soltou uma esfera de metal. Escolha nas alternativas da figura, o possível “caminho” e “lugar” (letra) onde a esfera irá cair.

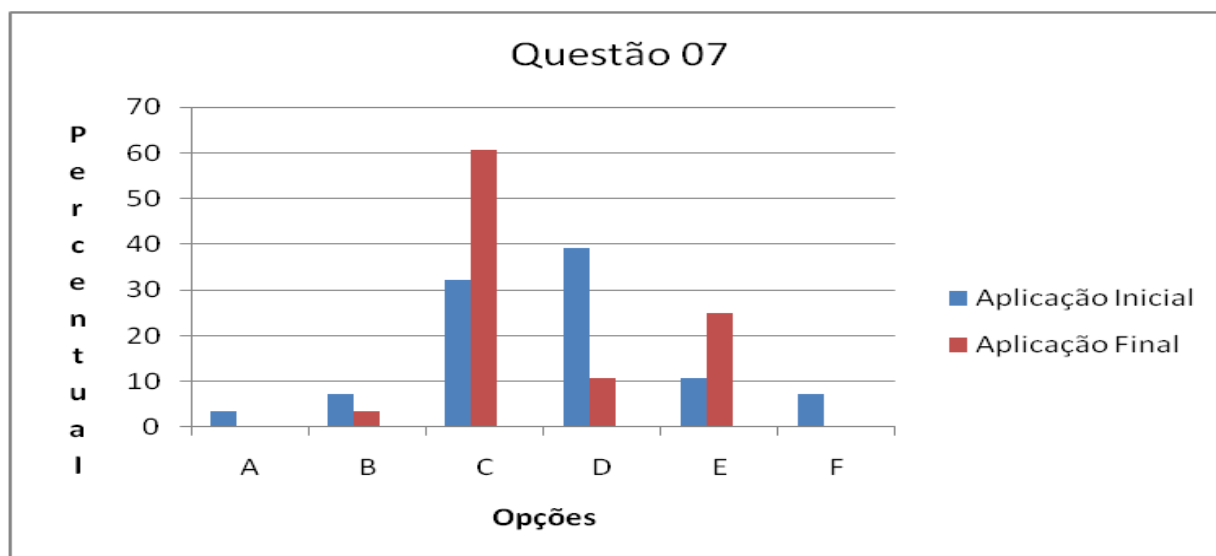
5.7.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 07

Tabela 11 - Dados das aplicações da questão 07

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A	01	3,58%	00	0,0%
B	02	7,14%	01	3,58%
C	09	32,14%	17	60,71%
D	11	39,29%	03	10,71%
E	03	10,71%	07	25,0%
F – Sem resposta	02	7,14%	00	0,0%
	28	100%	28	100%

Fonte: do autor, 2014.

Figura16 - Representação gráfica das aplicações da questão 07



Fonte: do autor, 2014.

5.7.2 Descrição e análise da primeira aplicação

Nesta questão apresentamos aos estudantes, o experimento concebido mentalmente por Galileu em sua polemica com os defensores da doutrina aristotélica da imobilidade da Terra. Trata-se, como na anterior, da composição e relatividade de movimentos. Ao ser abandonada em queda, a esfera mantém o movimento horizontal, devido ao movimento do barco e simultaneamente o movimento vertical de queda. Portanto, seu movimento constitui-se de dois outros diferentes. A relativização fica evidente quando consideramos dois observadores, um no barco e outro fora do barco. Ambos veriam trajetórias diferentes (Para o primeiro, uma reta vertical e para o segundo uma meia parábola).

Consideramos as alternativas E e D representativas do pensamento aristotélico e da percepção intuitiva. Na teoria aristotélica, se a Terra fosse dotada de movimento, um objeto abandonado livremente deveria ficar para trás, fato que no campo da intuição parece lógico. A opção C representa o argumento galileano de que os corpos próximos a Terra formam com ela um sistema, portanto participam de seu movimento. Como decorrência, é impossível determinar movimento ou repouso usando um referencial contido no próprio sistema (no caso, barco e esfera). O observador situado no barco vê somente o movimento de queda vertical da esfera, porque ambos participam do movimento horizontal do barco.

Consideramos que as opções A e B, na situação proposta (movimento para a direita), não se encaixam na concepção aristotélica ou galileana-newtoniana. Assim servem apenas como esquemas alternativos para aqueles estudantes cujo desconhecimento fosse total em relação às concepções propostas. Como se observa nos dados da tabela, houve predominância de escolha da opção D. Esse resultado depõe a favor da hipótese arguida na análise da questão anterior, a de que os estudantes fizeram a escolha da trajetória da bala lançada pelo canhão (opção b da questão anterior), fundamentados nas suas experiências cotidianas, em suas intuições.

Como a maioria escolheu a alternativa D, os dados desta questão mantêm-se coerentes dentro do contexto geral do questionário. Apontam para o desconhecimento, ou ao menos a incompreensão dos conceitos referentes a composição, relatividade e causalidade do movimento. Salientamos, entretanto que trinta e dois por cento dos pesquisados optaram pela alternativa C. apresentam, porém, uma argumentação escassa, desconexa e desprovida de sentido ao tentarem justificar a opção. “Sem impulso ela apenas vai cair” (ESTUDANTE L. R). É possível que ao escolherem, tenham usados como referencia a experiência comum (um objeto que cai de uma mesa, por exemplo). Em relação aos estudantes que escolheram as alternativas A e B, provavelmente não entenderam o esquema.

Percebe-se também nesta questão, a ausência (ou incompreensão) do conhecimento escolar (conceitos científicos). Fundam seu pensamento na observação empírica do cotidiano (próximo ao pensamento aristotélico) e carregado de intuição.

5.7.3 Análise da segunda aplicação

Os dados da aplicação inicial apontam certa dispersão na escolha das alternativas. Pode-se constatar, entretanto, leve preferência por uma das alternativas representante da concepção aristotélica (D). Mesmo a alternativa adequada tendo recebido significativa adesão, argumentamos que a favor da possibilidade dos estudantes de a terem escolhido fundados na intuição comum – empírica e não no conhecimento escolar formal. Tal suposição se fundamenta na quase inexistência e na precariedade das justificativas apresentadas a favor de suas escolhas.

Os dados da aplicação final mostram menor dispersão e maior concentração na alternativa correta (C). O percentual aumentou de aproximados trinta e dois por cento para sessenta e dois por cento. Quando buscamos as argumentações como suporte para melhor entendimento, constatamos que diferentemente das questões anteriores, vários se omitiram em explicitá-las. Porém as que encontramos se mostram coerente com a opção escolhida. “Porque como a bola está no barco, esta na mesma velocidade dele. Assim, ela vai na horizontal e para baixo, como o barco também se move, ela vai cair no lugar no ponto c” (ESTUDANTE J. P). “É a mesma coisa que você estiver sentado dentro de um carro ou ônibus. Se vão atirar algum objeto no ar ele cairá na sua mão porque não é você que está em movimento e sim o barco” (ESTUDANTE L. T). “Porque se o barco está se movendo ela também se move na mesma velocidade e na mesma direção do barco. Por isso ela parece cair só para baixo” (ESTUDANTE S. M).

Neste momento, as escolhas e suas respectivas argumentações indicam uma escolha consciente, fundada em conhecimento escolar-científico. Significa evidência de evolução racional-científica.

5.8 QUESTÃO 08 A

Considere a situação representada na gravura: (figura no apêndice C). Um homem sentado em um banco da estação observa a passagem do trem. Nesse momento, uma mulher sentada no interior do trem observa uma lâmpada presa no teto do mesmo. Para você:

- a) O homem sentado no banco da estação vê a lâmpada: a) Em movimento b) Em repouso

5.8.1 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 08 a

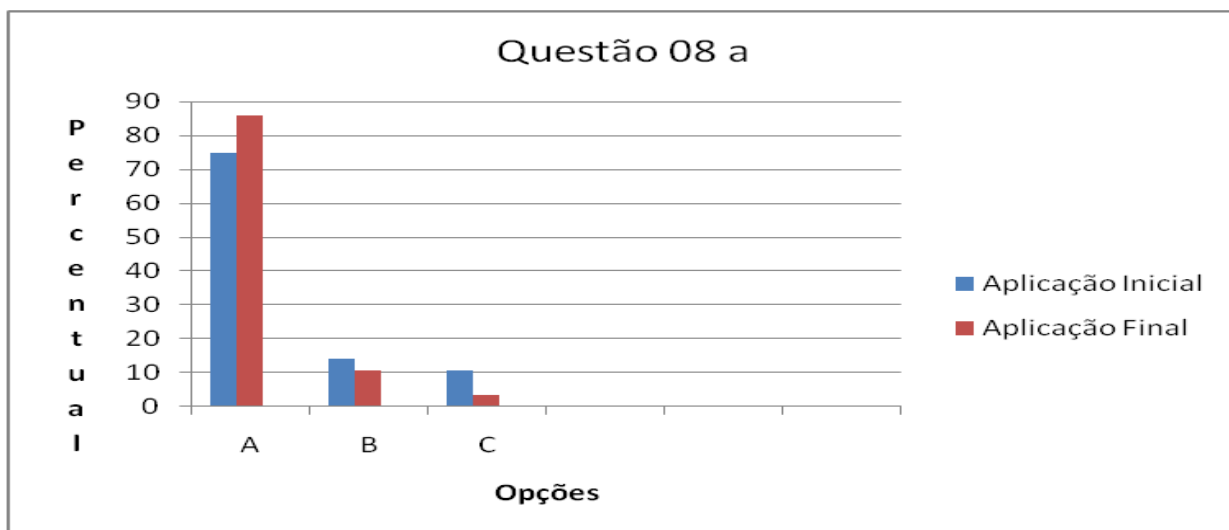
Tabela 12 - Dados das aplicações da questão 08 a

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A – Em movimento	21	75,0%	24	85,71%
B – Em repouso	04	14,28%	03	10,71%

C – Sem resposta	03	10,72%	01	3,58%
	28	100%	28	100%

Fonte: do autor, 2014.

Figura17 - Representação gráfica das aplicações da questão 08 a



Fonte: do autor, 2014.

5.8.2 QUESTÃO 08 b

A mulher, sentada no interior do trem, vê a lâmpada: a) Em movimento b) Em repouso.

5.8.3 Dados e representações gráficas das aplicações da questão 08 b

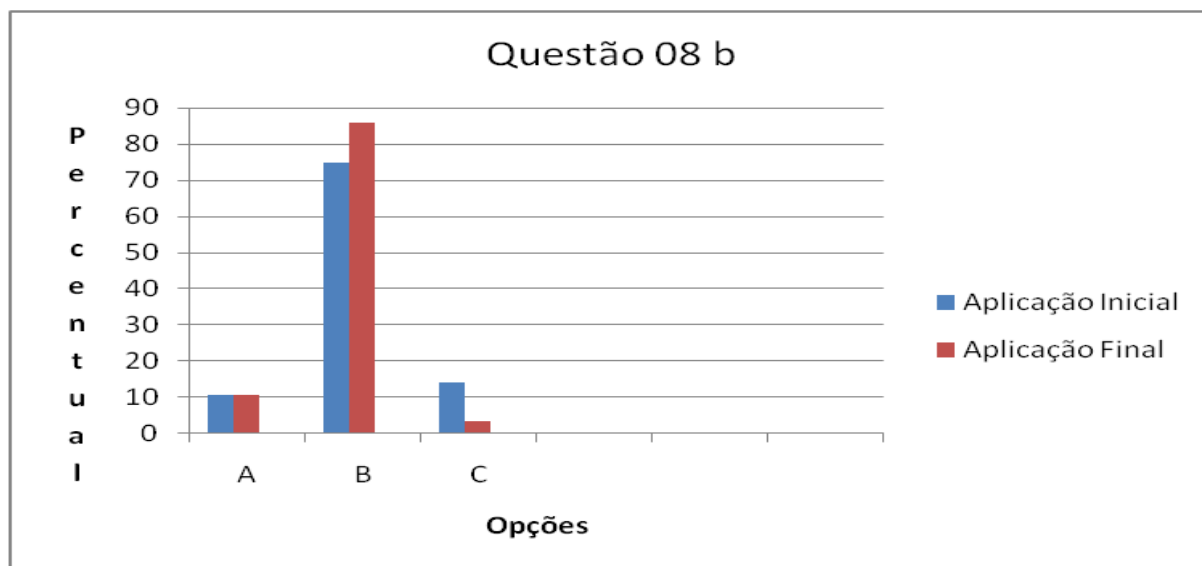
Tabela 13 - Dados das aplicações da questão 08 b

Opções	APLICAÇÃO INICIAL		APLICAÇÃO FINAL	
	Respostas	Percentual	Respostas	Percentual
A – Em movimento	03	10,72%	03	10,71%
B – Em repouso	21	75,0%	24	85,71%
C – Sem resposta	04	14,28%	01	3,58%

28	100%	28	100%
----	------	----	------

Fonte: do autor, 2014.

Figura18 - Representação gráfica das aplicações da questão 08 b



Fonte: do autor, 2014.

5.8.4 Descrição e análise da primeira aplicação das questões 08 a e 08 b

Esta é uma questão que aparece com frequência nos livros didáticos de física. É comumente usada em sala de aula como ilustração. Tem por objetivo identificar o uso por parte dos estudantes dos conceitos de referencial e causa no estudo do movimento. Esse é o propósito neste questionário. O esperado é que o estudante que tenha construído corretamente os conceitos de movimento, repouso e referencial, compreenda a relação entre causa e referencial. Significa que o estudante deveria se posicionar corretamente em relação a mudança de referenciais em relação a lâmpada. Salientamos, entretanto, que a inversão das respostas (repouso para a, e movimento para b) não implica necessariamente um pensamento aristotélico. Pode ser um simples caso de interpretação errônea da questão. As justificativas, ainda que poucas indiquem essa possibilidade.

A questão foi formulada do seguinte modo: para ambos os referenciais (um externo e outro interno ao trem), o pesquisado deveria se posicionar sobre o estado de movimento ou repouso de uma lâmpada presa no teto do trem. Deveria justificar a sua escolha, apontando a causa da mudança de estado (movimento ou repouso)

da lâmpada. Somente seis estudantes justificaram suas opções. Essas explicações não fornecem subsídios suficientes para afirmar que os estudantes acertaram porque conheciam as definições conceituais. Ao contrário: pela ausência de justificativas, e pela forma confusa com que expressaram as poucas existentes, é plausível crer que esse resultado provenha do auxílio da memória. Outra possibilidade que já foi apontada na questão anterior se refere ao uso da experiência cotidiana, da compreensão do movimento como um ente absoluto. Assim, uma possível interpretação para a opção A poderia ser a de que a lâmpada se move porque o trem se move. Na opção B ela se encontra em repouso porque está presa ao teto do trem. Nas duas situações ignora-se o referencial.

Citamos como exemplo de confusão explicativa, o pensamento do estudante J. P, carregado de realismo e intuição comum. Para o referencial externo ao trem, ele afirma: “Conforme o balaço do trem da a impressão que ele esta em movimento” Para o referencial no próprio trem: “Porque ela não tem a impressão de estar em movimento” (ESTUDANTE J. P). Já o pensamento do estudante E. B corrobora a ideia de movimento como um ente absoluto. Considerando o referencial externo, afirma: “O homem vê a lâmpada em movimento porque o trem esta em movimento, mas na verdade a lâmpada esta em repouso” No caso do referencial no trem: “Vê (ela) a lâmpada em repouso, pois quem esta em movimento é o trem” (ESTUDANTE E. B).

Apontamos o pensamento do estudante D. S. S, que entendemos dotado de coerência, embora não faça uso explícito de conceitos científicos. “A mulher vê a lâmpada em repouso porque esta se movimentando da mesma velocidade que a lâmpada, já o homem esta fora do trem em movimento” (ESTUDANTE D. S. S). Portanto, mesmo que a maioria tenha feito as escolhas adequadas, não encontramos em suas justificativas argumentos significativos a favor da mobilização de conhecimento escolar-científico nas suas escolhas. As justificativas explicitadas sugerem o contrário. Apontam para o desconhecimento ou incompreensão do conceito de referencial; bem como da necessidade deste para definição causal do estado de movimento ou repouso de um corpo.

5.8.5 Análise da segunda aplicação das questões 08 a e 08 b

A aplicação inicial e a final desta questão foram semelhantes no tocante às escolhas dos pesquisados. Houve um pequeno acréscimo de aproximados dez por cento na segunda em relação à primeira aplicação. Já discorreremos na parte inicial sobre os prováveis motivos que levaram os estudantes as escolhas. Assim, os dados per se, não permitem um resultado conclusivo, pois que já na primeira aplicação a alternativa correta foi a preferida nas escolhas.

Entretanto, como já aconteceu em questões anteriores, a argumentação explicitada na aplicação final supera acentuadamente, em qualidade e coerência os apresentados na aplicação inicial. “Porque o homem esta em repouso sendo ele o ponto referencial e o trem estando em movimento, a lâmpada também estará. Sendo a mulher o ponto referencial dentro do trem, estando ela na mesma velocidade da lâmpada, a lâmpada estará em repouso” (ESTUDANTE L. R). “Porque o homem está em repouso sendo o ponto de referencia e o trem em movimento e as lâmpadas com ele. Porque a mulher está no trem em movimento na mesma velocidade” (ESTUDANTE E. S. P). “Se o referencial é o homem, então o trem e a lâmpada estão em movimento. Porque agora o referencial é a mulher dentro do trem. Agora é repouso por causa que muda o referencial” (ESTUDANTE S. O. M).

A variação dos dados (ainda que pequena) associada a uma argumentação qualificada e coerente aponta uma aprendizagem significativa e de mudança de cultura científica.

5.9 Análise geral das aplicações do questionário

A aplicação deste questionário teve como objetivo verificar o desenvolvimento da construção do conceito de movimento. Conforme explicitamos na introdução deste capítulo, utilizamos o mesmo questionário como instrumento de coleta de dados pré e pós-aplicação da proposta de intervenção didática. Esta forma difere da forma tradicional adotada em trabalhos desta natureza, onde o segundo questionário difere do primeiro, pela organização e ou natureza das questões, ou ambas.

A nosso ver, essa forma é necessária quando o questionário inicial aponta baixo índice de erros conceituais em relação ao assunto objeto da proposta didática a ser aplicada. Dito de outra forma: quando o resultado obtido na primeira aplicação já estaria próximo do previsto para a segunda aplicação. Essa situação exige então um cenário diferente, o que está de acordo com a teoria ausubeliana. Pois não

sendo assim, o estudante apenas repetiria o que ele já havia feito.

Neste trabalho, os dados da primeira aplicação (exceto a questão 08), mostram resultados muito abaixo em relação ao desejável para a ação didática projetada. Ou seja: o conhecimento apresentado está muito aquém do previsto para o ensino escolar-científico aceito. Nessa situação, decidimos pelo uso do mesmo questionário. Foi oportunizada aos estudantes uma segunda abordagem, porém agora munidos de novas construções conceituais. Essa opção elimina no caso de construção de um segundo questionário, a possibilidade de equívocos conceituais e ou organizacionais, os quais, se existirem, podem influenciar nos resultados finais, o que não ocorre com a repetição do questionário, pois os equívocos (caso existam) terão o mesmo peso nas duas aplicações.

O risco mais evidente em relação ao uso do mesmo questionário está na possibilidade de o estudante, por recorrência à memória optar pela mesma explicação construída na primeira aplicação. Neste caso, por conforto ou dúvida, o estudante pode continuar fazendo uso do conhecimento de fundo realista empírico-intuitivo, ainda fortemente presente em seu pensamento em construção. Os perfis epistemológicos construídos apontam essa possibilidade. Essa realidade pode se tornar concreta porque os novos conceitos ainda são construções recentes, carecem de base sólida no sistema cognitivo do sujeito, estão ainda em fase de assimilação e ou diferenciação progressiva. Não é ainda cultura do estudante. Ressaltamos, entretanto, que a construção de novo questionário e contexto, não afasta totalmente as objeções anteriores.

Os conceitos científicos só podem ser eficientemente compreendidos quando assumidos como cultura. Conhecê-los não significa compreendê-los. Compreendê-los significa assumi-los com visão de mundo. Por isso Bachelard (1996) alerta para necessidade assumir a ciência como cultura, da evolução da racionalidade como uma mudança de cultura experimental.

Por outro lado, se os resultados obtidos forem satisfatórios, os riscos apontados serão fator de confiabilidade e tornam-se evidências da eficácia e potencial da proposta aplicada.

Considerando a análise comparativa dos dados das duas aplicações, o resultado é claramente positivo. Houve evidente progresso no sentido construção do conceito proposto, sob a ótica do conhecimento escolar e científico. Os dados apontam evidencia de avanço em todas as questões, o que caracteriza evidencia de

aprendizagem significativa (Ausubel) e evidencia de evolução da razão (Bachelard). Evocamos em defesa de nosso argumento, duas questões aplicadas. Mesmo se abordarmos a questão número seis cujo índice percentual (aproximados sete por cento) foi o menor apresentou a menor variação entre a primeira e segunda aplicação, ainda assim consideramos que houve evolução significativa.

Em relação a essa questão, devemos considerar que já na aplicação inicial o índice de escolha da alternativa adequada ficou em setenta e cinco por cento (vinte e um de vinte e oito estudantes), restando, portanto, quinze por cento (sete estudantes) suscetíveis de mudança conceitual. Dentro dessa margem percentual de quinze por cento, aproximados sete por cento migraram para a resposta adequada. Significa dizer que do universo possível de mudança, aproximados cinquenta por cento o fizeram. Apontamos também a questão número três, de maior índice percentual de mudança (aproximados cinquenta por cento). A opção considerada mais adequada do ponto de vista do ensino científico mudou sua condição de escolhida por cinco estudantes na primeira aplicação, para dezenove na segunda. Ou seja: de um universo de vinte e três estudantes, dezenove passaram a compreendê-la como a mais adequada ao problema proposto.

As demais questões apresentaram índices percentuais entre dez e quarenta seis por cento de aumento na escolha das alternativas consideradas adequadas. Destacamos novamente que os dados percentuais são aproximados, usados no intuito de clarificação de uma ideia geral, sem a pretensão de rigor absoluto de exatidão. A estes dados, que em nosso entender permitem postular a positividade dos resultados obtidos, agregamos as expressões explicativas dos estudantes. Nas análises parciais de cada questão tivemos a oportunidade de discorrer e citar várias delas, no intuito de ilustrar e argumentar nossa posição. Por nossa vez, consideramos evidente a evolução das justificativas apresentadas pelos estudantes, pois passaram de confusas e desprovidas de sentido na primeira aplicação, para relativamente coordenadas, tanto na linguagem como no sentido conceitual na segunda aplicação. Apontamos esses fatores como evidências de aprendizagem e evolução conceitual dos estudantes e conseqüentemente, da eficácia da proposta didática.

Uma das ideias mais importantes da epistemologia de Bachelard é de perfil epistemológico, onde ele postula que um intelecto guarda em si as marcas dos

obstáculos que teve de superar no avanço para a racionalidade científica. Considerando que este trabalho se apóia no pensamento bachelardiano, não poderíamos deixar discutir, mesmo que resumidamente, essa ideia. Dedicamos o capítulo seguinte a essa discussão.

6 PERFIL EPISTEMOLÓGICO

No capítulo um que trata do referencial teórico foi explicitada a idéia bachelardiana de perfil epistemológico. Neste, apresentamos a construção do perfil epistemológico de um grupo de cinco estudantes da mesma turma em que foi aplicada a intervenção didática descrita no capítulo anterior. A construção desses perfis tem como objetivo identificar a presença e ou persistência das escolas filosóficas (conforme discutidas no referencial), bem como discutir suas implicações no ensino de ciências.

Como já mencionado, o universo de pesquisa constitui-se de uma turma de estudantes do primeiro ano de ensino médio da escola pública de ensino regular, Manoel Lucas de Oliveira, localizada em Hulha Negra, RS. Foram adotados como referenciais teóricos, a epistemologia concebida por Bachelard (1990, 1991, 1996, 2006) e os estudos de Martins (1998).

6.1 METODOLOGIA E AÇÃO

Foi adotado o modelo proposto e usado por Bachelard (1991, p. 41-43) e usado para a construção de seu próprio perfil epistemológico relativo aos conceitos de massa e de energia. O modelo se constitui de cinco regiões (escolas filosóficas), a saber: Realismo Ingênuo, Empirismo claro e Positivista, Racionalismo Clássico, Racionalismo Completo e Racionalismo discursivo. Martins (1998), em seus estudos citados neste trabalho (primeiro capítulo), reúne as duas últimas regiões em uma única, a qual denomina de Surracionalismo.

Martins argumente que, devido às características de seu universo de pesquisa, dificilmente obteria dados significativos sobre o conceito de tempo para essas regiões, justificando assim sua junção em uma única categoria. Posicionamos na mesma linha de pensamento em relação ao conceito de *movimento*, objeto deste estudo. A razão é que o público-alvo desta proposta se constitui de uma turma de primeiro ano do ensino médio, e, por isso, torna-se improvável a familiaridade com conceitos pertinentes à teoria da relatividade e da mecânica quântica. Considerando a história do estudo do fenômeno (movimento) e seu desenvolvimento conceitual, decidimos pela substituição da categoria empirismo claro e positivista, usadas por Bachelard e Martins, pela categoria Racionalismo Galileano. Assim como

Martins, reunimos as categorias racionalismo completo e racionalismo discursivo presentes no perfil bachelardiano em uma única, por nós denominada de Racionalismo contemporâneo.

A coleta dos dados foi realizada pelo autor deste estudo, com a colaboração dos graduandos em física pela UNIPAMPA, Giovanni Del Duca e Felipe Lima, usando como instrumento a entrevista presencial semiestruturada. Para essa finalidade foi elaborado um questionário-guia para o entrevistador, contendo dez questões acompanhadas em sua maioria, por questões secundárias direcionadas para o mesmo objetivo (apêndice E). As respostas, exceto uma em que se fez necessário a escolha de alternativa pré-definida, foram obtidas pela livre expressão oral dos entrevistados. O roteiro-guia do entrevistador foi elaborado nos mesmos moldes da sequência didática (capítulo quatro), em consonância, da mesma forma, com a metodologia brevemente explicitada no capítulo dois. O conteúdo e natureza das questões, em suas versões finais, foram definidos com base no conteúdo do segundo questionário (apêndice C), buscando assim, manter a coesão do trabalho. As entrevistas foram realizadas todas no mesmo dia e local (escola), em uma sala escolhida de modo a não permitir, dentro do possível, perturbações externas. Cada estudante foi entrevistado isolado dos demais, permanecendo assim até o término de todas as entrevistas. Cada entrevista durou entre trinta e quarenta minutos, ficando na sala somente entrevistado e entrevistador, em lados opostos de uma mesa, separados por uma distância aproximada de 100 cm. Para a coleta dos dados, foi usado pelo entrevistador, questionário-guia, caderno de anotações e um aparelho de gravação de voz, modelomp3-4, comumente encontrado no comércio. Foi dado aos entrevistados, o tempo que considerassem necessário para expressarem livremente seus pensamentos, pois não houve imposição de tempo-limite. Ao entrevistador, coube a função de manter o eixo norteador da entrevista, formular e esclarecer as questões, sanar dúvidas nas formulações e aprofundar a investigação pelas questões secundárias. A escolha dos entrevistados foi baseada em análise dos questionários iniciais, (apêndices A e C), nas argumentações, tanto escritas como orais, demonstrações de interesses, comprometimento e desenvoltura nas atividades de sala de aula.

A segunda etapa se constituiu da transcrição das entrevistas gravadas e suas respectivas análises. Após, procedeu-se então à categorização de acordo com os critérios expostos na tabela a seguir. Os parâmetros de definição foram o uso de

palavras, conceitos e frases (chamaremos de descritores) que, considerando o contexto em que foram empregados, possibilitam relacioná-los a uma ou mais das escolas filosóficas.

A próxima etapa consistiu na análise qualitativa individualizada das ideias apresentadas pelos estudantes. Ao categorizar optamos por certa flexibilidade, em virtude de significativo número de respostas apresentarem características presentes em duas, e por vezes nas três categorias.

Em decorrência, encontraremos a maioria das repostas relacionadas em mais de uma categoria. Pois “Um conhecimento particular pode expor-se numa filosofia particular; mas não pode fundar-se numa filosofia única; o seu progresso implica aspectos filosóficos variados” (BACHELARD, 1991, p. 46). Servimo-nos ainda do referido autor para insistir na defesa de nosso procedimento: “Se considerar um conhecimento de um objeto particular, verificará que as noções que correspondem às diversas qualidades e funções não estão organizadas segundo o mesmo plano; não terá dificuldade em encontrar traços de realismo nos conhecimentos objetivos mais evoluídos” (BACHELARD, 1991, p.46). Salienta-se, entretanto, a necessidade de descarte de uma ou outra resposta que a nosso ver, não permitem enquadramento nas categorias pré-definidas. Entende-se que esse procedimento não acarreta prejuízo ao estudo, pois o perfil epistemológico é um estágio particular de cada estudante. A próxima etapa é o esboço do perfil epistemológico de cada estudante pesquisado. Para isso, quantificamos a presença da resposta em cada categoria (mesmo que em mais de uma) e relacionamos proporcionalmente à totalidade de respostas, fornecida pelo entrevistado. Excetuando-se as descartadas.

Novamente destacamos que este estudo é de cunho qualitativo. Portanto são pertinentes as seguintes observações: a primeira é de que a presença de um descritor, uma palavra; por exemplo, não necessariamente determina a inclusão da resposta nesta ou naquela categoria. São parâmetros e devem ter sentido no conjunto da resposta. A segunda é de que os dados quantitativos foram usados em benefício da clareza do método de construção da tarefa, isto é, usados como parâmetros para a construção da imagem do perfil de cada estudante. O rigor da resposta matemática não é o objetivo neste caso. Desconsideramos o fato de uma resposta possuir traços de mais de uma escola (categoria). Ou seja: cada categoria será considerada, para fins de análise, como se fosse única. Em consequência desse procedimento e da concomitância da presença de mais de uma categoria em

determinada resposta, esclarecemos que o fechamento matemático por vezes, pode não acontecer.

6.2 QUADRO-RESUMO DAS ESCOLAS FILOSÓFICAS E DESCRITORES DE ANÁLISE

Escolas Filosóficas	Descritores (Termos/ Conceitos/ frases)	Critérios de definição.
<p><u>1. Realismo Ingênuo</u> (conceitos Identificados ao pensamento aristotélico e teoria da força impressa).</p>	<p>Natureza.Natural (fenômeno, lugar). Violento (empurrão, puxão). Experiência. A necessidade de causa para existência de movimento. Conhecimento pela observação. Força impressa. Simples mudança de lugar. Massa como quantidade de matéria, substancia. Massa como uma realidade material, percepção direta dos sentidos.</p>	<p>Conceitos inseridos em uma ideia que aponte para uma das categorias propostas. Conceitos ou palavras isoladas, que possam, entretanto, ser inseridas significativamente no contexto de outra questão respondida.</p>
<p><u>2. Racionalismo galileano</u> (conceitos identificados ao Pensamento galileano, racionalismo de primeira aproximação. Medição, experimentação).</p>	<p>Instrumentos de medidas. Uso da matemática. Experimento. Movimento (uniforme e ou acelerado). Ausência de causa para no movimento (sem causa primeira). Movimento relativo. Experimento pensado. Organização do experimento. Referencial. Massa representada na medida da balança. Massa como sinônimo de peso, simples medida.</p>	<p>Conceitos inseridos em uma ideia que aponte para uma das categorias propostas. Conceitos ou palavras isoladas, que possam, entretanto, ser inseridas significativamente no contexto de outra questão respondida.</p>
<p><u>3. Racionalismo Clássico</u> (conceitos identificados ao pensamento newtoniano)</p>	<p>Inércia. Força como produto de interação. Aceleração. Força Gravitacional. Mecânica. Leis de Newton. Movimento como um ente absoluto. Movimento como relação. Massa entendida como propriedade de resistência. Massa como relação matemática.</p>	

<p><u>4.Racionalismo Contemporâneo</u> (conceitos identificados com a teoria da relatividade.</p>	<p>Relatividade do movimento. Relação espaço – tempo - movimento. Massa relativística. Dependente dos conceitos de repouso, energia e velocidade.</p>	
---	---	--

6.3 AS ESCOLAS FILOSÓFICAS

A seguir, apresentamos considerações sobre as características das escolas filosóficas nas quais fundamentamos o embasamento teórico e critérios adotados e alguns conceitos que a nosso ver, são relevantes quando da análise respostas dos estudantes entrevistados. Isso nos permite contextualizar, melhor situar estas respostas no sentido de classificá-las nas categorias.

6.3.1 Realismo ingênuo

Consideramos como possível de inclusão nesta escola, os conceitos ou ideias que tenham relação com a física aristotélica. Para Koyré (1991) e Peduzzi (1996), a física de Aristóteles se constitui em um corpo de conhecimento fundado na observação direta dos fenômenos naturais. “Aristóteles foi um atento observador da natureza. As suas constatações sobre o que via ocorrer na Terra e no firmamento levaram-no a fazer afirmações sobre a natureza das coisas e a formular um modelo do universo” (PEDUZZI, 1996, p. 50). De acordo com Koyré, não se trata de mera descrição do fenômeno observado e sim, “[...] de uma teoria, ou seja, uma doutrina que, partindo naturalmente dos dados do senso comum, submete-os a um tratamento extremamente coerente e sistemático” (KOYRÉ, 1991, p. 157). Ainda de acordo com Koyré, os fatos ou dados que servem de fundamento a essa elaboração teórica são simples e na prática vivencial, nós os aceitamos da mesma forma que o fazia Aristóteles. Por exemplo: não vemos uma pedra elevar-se naturalmente, nem fogo ou fumaça se deslocarem em linha reta para baixo. Porém o oposto desses fenômenos é sempre observado; pois invariavelmente pedras caem e fogo sobe, ambos em movimentos retilíneos.

Para Aristóteles, o movimento na natureza é essencialmente causal e finalista, concebido como parte de uma tríade, Causa – movimento – finalidade, válida tanto para o mundo supralunar (espaço além da lua), como ao mundo

sublunar (espaço entre a Terra e a lua). Neste último, os corpos procuram seus lugares naturais, lugares estes determinados por suas constituições substanciais e suas “gravidades” (pesos).

Resumidamente, Aristóteles define a gravidade ou a leveza de um corpo pela sua composição (terra, água, ar e fogo). Se determinado corpo for constituído preponderantemente pelo elemento terra, seu lugar natural será o centro da Terra (centro do universo). Em oposição, se determinado corpo se constituir preponderantemente do elemento ar, seu lugar natural será entre o fogo e a água. Em suma: os menos graves (leves), como o fogo e a fumaça têm seu lugar natural no alto. Os mais graves (pesados) buscam o centro da terra, seu lugar natural. Os de gravidade intermediária como água, têm como lugar natural a superfície do planeta, isto é, uma posição intermediária.

Desse modo, também se pode diferenciar um corpo grave de um leve, pelo seu movimento. Segundo Aristóteles, se determinado corpo se encontrar fora de seu lugar natural e livre de impedimentos, deslocar-se-á em movimento retilíneo buscando a este retornar. Assim, se um corpo livre no espaço, próximo a Terra, “cair” em direção a esta, será considerado como grave. Se, ao contrário, se deslocar para o alto, será um corpo leve.

chamo grave aquilo que está apto a mover-se [naturalmente] para o centro, e leve aquilo que está apto a mover-se a partir do centro; muito pesado o que está abaixo de todas as coisas que se movem para o centro, e muito leve o que se situa acima de todas as coisas que se movem para cima [...] (ARISTÓTELES, apud. ÉVORA, 2005, P. 136).

O movimento natural é sempre retilíneo e decorrente da necessidade do corpo de deslocar-se para seu lugar. Neste caso, a causa do movimento é uma propriedade do próprio corpo.

O movimento forçado (violento) tem como causa forças externas que atuando sobre corpo movente, o obrigam a realizar movimento contrário à sua natureza. Cessada a causa externa, prevalece o movimento natural, imposto pela natureza substancial do corpo. Quer dizer que se extinto o movimento forçado, a tendência natural do corpo é dirigir-se ao seu lugar correspondente. Aristóteles não admite ação de força à distância. Dessa forma, para que força externa provoque movimento, é necessário contato (puxão, empurrão) com o corpo movido. Portanto, na física aristotélica não há movimentos em uma causa que o produza. Sob essa

ótica, o movimento na física aristotélica não é na verdade, um estado, mas sim um processo, pois é, e sempre será uma situação transitória de determinado corpo, uma condição passageira que terá como finalidade o repouso.

Como condição para a ocorrência de movimento (natural ou violento), Aristóteles estabelece relações entre as forças causadoras (força-motriz) e a resistência opositora do meio onde este ocorre. Estabeleceu alguns princípios dessa relação, a saber: a) Para existir o movimento era necessário que a força fosse maior que a resistência do meio ($F > R$). b) A velocidade era proporcionalmente inversa à resistência do meio ($V \leftrightarrow 1/R$). c) A velocidade era proporcional à força-motriz ($V \leftrightarrow F$). Combinado os três princípios, podemos dizer que no movimento da física aristotélica, a velocidade era proporcional à força-motriz e inversamente proporcional à resistência do meio ($V \leftrightarrow F/R$). Esta definição é chamada modernamente de Lei Aristotélica do Movimento. Salientamos que ainda hoje estudantes de nível médio demonstram acentuadas dificuldades em compreender essas relações. Porém quanto à afirmação aristotélica de que corpos mais graves caem mais rápido que corpos menos graves, é aceita quase de imediato por muitos estudantes, no dizer de Bachelard, dos espíritos menos atentos.

Embora Bachelard (1996), afirme que a questão do movimento em Aristóteles, há muito tempo deixou de ser importante, ainda encontramos no pensamento dos estudantes forte presença dessas concepções realista-aristotélicas construídas a partir das observações cotidianas. Sobre este assunto, alguns autores mencionados neste estudo, como Mortimer (1996), Zylberstajm (1988), Curado (1999), Peduzzi (1992) e outros, alertam para essa semelhança entre concepções alternativas e teorias científicas do passado. Pode-se usar como exemplo as ideias explicativas dos estudantes sobre força e movimento, em comparação à teoria aristotélica do movimento e teoria da força impressa. Curado (1999), diz ter encontrado em seus estudos, explicações alternativas semelhantes às de estudos de vários outros autores. Como exemplo, cita algumas das semelhanças encontradas: a) Para que um corpo se mova é necessária a ação de uma força externa atuando sobre ele, vinculando dessa forma, a existência de movimento ao da força. b) O fim da força significa o fim do movimento. c) Se um corpo se encontra em movimento, necessariamente devem existir forças atuando sobre ele. Por outro lado sobre um corpo repouso, não existem forças em ação. d) Proporção direta entre força e velocidade: o aumento ou diminuição da força acarreta o mesmo efeito na

velocidade de um corpo. Segundo Peduzzi, “Força e velocidade, na ‘ciência dos alunos’, mantém uma proporcionalidade direta” (PEDUZZI, 1992, p. 91. Grifo do autor). e) Se uma pessoa arremessa um corpo para cima, a causa de sua subida é a força da pessoa “passada” para ele e o movimento de queda é porque essa força acabou.

Neste trabalho, contatamos que vários estudantes expressaram pensamentos semelhantes a estes, tanto nos questionários escritos como nas entrevistas orais. Nessa mesma linha, identificamos a concepção que relaciona de forma direta a velocidade de queda à massa do corpo ou ao seu volume. Por exemplo: um corpo mais “pesado” ou maior cai mais rápido que outro mais “leve” ou menor. Identifica-se desse modo, a semelhança entre as concepções alternativas dos estudantes com as teorias aristotélicas e da força impressa. Consideramos estas ideias como ponto de partida na construção de nossa proposta de ensino-aprendizagem, pois “Há que se buscar formas de relevar essas concepções no ensino, convencer os limites dessas explicações primeiras, provocando conflitos entre elas e situações-problema e auxiliando na verificação do grau de coerência e de generalizações delas” (CURADO, 1999, p. 29).

As concepções espontâneas revestem-se dessa forma, de importância significativa para a construção de propostas de ensino-aprendizagem que objetivem a maior eficiência dos processos de ensino.

6.3.2 Racionalismo Galileano

Consideramos plausível de inclusão nesta escola, conceitos, ideias e ou pensamentos elaborados que se assemelhem à física desenvolvida por Galileu Galilei. Suas contribuições são consideradas decisivas na fundação da física moderna. Com Galileu, ocorre definitivamente a separação entre a física (ciência objetiva, voltada ao estudo da natureza) da filosofia e da metafísica. A física aristotélica abordada anteriormente, constituiu-se a partir da observação direta do mundo sensível. Suas explicações adéquam-se à realidade percebida pelos sentidos. Galileu se opõe ao imobilismo da física aristotélica e critica seus pontos inconsistentes.

Em função do objetivo deste trabalho, nos deteremos prioritariamente na parte do movimento que trata da queda dos corpos. A posição aristotélica era de que

um corpo com o dobro do “peso” de outro, quando em queda a partir da mesma posição, deveria atingir a condição final na metade do tempo do outro. Galileu pensa em novas formas de demonstrar o que para ele é um equívoco, um erro. Busca na matemática e na experimentação os instrumentos necessários de apoio ao seu pensamento e de prova da validade de seus argumentos. Pode-se dizer que Galileu usa para o estudo do movimento procedimento análogo à conduta da balança explicada por Bachelard (1991), para a medida da massa. Porém, não é “medir por medir”. Ele busca com os dados das medidas o estabelecimento de leis e relações.

O conhecimento não é mais extraído da observação direta da natureza, fundado em um empirismo-realismo ingênuo. Galileu constrói e usa instrumentos fundados em pensamentos a priori. Os instrumentos são para ele, a materialização de sua intencionalidade. Mede tempo, espaço, velocidade e essas grandezas passam para uma descrição numérico-abstrata em vez de puramente descrição discursiva. Geometriza a realidade sensível com o objetivo de demonstrar a veracidade de seus argumentos. Busca na experimentação concreta ou abstrata, a corroboração de suas ideias.

Para ele, formulações teóricas devem encontrar respaldo na experiência. A linguagem para descrever os resultados da experiência deve ser a matemática, a qual define como a linguagem universal da natureza (1996). A nova abordagem dos fenômenos e os aparatos técnico-experimentais por ele concebidos revelaram-se fundamental para afirmação do método científico como forma relativamente segura da construção de conhecimento. Fazendo uso da experimentação e da geometria, Galileu demonstrou corretamente a lei da queda dos corpos. A construção e uso do plano inclinado e do pêndulo, serve como exemplo do uso do pensamento e experimentação pela busca de dados comprobatórios da correspondência entre pensamento e realidade.

Outra diferença entre as concepções galileanas e aristotélicas em relação ao movimento, encontram-se no sentido de sua ocorrência. Como já dito, o movimento em Aristóteles é essencialmente finalista. Os corpos movem-se em busca de seus lugares naturais e quando nestes, não têm mais razões para moverem-se, permanecendo então em repouso. Portanto, na física aristotélica o movimento é causal e nada pode mover-se sem uma causa originária. Como bem o explica Koyré: “Com efeito, na dinâmica aristotélica qualquer corpo é concebido como possuindo uma tendência para se encontrar em seu lugar natural, e, portanto, para lá voltar

desde que, por violência, de lá tenha sido afastado. Tendência que explica o seu movimento (natural): Pelo caminho mais curto e mais rápido” (KOYRÉ, 1986, p. 27). Por outro lado, estando os corpos em seus lugares naturais, não há razão para abandoná-los e só o farão se sobre eles for aplicada uma força externa. A isso Aristóteles classifica como uma “violência” contra a condição natural do corpo. Esse movimento violento, Aristóteles o admite somente enquanto durar o contato entre a fonte da força (que move) e o corpo (movido). Cessado o contato, os corpos voltam ao movimento natural. Ou seja: cessada a causa, cessado o efeito (KOYRÉ, 1986).

Portanto, o movimento na física aristotélica configura-se em um processo de permanente atualização.

Galileu, por outro lado, não procura as razões do movimento dos corpos, mas sim do modo como o fazem. Enquanto Aristóteles explica “porque se movem”, Galileu explica “como se movem” Em decorrência, a física galileana não possui uma estrutural causal, como na física aristotélica e na newtoniana. Ao introduzir a ideia de relatividade em um movimento e da necessidade de um referencial para determinação de repouso ou movimento de um determinado corpo, Galileu prescinde da causalidade aristotélica. Em outras palavras; a ideia de relatividade galileana permite pensarmos um mesmo corpo em estado de movimento se observado de determinado referencial e em estado de repouso, se observado de outro referencial. O que significa a possibilidade de existência de movimento sem uma causa que o produza.

Embora a física galileana ainda não apresente estrutura causal, não se situe em um arcabouço teórico-conceitual, num esquema de relações como a física newtoniana, ela rompe com a física aristotélica.

O movimento preconizado por Galileu não é mais um processo de atualização, como visto em Aristóteles, mas sim, um estado. Esse estado não afeta o corpo em si, pois, segundo Koyré:

Admite, implícita ou explicitamente, que o corpo – móvel ou imóvel – é perfeitamente indiferente face a um ou a outro destes dois estados opostos, e que o facto de estar num ou noutro não o atinge de maneira nenhuma; isto é, que nem um nem outro destes estados provocam nos corpos, de que são os estados, qualquer modificação ou mudança, e que, noutros termos, a passagem de um destes estados ao estado oposto não se traduz, para o móvel, absolutamente por nada. Implica, pois, a impossibilidade de atribuir a um dado corpo o estado de repouso (ou de movimento) sem ser em relação a um outro, suposto em movimento (ou em repouso), e que um ou outro destes dois estados possa ser atribuído a um – ou ao outro - desses corpos de uma maneira pura e completamente arbitrária (KOYRÉ, 1986, p. 201-

202).

O pensamento galileano, ao conceber um movimento idealizado e apriori em relação à observação e à experimentação, ao fazer o uso da estrutura matemática para elucidar o fenômeno físico ou materializar suas abstrações, rompe decididamente com o pensamento aristotélico. Martins (1998), ao categorizar as escolas filosóficas de seu estudo, define para a categoria equivalente à proposta neste estudo, características de superação da heterogeneidade e da ausência de esquema de inserção da explicação em contexto melhor articulado de conhecimento.

O movimento em Galileu se encontra do ponto de vista científico, melhor articulado, pois define relação entre grandezas e variáveis e é, sob determinadas condições idealizado, perpétuo e igual para todos os corpos. Não é um atributo do objeto que se move, como em Aristóteles, mas resultado da relação com o meio em que se move. Está inserido em um esquema articulado de relações que o define como relativo. Oposto à física aristotélica, o movimento não é mais uma qualidade do objeto, mas sim um estado (de movimento ou de repouso).

Justifica-se desse modo, a categorização do pensamento galileano como racionalismo. Salientamos: não é como já o dissemos anteriormente, um racionalismo estruturado como o newtoniano. Porém, diferencia-se do empirismo-realismo ingênuo pelo uso de pensamento abstrato, uso de experiências intencionais e representação matemática-geométrica de resultados e demonstrações. A física galileana se constitui numa ruptura em relação à física aristotélica. Salientamos, entretanto, que não há consenso sobre o pensamento galileano. Historiadores e estudiosos como, por exemplo: Koyré (1991), Araujo Filho (2008), Geymonat (1997), Maclachlan (2008) e Zilberstajn (1988), só para citar alguns, estão longe da unanimidade no tocante a análise do pensamento galileano em relação a escolas empirista ou racionalista. Enquanto para alguns ele foi empirista, para outros, ele foi racionalista e, outros ainda, vêem características de ambas as escolas na construção da física galileana.

6.3.3 Racionalismo clássico

Esta escola se refere aos conceitos inerentes à Mecânica Clássica, ou Física

Newtoniana. Em sua obra *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural (Principia)*, Newton dá forma harmoniosa ao modelo de universo mecanicista, inicialmente pensado por René Descartes. Decorrência do pensamento galileano, usa a matemática e a abstração racional em grau nunca antes realizado. Com isso pode unificar sob os mesmos princípios, os movimentos, ocorram eles na terra ou nos céus. Na mecânica newtoniana, forças resultantes provocam aceleração, esta por sua vez provoca movimento e variação de velocidade. Newton postula a existência de dois tipos de movimento: o movimento absoluto cuja existência independente de qualquer referencial, é por assim dizer, ontológico. O segundo, o movimento relativo anteriormente pensado por Galileu, é pensado como dependente de referenciais adotados sejam eles inerciais ou não inerciais. “Movimento absoluto é a translação de um corpo de um lugar absoluto para outro; e movimento relativo, a translação de um lugar relativo para outro” (NEWTON, 2012, p. 45). Newton constrói um sistema teórico - abstrato - matemático mais amplo e coerente que qualquer outro até então pensado. Vislumbra como já dissemos, o movimento como consequência do jogo de forças, decorrentes da interação entre corpos no universo. Na física newtoniana, diminui o espaço para o empirismo, pois os resultados a posteriori, são obtidos por demonstrações matemáticas de questões formuladas dentro de um sistema coerente, concebido abstratamente e a priori.

As chamadas Leis de Newton sobre o movimento constituem os alicerces fundamentais da mecânica clássica, a saber:

I – Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele. II – A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é imprimida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida. III – A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas (NEWTON, 2012, p. 53-54).

Dessa forma, incluímos nesta categoria termos, afirmações, conceitos e contextos que apresentem relação com a Mecânica clássica de Newton.

6.3.4 Racionalismo contemporâneo

Os sujeitos pesquisados neste trabalho dificilmente manifestarão conceitos sobre movimento que se encaixem nesta escola (categoria). A razão é que são

jovens estudantes, recém egressos do ensino fundamental, chegando à primeira série do ensino médio. Significa que no que concerne à escola formal, ainda não tiveram contato com conceitos característicos da física relativística. Agrupamos assim como o fez Martins (1998), as escolas racionalismo completo racionalismo discursivo do modelo de Bachelard (1991), em uma única categoria, denominada por nós de racionalismo contemporâneo.

Em Bachelard, o racionalismo completo refere a conceitos próprios da teoria da relatividade (especial e geral) e racionalismo discursivo se refere aos conceitos da mecânica quântica e probabilística. Para compreender a física das partículas é necessário romper com os conceitos de harmonia e absolutismo da física newtoniana. É preciso aceitar as incertezas quantitativas, vê-las agora como simples probabilidades.

Segundo Bachelard, é inegável a ruptura entre a teoria de Newton e a de Einstein. Porém, para Bachelard, o espírito verdadeiramente científico, deve ser capaz compreender e dialetizar os diferentes estágios filosóficos.

6.3.5 Força Impressa

O conceito de força impressa (impetus) se constitui em elemento de análise incluído na categoria do realismo – empirismo ingênuo. A razão de tratá-lo em separado é o seu uso pelos entrevistados em diferentes contextos explicativos. Por vezes o conceito de força impressa, pode de fato, ser enquadrado na categoria um, pois aparece associado a conceitos definidos como de realismo ingênuo. Entretanto, foi seguidamente usado pelos entrevistados na composição de respostas que envolviam conceitos de outras categorias. Isso teve influência na análise em várias questões, forçando a inclusão de respostas em mais de uma categoria.

A Teoria do Impetus, também conhecida como Força Impressa, surge da impossibilidade da teoria aristotélica em explicar o movimento violento, exemplo o movimento de projéteis. De acordo com Aristóteles todo movimento necessita de causa e o corpo que move deve estar em contato com o corpo movido. Cessado o contato, cessado (ou deveria) o movimento. Como explicar então, o movimento (ainda que por certo tempo) de uma flecha após abandonar o arco? Ou de uma pedra, após abandonar a mão que a arremessa? Ao explicar o movimento nessa condição, Aristóteles introduz a ideia do meio como motor. Usaremos o lançamento

de uma flecha como exemplo. Esta, ao abandonar o arco desloca imediatamente o ar que lhe opõe resistência. O ar então se move imediatamente para ocupar o espaço vazio deixado pela flecha, pois a dinâmica aristotélica não admite a possibilidade de espaço vazio (vácuo) e imediatamente impulsiona a mesma para frente.

Essa dupla função do meio, agente motor e simultaneamente agente resistente, foi alvo de sistemáticas e consistentes críticas. Iniciaram ainda na Grécia, ao tempo de Aristóteles, formuladas por Filão, Hiparco e Plutarcos entre outros. Essas críticas dão origem à teoria da força impressa (Impetus), defendida por Philoponus no séc. VI e retomada por Buridan e Oresme, no séc. XIV e Benedetti, no séc. XVI. A teoria consiste na ideia de que O agente motor “imprime”, transmite ao corpo movido, uma força, “algo imaterial,” uma “potencia”, que a faz mover-se durante algum tempo na direção e sentido determinada pelo agente motor.

O fim dessa força determina o fim do movimento violento. No exemplo da flecha, seu movimento existirá enquanto o impulso (impetus) não se extinguir. O seu enfraquecimento gradual possibilitará a supremacia do movimento natural desse corpo, na busca de seu lugar de direito, de acordo com sua natureza (leve, intermediário ou pesado).

Para Koyré (1991), a física do impetus é uma adaptação ao senso comum. Está em melhor concordância com a observação espontânea da experiência cotidiana que a própria teoria do movimento de Aristóteles. A persistência dos estudantes em recorrerem ao conceito de força impressa em seus esquemas explicativos sobre movimento corrobora essa posição. Situações cotidianas, como por exemplo, uma pedra jogada no espaço. O que a faz mover-se sozinha? O que a faz parar? Uma resposta intuitiva entre os estudantes é a de que acabou a força fornecida pela mão ou outro instrumento qualquer de lançamento. Raciocínio análogo serve para uma bola sendo chutada e um carro sendo puxado ou empurrado.

A observação do sensível, sem conhecimento das leis que possibilitem a aproximação do conhecimento científico, induz a pensar que uma força invisível e imaterial transferiu-se daquele que move para aquele que é movido. Como explica Koyré: “Efetivamente, que é o impetus, a forza, a virtus motiva, senão uma condensação, se assim se pode dizer, do esforço muscular e do impulso? Assim ela concorda muito bem com os fatos – reais ou não – que formam a base da

experiência da dinâmica medieval”(KOYRÉ, 1991, p. 136). Esgotada a força, esgotado o movimento.

A utilização do conceito de força impressa como um elemento de análise transcendente em relação aos limites das categorias propostas para este trabalho fundamenta-se em dois argumentos: primeiramente, sua presença em esquemas explicativos formulados pelos estudantes que permite o enquadramento em mais uma categoria simultaneamente. Por exemplo: por vezes aparece junto a conceitos da dinâmica aristotélica, ora junto à física galileana e outras envolvendo a física newtoniana. Secundariamente, porque a História da Ciência aponta que a teoria do impetus, embora concebida em função da teoria aristotélica, não é por esta limitada. Como exemplo, Galileu serve-se dele em seus primeiros estudos do movimento local. Por fim, Newton também se expressa em termos de força impressa, embora se saiba que em outro contexto e estágio de racionalização.

6.3.6 O conceito de massa

Outro conceito que possui diferentes significados e definições, dependentes da escola filosófica em discussão, é o conceito de massa. Em razão disso, consideramos pertinente abordá-lo de forma específica, tendo vista que o estudante pode servir-se dele em diferentes contextos explicativos. Bachelard utiliza-se do conceito de massa para materializar seu próprio perfil epistemológico. Segundo o autor, o conceito de massa já alcançou uma racionalização completa, perpassando todas as escolas filosóficas, desde realismo-empirismo ingênuo até o ultrarracionalismo (Mecânica de Dirac).

Do mesmo modo que o conceito de força impressa, se percebe que os estudantes tendem a sobrevalorizar o conceito de massa quando precisam emitir juízo sobre o conceito de movimento. Dessa forma, apresentamos considerações em separado do conceito de força impressa e adotamos procedimento análogo para o conceito de massa em relação às escolas filosóficas bachelardianas. Para Bachelard (1991, 1985, 1996), no período pré-científico a massa era entendida como uma “quantidade grosseira” de matéria, como uma realidade material de percepção direta dos sentidos. Significa que nesse estágio do pensamento a massa tem caráter de concretude absoluta. É objeto de valoração, desejo e relativizações inadequadas. Por exemplo: maior significa “mais massa”, por isso mais valioso.

A interiorização valorizada e desejo de posse é para Bachelard, um mau sinal. Constitui-se em obstáculo epistemológico, pois distrai e desvia o espírito do caminho da abstração das propriedades da matéria. A massa entendida apenas como uma quantidade de “matéria” confunde e passa a representar o desejo de possuir, passa a simbolizar desejos íntimos de posse, despertando avareza do ser. “Neste estádio, a noção de massa é um conceito obstáculo. Este conceito bloqueia o conhecimento; não o resume” (BACHELARD, 1991, p. 23). Assume em seguida um caráter animista, pois se confunde com o próprio desejo de comer. Além de ser vista nessa forma simplista do realismo-empirismo ingênuo, como reles quantidade de “matéria”, ainda é usado como metáfora em domínios alheios às suas peculiaridades. O autor cita como exemplo; o uso dos conceitos de “massa de afetividade”, empregado no campo da psicologia. O conhecimento objetivo do conceito de massa foi ofuscado e permaneceu inerte, graças a adesão às primeiras imagens e a valorações subjetivas.

Na física aristotélica, a massa do corpo se relaciona com o seu movimento (no mundo sublunar), pelo princípio de que os corpos dotados de maior gravidade (mais pesados), portanto de maior massa; podem vencer mais facilmente a resistência do meio onde se deslocam. No racionalismo newtoniano o conceito de massa é percebido de outra forma. Mesmo no período galileano, considerado de nascimento da física propriamente, a massa dos corpos ainda era vista na concepção realista-empírica e quantitativa. Essa característica foi definida por Bachelard como a de conduta da balança, onde o importante é pesar e medir. Onde obter medidas confunde-se compensar, segundo o autor. A massa até então é uma grandeza absoluta, desprovida de uma conceitualização racionalmente mais precisa. Não é pensada como em composição com outras grandezas, pois as relações instrumentais da balança não são pensadas a priori e nem mesmo são conhecidas da maioria de quem a utiliza. Não há uma teoria precedente à realização da medida. Bachelard afirma que, “É fácil imaginar que esta experiência constitua uma referencia necessária e suficiente para legitimar qualquer teoria. Pesar é pensar. Pensar é pesar” (BACHELARD, 1991, p. 26).

Percebe-se entre os estudantes a concepção realista-empirista de massa como uma grandeza absoluta, como apenas uma quantidade de matéria. Pensam o conceito de massa apenas pela conduta da balança, que já por si é insuficiente e, por vezes ainda se torna mais nebuloso pela confusão com a grandeza “peso”. De

acordo com Bachelard, medida de primeira aproximação e primeira racionalização pode tornar-se para um espírito desatento ou inexperiente, obstáculos no caminho do conhecimento objetivo. Portanto, a psicanálise do intelecto deve ser uma constante, pois: “Mesmo numa ciência muito avançada, as condutas realistas subsistem. Mesmo numa prática inteiramente comprometida com uma teoria se manifestam retornos a condutas realistas” (BACHELARD, 1991, p. 26).

De acordo com Bachelard, é na física newtoniana que o conceito de massa adquire contornos verdadeiramente racionalistas, onde o conceito se apresenta como um conjunto de relações racionalmente estabelecidas. Não é mais visto como até então, como uma grandeza primitiva, uma quantidade de matéria obtida da medida fundada na experiência imediata e direta da percepção sensível. O conceito alarga-se. Passa a ser pensado inserido em um conjunto de relações. A possibilidade do conceito de massa ser definido a partir da relação entre força e aceleração, implica certo nível de dialético e, de acordo com Bachelard, uma complicação filosófica, característica de uma ciência racional.

É fato que o conceito de massa da mecânica newtoniana se constitui como parte de um arcabouço teórico-conceitual. Se nos estágios anteriores a massa constitui-se em uma grandeza absoluta, obtida por medidas simples e diretas, no racionalismo clássico ela pode, pelo uso da estrutura matemática, ser pensada e concebida no futuro ou em termos bachelardianos, pensada em um devir. “Antes de Newton, estudava-se a massa no seu ser, como quantidade de matéria. Depois de Newton ela é estudada num devir dos fenômenos, como coeficiente de devir” (BACHELARD, 1991, p. 27). Na mecânica newtoniana o conceito de massa larga-se e de acordo com Bachelard, adquire um pluralismo filosófico. Senão vejamos: nos *Principia* (1687), encontramos as seguintes definições newtonianas em relação à massa: em sentido absoluto: como quantidade absoluta de matéria. Em sentido de detentora de uma propriedade: resistência em modificar seu estado de repouso ou de movimento (massa inercial), que é representada matematicamente como quociente da força pela aceleração: $m = f/a$. Como massa gravitacional, apresentando as propriedades de resistência à força gravitacional e de atração gravitacional em relação a outras massas (massa gravitacional).

Como bem o diz Bachelard, o racionalismo é a filosofia que tende a alargar-se, tende a um pluralismo de relações em oposição ao conhecimento de primeira aproximação absoluto e unitário da filosofia realista ingênuo-empírica.

Mesmo com estas características, o racionalismo clássico newtoniano é para Bachelard, apesar de amplo, um sistema fechado. Ele possui uma gama de conceitos que o autor denomina de átomos nocionais (1991). Essas noções de base são, segundo Bachelard, os a priori da física newtoniana. A restrição filosófica postulada por Bachelard refere-se a condição de que mesmo compondo um sistema articulado racionalmente e matematicamente organizado, as noções permanecem como elementos simples e perfeitamente distinguíveis. “Os elementos que ele escolheu como fundamentais: espaço absoluto, tempo absoluto, massa absoluta, permanecem em todas as construções, elementos simples e separados, sempre reconhecíveis” (BACHELARD, 1991, p. 29).

Dito de outra forma: as relações dentro do sistema newtoniano são relações no máximo de composição. Visto o caso do conceito de massa que embora possa ser determinado pela relação entre força e aceleração, entretanto, não modifica a essência destes conceitos. São, no dizer de Bachelard, relações externas aos átomos nocionais.

A teoria da relatividade postulada por Albert Einstein no início do séc. XX marca, na concepção de Bachelard, o começo de uma nova escola filosófica denominada por ele de racionalismo completo. Significa uma abertura em relação à física newtoniana, não especificamente em relação ao sistema, mas na relação entre os átomos nocionais. Se no sistema newtoniano, estes são ainda perfeitamente simples e distinguíveis, o mesmo não se aplica ao racionalismo einsteiniano.

O conceito de massa no racionalismo completo vai além da relação de composição. Em particular, a massa de uma determinada partícula depende do referencial inercial adotado e relaciona-se com o conceito de energia, dificultando, segundo Bachelard, a ideia de distinção entre os objetos de conhecimento. Portanto, a abertura preconizada por Bachelard se dá no interior do próprio sistema. Realiza-se no interior da própria noção de massa. O átomo nocional massa, antes concebido como um elemento simples adquire status de elemento complexo. Doravante, o conceito de massa funda-se numa complexa construção do pensamento racional-abstrato, onde a relação entre os entes não permite a manutenção de suas simplicidades. Na construção relativística, ao se definir átomo nocional massa, tem-se necessariamente de considerar as consequências para os conceitos (fenômenos) de repouso, energia e velocidade. Bachelard usa o exemplo do conceito de massa para deixar claro seu pensamento de que o progresso da ciência se dá em função

do grau crescente de racionalização. Evidencia essa clareza quando postula que dos conceitos da física relativística se pode chegar ao conceito de massa da física newtoniana, mas que o inverso não é possível.

Naturalmente, sobre este ponto especial como na organização geral do pensamento, será fácil de encontrar a massa clássica como um caso particular das massas relativistas. Bastará para isso suprimir as matemáticas internas, eliminar todas as sutilezas teóricas que dão um racionalismo complexo. Reencontrar-se-á a realidade simplificada e o racionalismo simplista. Deduzir-se-á, pois, por eliminação, a mecânica newtoniana da mecânica einsteiniana, sem que nunca se possa, no detalhe como no conjunto, instituir a dedução inversa (BACHELARD, 1985, p. 48).

Do exposto, parece-nos clara a ideia de progresso de um conceito científico, do caminho que ele deve percorrer em relação às escolas filosóficas, aumentando gradativamente seu grau de abstração. Bachelard (1991), alerta, entretanto, que mesmo um conceito com elevado grau de abstração não se encontra a salvo de abordagens realista-empiristas. Ele mesmo o diz sobre o conceito de massa de seu perfil epistemológico.

Finalmente, temos, como toda gente, as nossas horas de realismo, e mesmo a propósito de um conceito tão elaborado como o de massa não nos psicanalisámos inteiramente. Damos demasiado depressa a nossa adesão a metáforas em que a quantidade mais vaga é apresentada como uma massa precisa (BACHELARD, 1991, p. 41).

Portanto, o perfil epistemológico do próprio Bachelard mostra a coexistência das diversas filosofias no intelecto. Eis porque Bachelard insiste na necessidade da vigilância epistemológica sobre nosso próprio pensamento. A partir do exposto, fundamentado na concepção bachelardiana de perfil epistemológico, mostramos na sequência, o perfil epistemológico de cinco estudantes escolhidos na turma objeto deste estudo. Sua origem se encontra como já foi explicitado, em entrevista oral e posteriormente, transcrita. Sua análise se dá de acordo com os critérios expostos no início deste capítulo.

6.4 A CONSTRUÇÃO DOS PERFIS EPISTEMOLÓGICOS

A seguir, tabelas e gráficos referentes à construção do perfil epistemológico dos estudantes, delineados a partir da análise da entrevista. Como previsto, não foram encontradas respostas relacionadas ao racionalismo contemporâneo

(categoria quatro), em nenhuma entrevista. Dessa forma, não aparecem valores significativos nas tabelas e gráficos para essa categoria.

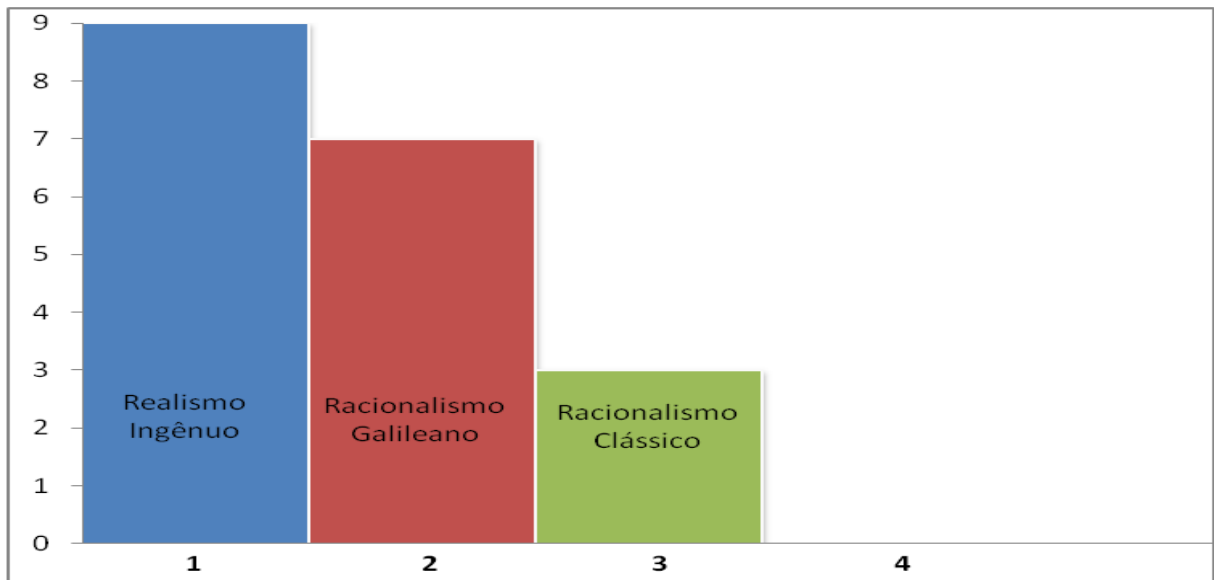
6.4.1 Representação do perfil epistemológico do estudante A. F.

Tabela 14 – Análise das respostas do estudante A. F.

Escolas Filosóficas (espectro filosófico-epistemológico)	Respostas identificadas
1. Realismo Ingênuo	9
2. Racionalismo galileano	7
3. Racionalismo Clássico	3
4. Racionalismo Contemporâneo	0
5. Somatório	19

Fonte: do autor, 2014.

Figura19 – Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante A. F.



Fonte: do autor, 2014.

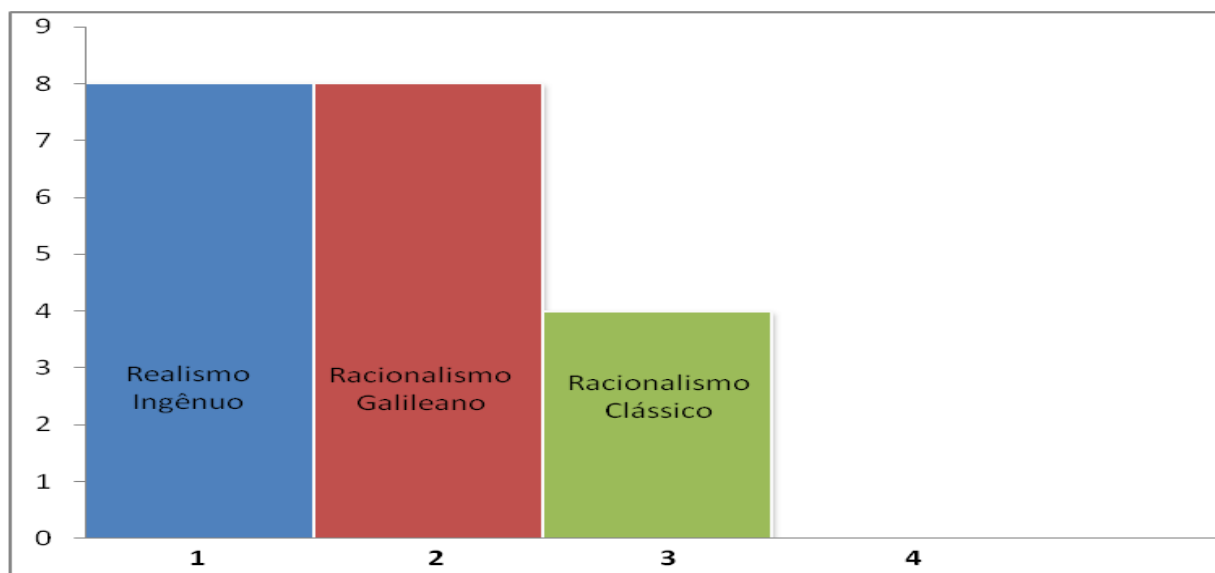
6.4.2 Representação do perfil epistemológico do estudante D. L.

Tabela 15 - Análise das respostas do estudante D. L.

Escolas Filosóficas (espectro filosófico-epistemológico)	Respostas identificadas
1. Realismo Ingênuo	8
2. Racionalismo galileano.	8
3. Racionalismo Clássico	4
4. Racionalismo Contemporâneo	0
5. Somatório	20

Fonte: do autor, 2014.

Figura 20 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante D. L.



Fonte: do autor, 2014.

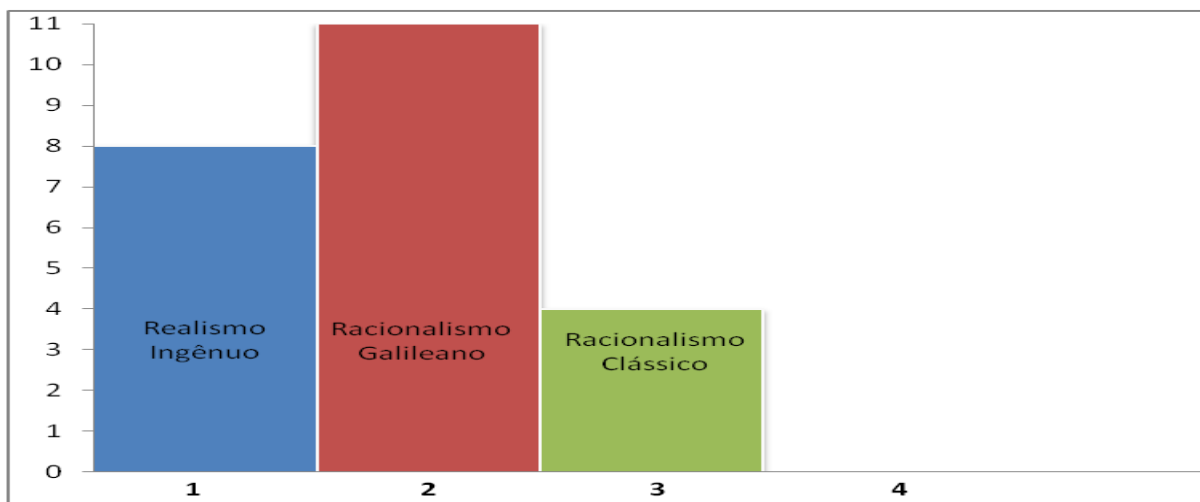
6.4.3 Representação do perfil epistemológico do estudante L. R.

Tabela 16 - Análise das respostas do estudante L. R.

Escolas Filosóficas (espectro filosófico-epistemológico)	Respostas identificadas
1. Realismo Ingênuo	8
2. Racionalismo galileano.	11
3. Racionalismo Clássico	4
4. Racionalismo Contemporâneo	0
5. Somatório	23

Fonte: do autor, 2014.

Figura 21- Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante L. R.



Fonte: do autor, 2014.

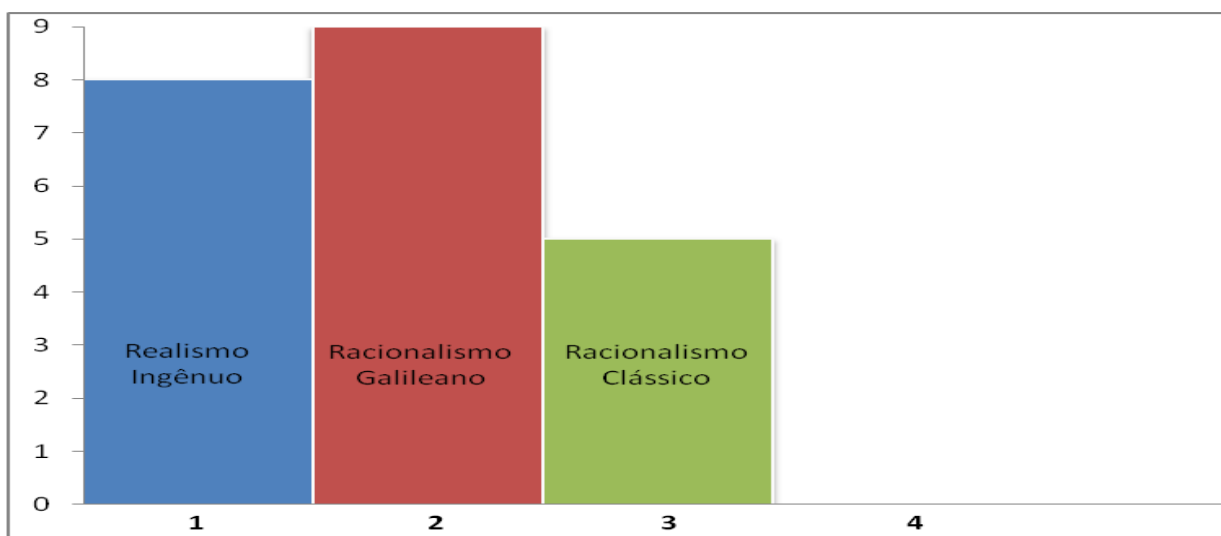
6.4.4 Representação do perfil epistemológico do estudante T. L.

Tabela 17 - Análise das respostas do estudante T. L.

Escolas Filosóficas (espectro filosófico-epistemológico)	Respostas identificadas
1. Realismo Ingênuo	8
2. Racionalismo galileano.	9
3. Racionalismo Clássico	5
4. Racionalismo Contemporâneo	0
5. Somatório	22

Fonte: do autor, 2014.

Figura 22 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante T. L.



Fonte: do autor, 2014.

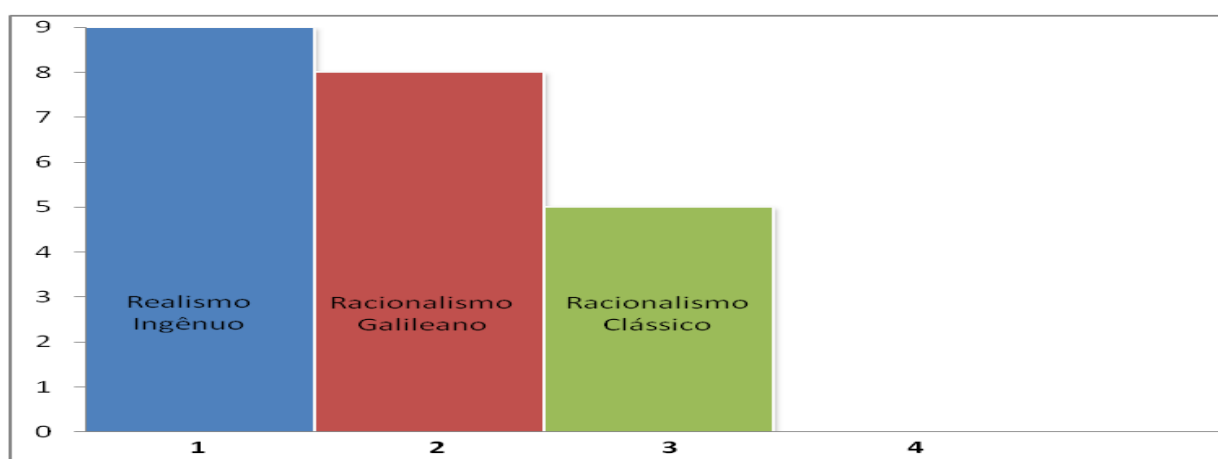
6.4.5 Representação do perfil epistemológico do estudante V. P.

Tabela 18 - Análise das respostas do estudante V. P.

Escolas Filosóficas (espectro filosófico-epistemológico)	Respostas identificadas
1. Realismo Ingênuo	9
2. Racionalismo galileano.	8
3. Racionalismo Clássico	5
4. Racionalismo Contemporâneo	0
5. Somatório	22

Fonte: do autor, 2014.

Figura 23 - Representação gráfica do perfil epistemológico do estudante V. P.



Fonte: do autor, 2014.

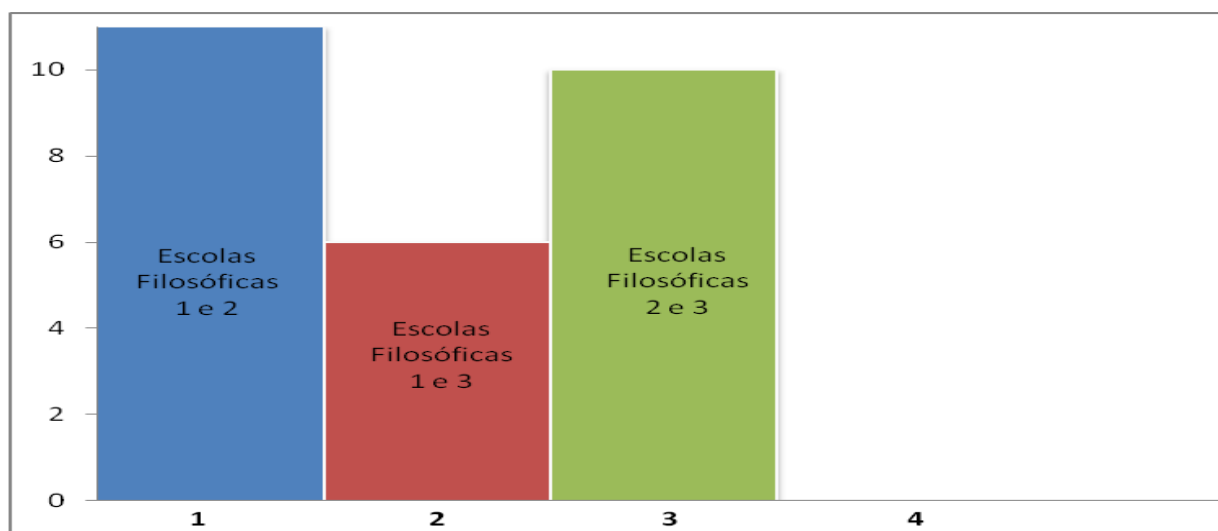
6.4.6 Representação da pluralidade filosófica: respostas identificadas com mais de uma escola filosófica

Tabela 19 – Distribuição das respostas dos estudantes nas escolas filosóficas

Estudantes	Distribuição nas escolas filosóficas (categorias)				Somatório individual
	1 e 2	1 e 3	2 e 3	1, 2 e 3	
A. F.	2	2	1	0	5
D. L.	1	0	3	0	4
L. R.	1	2	2	0	5
T. L.	5	1	2	0	8
V. P.	2	1	2	0	5
Somatório nas escolas (categorias)	11	6	10	0	

Fonte: do autor, 2014.

Figura 24 – Representação gráfica da amostragem da pluralidade filosófica



Fonte: do autor, 2014.

6.4.7 Análise dos perfis epistemológicos construídos

Não se pretende que o perfil epistemológico de cinco estudantes (aproximados dezoito por cento) represente o perfil de uma turma de vinte e oito estudantes. Além disso, o conceito de perfil epistemológico não nos parece o instrumento adequado para esse fim. Pode no máximo apontar tendências. O objetivo proposto para a construção destes perfis foi o de mostrar evidências da dispersão e persistência das escolas filosóficas propostas por Bachelard, bem como da dificuldade dos estudantes em superar o obstáculo representado pelo conhecimento de senso comum e intuitivo.

Os cinco perfis traçados apresentam diferenças, o que está de acordo com Bachelard, quando afirma ser o perfil epistemológico um estágio particular de um intelecto em um determinado instante.

A análise das entrevistas (apêndice F) resumidas nas tabelas e representações gráficas do capítulo oito mostra que o pensamento dos estudantes A. F e V. P, ainda se encontra no estágio de predomínio da primeira escola pensada por Bachelard. Como exemplo, o estudante V. P, ao ser questionado sobre a razão de a bolinha subir no plano inclinado, formula o seguinte pensamento: “A força que é impressa nela. Impressa na mão. Essa força a faz subir. A força esta na mão e ai aplica na bolinha. Sim” (ESTUDANTE V. P).

Primeiramente, usa o conceito de força impressa e, em seguida, dá entender

a necessidade de uma força externa atuando sobre a bolinha. Sobre a mesma questão, o estudante A. F afirma: “Bom, ela vai subir até um determinado lugar. Ué, por causa do da força que colocada nela. No empurrão” (ESTUDANTE A. F).

O argumento do estudante A. F é idêntico ao do estudante V. P. Entretanto ao serem questionados sobre a razão da bolinha voltar, os estudantes diferem em seus argumentos. O estudante V. P, diz que, “Ela vai parar. Vai descer de novo. Sim. causa? A força que foi passada a ela acaba, quando ela subiu, faz ela voltar para seu lugar, de onde foi jogada (ESTUDANTE V. P).

Para o estudante A. F, a razão é diferente, pois, “E ela vai descer de volta por causa da força da gravidade que vai puxar ela de novo” (ESTUDANTE A. F). Ou seja: enquanto o primeiro (V. P), permanece raciocinando em termos de força impressa, o segundo (A. F), usa o conceito racional-científico (escolar) de força gravitacional.

Entretanto, percebe-se a carga realista no uso da expressão “puxar”. Concebe a força gravitacional como uma relação física “real” entre a bolinha e a Terra. Este exemplo ilustra a ideia de que o perfil epistemológico representa o estágio particular de um intelecto.

Todavia o uso confuso de conceitos, a coexistência de ideias de origem científico-escolar e as de senso comum, aparecem mesmo naqueles perfis de predominância das outras escolas (racionalismo galileano e racionalismo newtoniano), caso dos estudantes L. R e T. L.

O mesmo ocorre em relação ao estudante D. L, cujo perfil apresenta equilíbrio entre as escolas do realismo ingênuo racionalismo galileano. A análise feita para ideia de pluralismo filosófico, representado no final da sequência de perfis, aponta para a presença de elementos pertencentes às diferentes escolas integrando um mesmo pensamento expresso em uma determinada resposta.

Da mesma forma que não se pretende representar o perfil da turma, também não tem como objetivo defender a ocorrência de hipotético progresso de racionalidade do grupo pesquisado. Para isso seria necessária a construção de perfis epistemológicos (pré e pós-aplicação) dos estudantes para posterior comparação. Essa tarefa demanda demasiado tempo em comparação com o sistema de aplicação de questionários e, além disso, estes últimos eliminam algumas variáveis subjetivas que podem estar presentes nos primeiros. Portanto, para verificar a ocorrência ou não da aprendizagem optou-se pelos questionários.

Os perfis podem apontar uma tendência de realidade da aprendizagem do conhecimento científico-escolar e do grau de racionalidade. O resultado obtido dos cinco perfis, não permite maiores projeções em relação à turma. Porém, a título de hipótese, se mantida a tendência apresentada, a maioria dos estudantes teriam superado, mesmo que parcialmente, os obstáculos representados pelos conhecimentos de senso comum.

6.4.8 A situação de aprendizagem dos cinco estudantes e a relação com seus perfis epistemológicos

Especificamente neste caso, o perfil epistemológico analisado isoladamente, não é conclusivo na verificação de aprendizagem, pois não se pode afirmar que a razão não evoluiu em um pensamento ainda realista. Em recíproco, não se pode afirmar que se o perfil é racionalista, então houve aprendizagem. Ambos poderiam apresentar-se dessa forma antes da intervenção didática. Essa questão é abordada no final deste capítulo. Para melhor elucidar essa questão, foi realizada a análise dos questionários desses estudantes, buscando subsídios para verificar a ocorrência ou não de aprendizagem significativa e evolução da razão.

A tabela mostra a situação da aprendizagem dos estudantes dos quais foi traçado o perfil epistemológico. Os dados foram obtidos da análise da aplicação inicial e final do questionário de que trata o capítulo seis, mantidos os mesmos critérios. Para determinar a ocorrência ou não de evolução em cada estudante, foram comparados os questionários da primeira e segunda aplicação de cada um deles. Para identificar especificamente a diferença entre as aplicações, foram adotados itens específicos.

O item possibilidade de evolução indica que, nessas questões especificamente, quando da aplicação inicial, o estudante apresentou respostas identificadas com a escola realista ingênua e com o conhecimento de senso comum, tendo dessa forma, espaço para evolução e seu aprendizado.

O sentido de evolução tratado aqui é o do pensamento bachelardiano que indica o afastamento da escola realista ingênua e de senso comum, em direção ao pensamento racional galileano-newtoniano ou na concepção ausubeliana, a ocorrência de aprendizagem significativa. O item houve evolução, indica o número de questões onde na segunda aplicação, ocorreu essa mudança, Isto é, o número

de questões em que o estudante retificou sua posição em relação à aplicação inicial.

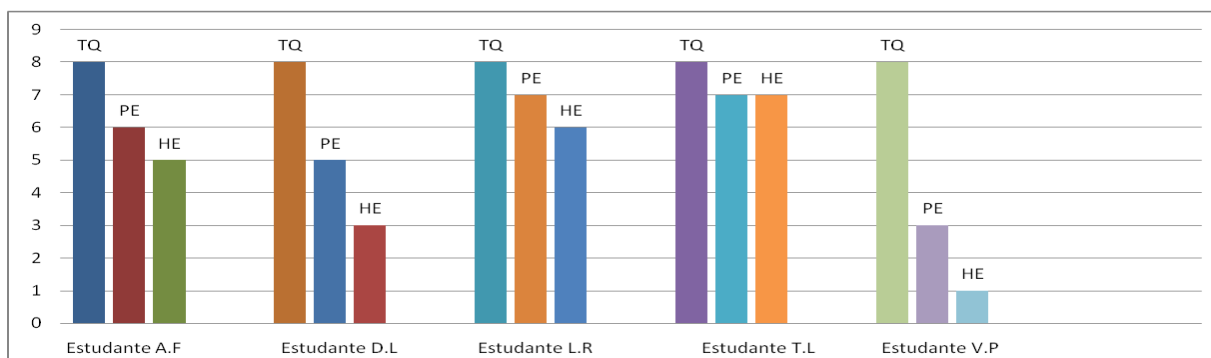
6.4.9 Análise da situação de aprendizagem dos cinco estudantes

Tabela 20 – Dados dos questionários dos cinco estudantes

Estudantes	Questionário Nº de questões	Possibilidade de evolução	Houve evolução	Evolução/Percentual Aproximado
A. F	8	6	5	83,3%
D. L	8	5	3	60%
L. R	8	7	6	85,7%
T. L	8	7	7	100%
V. P	8	3	1	33,3%

Fonte: do autor, 2014.

Figura 25 – Representação gráfica da aprendizagem dos cinco estudantes



Legenda: TQ – Total de questões no questionário. PE – Possibilidade de evolução. HE – Houve evolução.

Fonte: do autor, 2014.

Os dados obtidos da comparação entre a aplicação inicial e final mostram evolução em todos os estudantes. Mesmo naqueles em que o perfil epistemológico se apresentou fortemente influenciado pelas concepções realistas e de senso comum, ocorreram retificações nas respostas em relação à primeira aplicação.

Não se pretende associar os dados do questionário com o perfil epistemológico, pois são instrumentos concebidos de formas diferentes e para objetivos diferentes. Entretanto, percebe-se que os maiores índices de evolução advindos da aplicação coincidem com os perfis racionalistas (estudantes L. R e T. L). Já o menor índice de evolução está com o estudante V. P, cujo perfil apresenta predominância da escola realista e do conhecimento de senso comum. Uma

conclusão possível é que para os estudantes A. F e T. L, mesmo apresentando progresso de aprendizagem (elevado no caso do estudante A. F), não foi suficiente para fazer com que os conhecimentos científico-escolares tornassem seus perfis predominantemente racionais. Nestes, os obstáculos do conhecimento comum-intuitivo ainda precisam ser superados.

Em suma: a ocorrência da aprendizagem verificada para esses cinco estudantes está de acordo com a tendência geral apresentada na análise dos questionários da turma (capítulo cinco). Os perfis construídos mostram de fato a coexistência e uso de conceitos pertencentes a diferentes escolas filosóficas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciaremos este capítulo tecendo breves considerações sobre o referencial teórico que deu suporte a este trabalho. O objetivo é mostrar pontos de possibilidade de diálogo entre os pensamentos de Gaston Bachelard e David Ausubel, no que concerne a aplicações ao ensino.

Bachelard (1991, 1996), diz que todo conhecimento é uma construção inacabada, se constitui apenas provisoriamente e sua importância está diretamente relacionada à sua capacidade de dialética, de servir de objeto crítico à razão. A sua homogeneidade configura-se em entrave ao novo saber, constitui-se em obstáculo epistemológico, pois induz o intelecto a contentar-se com a falsa ideia de acabamento e de plenitude. O que não é passível de crítica, não tem poder de retificação. Portanto, na ótica de Bachelard, é a incompletude, as falhas, as contradições e as discrepâncias que determinam a possibilidade de avanço do conhecimento. Em decorrência, os seguintes pontos da epistemologia bachelardiana merecem destaque. Um: a história da construção do conhecimento. Dois: o conjunto constituído pelos conceitos de dialética, retificação e ruptura. Três: a ideia de vigilância epistemológica representada nos conceitos de catarse intelectual, psicanálise do conhecimento e superação de obstáculos. Quatro: o inequívoco progresso da ciência, devido ao aumento crescente de racionalidade do espírito. Para Bachelard, um novo saber sempre se funda contra um antigo saber. Ao pensar o novo, devemos pensá-lo contra o pensamento já constituído. Eis porque ele diz que o que se sabe no presente é sempre uma desilusão em relação ao que pensávamos saber no passado.

A teoria ausubeliana, por sua vez tem como essência, o postulado de que o sujeito amplia seu conhecimento pela transformação do que já possui em sua estrutura cognitiva. O processo realiza-se pela interação entre o conhecimento já constituído no sistema cognitivo do sujeito e os novos conhecimentos a serem “aprendidos”. Para que a aprendizagem seja significativa, são necessárias três condições básicas. Um: que o conhecimento estruturado (subsunçor) no sistema cognitivo do sujeito apresente potencial de interação em relação a outros conhecimentos. Dois: que o novo conceito a ser aprendido seja potencialmente significativo, isto é, que faça sentido ao sujeito e tenha potencial de interação com o subsunçor. Três: que o sujeito manifeste desejo de aprender, de construir novos

conhecimentos e significados a partir da interação entre subsunção e o novo conceito. Para Ausubel (2003) e Moreira (2006), esta é uma condição fundamental.

Como dito, o conhecimento é para Ausubel resultante da organização ou reorganização, provocada pela interação entre o conhecimento já de posse do aprendiz e o novo conhecimento a ser por ele aprendido. Ausubel explicita em sua teoria, as diversas modalidades de interações, bem como as condições necessárias para que elas aconteçam. No que concerne a disposição para aprender, comumente os estudantes não a manifestam espontaneamente para o aprendizado escolar. Entretanto, apresentam curiosidade e desejo natural de conhecer a realidade concreta que os cerca. Bachelard (1996), afirma o realismo como a única filosofia inata. Significa que nossas primeiras interpretações de mundo são inevitavelmente empírico-realistas, dando origem às concepções espontâneas. Porém, em se tratando de conhecimento científico, o realismo representa obstáculos a serem superados.

Aceitando o fato de que a primeira escola é a do realismo, então o primeiro conhecimento construído pelos estudantes é fundado diretamente no objeto concreto. Carece de teorias a priori. O conhecimento é o dado obtido diretamente do objeto, que mesmo fundado no acúmulo de adjetivos e generalidades, permanece no nível da realidade concreta. O conhecimento, sob a ótica realista, se traduz na projeção de necessidades e impressões psicológicas sobre o objeto de conhecimento. Conhecer o objeto é uma realização íntima, uma satisfação subjetiva, e, por consequência, tratado como um bem pessoal. Conhecê-lo significa sua posse e vice-versa. Por que então os estudantes, de forma geral, não apresentam essa mesma “disposição natural” para a aprendizagem escolar-científica? Primeiramente, se pode apontar a questão da oportunidade-necessidade.

O conhecimento espontâneo é construído pelo sujeito de acordo com suas necessidades e as oportunidades surgidas. O conhecimento escolar é um programa de ensino, significa tempo determinado para aprender. Dificilmente acontecerá essa combinação, que acarreta em condições psicológicas adequadas para uma aprendizagem efetiva. Há o problema da especificidade do conhecimento. O conhecimento escolar-científico é um objeto “preparado”, não compartilha da mesma natureza simplificada do objeto concreto. Em decorrência, a construção desse conhecimento exige significativo esforço intelectual.

De acordo com Bachelard, o progresso do espírito científico (construção do conhecimento escolar-científico) é um processo que exige considerável esforço, pois, segundo ele ninguém pode por decreto, instalar-se na racionalidade. Dessa forma, a disposição para aprender mencionada por Ausubel, depende da conjunção entre dois fatores: que o estudante sinta a necessidade de aprender e que perceba no programa de estudos que a escola lhe oferece, uma oportunidade de fazê-lo. Dessa forma, o estudante desenvolve a mesma disposição natural para apreender o conhecimento escolar-científico, como o faz em relação ao objeto concreto-real. Cabe a escola criar oportunidades que venham ao encontro das necessidades intelectuais dos estudantes, despertando nestes o interesse pelo conhecimento escolar-científico, o mesmo que demonstram em relação aos fenômenos de fundo realista-cotidiano. É preciso que o estudante perceba o conhecimento científico como parte necessária na sua formação cultural e utilitária. Embora se saiba ser uma tarefa difícil, é preciso que se criem as condições e as oportunidades adequadas ao “momento” de interesse do estudante, pois assim, é possível que ele venha a interessar-se pelo conhecimento científico, superando dessa forma o conhecimento de senso comum.

Em consonância com essas concepções e com os princípios contidos no referencial teórico, foi construído este estudo de pesquisa-aplicação, com o objetivo geral de constituir-se em mais uma alternativa à prática tradicional de ensino de ciências e, de modo mais específico, o ensino da disciplina de física no ensino médio, principalmente nas escolas públicas. Foi considerado em sua construção, o pressuposto básico de que o processo de ensino-aprendizagem deve ter como ponto de partida o pensamento do próprio estudante. Nesse sentido, os pensamentos de Bachelard e Ausubel se mostram perfeitamente adequados, pois ambos valorizam as construções intelectuais preexistente ao ensino escolar dos estudantes.

Embora já existam muitos estudos sobre o pensamento destes autores, as ideias, principalmente as de Bachelard, são pouco conhecidas entre os professores da educação básica. Em razão disso, entendemos que este trabalho pode contribuir como mais uma alternativa aos professores da educação básica, no sentido de uso de uma fundamentação teórica adequada em suas propostas de ensino-aprendizagem.

Os objetivos da proposta em si, foram delineados levando em consideração os pilares escolhidos para realizá-la e que são: a) Um referencial teórico no qual se postula que a aprendizagem para ser eficaz precisa revestir-se de significado o estudante e da mesma forma, defende que a evolução da razão deve ser consequência da tomada de consciência dos equívocos de seus próprios pensamentos. Portanto, um referencial cuja essência é a valorização da dialética e da reforma do pensamento. c) O uso de uma metodologia diversificada, objetivando o engajamento permanente e o interesse dos estudantes nas atividades propostas. d) A História da Ciência como pano de fundo de toda a ação didática.

O uso do pensamento histórico-científico permitiu-nos, por um lado, pontos de ancoragem para o estudo de novos conceitos e por outro, a possibilidade de os estudantes analisarem e compararem seus próprios pensamentos em relação ao pensamento histórico. Significa lhes oferecer a oportunidade de refletirem sobre suas próprias formas de pensar, desencadeando, de acordo com Bachelard, uma psicanálise retificadora.

A partir do exposto, concebemos os objetivos a serem perseguidos e alcançados ao final deste trabalho. Primeiramente, propusemo-nos a mostrar que o uso da História da Ciência qualifica a aprendizagem de ciências em geral, e, especificamente neste caso, a aprendizagem na disciplina de física. Ao mesmo tempo traçar, por meio de análise de entrevistas, o perfil epistemológico de cinco estudantes da turma de aplicação, buscando mostrar que como afirma Bachelard (1991), os obstáculos epistemológicos nunca são definitivamente superados, mesmo nos intelectos que ascendem à razão científica.

Considera-se desnecessário neste espaço, a análise detalhada das partes componentes desta dissertação, pois já foram tecidas ao final dos respectivos capítulos, onde se fizeram necessárias. Os comentários abordarão um ou outro ponto julgados importantes ou merecedores de observações específicas. A metodologia utilizada, por exemplo, se mostrou plenamente satisfatória. Como foi explicitada no capítulo quatro, a opção por um conjunto de práticas diferente para a aplicação da proposta, teve como objetivo motivar e manter a atenção dos estudantes para a realização das tarefas e ao mesmo tempo, facilitar a construção dos conceitos propostos.

O conjunto de práticas se constituiu da realização de experimentos simples, uso da técnica do (EsM), (IpC), intercalados com a redação de textos-resenhas e

mapas conceituais. Estes últimos cumpriram duas funções: a primeira, foi servir como uma forma de “recorrência” para organizar ou reorganizar o pensamento em relação ao que já tinha sido estudado. A segunda, foi a de não permitir a acomodação dos estudantes uma possível rotina pedagógica, situação extremamente nociva no ensino tradicional. Em relação à aprendizagem, a necessidade permanente de interação e trabalho em equipe, instalou um processo dialético e acabou por tornar a aprendizagem significativa à quase totalidade dos estudantes. Isso se verificou em relação aos estudantes que no início se mostraram desinteressados, decorridas poucas aulas, já estavam integrados ao processo de aprendizagem.

Não consideramos, entretanto, essa dinâmica como uma receita inflexível, pois as necessidades e peculiaridades são específicas de cada escola ou turma. O professor pode abrir mão de um ou outro ou até mesmo agregar outras metodologias, sempre considerando o contexto de aplicação que evidentemente se diferencia de uma escola para outra. Na pesquisa de encerramento, os estudantes manifestaram preferência pelo método IpC e pela experimentação, quando comparados ao tradicional. “Muito melhor pois as respostas do grupo em geral fica mais clara” (ESTUDANTE L. R.). Essa opinião mostra a eficiência do processo dialético no que concerne a aprendizagem significativa e construção do pensamento racional. Sobre os experimentos: “Sim. Porque eu nunca tinha feito experimentos anteriores” (ESTUDANTE J. P. V). Essa opinião transparece duas realidades: o interesse dos estudantes pela prática experimental e por outro lado, a deficiência do ensino de ciências, pois, mostra um estudante do ensino médio sem nunca ter realizado uma atividade experimental.

Da mesma forma, a estrutura da proposta didática se mostrou adequada para a concretização dos objetivos propostos. O uso de textos de apoio proporcionou à maioria da turma certa segurança para a participação, por exemplo, nas dinâmicas de uso de IpC e produção dos textos coletivos (resenhas). O uso da HC foi fundamental para que os estudantes estabelecessem o processo dialético entre o passado e o presente do conhecimento científico. Exemplificando: mostraram curiosidade e interesse de como Galileu deduziu o princípio da inércia, e, como explicou suas ideias através de diálogos. Questionaram por que não se apresentam mais trabalhos dessa forma, pois segundo eles, seriam mais bem compreendidos.

Por outro lado, mostraram, como esperado, dificuldade em compreender a linguagem dos textos históricos, o que tornou o quinto módulo um pouco mais difícil. Entretanto, justamente por ser difícil, torna-se valioso, pois, “No que se refere ao conhecimento teórico do real, isto é, no que se refere a um conhecimento que ultrapasse o alcance de uma simples descrição— deixando de lado a aritmética e a geometria – tudo que é fácil de ensinar é inexato” (BACHELARD, 1991, pag. 24). As opiniões sobre o uso da HC mostram que os estudantes o aprovaram. “Acho que ficou mais fácil de entender as teorias de agora” (ESTUDANTE R. K). “Foi legal aprender um pouco mais sobre como os filósofos pensavam a respeito de tudo isso, e como o movimento era importante para ser estudado” (ESTUDANTE E. L. S). Do todo, considera-se que a proposta didática atingiu plenamente os objetivos para os quais foi concebida.

Não significa, entretanto, que se constitua em produto acabado, possível de uso em qualquer contexto ou realidade. Ao contrário, considera-se a necessidade de ajustes e adequações, visto que a escola pública de educação básica apresenta contextos extremamente heterogêneos. E é justamente na possibilidade de ajustes e de retificação que se encontra seu potencial de uso. Pois segundo Bachelard, o conhecimento dado como acabado, isto é, que não apresente a oportunidade de retificação se constitui em obstáculo ao progresso do espírito científico. Deve-se considerar também que, se a proposta deve ser construída tendo como base os conhecimentos prévios e concepções espontâneas dos estudantes, deve mudar em algum aspecto, pois estes certamente apresentarão diferenças de um contexto para outro.

Nos capítulos cinco e seis, mostramos as evidências que apontam a ocorrência de aprendizagem significativa e progresso da construção racional-científica pelos estudantes, fruto da diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e processo de retificação conceitual. O perfil epistemológico construído e discutido no capítulo oito, mostrou que os estudantes mobilizam conceitos pertencentes às diferentes escolas filosóficas, quando confrontados com situações que exijam conhecimento escolar-científico. Esse fenômeno mostra a existência de conflitos cognitivos provocados pelo processo de ensino-aprendizagem. Evidencia uma reconstrução cognitiva no sentido ausubeliano e sob a ótica bachelardiana, uma construção racional. Bachelard (1996), alerta para a persistência dos conceitos identificados às diversas escolas filosóficas. “Poderíamos relacionar as duas noções de obstáculo

epistemológico e perfil epistemológico porque um perfil guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar” (BACHELARD, 1996, p. 48). Porém, nesse mesmo capítulo, mostramos que a evolução da razão, no sentido bachelardiano e/ou a aprendizagem significativa, no sentido ausubeliano, ocorre mesmo em um intelecto fortemente influenciado por concepções de senso comum. Portanto, entende-se que os objetivos propostos no que se refere à construção dos perfis epistemológicos foram alcançados e, de modo geral, para toda a proposta.

Finalmente, esperamos que este trabalho possa contribuir, mesmo que modestamente, para o processo de ensino-aprendizagem de ciências na educação básica da rede pública. E ao mesmo tempo, possa servir como ponto de partida para outros estudos de mesma finalidade, buscando a melhoria dos processos pedagógicos e de ensino-aprendizagem no campo das ciências.

REFERÊNCIAS

ARAUJO FILHO, Walter de. **A Gênese do Pensamento Galileano**. 2. Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

ARAUJO, Ives S; MAZUR, Eric. INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: Uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 30, 2: p. 362-384, 2013.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátanos Edições, 2003.

BACCON, Lucilene. **Força como interação: uma proposta de ensino fundamentada na teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre: PUCRS 2010. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2010.

BACHELARD, Gaston. **A filosofia do não**. 5. Ed. Lisboa: Editorial Presença, 1991.

_____. **A formação do espírito científico**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

_____. **O novo espírito científico**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Edições Tempo Brasileiro, 1985.

_____. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.

_____. **Estudos**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.

BECKER, Fernando. **A epistemologia do professor: o cotidiano da escola**. Petrópolis; Vozes, 1993.

BITTENCOURT, Jane. **Para além da epistemologia do professor**. Educação e Filosofia, v. 15, nº 30, jul/dez, 2001.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília, 1999.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares para o ensino médio**: Brasília, 2008.

BULCÃO, Marly. **O racionalismo da ciência contemporânea**. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2009.

CAMPOS, Alexandre; RICARDO, Elio C. A complexidade do movimento local na Física aristotélica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 3601, 2012.

CARDOSO, Walter. **Os obstáculos epistemológicos, segundo Gaston Bachelard**. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n.1, p.19-27,

jan.-jun. São Paulo, 1985.

CURADO, Maria C. G. **Ação Pedagógica em Física no Ensino Médio: Contribuições da história da ciência – um estudo de caso.** Campinas: UNICAMP, 1999. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

DAMIANI, Magda F. **Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios.** Educar, n. 31, p. 213-230, Curitiba; Editora UFPR, 2008.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José A; PERNAMBUCO, Marta M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos.** 4. Ed. São Paulo: Cortez, 2011.

ENGEL, Guido I. **Pesquisa-ação.** Educar, n. 16, p. 181-191. Curitiba: Editora da UFPR, 2000.

ÉVORA, Fátima. R. R. **Natureza e Movimento: um estudo da física e da cosmologia aristotélicas.** Cadernos. História. Filosofia. Ciência. Série 3, v. 15, n. 1, p. 127-170, Campinas: 2005.

GALILEU, Galilei. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano.** São Paulo: Editora 34, 2011.

GEBARA, José F. G. **O Ensino e a Aprendizagem de Física: Contribuições da História da Ciência e do Movimento das Concepções Alternativas. Um estudo de caso.** Campinas: UNICAMP, 2001. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

GEYMONAT, Ludovico. **Galileu Galilei.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudo de História do Pensamento Científico.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 2009.

MACLACHLAN, James. **Galileu Galilei: O primeiro físico.** São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MARIANI, M.C. & OGBORN, J. Towards an ontology of common-sense reasoning. **International Journal of Science Education**, 13, 1, 69-85, 1991.

MARTINS, André F. P. **O ensino do conceito de tempo: contribuições históricas e epistemológicas.** São Paulo: UNICAMP, 1998. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade física), Instituto de Física - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1998.

MOREIRA, Marco A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa.** Porto Alegre: Instituto de

Física UFRGS, 2009.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS, 2010.

_____. **Mapas Conceituais & Diagramas V**. Porto Alegre: Editora do autor, 2006.

_____. **Metodologia de pesquisa em ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MORTIMER, Eduardo F. **construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?** Investigações em Ensino de Ciências – V1(1), p.20-39, Porto Alegre, 1996.

NEWTON, Isaac. **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. Livro I e II. 2 ed. São Paulo: USP, 2012.

OLIVEIRA, Vagner de. **Uma Proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio**.

Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/61863?locale=pt_BRI>
Acesso em: 4 abr. 2014.

PEDUZZI, Luiz. O. Q. Força e movimento na ciência curricular. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 14 (2): 87-93, 1992.

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

QUILLET, Pierre (Org.). **Introdução ao pensamento de Bachelard**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.

REALE, Giovanni; ANTISERI, Dario. **História da Filosofia: De Freud a atualidade**. v.7; São Paulo; Paulus, 2006.

RODRIGUES, Rudimar R. **Estágio docente em ensino de Física**. UFRGS; Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. São Paulo, 2005.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo, Atlas, 2012.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Galileu, um cientista e várias versões. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.5, Número Especial, p.36-48, Florianópolis, 1988.

OBRAS CONSULTADAS

- ANDERY, Maria A. et al. **Para Compreender a Ciência: Uma Perspectiva Histórica**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.
- ARISTÓTELES. **Física I – II**. Campinas, SP: Unicamp, 2009.
- BACHELARD, Gaston. **O materialismo racional**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1990.
- BRAGA, Marco; GUERRA, Andréia; REIS, José C. **Breve história da ciência moderna**. Vol. 1. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.
- DE SOUZA, N. P. & BORUCHOVITCH, E. **Mapas Conceituais: Estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/edur/v26n3/v26n3a10.pdf>> Acesso em: 10 fev. 2014.
- EVANGELISTA, Luiz R. **Perspectivas em História da Física – Dos Babilônios à Síntese newtoniana**, Vol. 1. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2011.
- FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico: Explicitação das Normas da ABNT**. 15. Ed. Porto Alegre: s.n., 2009.
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 11. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- KNELLER, George F. **A Ciência como atividade humana**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.
- KOYRÉ, Alexandre. **Do mundo fechado ao universo infinito**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.
- _____. **Estudos Galilaicos**. Lisboa: Dom Quixote, 1986.
- LOPES, Deisy. P. M. Re - editando o trem de Galileu: Uma versão economicamente viável. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 24, n. 1: p. 54-63, abr. 2007.
- MASSONIR, Neusa T. **Epistemologias do século XX**. Porto Alegre: Instituto de Física, Programa de Pós - Graduação em Ensino de Física, UFRGS, 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>> Acesso em: 3 mar. 2014.
- MATTHEWS, Michael, R. História, Filosofia e o Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.12, n.3, p.164-214, 1995.
- MOREIRA, Marco A. **Subsídios Didáticos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Mapas Conceituais, Diagramas V e Organizadores prévios**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2009.
- _____. **Teorias de aprendizagem**. 2.Ed. São Paulo: EPU, 2011.
- PEDUZZI, O. Q; MARTINS, André F. P; HIDALGO, Juliana M. **Temas de História e**

Filosofia da Ciência no Ensino. Natal: Editora da UFRN, 2012.

_____. **Evolução dos Conceitos de Física. Força e Movimento: De Tales a Galileu.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

PINHEIRO, L. A. et. al. **Do átomo grego ao modelo padrão: Os indivisíveis de hoje.** Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf> Acesso em: 7 fev. 2014.

PORTO, C. M. A física de Aristóteles: Uma construção ingênua? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4602, 2009.

_____. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4601, 2009.

RUDIO, Franz V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica.** Petrópolis: Vozes, 2001.

SILVEIRA, Fernando. L. da; PEDUZZI, Luiz. O. Q. Três episódios da descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.23, n.1, p.26-52, Florianópolis, 2006.

TEIXEIRA, E. S; FREIRE JUNIOR, O. A ciência galileana: uma ilustre desconhecida. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.1, p.35-42, 1999.

ZANETIC, João. Dos “principia” da mecânica aos “principia” de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.5, Número Especial, p.23-35, 1988.

APÊNDICE A - Questionário de sondagem

ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO MANOEL LUCAS DE OLIVEIRA QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO. (Não é necessário identificação).

Este questionário tem por finalidade obter mais e melhores informações sobre os estudantes da Escola E. E. M. Manoel Lucas de Oliveira. As informações servirão para melhor planejar e organizar os meios materiais, as atividades escolares e o processo de ensino-aprendizagem.

1. Você é natural (nasceu no) do município da Hulha? sim não
 - 1.1 Você reside na área: urbana rural
2. Escreva o nome da localidade (comunidade) em que você reside:
.....
8. Se você não é natural da Hulha, a quanto tempo reside aqui?.....
3. Você utiliza o transporte escolar? sim não
4. Aproximadamente, o tempo (do momento que sai de casa), você leva para chegar à escola é de:
 meia hora uma hora 1 hora e meia 2 horas 2 horas e meia mais de 2 horas
9. Qual o nome da Escola onde você estudou o último ano do ensino fundamental, (considere 8ª ou 9ª série) antes de vir para o Manoel Lucas?
10. Você teve aulas de Ciências na série da questão anterior? sim não pouco
11. Considerando a resposta da questão anterior, marque as disciplinas que você estudou que você estudou: Química Física Biologia Nenhuma dessas.
12. Dos assuntos listados a seguir, marque aqueles que você estudou em Ciências na 8ª ou 9ª série:
 - Unidades de medida (comprimento, tempo, massa, peso) cinemática (estudo do movimento)
 - Movimento (estado de movimento ou de repouso) referencial ou sistema de referencia
 - deslocamento e trajetória velocidade média e variação de tempo
 - tipos de movimento (movimento retilíneo uniforme e movimento retilíneo uniformemente variado) força (intensidade, direção, sentido de uma força) força resultante (aplicação de várias forças, sistemas de força) queda dos corpos e aceleração da gravidade
 - 1ª Lei de Newton (Lei da Inércia) 2ª Lei de Newton ($f = m \cdot a$) 3ª Lei de Newton (Lei da ação e reação)

Bibliografia:

SANTANA, O. Ciências Naturais, 8ª série – São Paulo: Saraiva; 2006
VALLE, C. Tecnologia e Sociedade, 8º série – Curitiba: Positivo; 2004.

APÊNDICE B - Quadro – resumo da sequência didática

QUADRO-RESUMO DA SEQUENCIA DIDÁTICA		
HORAS/AULA PREVISTAS: 33		
MÓDULO I		
Parte 1		
PONTO DE PARTIDA: questionário	ATIVIDADE: 1. Professor: construção do primeiro questionário de coleta de dados. 2. Aplicação do primeiro questionário. 3. Construção do questionário principal.	OBJETIVO: identificar indícios de conhecimentos escolares anteriores dos estudantes.
Parte 2		
PONTO DE PARTIDA: questionário	ATIVIDADE: 1. Professor: aplicação do questionário. 2. Estudantes: responder o questionário	OBJETIVO: identificar as concepções espontâneas/conhecimentos prévios dos estudantes.
Parte 3		
PONTO DE PARTIDA: mapas conceituais	ATIVIDADE: 1. Professor: apresentação de aula expositiva com proposta de construção de mapas conceituais. 2. Estudantes: construção de mapas conceituais em nível de exercício. Ex: Tema “movimento”	OBJETIVO: compreender a organização de conceitos. Desenvolver a habilidade de construção de mapas conceituais. Produto: mapas conceituais.

MÓDULO II		
Parte: 1		2h/a
<p>PONTO DE PARTIDA: o pensamento humano muda ao longo do tempo? Compreendemos o mundo da mesma forma que nossos antepassados? Quais as diferenças e semelhanças?</p>	<p>ATIVIDADE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Professor: colocação das questões iniciais motivadoras. Apresentação do vídeo Grandes civilizações, “A Grécia antiga”. (duração: 22 min.) Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mLBUQ6njoTc> Acesso em: 17mar. 2014 2. Estudantes: discussão em grupos. Exposição de síntese verbal dos grupos e Resenha escrita. 3. PARA A PRÓXIMA AULA: distribuição de material de apoio “A constituição da Natureza segundo os antigos gregos” (apêndice A, texto 1). 	<p>OBJETIVO: perceber a diversidade de pensamento. Compreender que o conhecimento e a cultura são produções humanas. Que o pensamento Cria modelos de interpretação da realidade. . Produto: resenha</p>
Parte 2		2h/a
<p>PONTO DE PARTIDA: do que é feito o mundo? Constitui-se apenas do que percebemos pelos nossos sentidos?</p>	<p>ATIVIDADE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Professor: colocação das questões iniciais para reflexão. 2. Apresentação do vídeo Grandes civilizações: “A Grécia antiga”. (parte 2 - 11 min.). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=P-Y6F-ysMYk> Acesso em: 17 mar. 2014. 2. Estudantes: releitura do material de apoio “A constituição da Natureza segundo os antigos gregos” 3. Professor: aula-resumo (aulas anteriores). 4. Estudantes: discussão em grupos. Resenha escrita dos grupos. 5. PARA A PRÓXIMA AULA: distribuição de material de apoio “Teorias cosmológicas antigas”. (apêndice A, texto 2). 	<p>OBJETIVO: instigar o pensamento sobre a natureza do mundo. Perceber o pensamento como um instrumento de investigação. Perceber o conhecimento como uma construção humana. Produto: resenha</p>
Parte 3		2h/a
<p>PONTO DE PARTIDA: o universo tem uma forma? Como pensavam os antigos? Como se pensa hoje sobre isso?</p>	<p>ATIVIDADE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Professor: colocação das questões iniciais para reflexão. 2. Estudantes: releitura do material de apoio “Teorias cosmológicas antigas”. 3. Professor: aula-resumo (aulas anteriores). 4. Estudantes: construção de mapas conceituais dos temas estudados até o momento. 5. PARA A PRÓXIMA AULA: distribuição de material de apoio “Movimento”. (apêndice A, texto 3). 	<p>OBJETIVO: perceber que os diferentes modelos concebidos são tentativas de organizar a representação da realidade. Produto: mapa Conceitual.</p>
MÓDULO III		


	Parte 1	2h/a
<p>PONTO DE PARTIDA: a natureza dos corpos celestes é a mesma que a da Terra? O movimento de uma pedra em Marte é o mesmo que na Terra? Na outras partes do universo as regra são as mesmas que na Terra?</p>	<p>ATIVIDADE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Professor: colocação das questões iniciais para reflexão. Aula-resumo (aulas anteriores). 2. Estudantes: estudantes: Manifestarem-se sobre questões formuladas, através de cartões respostas (metodologia ensino sob medida). 3. Estudantes: releitura do material de apoio "Movimento". 4. Discussão em grupos. Produção de resenha 5. PARA A PRÓXIMA AULA: distribuição de material de apoio "A crítica à física aristotélica". (apêndice A, texto 4). 	<p>OBJETIVO: compreender a teoria aristotélica e relacioná-la ao cotidiano. Compreender o conceito de lugar natural como a causa do movimento em Aristóteles. Produto: resenha.</p>
	Parte 2	2h/a
<p>PONTO DE PARTIDA: existe espaço vazio? Experimento 1 Resistência do meio</p>	<p>4. ATIVIDADE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Professor: montagem do experimento e orientações. 2. Estudantes: executar as medições. 3. Discussão da resistência do meio no movimento de queda. Demonstração clássica da queda do caderno e uma folha (aberta e depois amassada) de mesma altura. 4. Análise da lei do movimento de Aristóteles. $V=F/R$. 	<p>OBJETIVO: compreender que o meio onde ocorre o movimento interfere e determina sua velocidade. Produto: coleta e organização dos dados.</p>
	Parte 3	2h/a
<p>PONTO DE PARTIDA: a velocidade do movimento depende somente das massas dos corpos? Um corpo com o dobro da massa do outro deve ter o dobro da velocidade deste. Você concorda? Por quê?</p>	<p>ATIVIDADE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Experimento com plano inclinado para verificar se as velocidades dos corpos são proporcionais às suas massas. 2. Professor: colocação das questões iniciais para reflexão. 3. Montagem do experimento e orientações. 4. Estudantes: realização das medições propostas. 5. Professor e estudantes: organização dos dados e discussão dos resultados. 	<p>OBJETIVO: perceber que embora a intuição indique; a velocidade no movimento de queda, não é diretamente proporcional às massas dos corpos em questão. Relacionar a interferência do meio do experimento anterior. Compreender que teorias podem</p>

		apresentar equívocos conceituais Produto: coleta e organização de dados.
	Parte 4	2h/a
PONTO DE PARTIDA: os corpos graves (pesados), sempre caem? Por quê? Para Aristóteles, o movimento forçado (violento) só existe enquanto persistir contato entre movedor e movido. Por que então uma pedra e uma flecha continuam a se mover sem contato com a mão e o arco?	ATIVIDADE: 1. Professor: colocação das questões iniciais para reflexão. 2. Estudantes: releitura do material de apoio “A crítica à física aristotélica”. 3. Professor: aula-resumo (aulas anteriores) 4. Estudantes: manifestarem-se sobre questões formuladas, através de cartões respostas (metodologia ensino sob medida) e grupos de discussão argumentação. 5. PARA A PRÓXIMA AULA: distribuição de material de apoio “As primeiras ideias de Galileu sobre movimento”. (apêndice A, texto 5).	OBJETIVO: compreender a contradição da dupla função atribuída ao meio no movimento forçado. Compreender a ideia da força impressa como uma tentativa resolver essa contradição. Produto: elaboração de resenha e construção de mapa conceitual.
	MÓDULO IV	
	Parte 1	2h/a
PONTO DE PARTIDA: o pensamento, as ideias aparecem prontas? Ou são construídas? Podem estar equivocadas? O que Galileu pensou diferente de Aristóteles?	ATIVIDADE: 1. Professor: colocação das questões iniciais para reflexão. 2. Posicionamento sobre questões propostas, com o uso de cartões respostas. (ensino sob medida). 3. Releitura do texto de apoio “As primeiras ideias de Galileu sobre movimento”. 4. Apresentação de Vídeo mostrando experimento sobre a queda dos corpos na superfície lunar. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8 > Acesso em: 4 mar. 2014 5. PARA A PROXIMA AULA: distribuição de material de apoio “O movimento acelerado e a queda dos corpos”. (apêndice A, texto 6).	OBJETIVO: compreender que as ideias e por consequência, o conhecimento, não nascem prontas. É um processo de construção. Produto: resenha.

	Parte 2	3h/a
PONTO DE PARTIDA: experimento III: em movimento livre, as distancias percorridas, num mesmo intervalo de tempo são sempre as mesmas? Ou não?	ATIVIDADE: 1. Experimento com plano inclinado para comprovar a variação da velocidade no movimento livre. 2. Breve releitura do material de apoio “O movimento acelerado e a queda dos corpos” 3. Professor: montagem do experimento e orientações. 4. Estudantes: realização das medições propostas. 5. Estudantes e professor: organização e discussão dos dados.	OBJETIVO: comprovar através das medidas dos tempos, a variação da velocidade no movimento de queda. Identificar o fator aceleração. Produto: dados do experimento.
	Parte 3	2h/a
PONTO DE PARTIDA: todo movimento sempre cessa? Pode ocorrer movimento que dure para sempre? Experimento IV.	ATIVIDADE: 1. Experimento pensado por Galileu, do qual se pode deduzir a Lei da Inércia. 2. Professor: montagem do experimento e orientações. 3. Estudantes: realização das medições propostas. 4. Estudantes e professor: organização e discussão dos dados. 5. AO FINAL DESTA ETAPA: distribuição do material de reforço “A inércia” (reforço). (apêndice A, texto 7). Leitura. 6. PARA A PROXIMA AULA: distribuição do material de apoio “A relatividade do movimento” (apêndice A, texto 8).	OBJETIVO: compreender o pensamento galileano que permitiu a Newton enunciar a Lei da Inércia. Perceber que sob determinadas condições, pode ocorrer movimento sem uma causa que o produza. Produto: dados do experimento.
	Parte 4	2h/a
PONTO DE PARTIDA: o movimento de um corpo é visto da mesma forma por observadores postados em lugares diferentes (referenciais)?	ATIVIDADE: 1. Professor: preparação do material e colocação das questões iniciais para reflexão. 2. Posicionamento sobre questões propostas, com o uso de cartões respostas. (ensino sob medida). 3. Experimento o trem de Galileu (vídeo). Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=QUCDtS1Ts1Q > Acesso em: 19 mar. 2014. 4. Experimento vídeo simulação: movimento relativo. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=kk8xk8COODI > Acesso em: 19 mar. 2014.	OBJETIVO: compreender a relatividade do movimento. Perceber que o movimento depende de referencial. Produto: resenha e mapa conceitual.

MÓDULO V		
Parte 1		2h/a
PONTO DEPARTIDA: o pensamento newtoniano é um continuum em relação a Aristóteles e Galileu?	ATIVIDADE: 1. Material de apoio (textos 9, 10 e 11) 2. Primeira lei do movimento de Newton (considerando as ideias de Aristóteles e Galileu). 3. Leitura do enunciado da Primeira lei (texto original), retirado “dos Principias” e parte dos diálogos galileanos que trata da possibilidade de movimento perpétuo. 4. Comparação com enunciados de livros didáticos. 5. Discussão em grupo e síntese oral.	OBJETIVO: compreender as diferenças entre os três pensamentos.
Parte 2		2h/a
PONTO DEPARTIDA: o conceito de força em Aristóteles se aplica a Newton e vice versa?	ATIVIDADE: 1. Material de apoio (textos 9, 10 e 11) 2. Segunda Lei do movimento de Newton (considerando as ideias de Aristóteles e Galileu). $F = m \cdot a$ 3. Leitura do enunciado da Segunda lei (texto original), retirado “dos Principias” 4. Comparação com enunciados de livros didáticos. 5. Discussão em grupo e síntese oral.	OBJETIVO: compreender o sentido de ruptura entre as ideias dos pensadores. Compreender a massa como a medida de inércia.
Parte 3		3h/a
PONTO DEPARTIDA: os mesmos anteriores	ATIVIDADE: 1. Material de apoio (textos 9, 10 e 11) 2. Terceira Lei do movimento de Newton (considerando as ideias de Aristóteles e Galileu). 3. Leitura do enunciado da Terceira lei (texto original), retirado “dos Principias” 4. Comparação com os enunciados do livro didático. 5. Experimento relativo à segunda e terceira lei usando o plano inclinado e esferas (relação força massa e aceleração) 6. Simulação “Força e movimento”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/forces-and-motion >Acesso em: 15 mar. 2014.	OBJETIVO: compreender o novo conceito. A força como resultado de interação entre corpos.
Parte 4		2h/a
PONTO DEPARTIDA: instrumentos de verificação.	ATIVIDADE: 1. Aplicação de pesquisa sobre a proposta 2. Aplicação do questionário final. 3. Construção de mapa conceitual.	OBJETIVO: coleta de dados Produção: Mapa conceitual.

APÊNDICE C- Questionário de aplicação inicial e de aplicação final

	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS
	MESTRADO PROFISSIONAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS MESTRANDO: José Ciríaco Silva Dutra

Questionário para coleta de dados. (Finalidade e dados de identificação: P. 04).

1- Anote todo e qualquer termo (palavras) ou conceitos que você entenda que tenha alguma relação com o fenômeno “**movimento**”.

2–Segundo Aristóteles (384 a 322 a.C.), não pode haver **movimento** se não existir uma **causa** (motivo), que o produza.

a) Em relação à ideia expressa no texto acima, você: () concorda totalmente () discorda totalmente

() concorda em parte () discorda em parte.

b) Explique, justifique sua resposta.

3- Pedro e Paulo são dois estudantes de física do ensino médio. Estão debatendo o movimento de objetos. Pedro afirma que um objeto depois de colocado em movimento, pode continuar a mover-se sem nenhuma “causa ou razão” para isso. Ou seja: Sem ação externa sobre ele. Diz inclusive que em circunstâncias especiais, pode se mover para sempre. Paulo não concorda. Diz que para haver **movimento** é preciso sempre uma causa, um motivo como princípio.

a) Você concorda com: () Pedro () Paulo () Nenhum dos dois

b) Justifique sua posição.

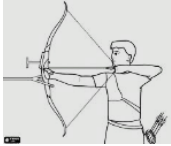
4- Três estudantes assistem a uma partida de futebol pela televisão. Em determinado instante, há uma falta a ser “cobrada”. As câmeras mostram a bola “imóvel” no local indicado pelo juiz e logo a seguir, em câmera lenta, mostra EM DESTAQUE o exato instante em que o pé do jogador entra em contato com a bola, colocando-a em movimento. Como teriam uma prova de física no dia seguinte, AO FINAL DO JOGO, PASSARAM A DEBATER o “movimento” da bola, desde sua “imobilidade” inicial até sua “imobilidade” final. As indagações que se faziam eram: Por que se moveu e por que parou? A seguir, a opinião de cada um dos estudantes:

Estudante A: A bola se moveu porque o contato do pé do jogador produziu uma força sobre a mesma, colocando-a em movimento. E parou porque “outras forças” a fizeram parar.

Estudante B: A bola se moveu porque o pé do jogador em contato com a bola transmitiu para ela “certa” quantidade de força. E parou porque essa força foi consumida pelo movimento.

Estudante C: A bola se moveu porque foi “obrigada” a se mover pela ação do pé do jogador. E parou porque como ela é “pesada”, e tudo que é pesado tende a parar. Supondo que os estudantes elejam você como árbitro dessa questão, você decidiria a favor de:

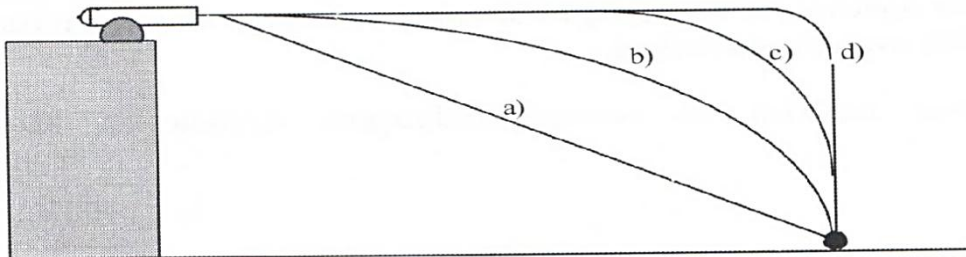
- a) A B C D Nenhum deles
 b) Explique, justifique sua resposta.



5-A flecha após ser lançada, continua seu movimento após abandonar o arco. Algumas pessoas acham que o movimento ocorre por causa da corda tensa em contato com a flecha. Mas e depois dela abandonar o arco, quem ou o que a movimenta? Várias possibilidades foram apontadas como respostas: Escolha uma dessas possibilidades ou escreva outra, se não concorda com nenhuma delas.

- a) A corda do arco dá o primeiro impulso, depois o ar passa a empurrar a flecha para frente, mantendo-a em movimento.
 b) A corda do arco imprime certa quantidade de força para a flecha, o que faz com que ela se mantenha em movimento até acabar essa força.
 c) A ação inicial da corda do arco põe a flecha em movimento. Depois ela se mantém porque a tendência de um corpo posto em movimento é permanecer em movimento em linha reta, a não ser que outra força o faça mudar a direção ou parar.
 d) Outra possível explicação. Neste caso, explique sua ideia.

6- Se um canhão disparar um tiro na direção horizontal (conforme a figura), qual dos caminhos abaixo no diagrama representa melhor a trajetória (caminho) da bala de canhão?

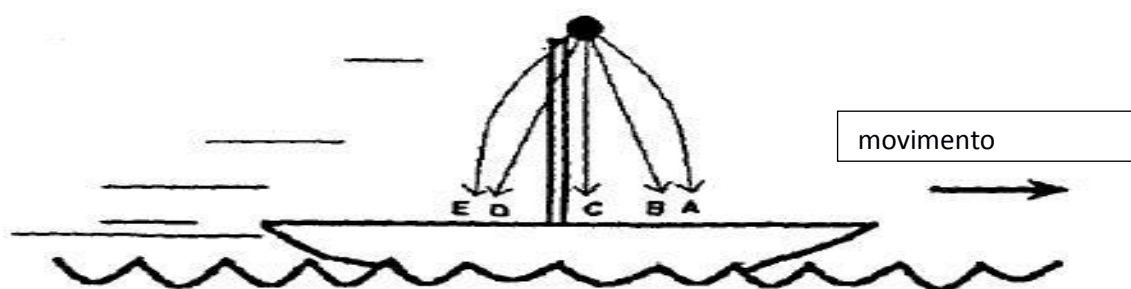


Fonte: BUTLAND (s.d. p. 03-adaptado)

- a) Assinale: trajetória a) trajetória b) trajetória c) trajetória d) Outra trajetória.
 b) Explique o motivo de sua escolha.

7- Um barco (ilustração abaixo) se **move** (para a direita), com velocidade aproximadamente constante. Um tripulante decidiu realizar um experimento que havia lido em um livro sobre história da ciência. Subiu ao ponto mais alto do mastro do barco soltou uma esfera de metal. Escolha nas alternativas da figura, o possível “caminho” e “lugar” (letra) onde a esfera irá cair.

- A) B) C) D) E) Outro caminho e lugar
 b) Se você escolheu a opção “outro caminho e lugar”, explique sua resposta.



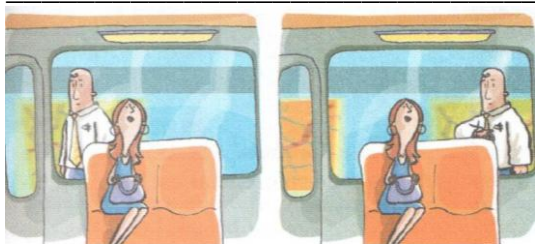
Fonte: GOMES2008, p.100 (adaptado).

8- Considere a seguinte situação: (figura abaixo). Um homem sentado em um banco da estação observa a passagem do trem. Nesse momento, uma mulher sentada no interior do trem observa uma **lâmpada** presa no teto do mesmo. Para você:

a) O homem sentado no banco da estação vê a lâmpada em: movimento repouso (imóvel). Qual a causa (motivo), desse movimento ou desse repouso?

b) A mulher, sentada no interior do trem, vê a lâmpada em: movimento repouso (imóvel).

Qual a causa (motivo), desse movimento ou desse repouso?



XAVIER & BENIGNO: Física Aula por Aula(2010, p. 47)

09 - FINALIDADE DO QUESTIONÁRIO:

1 – Aplicação inicial - Levantamento de conhecimentos prévios, concepções espontânea se estágio de conhecimento escolar-científico sobre o fenômeno *movimento*.

Categorias de enquadramento: 1. Física aristotélica. 2. Física medieval, ímpetus. 3. Física galileana / newtoniana. 4. Não identificada.

2 – Aplicação final - Verificação de evolução na construção dos conceitos (encerramento da proposta).

10 – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO:

Estabelecimento de Ensino: E. E. E. M. Manoel Lucas de Oliveira.

Localidade: Hulha Negra, RS.

Série: 1º ano do ensino médio. Turma: 101. Nome: _____

APÊNDICE D - Material de Apoio

Este apêndice é constituído do material de apoio (textos), os quais foram distribuídos aos estudantes antes das aulas que referentes ao assunto. Exceção feita ao material sobre a inércia, pois este foi usado como reforço à prática experimental referente ao assunto. Ao final de cada texto, são citadas as fontes utilizadas.

1 - A NATUREZA PARA OS GREGOS ANTIGOS.

Material de Apoio módulo II, parte I

A procura da substância primordial, do elemento comum, da matéria prima que compõe o Universo começou há mais de 2500 anos com os gregos jônicos, os chamados pré-socráticos

O filósofo grego Tales de Mileto, afirmava que o elemento primordial do Universo era a água, sobre a qual a Terra flutua e é o começo de todas as coisas, afirmação baseada em uma antiga ideia do poeta grego Homero, a de que todas as coisas se originavam do deus Oceano. Contudo, para o filósofo grego Anaximandro de Mileto, tal elemento era mais indefinido do que a água de Tales, pois considerava ser o apeíron (infinito, em grego), baseado na ideia do poeta grego Hesíodo, para o qual tudo se originava do caos. Já para o filósofo grego Anaxímenes de Mileto, seria o ar o tal elemento primordial de vez que o mesmo se reduziria à água por simples compressão. No entanto, para o filósofo grego Xenófonos de Jônia, era a terra a matéria prima do Universo. Por fim, o filósofo grego Heráclito de Éfeso propôs ser o fogo essa matéria universal. Note-se que, para o filósofo grego Empédocles de Akragas, os elementos fundamentais da natureza eram em número de quatro: água, ar, fogo, terra, que se combinavam de várias maneiras para formar as substâncias. Porém, esses elementos eram colocados em constante movimento por intermédio do amor ou amizade que os unia, e do ódio ou inimizade que os separava.

Com a tomada da Jônia (atual Turquia) pelos persas, surge um novo movimento filosófico que tenta explicar a natureza não como um elemento único, e em certo sentido “macroscópico” (água, ar, fogo, terra), mas como uma porção também única, porém subdividida “microscopicamente” da matéria. Assim é que para o filósofo grego Anaxágoras, o Universo decorria da razão de uma ação abstrata sobre “sementes” que seriam as matérias primas constituintes de todas as espécies imagináveis. Contudo, elas seriam partículas diferentes, em número infinito que, do mesmo modo, continham outras “sementes”, e assim por diante ao infinito.

Em contraposição os filósofos gregos Leucipo de Mileto e seu discípulo Demócrito de Abdera apresentaram uma visão segundo a qual todas as coisas do Universo são formadas por um único tipo de partícula – o átomo (indivisível, em grego). Este seria eterno, imperecível e que se movimentava no vazio e que só poderia ser percebidos pela razão.

A formulação da concepção material do Universo quer monista, quer plurista, continuou ainda na Antiguidade. Para o filósofo grego Aristóteles de Estagira (384-322), os elementos fundamentais eram: frio, quente, úmido e seco que, grupados, dois a dois, reproduziam os elementos de Empédocles da seguinte maneira: seco + frio = água, seco + quente = fogo, úmido + frio = água, e úmido + quente = ar. Porém, tais elementos comporiam apenas as coisas “terrenas” e “lunares”, sendo o espaço celeste formado pela quinta essência – o éter.

Ainda no mundo antigo, a concepção atomística da matéria foi retomada pelo filósofo grego Epicuro, para quem os átomos têm uma inconcebível variedade de formas, já que não poderiam nascer tantas variedades delas se essas formas fossem limitadas; eles (os átomos) se encontram eternamente em movimento contínuo e, além disso, se movem com igual velocidade quando se deslocam no vazio. Essas ideias revolucionárias de Epicuro sobre o atomismo, bem como às de toda a sua filosofia (o epicurismo), foram perpetuadas pelo filósofo e poeta romano Tito Caro Lucrécio no célebre livro *De Rerum Naturae* (“Sobre a Natureza das Coisas”).

Texto adaptado de:

1. Curiosidades da Física < <http://www.seara.ufc.br/folclore/folclore353.htm>> Acesso em: 18 mai. 2014.

2 - TEORIAS COSMOLÓGICAS ANTIGAS

Material de Apoio módulo II, parte II

Se excetuarmos a opinião dos que consideravam o mundo oval, todos os filósofos da Grécia Antiga consideravam que a forma do Universo era esférica, a forma geométrica mais perfeita. Pensaram uns que no centro desta esfera deveria estar a Terra, outros que deveria estar uma massa de fogo místico e ainda outros o próprio Sol.

Pitágoras (569-470? a.C.) e os seus seguidores defendiam um sistema não geocêntrico com esferas celestes fluida sem movimento de rotação, constituindo as estrelas outros tantos mundos. Diz-se que Pitágoras, depois de ter estabelecido as proporções para os acordes e a teoria da música, pensou a existência de uma música do universo, associada ao movimento das esferas celestes.

Heráclito (540-480 a.C.), embora defendendo um sistema geocêntrico, pensava que Mercúrio e Vênus gravitavam em torno do Sol.

Empédocles (495-435 a.C.) Para justificar a estrutura e a dinâmica do Universo, dizia que o ar e o fogo ocupavam cada um, a metade de uma esfera. Pela ação da pressão do hemisfério do fogo, toda a esfera do Universo tinha adquirido um movimento de rotação. Afirmava que os dias e as noites se davam pela mudança de posição dos hemisférios. Quando o hemisfério do fogo está no alto, é o dia. Quando o hemisfério do ar está no alto é noite. A Lua refletia a luz do Sol e este refletia a luz do hemisfério de fogo.

Filolau, discípulo de Pitágoras, colocava no centro do Mundo uma massa de fogo, a mãe dos deuses, que simbolizava o centro de onde provinham todos os corpos celestes. A Terra giraria em torno desse fogo juntamente com o Sol, a Lua e as estrelas. Quanto à forma da Terra as opiniões dos antigos filósofos divergiam.

Tales supunha que a Terra era chata e flutuava na água e que outra massa de água fechava a abóbada celeste.

Anaximenes considerava que a Terra tinha a forma de um prato e que era suportada pela pressão do ar que, para ele, era a matéria cósmica primitiva.

Para **Eudoxo**, a Terra estava envolvida por esferas homocêntricas com 27 movimentos circulares independentes que, ao rodarem, arrastavam consigo os corpos celestes agarrados às respectivas superfícies. Em cada uma das sete primeiras superfícies estava fixo um dos sete planetas "como os nós numa tábua". Da mesma maneira, na superfície da oitava esfera estavam presas as estrelas fixas constituindo o Firmamento.

Aristarco, um sistema planetário heliocêntrico (Sol no centro do universo), com os demais corpos celestes girando ao seu redor. O sistema heliocêntrico de Aristarco não teve aceitação à época. Foi retomado por Arquimedes no seu livro de Aritmética intitulado "Arenário", mesmo assim, não foi aceito. Tinha contra si a aparente evidência da rotação dos corpos celestes em torno da Terra e questões religiosas. Além disso, era contrária à teoria da Física de Aristóteles (mai aceita na época) que afirmava a Terra fixa ocupando o seu lugar natural, o centro do Universo e os demais corpos celestes girando ao seu redor. Vários filósofos posteriores a **Aristóteles** foram aperfeiçoando a teoria geocêntrica das esferas móveis. A teoria transformou-se num conjunto de círculos concêntricos e excêntricos que só matemáticos muito competentes podiam seguir, sem se perder.

Com **Ptolomeu**, o modelo geocêntrico adquiriu sua máxima complexidade. O complicado movimento das esferas tornou-se um verdadeiro quebra-cabeça. Os movimentos associados às esferas celestes continuavam, porém, a ser circulares, pois o círculo era considerado a única forma geométrica perfeita, capaz de suportar os movimentos eternos das esferas e dos astros.

3 – MOVIMENTO

Material de Apoio módulo II, parte III

Estamos todos bastante familiarizados com o fenômeno do movimento. A todo o momento, vemos objetos se movendo: um carro percorrendo as ruas da cidade; um ciclista passeando em sua bicicleta; um balão ganhando os céus nas noites juninas; uma folha caindo de uma árvore; um avião cruzando os ares; e muitos outros tipos de movimentos. Alguns deles não conseguimos ver diretamente, mas, podemos imaginá-los, como o movimento de uma bala disparada por um revólver, por exemplo. Um carro e um avião são movidos por algum tipo de motor; o pedalar do ciclista faz a sua bicicleta andar; a força de gravidade obriga a folha a cair; o empuxo eleva o balão. Portanto, o movimento é um fenômeno que podemos explicar facilmente. Será que podemos mesmo?

Pensemos na bala disparada por um revólver. Sabemos que é uma expansão de gases numa câmara interna da arma que a impele para fora do cano. E depois que sai da arma? Em vez de prosseguir vencendo distâncias, por que simplesmente não cai aos pés do atirador logo depois que atinge a extremidade do cano? Alguma coisa a faz continuar em seu movimento sempre em frente. Que coisa é essa? Mais de dois milênios atrás, principalmente na Grécia Antiga, os filósofos-cientistas já se preocupavam com a questão do movimento em todas as suas formas. Como sabemos, naquela época não havia automóveis ou aviões, mas já se sabia que para haver movimento era necessário algum tipo de força atuando. Era aparente que os objetos somente podiam se mover quando alguém ou alguma coisa os empurrasse ou puxasse. Mas, por que a folha cai da árvore? (A força da gravidade não era conhecida ainda, daí o mistério.) Enquanto está no arco, acionada pelo mesmo, podia-se entender por que a flecha se move; afinal há uma corda empurrando-a. Mas, e depois que deixa o arco? Como é que consegue manter seu movimento? Questões dessa ordem incomodavam os pensadores deixando-os confusos.

A teoria aristotélica - É bem possível que o primeiro a fazer um estudo mais organizado e metódico sobre o movimento tenha sido Aristóteles. Em seus estudos e conclusões, como frequentemente ocorre ainda hoje com as pesquisas modernas, foi bastante influenciado pelas teorias correntes da sua época e pelo contexto em

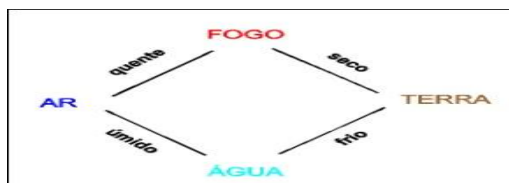
que a filosofia e a ciência se inseriam. Não conseguindo *explicar* o movimento, Aristóteles optou por *classificá-lo* tentando, assim, aclará-lo. Desta forma, conforme propôs aquele grande pensador, os movimentos pertenciam a duas classes: havia *movimentos naturais* e *movimentos violentos*.

Antes, porém, de considerar cada uma dessas classes aristotélicas de movimentos, vamos recordar os conceitos dominantes na época sobre a constituição da matéria, em particular, sobre a natureza dos *átomos*. Poderemos, então, entender mais facilmente a base do raciocínio de Aristóteles que o levou a desenvolver a sua teoria sobre o movimento.

A teoria atômica - Desde Demócrito (460-361 a.C.), já se aceitava que a matéria era constituída de pequenos corpúsculos indivisíveis, os átomos. Mais tarde, Empédocles aperfeiçoou a teoria de Demócrito afirmando que os átomos podiam ser de quatro tipos. Havia átomos tipo *terra, ar, fogo e água*. Substâncias diferentes continham quantidades diferentes desses tipos de átomos. Conforme as propriedades de uma substância, haveria predominância de um tipo de átomo sobre os outros. Aristóteles adotou e enriqueceu o modelo de Empédocles ao afirmar que cada um daqueles tipos de átomos era dotado de *qualidades*. Assim, os átomos podiam ser *úmidos, secos, quentes ou frios*. Para ser mais específico, cada tipo de átomo gozava de duas dessas propriedades. Um átomo tipo terra, por exemplo, tinha as qualidades de seco e frio, enquanto que um átomo tipo ar tinha as qualidades de quente e úmido. A Figura no final do texto mostra as qualidades dos diferentes tipos de átomos, de acordo com o pensamento aristotélico.

Movimentos naturais - Dissemos, antes, que quando Aristóteles se preocupou com o problema do movimento, classificou-o em duas classes. Havia movimentos que eram devidos à natureza dos átomos que compunham o corpo. Esses movimentos eram *naturais*, cada corpo tinha o seu lugar próprio determinado por sua natureza. Se ele não estivesse em seu lugar próprio, era "forçado" a ir para lá. Assim, uma pedra, que seria formada por átomos tipo terra, tem seu lugar natural na superfície da Terra. Se fosse abandonada no ar, cairia pela tendência forçada de se dirigir ao lugar que a natureza lhe designou. Esse seu movimento era, portanto, natural. Um rio se move porque, sendo formado por átomos tipo água, procura o mar que seria seu lugar natural. As nuvens ficam lá em cima e nada mais natural, pois seus átomos são do tipo ar. Uma pena também procura o chão, mas, não tão avidamente quanto uma pedra, pois, é uma mistura de terra e ar, mais predominantemente de terra. Aristóteles explicou dessa forma os movimentos naturais.

Ainda de acordo com a lógica do pensamento aristotélico, quanto maiores eram os corpos, mais forte era a forma em que eram forçados a se mover. Em consequência, os corpos mais pesados devem cair mais rapidamente do que os mais leves. A velocidade de queda de um objeto é proporcional ao seu peso. Em relação à velocidade, Aristóteles afirmava que ela era proporcional a razão entre a força e a resistência do meio de deslocamento. Ou seja: $V \propto F/R$. Essa conclusão aristotélica perdurou e dominou o pensamento científico-filosófico por quase dois mil anos. Foi Galileu, através de suas experiências irrefutáveis, que provou ser falsa. Portanto, em seu movimento *natural*, os corpos podiam ir diretamente para cima (um punhado de fumaça), diretamente para baixo (uma pedra) ou mesmo horizontalmente (um rio). Os movimentos dos corpos celestes também eram considerados naturais. Seus movimentos circulares eram percebidos como sem começo nem fim, repetindo-se cíclica e imutavelmente.



Movimentos violentos - A outra classe de movimento, de acordo com Aristóteles, era o movimento *violento*, imposto por forças que empurram ou puxam os corpos. Uma mesa tranquila em seu lugar poderia sofrer um movimento imposto por alguém que a empurrasse ou puxasse. Os barcos se moviam por imposição do vento atuando sobre as velas. Carros eram puxados por animais. A característica principal desse tipo de movimento *violento* é que ele era causado por agentes externos, era um movimento imposto a algum objeto que não se movia por si próprio (como uma pedra caindo), mas era empurrado ou puxado. Movimento violento era movimento forçado.

Esse tipo de movimento, entretanto, apresentava algumas dificuldades de compreensão, pois, os *empurrões* e os *puxões* nem sempre eram evidentes. Por que, por exemplo, uma flecha continua seu movimento após ter deixado o arco? O *empurrão* da corda do arco já não opera mais. Por que, portanto, ela simplesmente não cai rente aos pés do arqueiro? Era necessário, assim, algum tipo de explicação. Desta forma, concebeu-se a ideia de que a flecha, em seu movimento pós-arco, produz uma compressão em seu extremo anterior (sua "popa") obrigando o ar a correr para trás dela e evitando, assim, a formação de um vácuo (os antigos tinham um verdadeiro pavor da ideia de um vácuo). Era esse ar o agente responsável pelo movimento da flecha após deixar o arco.

Em resumo, de acordo com Aristóteles, todos os movimentos eram devidos ou à natureza do objeto movente (movimento *natural*) ou a algum empurrão ou puxão constante (movimento *violento*). Se um objeto se encontra em seu lugar natural, ele não se move a não ser forçado pela ação de algum agente externo. Desta forma, o estado natural de um corpo é o de repouso, exceto para os corpos celestes, onde o movimento era circular, uniforme e perpétuo.

O movimento da Terra - Para a maioria dos pensadores até o advento do século XVI, era evidente que a Terra se encontrava em seu lugar próprio natural. Como não era possível conceber nenhuma força capaz de fazê-la mover-se, ficava, assim, *provado* que a Terra estava em repouso. Esse pensamento predominou durante toda a Antiguidade, Idade Média e começo da Renascença.

1. Texto adaptado de: Valdir Aguilera. Disponível em: <<http://www.valdiraguilera.net/historia-do-movimento.html>> Acesso em: 4 mar. 2014.

4 - A CRÍTICA À FÍSICA ARISTOTÉLICA (A FÍSICA DO IMPETUS)

Material de Apoio módulo III, parte I

Das dificuldades provenientes da compreensão principalmente do movimento de projéteis que não mantinham mais contato com o seu movedor, Aristóteles elaborou e sistematizou a teoria de o meio onde ocorria o movimento era o próprio motor desse movimento. Essa ideia aplica-se ao caso em que o ambiente produz é que movimento no móvel que impele e em que, ao mesmo tempo, tem a sua origem nele, tal como pretendia Platão. Pois qualquer movente, enquanto move, é ao

mesmo tempo, movido. E não comunica nenhuma força ao móvel, nem transfere nenhuma para outro que não seja ele mesmo: é por isso que ele se move pelo mesmo movimento que o próprio móvel. Assim, se o espírito fosse uma coisa corpórea, moveria o corpo e mover-se-ia a si mesmo num só movimento.

Exemplo: Uma pedra ao ser arremessada abandona a mão e continua sozinha o movimento. Como para Aristóteles, todo movimento precisa de uma causa e esta causa tem de estar em contato com o corpo a ser movido, como explicar o movimento da pedra solta no espaço? *Explica da seguinte forma*: Enquanto a pedra avança, ela vai “abrindo” o ar e deixando um vazio atrás dela. Esse ar que é deslocado na frente da pedra vai “ocupar” o vazio deixado pela pedra, empurrando-a para frente. Assim Aristóteles atribui ao meio (ar) duas funções opostas: Resiste ao avanço da pedra e ao mesmo tempo, empurra a pedra para frente. Isso foi alvo de muitas críticas. Alguns estudiosos (Philoponus, Benedetti, Buridan e Oresme), *buscaram explicar isso de outra maneira*. Afirmavam que no caso da pedra, a mão *imprimia*, passava para a pedra uma força, *um impetus*, um impulso que fazia a pedra continuar seu movimento. O mesmo caso se aplica a um arco ao arremessar uma flecha.

Na teoria de “força impressa”, surge a seguinte explicação para o fenômeno: “todo objeto lançado recebe do agente que o colocou em movimento um poder imaterial, que sustenta o movimento do corpo, até que se dissipe espontaneamente” (Zanetic, 1995). De acordo com este conceito de força impressa, proposto por Philoponus, continuava existindo a necessidade de um movedor, para se explicar o movimento de objetos, contudo, este seria imaterial e se esvaía naturalmente após certo tempo, sem sofrer qualquer influência dissipativa por parte do meio. Este poder de mover o objeto, foi chamado no século XIV por Jean Buridan, de *impetus*. Buridan também foi o responsável pela codificação e formulação definitiva desse conceito: “um movedor, ao colocar um corpo em movimento, deixa impresso nele certo impetus, certo poder capaz de provocar mudanças neste corpo na direção que o movedor imprimir, ou seja, para cima, para baixo, lateralmente, ou em círculo. Pela mesma quantia que o movedor move o corpo, o poder do impetus é impresso nele. É por esse impetus que a pedra é movida depois do lançador deixar de movê-la, mas, por causa da resistência do ar e da gravidade da pedra que a inclina ao entrar numa direção oposta àquela que o impetus tende a movê-la, este impetus se torna continuamente debilitado. Então o movimento da pedra se tornará continuamente mais lento até que o comprimento do impetus se torne tão diminuído ou destruído que a gravidade da pedra prevaleça sobre ele, movendo a pedra para baixo para seu lugar natural” (MCCLOSKEY et. al., 1980).

De acordo com Piaget e Garcia (1982), Buridan apresenta várias experiências cotidianas para embasar sua crítica à teoria aristotélica. A primeira delas enfoca o movimento de uma roda ou de um moinho, que se move durante certo tempo após ter sido impulsionado. Evidentemente que argumentos envolvendo a ação do ar como responsável pela continuidade do movimento, não podem ser utilizados neste caso, visto que, o movimento da roda é circular e não oblíquo. Uma segunda experiência envolve a análise de uma comparação entre o movimento de uma lança pontiaguda na parte de trás e o de uma lança cuja traseira é arredondada. Se o princípio aristotélico fosse verdadeiro, argumenta Buridan, a lança cuja traseira foi aguçada deveria mover-se mais lentamente que a outra, pois o ar ao empurrar sua ponta traseira, se dividiria mais facilmente que o ar ao empurrar a traseira não aguçada da outra lança. As terceira e quarta experiências, envolvem a análise do movimento contra correnteza, de um barco que continua a se mover por um tempo

depois que os remos deixaram de impulsioná-lo para frente. É fato que o remador que estivesse situado na extremidade traseira do barco, não sentiria a ação do vento, que segundo Aristóteles seria o responsável pela continuidade do movimento do mesmo. Supondo agora que o barco estivesse levando em sua parte dianteira, uma carga de madeira, o ar que seria capaz de manter o movimento contra a correnteza do barco, também deveria ser capaz de prensar o remador contra a carga de madeira. A quinta experiência enfoca o salto em distância de um atleta. Neste caso, o atleta, quando se encontra no ar, não sente a ação do vento em suas costas, contudo, sente a resistência que o ar impõe à sua frente.

Notemos que para Buridan, o impetus não era algo que se esvaía espontaneamente com o tempo, como afirmava Philoponus, mas sim algo permanente, isto é, que agiria até o instante em que surgissem resistências ou forças que se lhe fossem contrárias (Zanetic, 1998). Outra diferença, é que para Buridan, o impetus é proporcional à quantidade de matéria, massa do corpo e à sua velocidade; poderia ser aplicado indistintamente para movimentos lineares e circulares, tanto que, a partir dessa sua declaração, alguns teóricos do impetus postularam um conceito de impetus circular que era responsável pelas explicações do movimento contínuo dos planetas e da roda do moedor.

Resumo: Na física aristotélica, para ocorrer movimento é sempre necessário uma causa. Essa causa deve estar em contato com o corpo a ser movido. Quando cessar a causa cessa o movimento. No caso de movimento em que a causa, ou seja, o que move, não estiver em contato com o corpo a ser movido, será o próprio meio que moverá o corpo. Na teoria do impetus, a explicação é diferente. O corpo que move “imprime” uma força, passa para o corpo a ser movido um impulso que faz com que este permaneça em movimento.

Texto adaptado de:

1. PEDUZZI, Luiz O.Q; **Força e movimento: de Thales a Galileu - Evolução dos Conceitos da Física**, Dep. De Física/UFSC. Florianópolis, 2008.

2. ZANETIC, João. **Dos “principia” da mecânica aos “principia” de Newton**. Cad. Cat. de Ens. de Fís. v.5, Número Especial, p.23-35, 1988.

5 - AS PRIMEIRAS IDEIAS DE GALILEU SOBRE MOVIMENTO

Material de Apoio módulo III, parte 3

Em seus primeiros estudos, Galileu começa a analisar os movimentos investigando suas causas, como lhe haviam ensinado na universidade. Em *De motu* (Do movimento), trabalho que desenvolveu quando professor de matemática na Universidade de Pisa, Galileu também considera necessário associar uma força a um objeto em movimento para manter esse movimento. No entanto, critica Aristóteles quanto ao papel que ele atribui ao meio nas suas explicações sobre o deslocamento de um corpo não mais em contato com o seu motor. Para explicar o movimento de um projétil depois de cessado o contato com o projétil-lançador, Galileu adere à ideia de força impressa.

Para Galileu, quando um corpo pesado (exemplo uma pedra) é projetado para cima, imprime-se ao corpo certa qualidade ou virtude (força, impetus). Em decorrência disso, o corpo adquire uma espécie de leveza, já que se elevar é próprio dos corpos leves. Essa leveza é perdida pelo corpo durante a sua descida. Nesse

sentido, ele faz uma analogia entre a diminuição gradativa da força (impetus) impressa a um projétil, à medida que se processa o movimento, e o 'calor' de uma barra de ferro que diminui gradualmente depois que a barra é retirada do fogo:

Agora, de maneira a explicar o nosso ponto de vista, primeiro perguntemos o que é essa força motora a qual é impressa pelo projetor sobre o projétil. A nossa resposta, então, é a de que há uma retirada de peso quando o corpo é atirado para cima e uma retirada de leveza quando o corpo é arremessado para baixo. Mas se uma pessoa não se surpreende que o fogo possa privar o ferro do frio, introduzindo calor, ela não se surpreenderá que o projetor possa, atirando um corpo para cima, despojá-lo de peso e fazê-lo leve. O corpo, então, é movido pelo projetor para cima enquanto está em sua mão e é despojado do seu peso; da mesma maneira o ferro é movido, em um movimento alternativo, em direção ao aquecimento enquanto está no fogo e é despojado do frio. Força motora, isto é, leveza é preservada na pedra quando o movedor não está mais em contato; calor é preservado no ferro depois que o ferro é removido do fogo. A força impressa gradualmente diminui no projétil quando ele não está mais em contato com o projetor; o calor diminui no ferro quando o fogo não está presente.

Em outras palavras, quando um projétil é arremessado verticalmente para cima ele sobe porque a força (impetus) que lhe foi impressa é maior do que o seu peso natural. À medida que o projétil continua subindo, essa força vai diminuindo, gradativamente, até chegar a um ponto da trajetória em que ela não pode mais sobrepujar a tendência natural do projétil. A partir daí, inicia-se a sua queda. Durante a mesma, a força impressa ao projétil continua diminuindo. Com isso, a tendência natural do projétil sobrepuja a força impressa, o que explica a sua aceleração. A partir do momento em que a força impressa se anula, o projétil se move com velocidade constante. Esses fatos sugerem um vínculo indispensável entre a aceleração de um corpo em queda e a força a ele impressa quando do seu lançamento para cima. No caso de um objeto solto de certa altura, como então se explica as suas variações de velocidade já que, segundo Galileu, "se dispuséssemos de uma torre suficientemente alta veríamos (lançando pesos do alto dessa torre) o movimento acelerado transformar-se em movimento uniforme".

De acordo com Galileu, quando um corpo atirado para cima é, posteriormente, retido pelas mãos de uma pessoa, ou por um anteparo qualquer, 'leveza' e peso natural resultam iguais. Essa leveza é conservada (mantida inalterada) pelo corpo enquanto ele permanece detido nessa posição. "Aliás, esse corpo, no alto da torre, não experimenta, por parte do seu suporte, uma pressão para cima (que o impede de descer) exatamente igual ao seu peso?" Soltando-o, essa leveza diminui, até se extinguir totalmente. Daí por diante, a sua velocidade fica constante. Desse modo, quando um corpo é solto de certa altura, ele retém de alguma maneira, certa força (impetus) proveniente do projetor que, agindo contrariamente à tendência natural do corpo, até se esgotar, explica a sua aceleração.

Texto adaptado de:

1.PEDUZZI, Luiz O.Q; **Força e movimento: de Thales a Galileu - Evolução dos Conceitos da Física**, Dep. De Física/UFSC. Florianópolis, 2008. (P. 21 - 22).

6- O MOVIMENTO ACELERADO E A QUEDA DOS CORPOS

Material de Apoio módulo IV, parte 1

Continuando a desenvolver os seus estudos sobre o movimento, Galileu conclui que a queda dos corpos se dá de forma acelerada em todo o trajeto e não apenas em parte dele, como havia pensado anteriormente. Em uma carta que dirige a Paolo Sarpi, em 1604, Galileu afirma que um corpo em movimento natural aumenta de velocidade proporcionalmente à *distância* de seu ponto de partida. Nos “Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”, Galileu reformula essa concepção errada da queda livre, já que, como entendeu ‘depois de longas reflexões’, *a velocidade é proporcional ao tempo* e não à distância de queda.

Por considerar que a natureza sempre se manifesta na sua forma mais simples, Galileu associou a queda dos corpos a um movimento com *aceleração constante*, definindo-o logo a seguir. Quando, portanto, observo uma pedra que cai de certa altura a partir do repouso e que adquire pouco a pouco novos acréscimos de velocidade, por que não posso acreditar que tais acréscimos de velocidade não ocorrem segundo a proporção mais simples e mais óbvia? Se considerarmos atentamente o problema, não encontraremos nenhum acréscimo mais simples do que aquele que sempre se repete da mesma maneira. O que entenderemos facilmente, se considerarmos a estrita afinidade existente entre o corpo e o movimento: do mesmo modo, com efeito, que a uniformidade do movimento se define e se concebe com base na igualdade dos tempos e dos espaços (com efeito, chamamos movimento uniforme ao movimento que em tempos iguais percorre espaços iguais), assim também, mediante uma divisão de tempo em partes iguais, podemos perceber que os aumentos de velocidade acontecem com simplicidade; concebemos no espírito que um movimento é uniformemente acelerado quando, em tempos iguais qualquer adquire aumentos iguais de velocidade. Assim, a partir dos seus estudos sobre as propriedades de um movimento com aceleração constante, Galileu conclui que as distâncias percorridas por um móvel, a partir do repouso, são proporcionais aos quadrados dos tempos gastos para percorrê-las. ($S \propto t^2$).

Com a equivalência das relações para um movimento uniformemente acelerado, Galileu transfere o problema de medidas de velocidades instantâneas para medidas de distâncias, que ele podia fazer. Como, porém, a queda livre se dá de uma forma muito rápida, o que dificultava medidas mais precisas de tempo, Galileu pensou no plano inclinado para diluir a rapidez dessa descida. A hipótese que fez foi a de que, qualquer que fosse a aceleração de um objeto deslizando sobre um plano inclinado o seu movimento seria, assim como o de um corpo em queda livre, um movimento uniformemente acelerado. Essa é uma hipótese bem aceitável, pois um corpo que desce um plano com certa inclinação está, em termos de variação de velocidade, em uma situação intermediária a outras duas: a que envolve uma superfície horizontal (neste caso um objeto nela colocado em repouso permaneceria aí parado), de um lado, e a que se refere a uma superfície com 90° de inclinação (caso em que o objeto cairia como se não existisse a referida superfície), de outro. Portanto, restava a Galileu mostrar, através da experiência, a validade da relação para o movimento de um corpo sobre um plano inclinado para, a partir deste resultado, corroborar a sua hipótese inicial de que a natureza se serve de um movimento com aceleração constante na queda dos corpos.

O tipo de dispositivo utilizado por Galileu e o resultado das suas experiências é o seguinte, segundo as suas próprias palavras: Numa ripa, ou melhor, dito, numa viga de madeira com um comprimento aproximado de 12 braças¹⁴, uma largura de

meia braça num lado e três dedos no outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com pouco mais de um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colocada uma folha de pergaminho que era polida até ficar bem lisa; fazíamos descer por ela uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho ele era colocado numa posição inclinada, elevando sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer (como afirmei) a bola pela canaleta anotando, como exporei mais adiante, o tempo que empregava para uma descida completa: repetindo a mesma experiência muitas vezes, para determinar exatamente a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser sempre rigorosamente igual a metade do outro. Variando a seguir a experiência, e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento com o tempo requerido para percorrer metade, ou os três quartos, ou, para concluir, qualquer outra fração, através de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola. Quanto às medidas dos tempos, Galileu diz: (...) empregávamos um grande recipiente cheio de água, suspenso no alto, o qual através de um pequeno orifício feito no fundo deixava cair um fino fio de água, que era recolhido num pequeno copo durante todo o tempo em que a bola descia pela canaleta ou por suas partes.

Galileu, de fato, obteve experimentalmente a proporcionalidade, mas deve-se notar que um relacionamento qualquer entre variáveis pode ser estabelecido em diversos níveis de aproximação. Galileu sabia das limitações de seu experimento, isto é, dos efeitos retardadores do meio no deslocamento dos corpos e das medidas aproximadas da variável tempo; por isso não procurava uma proporcionalidade exata entre distância e o tempo ao quadrado. A relação experimental por ele obtida é, sem dúvida, aproximada, mas muito importante porque, a partir dela, Galileu inferiu que o movimento uniformemente acelerado não é, rigorosamente, o movimento que um corpo executa ao cair. Essas considerações levaram Galileu a concluir que quando dois corpos, independentemente de seus pesos e do material do qual são constituídos, são soltos de uma mesma altura, ambos atingem o solo simultaneamente. Os adversários de Galileu argumentaram contra esse resultado alegando que uma esfera de chumbo e uma pena cairiam de uma mesma altura em tempos completamente diferentes. Galileu retrucou afirmando que elas cairiam exatamente ao mesmo tempo (isto é, com a mesma aceleração) se o atrito de ambos com o ar fossem nulos.

Adaptado de:

1.PEDUZZI, Luiz O.Q; **Força e movimento: de Thales a Galileu - Evolução dos Conceitos da Física**, Dep. De Física/UFSC. Florianópolis, 2008. (P. 133 a 141).

7 - A IDEIA DE INÉRCIA

Material de Apoio módulo IV, parte 3

Para Aristóteles era fundamental que houvesse um empurrão ou tração para

que um corpo pudesse manter-se em movimento. Como pode a Terra se mover se não há nenhuma força atuando sobre ela? Esse princípio básico Galileu também conseguiu derrubar. Se um corpo estiver em movimento, afirmou, e não houver nenhuma interferência, ele se manterá movendo em linha reta para sempre, *sem necessidade de nenhuma força atuando sobre ele*.

Vejamos algumas das simples, mas geniais, experiências realizadas por Galileu e que provaram a sua teoria do movimento. Ele considerou vários objetos movendo-se em dois planos inclinados. Notou que bolas descendo pelo plano em declive ganhavam velocidade enquanto que bolas subindo pelo plano em declive perdiam velocidade. (figura 1: no final do texto). Concluiu dessa simples experiência, que se o plano for horizontal as bolas não ganham nem perdem velocidade. Certamente, na prática, as bolas diminuem sua velocidade até atingir a condição de repouso. Isso, porém, não era devido à sua "natureza", e sim, ao atrito com a superfície. Essa conclusão foi apoiada por experiências realizadas com superfícies cada vez mais lisas. Quanto mais lisa era a superfície, mais tempo demoravam as bolas para parar. Se não houvesse nenhum atrito, concluiu as bolas *nunca parariam*.

Para dar um apoio ainda mais forte a essa conclusão, Galileu repetiu a experiência com os dois planos inclinados e desenvolveu um tipo diferente de raciocínio. Observou que, após descer pelo plano em declive, a bola subia pelo outro até atingir aproximadamente a mesma altura da qual foi solta no primeiro plano (figura 2: no final do texto). *Apenas o atrito com o plano e com o ar impedia a bola de atingir exatamente a altura inicial*. Quanto mais lisas as superfícies, mais próximas da altura inicial chegavam as bolas.

Diminuindo pouco a pouco o ângulo de alicive do segundo plano, a bola continuava atingindo a mesma altura, porém, caminhava uma distância cada vez maior. Em seguida, fez a seguinte pergunta: *se eu tivesse um plano horizontal longo, quanto a bola percorreria para atingir a mesma altura?* Ele mesmo deu a resposta óbvia: *para sempre* – ela nunca atingirá sua altura inicial. (Os dois últimos trechos em itálico foram tirados da obra *Diálogos sobre duas novas ciências*, do próprio Galileu.)

Essas experiências de Galileu são de uma simplicidade impressionante. Com base nos resultados, soube fazer a pergunta correta que conduziu à resposta reveladora. Galileu elaborou o seguinte raciocínio sobre os resultados obtidos com os dois planos inclinados: Como o plano em declive tinha sempre a mesma inclinação, a velocidade com que a bola começa a subir o segundo plano é, portanto, a mesma em todos os casos. Se ela encontra um plano bastante inclinado, perde velocidade rapidamente. Quanto menos inclinado o segundo plano, mais lentamente perde sua velocidade e rola por mais tempo. No caso limite, quando não houver nenhuma inclinação – isto é, o segundo plano é horizontal – a bola nunca diminuirá a sua velocidade e permanecerá em eterno movimento (figura 3: no final do texto). Na ausência de atrito, a bola tenderá a manter o seu movimento para sempre sem perder velocidade. Concluiu Galileu que essa é uma propriedade intrínseca dos objetos materiais. A essa propriedade chamou de *inércia*.

O conceito de inércia, que Galileu fez nascer dessas experiências tão simples, foi um duro golpe na teoria aristotélica acerca do movimento. *Corpos podem mover-se sem que seja necessária a atuação de forças externas*. Os resultados experimentais, por mais simples que sejam, têm o poder de demolir o mais bem construído sistema filosófico. As mais belas e elaboradas teorias, muitas vezes tão acarinhadas por notáveis pensadores, sucumbem ao mais simples resultado experimental que as contradizem.

Desacreditada a doutrina aristotélica sobre o movimento, a Terra já podia mover-se. Estava pavimentado o caminho para Newton, mais tarde, mostrar ao mundo um universo totalmente novo.

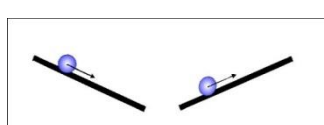


Figura:Figura:2

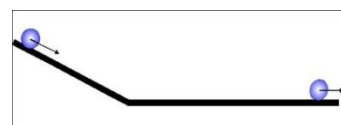
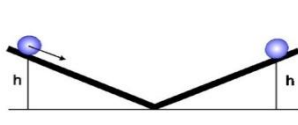


figura:3

Texto adaptado de:

1. GALILEU, Galilei. (1986). **Discursos sobre Duas Novas Ciências**. Nova Stella , São Paulo, 1986.
2. Disponível em: <<http://www.valdiraguilera.net/historia-do-movimento.html>> Acesso em: 4 mar. 2014.
3. PEDUZZI, Luiz O.Q; **Força e movimento: de Thales a Galileu - Evolução dos Conceitos da Física**, Dep. De Física/UFSC. Florianópolis, 2008.

07 - A RELATIVIDADE DO MOVIMENTO.

Material de Apoio módulo IV, parte 3

O homem sempre procurou entender melhor o mundo que o cerca, a Natureza. A busca para entender o movimento dos corpos já aparece antes de Cristo. A evolução da descrição do movimento dos corpos em relação a outros, em movimentos uniformes ou acelerados, teve seu início com o filósofo grego Zenão, de Eléia. Outro filósofo a procurar descrever o movimento dos corpos foi o grego Aristóteles e suas ideias permaneceram aceitas por mais de vinte séculos. Segundo Aristóteles, a matéria era composta basicamente de quatro elementos terrestres: fogo, ar, água e terra. Estes elementos tinham posições determinadas no Universo, chamadas lugares naturais. O lugar natural do fogo era acima do lugar natural do ar que estava acima do lugar natural da água, por sua vez acima do lugar natural da terra. Deste modo, explicava por que uma pedra e a chuva caem: seus lugares naturais eram os da terra e água. Analogamente, a fumaça e o vapor sobem em busca de seus lugares naturais acima da terra. Aristóteles também elaborou várias outras teorias sobre ciências naturais, que foram aceitas até a Renascença. Dentre elas, podemos destacar o modelo geocêntrico (Terra como centro do Universo). Somente nos séculos XVI e XVII é que o pensamento aristotélico começou a ser contestado mais veementemente, principalmente no que diz respeito à ideia do geocentrismo.

A descrição dos movimentos passou a ser analisada de maneira mais matemática, e não apenas filosófica. Galileu Galilei (1584-1642) foi o primeiro a ser considerado um cientista moderno. Foi o primeiro homem que observou (de modo intencional) o céu com um telescópio, aderindo o que o fez aderir ao sistema heliocêntrico proposto por Copérnico, o que, aliás, lhe custaram muitos contratempos. Além da discussão do movimento planetário, Galileu contribuiu muito para o desenvolvimento da Mecânica, estabelecendo as leis da queda livre de um corpo e introduzindo o método experimental em Física. Galileu utilizou o princípio da relatividade dos movimentos, ou princípio da independência dos movimentos, para demonstrar a trajetória parabólica dos projéteis. Consideremos o seguinte exemplo:

um projétil lançado a partir do solo com certo ângulo de lançamento pode ter seu movimento decomposto em dois movimentos independentes: um horizontal e outro vertical. No lançamento de um projétil verticalmente para cima, sobre uma plataforma em movimento retilíneo e uniforme, um observador que esteja sobre a plataforma em movimento verá a trajetória do projétil como retilínea de ida e volta. Quanto a um observador que esteja parado no solo, onde a plataforma está em movimento, visualizará a trajetória do projétil como parabólica. Assim, cada observador terá uma visão diferente do movimento.

O filósofo John Locke que escreveu a duzentos anos, em seu grande tratado “Sobre o entendimento humano”, da importância do referencial: “Se encontrarmos as pedras do xadrez na mesma posição em que as deixamos, diremos que elas não foram movidas, ou permanecem imóveis, mesmo que o tabuleiro, nesse ínterim, tenha sido transportado para outro cômodo. Da mesma forma diremos que o tabuleiro não se moveu, se ele permanece no mesmo lugar em que se encontrava na cabina, embora o navio esteja andando. E diremos também que o navio se encontra no mesmo lugar, desde que se mantenha à mesma distância da terra, embora o globo tenha dado uma volta completa. Na verdade, as pedras de xadrez, o tabuleiro e o navio, tudo isso mudou de lugar em relação a corpos situados muito mais longe”. Então, para descrevermos o movimento dos corpos quantitativamente é necessário adotarmos um referencial. Ainda com relação ao referencial, Galileu afirmou ser impossível determinar se um navio estava parado ou em movimento uniforme, realizando uma experiência mecânica em um dos seus camarotes.

Em 1687, Newton publicou a sua maior obra, Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural (Principia Mathematica Philosophiae Naturalis), contendo uma exposição da Cinemática de Galileu e do movimento dos planetas descrito por Kepler. Podemos considerar que a essência dos Principia está no que hoje denominamos as três Leis de Newton: a primeira é a Lei da Inércia, segundo a qual um corpo deixado por si permanece em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme; a segunda é a que relaciona a força resultante sobre uma partícula com sua aceleração, e é também conhecida como princípio fundamental da Dinâmica; a terceira é o conhecido princípio de ação-reação. A primeira Lei de Newton, Lei da Inércia, é considerada por muitos autores, de uma forma equivocada, apenas como um caso especial, particular, da segunda Lei. Mas, para a formulação da primeira Lei, Newton levou mais de vinte anos, passando por um lento e gradual amadurecimento, até chegar à sua forma final. Esta lei estabelece o sistema de referência inercial. Para se medir a força e seus efeitos na mudança do movimento, necessitamos de um referencial inercial. Então, a primeira Lei é fundamental para a existência da segunda, ou seja, uma lei complementa a outra. O que podemos concluir a respeito das Leis de Newton é que a massa e a aceleração de um corpo independem do sistema referencial inercial escolhido. Com isso, a força resultante, descrita pela segunda Lei de Newton, é independente do referencial em que for medida, nenhum sistema referencial inercial sendo preferencial a qualquer outro. Sendo assim, as Leis de Newton são iguais em qualquer sistema referencial inercial. Se ambos lançarem um objeto verticalmente para cima com velocidades iniciais iguais, irá medir a mesma altura máxima atingida pelos objetos, o mesmo tempo para atingi-la, concordando quanto à forma da trajetória descrita pelo objeto. Também concordam com a aceleração e a força resultante que será exercida sobre o objeto. Portanto, podemos concluir que os dois referenciais são equivalentes para a descrição deste movimento, ou seja, tanto a plataforma quanto o avião em velocidade constante são referenciais equivalentes, sendo impossível distinguirmos

um do outro. Portanto para descrever movimento, é sempre necessário considerar um referencial.

Texto adaptado de:

1. A seara da Ciência. Disponível em: <<http://www.searadaciencia.ufc.br/folclore/folclore273.htm>> Acesso em: 4 mar. 2014.
2. WOLFF, J. F. de Souza e MORS, P. M. **Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein** - Textos de apoio ao professor de física, v. 16 n. 5, 2005 – IF. UFRGS.

08 - MOVIMENTO EM ARISTÓTELES

Módulo V, partes 1, 2 e 3.

O movimento, com efeito, não persiste por si mesmo, como o repouso. O repouso - um estado ou uma privação - não precisa de uma causa que explique a sua persistência. O movimento - um processo, uma atualização contínua - não pode passar sem ela. Suprima-se essa causa, e o movimento cessará; cessa a causa, cessa o efeito.

Quando se trata do movimento natural, essa causa, esse motor é a própria natureza do corpo, a sua forma, que procura reconduzi-lo ao seu lugar; é ela que conserva o movimento. Um movimento não natural exige, ao invés, para toda a sua duração, a ação contínua de um motor exterior unido ao móvel. Suprima-se o motor, e o movimento parará. Separe-se o motor do móvel, e o movimento igualmente parará.

Então, para que o corpo seja deslocado de seu lugar natural aplica-se a ele uma violência externa, de tal maneira que adquira um movimento contra sua natureza, ou seja, não natural (também chamado de violento). No entanto, assim que for cessada a causa deste movimento violento, o corpo retornará ao seu lugar natural de acordo com seu peso ou leveza. De acordo com Koyré, o movimento violento só é possível através de um esforço exterior, funcionando como motor (ou causa eficiente), além disso, é necessário que entre este movedor e o movente haja contato contínuo, pois "Aristóteles, com efeito, não admite ações à distância: segundo ele, qualquer transmissão de movimento implica um contacto".

Assim temos que, por exemplo, uma pedra quando lançada para baixo tem como causa - motor - de seu movimento natural, sua composição, sendo esta que a move para seu lugar natural, procurando restabelecer o equilíbrio. Quando a mesma pedra é lançada para cima através de um esforço, mantém-se em movimento ascendente, pára e inicia um movimento descendente procurando seu lugar natural. Enquanto a pedra estiver em movimento ascendente, cessado o contato inicial, deve existir alguma outra causa - movedor - que mantenha seu movimento, pois para ele "tudo que é movido deve ser movido por algo".

Texto adaptado de:

1. CAMPOS, Alexandre. & RICARDO, Elio Carlos: **A complexidade do movimento local na Física aristotélica**; Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 3, 3601 (2012).

09 - DIÁLOGOS (pensamento galileano)

Módulo V, partes 1, 2 e 3.

Salviati: - Não desejo que digais ou respondais nada saber a não ser aquelas coisas que seguramente sabeis. Por isso, dissei-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 ^{se} casse parada?

Simplício: - Se aquela superfície fosse inclinada?

Salviati: - Sim, porque assim o supus.

Simplício: - 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 abstrato o impedimento do ar mediante a sua resistência ser aberto, e todos os outros obstáculos acidentais, se outros pudessem existir. Simplício: - 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?

Simplício: - 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?

Simplício: 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, que necessário usar força; mas sobre o plano ascendente que 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 aividade 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. Dissei-me agora o que aconteceria com o mesmo móvel sobre uma superfície que não estivesse nem em aclave nem em declive.

Simplício: - (...) Como não existe declividade, não pode existir uma inclinação natural ao movimento e, não existindo aividade, não pode existir resistência a ser movido, de modo que seria indiferente na propensão e na resistência ao movimento: parece-me, portanto, que ele deveria ficar naturalmente em repouso.

Salviati: - Assim acredito, quando alguém o colocasse parado; mas se lhe fosse dado um ímpeto em direção a alguma parte, o que aconteceria?

Simplício: - Continuaria a mover-se na direção daquela parte.

Salviati: - Mas com que espécie de movimento? Por um movimento continuamente acelerado, como nos planos em declive, ou por um movimento sucessivamente

retardado, como nos aclives?

Simplício: - Eu não consigo perceber causa de aceleração nem de retardamento, não existindo nem declividade nem aclividade.

Salviati: - Sim. Mas se não existisse causa de retardamento, muito menos deveria existir de repouso: quanto acreditais, portanto, que duraria o movimento do móvel?

Simplício: - Tanto quanto durasse o comprimento daquela superfície que não que nem subida nem descida.

Salviati: - Portanto, se esse espaço fosse ilimitado, o movimento nele seria igualmente sem fim, ou seja, perpétuo?

Simplício: - Parece-me que sim, sempre quando o móvel fosse de matéria duradoura.

Texto adaptado de:

1. GALILEU, Galilei. **Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**, (São Paulo, 2011, p. 226 a 229).

10 - AXIOMAS OU LEIS DO MOVIMENTO

Módulo V, partes 1, 2 e 3.

LEI I - Todo corpo continua em seu estado de movimento ou de repouso em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.

Projéteis continuam em seus movimentos, desde que não sejam retardados pela resistência do ar, ou impelidos para baixo pela força da gravidade. Um pião, cujas partes por sua coesão são continuamente afastadas de movimentos retilíneos, não cessa sua rotação a não ser quando retardado pelo ar. Os corpos maiores dos planetas, encontrando menos resistência em espaços livres, preservam seus movimentos, tanto progressivo como circular, por um tempo muito maior.

LEI II – A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.

Se qualquer força gera um movimento, uma força dupla vai gerar um movimento duplo, uma força tripla, um movimento triplo, seja aquela força imprimida de uma única vez, gradual e sucessivamente. Esse movimento (sendo orientado sempre na mesma da força geradora), caso o corpo se mova antes, é adicionado ou subtraído do primeiro, dependendo se eles cooperam na mesma direção ou se são diretamente contrários um ao outro; ou obliquamente combinados, quando oblíquos, de modo a produzir um novo composto a partir da determinação de ambos.

LEI III – A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas.

Seja o que for que puxe ou empurre alguma coisa, é da mesma forma, puxado ou empurrado por ela. Se você empurra uma pedra com seu dedo, o dedo também é empurrado pela pedra. Se um cavalo puxa uma pedra amarrada a uma corda, o cavalo (se posso dizer assim) vai ser igualmente puxado de volta na direção da pedra, pois a corda distendida, pela mesma tendência a relaxar ou distorcer-se, puxará o cavalo, e obstruirá o progresso de tanto o quanto promove o do outro. Se um corpo se choca com outro, e pela sua força muda o movimento desse, aquele corpo também (por causa da igualdade da pressão mútua) sofrerá uma mudança igual no seu próprio movimento, em direção à parte contrária. As mudanças feitas

por essa ação são iguais não nas velocidades, mas nos movimentos dos corpos; quer dizer, se os corpos não forem obstruídos por quaisquer outros impedimentos. Pois, porque os movimentos são igualmente alterados, as mudanças de velocidades feitas em direções e partes contrárias são inversamente proporcionais aos corpos. Essa lei também ocorre em atrações, como será provado no próximo escólio.

Texto adaptado de:

1. NEWTON, Isaac. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**, livro I; p. 53 - 54 – 1ª Ed reimpressa. São Paulo: USP, 2012.

APÊNDICE E - Roteiro da entrevista para o perfil epistemológico

1. Fale sobre movimento. (livre)
2. Identifique conceitos de física associados ao movimento. (lugar, espaço, força, aceleração, velocidade, etc.)
3. No seu entendimento, como esses conceitos se relacionam?
4. Dois automóveis, A e B, deslocam-se (na mesma direção e sentido) em uma rodovia reta. Considere um observador (parado) em um posto de gasolina à beira da rodovia.
 - 4.1 – Em relação ao posto, ou observador, os carros estão em movimento ou repouso? (Explique... Qual a causa?).
 - 4.2 – Em relação ao carro B, o carro A está em repouso ou movimento? (Explique... Qual a causa?).
5. (colocada como resumo, extensão, tirar dúvida, etc.) No seu entendimento, para que exista movimento é sempre necessária uma causa que o produza? Ou pode ocorrer movimento que não precise de causa?
6. Você arremessa uma bola de metal para cima, em um plano inclinado (ver figura)
 - 6.1 – Por que ela sobe? Qual a causa?
 - 6.2 – Por que volta ao ponto de partida? Qual a causa?
 - 6.3 - A rapidez do movimento de subida é o mesmo da descida? Ou são diferentes? Qual a causa?
 - 6.4 - Suponha que você consiga repetir exatamente da mesma forma, o experimento anterior, porém, usando uma bola com “mais” massa.
 - 6.5 – Em relação ao movimento da bola anterior: Alcançará menor ou igual altura? Qual a causa?
 - 6.6 – A rapidez de seu movimento de descida será maior, menor ou igual ao da bola anterior? Qual a causa?
 - a) Eliminando o atrito? b) A relação entre as duas bolinhas.
7. Suponha a repetição do experimento nº 5, usando o mesmo impulso na bola. Porém, a cada arremesso, você diminui a inclinação do ângulo do plano em relação à horizontal.
 - 7.1 – A cada arremesso, a bola percorrerá a mesma distância, ou irá cada vez mais longe?
 - 7.2 – Quando lançada na reta horizontal, não retorna. Por que pára? Qual a causa?
8. “O movimento” dos corpos pode ser “medido”, quantificado?
Resposta aberta
9. Suponha uma esfera rolando em um trilho. Conforme a figura.
 - 9.1 - Supondo que você tenha de descrever, apresentar, de forma mais exata possível à outra pessoa o movimento da esfera. E que você disponha de três conjuntos de instrumentos ao seu dispor.
 - a) Sua capacidade de observação direta do fenômeno, lógica e raciocínio.
 - b) Instrumentos de medida que desejar: Cronometro fita métrica, relógio, etc. E raciocínio.
 - c) As equações matemáticas e raciocínio.
 - 9.2 - Supondo que fosse possível realizar sua tarefa com apenas um desses conjuntos, qual você escolheria?
 - 9.3 - Supondo que fosse possível descartar um desses conjuntos, qual você descartaria?
10. Para você, movimento existe sempre? Mesmo que você não o observe?

APÊNDICE F - Entrevistas transcritas: perfil epistemológico

Códigos: //// indica intervenção do entrevistador.

Marcação de tempo: Ex: (12:48 ?) Indica acentuada dificuldade de transcrição.

1- Estudante A. F.

1. Fale sobre movimento. (livre)

Resposta: Bom, o movimento é uma, é algo que a gente, acontece sempre em nosso dia a dia. E o movimento geralmente tem diferentes formas de se propagar, vamos dizer, de acontecer. Não acontece somente por uma causa, né? Eu acho no caso, tem movimento que acontecem pela natureza, outros que são forçados. O cara força eles a acontecer também, né?//// CATEGORIAS: 1

2. Identifique conceitos de física associados ao movimento. (lugar, espaço, força, aceleração, velocidade, etc.). Resposta:

3. No seu entendimento, como esses conceitos se relacionam?

4. Dois automóveis, A e B, deslocam-se (na mesma direção e sentido) em uma rodovia reta. Considere um observador (parado) em um posto de gasolina à beira da rodovia.

4.1 – Em relação ao posto, ou observador, os carros estão em movimento ou repouso? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: Bah, eu observo que eles estão se deslocando de um lugar para outro.//// Vamos dizer, espaço, vamos dizer diferentes nos tempos diferentes também. Causa? Bom, eu acho, no caso do carro, tem que ter uma causa por que ele é bem pesado, é, tem que ter uma causa no caso dele, né? ////Há, do carro e dos motores dele, né?////Duas pessoas? Acho que normal////É. O que é deslocamento? Pra mim é a gente sair de um lugar e ir até outro determinado lugar.//// Causa? Depende da pessoa, do objeto. //// A causa é algo que faz com que ele se move, né, também. //// No caso do carro, a causa é o motor que faz com que ele se move. PESSOAS? E caminha por si próprio.//// Sim. Sempre com uma causa.////É. Dependendo do local também, né? Porque existem coisas, tipo, elas se movimentam, dependendo do atrito, essas coisas assim, né? //// Bom, o atrito interfere, no, na pessoa, o objeto está se movimentando, dependendo do atrito, com alguma, ele é forçado a parar, talvez e a continuar também.

- Retomada do final: Bom, eu vejo se estão percorrendo um espaço diferente em tempo diferente, também, em relação a mim e a paisagem.//// Causa? Tem a causa, o motor do carro, no caso.////Desempenha função de girar os pneus, no caso.//// Pessoa? A mesma forma do carro. Só que eles são diferentes, não tem o motor. Se movimentam por vontade própria. ////Causa? Tem a causa, cada um se movimenta por si mesmo. ////Ué, cada pessoa quer se movimentar para determinado lugar. Categorias: 1 e 2

4.2 – Em relação ao carro B, o carro A está em repouso ou movimento? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: Ele não está em movimento. Pra mim, a paisagem está em movimento, né?//// Ué, porque está na mesma velocidade, olhando pra mim, né, e eu vejo a paisagem se movimentando.//// Pra ele? Pra ele? Acho que também não. //// Eu acho. //// Ai se movimentariam, né, porque um ia ficar mais pra trás e daí a gente ia notar a diferença. ////Causa? Há bom, eu acho que deve existir uma causa, né? //// A causa de a gente estar um do lado outro e a causa de eu sentir que ele está parado é de eu estar caminhando na mesma velocidade que ele, olhando pra ele e sentindo que a paisagem está se movimentando. Esta é a causa da gente, de eu pensar, no caso que ele está parado. Categorias: 1 e 2

Retomada do final: Não. Ué, por que está correndo na mesma velocidade eu estou olhando para ele. Vejo a paisagem que está se movimentando.////O que se move? Ele ou a paisagem? Bom, daí o cara tem que pensar. É, porque pensando e olhando, eu acho que a paisagem, eu me movimentaria, né? (21:51 ?), é como se tivesse caminhando e parado ao mesmo tempo.////Eu acho que sim.////Sim. Movimento precisa de causa? Eu acho que existe movimento sem causa e com causa também., né? //// Um carro andando, o motor a causa dele.//// Sem causa? Bom, uma bolinha, num plano horizontal, sem atrito com a superfície, acho que ela se movimentaria./// Pra mim seria isso. Categorias: 2

5.– (colocada como resumo, extensão, tirar dúvida, etc.) No seu entendimento, para que exista movimento é sempre necessária uma causa que o produza? Ou pode ocorrer movimento que não precise de causa?

Resposta:Eu acho que não. Dependendo do objeto, dependendo do atrito também, né?//// O atrito, ele interfere, né? //// Ué, tipo, cara, empurrar alguma coisa, é?. O empurrão é a causa do movimento de algo, né? Tipo uma bola que o cara joga né? ////Com o atrito ele ia parar num determinado. Agora no caso e vai indo, né, dependendo, se for uma, algo inclinado para cima, ia subir um pouquinho, puxar de volta para ele parar no chão, né? E no caso se está andando na horizontal, ele vai parar, com o atrito, com o piso, com o chão, vai interferir, vai parar.////Sem causa? Ué, acho que movimento sem causa é, acho que pra mim é produzido em laboratório, coisa assim, que daí é possível não ser, ou na lua, coisa assim, não ter o atrito. O atrito causa movimento? É, de certa forma, né, talvez. O atrito é um, dependendo, o cara faz também. Se o cara empurra algo, né? O atrito com a mão, e causa o movimento. o atrito de parar também interfere. Categorias:1 e 2

6. Você arremessa uma bola de metal para cima, em um plano inclinado (ver figura)

6.1 – Por que ela sobe? Qual a causa?

Resposta: Bom, ela vai subir até um determinado lugar.//// Ué, por causa do da força que colocada nela. No empurrão. E ela vai descer de volta por causa da força da gravidade que vai puxar ela de novo.//// A força que empurrou ela.//// A força gravitacional /// Categorias: 1 e 3

6.2 – Por que volta ao ponto de partida? Qual a causa?

Resposta:

6.3 - A rapidez do movimento de subida é o mesmo da descida? Ou são diferentes? Qual a causa?

Resposta: A mesma velocidade subida e descida? Eu acho que não. //// Dependendo, ela sobe com uma velocidade e ela desce, dependendo do espaço, ela vai ganhando velocidade na descida//// É, na descida ela vai ganhando velocidade e na subida ela vai perdendo velocidade////Categorias: 2 e 3

6.4 - Suponha que você consiga repetir exatamente da mesma forma, o experimento anterior, porém, usando uma bola com “mais” massa.

6.5 – Em relação ao movimento da bola anterior: Alcançará menor ou igual altura? Qual a causa?

Resposta: Ela ia subir pela força também, que é impulsionada, ela, no empurrão. Normal, que nem essa outra, eu acho.//// Ela vai subir, no subir, bem menos que a bola de ping pong e no descer ela vai ganhar mais velocidade. ////Categorias: 1

6.6 – A rapidez de seu movimento de descida será maior, menor ou igual ao da bola anterior? Qual a causa?

Resposta: Vai ganhar mais velocidade.//// Acho, a força da gravidade./// É, porque ela tem mais massa também (comparando as duas, a rápida na descida é lenta na subida). Categorias: 1 e 3

a) Eliminando o atrito-

b) A relação entre as duas bolinhas-

7. Suponha a repetição do experimento nº 5, usando o mesmo impulso na bola. Porém, a cada arremesso, você diminui a inclinação do ângulo do plano em relação à horizontal.

7.1 – A cada arremesso, a bola percorrerá a mesma distância, ou irá cada vez mais longe?

Resposta: Ela ia subir mais, né? //// É, ela ia subir mais, o plano de inclinação, quanto mais baixo, eu acho, a gravidade puxa, acho, menos porque ela está mais pro centro.//// Ela ia andar mais.//// Bom, se ele fosse horizontal, ia rodando, ela ia parar sim, depende do ângulo dela, também, né? //// É, em algum lugar, com o atrito com a canaleta, ou chão, qualquer outra coisa.//// Com o ar também. //// Ela ia parando aos poucos. Dependendo da velocidade.//// Em função do atrito com ela, vai fazendo com que ela vai perdendo velocidade, com isso, ela vai parando, ao longo do decorrer do espaço.//// A de ping pong é mais leve, né, com o atrito com o ar, ela vai parar antes, eu acho, e daí a de boliche vai mais longe. Categorias: 2

7.2 – Quando lançada na reta horizontal, não retorna. Por que pára? Qual a causa?

Resposta:

8. “O movimento” dos corpos pode ser “medido”, quantificado?

Resposta: Eu acho que não. //// Há, porque (.....?) acontece, não sei explicar isso.//// Categorias:1

9. Suponha uma esfera rolando em um trilho. Conforme a figura.

9.1 - Supondo que você tenha de descrever, apresentar, de forma mais exata possível à outra pessoa o movimento da esfera. E que você disponha de três conjuntos de instrumentos ao seu dispor.

a) Sua capacidade de observação direta do fenômeno, lógica e raciocínio.

b) Instrumentos de medida que desejar: Cronometro fita métrica, relógio, etc. E raciocínio.

c) As equações matemáticas e raciocínio.

9.2 - Supondo que fosse possível realizar sua tarefa com apenas um desses conjuntos, qual você escolheria?

Resposta: Usaria a dois (instrumentos de medidas). Ué, porque é mais fácil, o cara medir, né? Percebe que vai dar uma mudança, ali na hora de medir, né, dependendo, se repetir, né? Categorias: 2

9.3 - Supondo que fosse possível descartar um desses conjuntos, qual você descartaria?

Resposta: A um (observação direta).//// É porque não sou muito bom.////Acho que não conseguiria medir. //// Não.////É, daria, seria mais fácil (fita métrica).//// Se eu fosse comunicar, eu ia dizer que era com a minha linguagem mesmo, por que eu tenha feito né, medida, não ia usar (mat.).//// Há, daí eu ia falar das medidas, né, que eu fiz, no caso.////Ué, porque é mais entendido, acho que ia gostar mais 18:41 Categorias: 2

10. Para você, movimento existe sempre? Mesmo que você não o observe?

Resposta: Acho que existiria da mesma forma.////Por que o movimento sempre existe, independente de qualquer forma.//// É. O cara pode não ta observando, mas ele ta acontecendo, né?//// Categorias: 1

2 - Estudante: D. L.

1. Fale sobre movimento. (livre)

Resposta: Há o movimento que eu conheço, assim, é, o movimento violento, o

movimento natural, da natureza, né? Conheço vários movimentos que a gente tem estudado bastante, é esse o violento, movimento gravitacional, é isso que eu me lembro, mais ou menos. Categoria: 1

2. Identifique conceitos de física associados ao movimento. (lugar, espaço, força, aceleração, velocidade, etc.)

Resposta: Conceito de aceleração, tipo um carro andando? ///Tipo um carro subindo uma subida? Ai ele estaria fazendo força. ///Eu não entendi bem. Tem o movimento uniforme também, que gente estudou. /// É, eu já observei, tipo nós jogando bola, assim, o movimento da velocidade, depende da batida que a gente chuta a bola, né? /// E força, também, né? /// Tipo movimento sem causa também, né/ ///Eu poderia dizer que sim. /// Tipo do carro/// Categoria: sem

3. No seu entendimento, como esses conceitos se relacionam?

Resposta: sem resposta

4. Dois automóveis, A e B, deslocam-se (na mesma direção e sentido) em uma rodovia reta. Considere um observador (parado) em um posto de gasolina à beira da rodovia.

4.1 – Em relação ao posto, ou observador, os carros estão em movimento ou repouso? (Explique... Qual a causa?). Resposta: Ah, eu perceberia./// Eu acho que é porque tem alguma causa né? Eu acho.////Outra causa? O motor de (4:05?) . Da gasolina. Das rodas também.//// Causa? Acho que não.. Acho que o movimento do motor do carro é involuntário. ////Eu acho que o motor não. ////Todo movimento tem uma? Acho que sim. Eu acho que tem uma causa o movimento. Categorias: 1

Retomada da no final: Por causa do motorista. E do motor também, Né/ //// Causa? É, eu acho que ele teria (18:33?), algum lugar, né? Buscando alguém, levando alguém, né? Categorias: 1

4.2 – Em relação ao carro B, o carro A está em repouso ou movimento? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: Pra mim ele está se movendo. /// Tem uma causa? Eu acho. A meu ver, estamos indo para o mesmo lugar estamos treinando para alguma corrida.//// Eu acho. E pela distancia também. Nós estaríamos passando em frente do posto, cada vez mais longe (6:06?) parada, se ela estivesse se movendo, acho que não daria muito certo. /// É. Eu acho. /// Eu acho que tem uma causa. Eu acho que não. /// Nem todas tem causa, né? Se eu jogasse uma bolinha na mesa vertical, na volta, na volta, seria um movimento sem causa. /// Eu acho. Porque daí ela ia só fazer a coisa natural dela, tipo, para o centro da terra////Eu acho que não teria causa.////

Retomada da no final: Eu acho, ia ver (o mov.), né? /// Eu acho. Só se (19:16?) da cintura para cima, né? Tem gente que não mexe os braços, ai ele estaria parado, por que da cintura para baixo, a pessoa mexe bem as pernas, né? E ai ele estaria em movimento. Causa? Eu acho que teria, por que tem gente que corre pela saúde, para treinar para o futebol, para disputar alguma olimpíada que vai ter corrida. Categorias: 1

5.– (colocada como resumo, extensão, tirar dúvida, etc.) No seu entendimento, para que exista movimento é sempre necessária uma causa que o produza? Ou pode ocorrer movimento que não precise de causa?

Resposta: /// todo movimento tem causa? Eu acho. Então, não existe movimento sem causa? Não, existir, existe, né? Tipo, a bola de ping pong quando volta né? Quando to jogando bola, bate na trave e sai pra fora, né? Ai a trave não, não pensa em chutar a bola, né? Categorias: 1

6. Você arremessa uma bola de metal para cima, em um plano inclinado (ver figura)

6.1 – Por que ela sobe? Qual a causa?

Resposta: Ela ia subir, né? Até uma certa altura, depois 3ela voltaria. //// Porque alguma força empurra ela. /// Na volta, acho que não teria causa. Porque daí ela ia voltar voluntariamente, né? //// Porque alguém empurrou ela, né? Uma pressão, ou a gente empurrou ela, né? Causa? Alguém empurrou. Desce? Ela não tem causa, né? Porque ela desce voluntariamente. Categorias: 1

6.2 – Por que volta ao ponto de partida? Qual a causa?

Resposta:

6.3 - A rapidez do movimento de subida é o mesmo da descida? Ou são diferentes? Qual a causa?

Resposta: Se o que eu jogasse fosse mais pesado, iria mais perto e voltaria mais rápido.////Acho que ela desceria mais rápido. //// Ué, porque ela esta no plano inclinado, né? Ela vai subir até um certo ponto, ia voltar mais rápido. Até nem tão rápido, vai voltar mais devagar. /// Acho que ela volta mais devagar, dependendo do plano inclinado que ela está, né? Se tiver vertical, bem mais baixo, ela volta bem mais devagar. //// ela sobe bem mais rápido e desce um pouco mais devagar. //// Acho que ela subiria mais devagar e desceria mais rápido ////. Categorias: 1 e 2

6.4 - Suponha que você consiga repetir exatamente da mesma forma, o experimento anterior, porém, usando uma bola com “mais” massa.

6.5 – Em relação ao movimento da bola anterior: Alcançará menor ou igual altura? Qual a causa?

Resposta: Eu acho que ela subiria mais curto e voltaria bem mais rápido.///Causa? Acho (11:10?) para ela voltar, porque ela ia voltar sozinha, né? Por que ela ia voltar? Por causa da gravidade, né? Ela ia ter que voltar, para algum lugar, ela ia ter que voltar, né? //// Eu acho que ela tem uma causa para voltar, se for bastante inclinado, ela tem que voltar, se não terminar nunca,, ela vai ter que voltar. Maior ou Menor? Menor, eu acho. Por que ela é mais pesada, né? Eu acho. Tenho certeza. //// Do peso dela, né/ Por que uma é mais pesada, a outra é mais leve. //// Mesmo peso (não aconteceria?). Eu acho. //// Dependendo de onde ela é jogada, acredito que sim. //// Acho que tem. ////Sem volta para o mesmo lugar? Dependendo do tipo, do jeito que Joga, se jogar na reta, ela volta na reta. Categorias: 1 e 3

6.6 – A rapidez de seu movimento de descida será maior, menor ou igual ao da bola anterior? Qual a causa?

Resposta: Maior ou menor? Menor, eu acho. Por que ela é mais pesada, né? Eu acho. Tenho certeza. //// Do peso dela, né/ Por que uma é mais pesada, a outra é mais leve. //// Mesmo peso (não aconteceria?). Eu acho. //// Dependendo de onde ela é jogada, acredito que sim. //// Acho que tem. ////Semvolta para o mesmo lugar? Dependendo do tipo, do jeito que Joga, se jogar na reta, ela volta na reta. Categorias: Sem

a) Eliminando o atrito-

b) A relação entre as duas bolinhas-

7.Suponha a repetição do experimento nº 5, usando o mesmo impulso na bola. Porém, a cada arremesso, você diminui a inclinação do ângulo do plano em relação à horizontal.

7.1 – A cada arremesso, a bola percorrerá a mesma distância, ou irá cada vez mais longe?

Resposta:

7.2 – Quando lançada na reta horizontal, não retorna. Por que pára? Qual a causa?

Resposta: Se a força impressa fosse bastante, se a inclinação não fosse tão (13:10?), acho que ela cairia do outro lado. Tivesse, tipo, uma caixa, ela ficaria lá. //// Categorias: 1

8. “O movimento” dos corpos pode ser “medido”, quantificado?

Resposta: Eu acho que pode. Por cronometro, fita métrica. //// Eu acho. //// Eu podia observar, né? //// Eu acho. //// Eu mediria, pelo conhecimento que eu posso ter. Pelo tamanho da largura, posso medir pelo fenômeno também. Categorias: 2

9. Suponha uma esfera rolando em um trilho. Conforme a figura.

9.1 - Supondo que você tenha de descrever, apresentar, de forma mais exata possível à outra pessoa o movimento da esfera. E que você disponha de três conjuntos de instrumentos ao seu dispor.

a) Sua capacidade de observação direta do fenômeno, lógica e raciocínio.

b) Instrumentos de medida que desejar: Cronometro fita métrica, relógio, etc. E raciocínio.

c) As equações matemáticas e raciocínio.

9.2 - Supondo que fosse possível realizar sua tarefa com apenas um desses conjuntos, qual você escolheria?

Resposta: A segunda(instrumentos de medida). Eu acho mais fácil, né/ Por que ai a gente pode medir a velocidade com o cronometro, a largura aonde ela vai, dependendo do valor, acho que ia (15:00?) até um ponto certo pra ela ir.//// Categorias: 2

9.3 - Supondo que fosse possível descartar um desses conjuntos, qual você descartaria?

Resposta: Eu acho que descartaria, eu acho que o da fita métrica, eu acho. //// Eu acho que a capacidade de observação, descartaria. //// Eu acho que não, por que ai tem que ter a fórmula, né? //// Ué, por que na fórmula gera a conclusão, a distância que ela foi, a velocidade que ela chegou. //// Poderia descrever movimento sem equações? Acho que não. //// Eu acho que se eu observasse, né? Ai não ia como chegar nele e largar uma folha de conta pra ele entender. //// Explicaria pelo que eu observei do movimento, né? Do jeito que foi, até onde foi. Externaria o que eu entenderia, né? /// Descartaria equações matemáticas? Eu acho que sim. ////Prof? Sim. /// Colega? Eu acho que até descreveria, mas eu acho que ele gostaria (16:53?) //// pela observação me sentiria mais a vontade//// As equações, eu acho. ////Isto. Categorias: 2

10. Para você, movimento existe sempre? Mesmo que você não o observe?

Resposta: Eu acho que não existiria. //// Por que daí não teria ninguém, para relacionar o movimento, nem a velocidade, nada. //// Eu acho que não. Por que não teria movimento? É, porque não teria ninguém observando. Nem cuidando, que sabe, parado, olhando para as pessoas correndo, olhando os carros se moverem. //// Eu acho que não, eu acho. ////Categorias: 1 e 3

3 – Estudante L. R.

1. Fale sobre movimento. (livre)

Resposta: O movimento, a gente sabe que ele existe na natureza. Tudo o que existe na natureza, referente ao universo está em movimento está em movimento. O movimento, como já dizia, ele pode ser natural, né, que... da natureza e pode ser também violento, que é empurrão, puxão, quando um objeto sai de seu lugar de origem e se deslocando para outros lugares. /// não. Categorias: 1

2. Identifique conceitos de física associados ao movimento. (lugar, espaço, força, aceleração, velocidade, etc.)

Resposta: A inércia, a velocidade, a aceleração. Também os corpos, o repouso também dos corpos. Também a origem deles... Não sei, acho que a mecânica também. Categorias: 2 e 3

3. No seu entendimento, como esses conceitos se relacionam?

Resposta: O movimento? Há, eu disse também que acredito que para iniciar o movimento existe um tipo, uma certa cadeia. Assim é a aceleração impulsiona o objeto que está em repouso a se movimentar e a mudar seu, sua área no ambiente.

Categorias: sem

4. Dois automóveis, A e B, deslocam-se (na mesma direção e sentido) em uma rodovia reta. Considere um observador (parado) em um posto de gasolina à beira da rodovia.

4.1 – Em relação ao posto, ou observador, os carros estão em movimento ou repouso? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: Em movimento. Porque eu percebo, né? Que eles estão, então na mesma velocidade, estão se deslocando, estão, como vou explicar?.... Eu vejo que estão mudando o espaço deles em relação a mim. Estão se deslocando, mudando a posição deles em relação a mim... Enquanto o referencial no posto.

Causa – A força. A força da mecânica dos carros. Categorias: 1 e 2

4.2 – Em relação ao carro B, o carro A está em repouso ou movimento? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: Em repouso. Porque eu não consigo observar estando lado a lado com ele na mesma velocidade. Eu não consigo observar o deslocamento dele ao lado assim. Um é referencial. Porque sendo o carro B, em relação a ele, o outro não está se deslocando, pois estão à mesma velocidade, eu não consigo observar o deslocamento.

Porque a velocidade dos dois seria a mesma. O ponto referencial mudou, que é o observador. Bom, depende. Eles estão em movimento ou em repouso depende do ponto referencial, seja o ponto ou o carro B. Categorias: 2

5.– (colocada como resumo, extensão, tirar dúvida, etc.) No seu entendimento, para que exista movimento é sempre necessária uma causa que o produza? Ou pode ocorrer movimento que não precise de causa?

Resposta: Não, acredito que não precise ter. Tem movimento que acho que não precisa de uma causa para existir o movimento. No movimento sem causa, um objeto já está se deslocando. Vamos supor, eliminando todo o atrito, e soltando um objeto em linha vertical, acredito que se for uma altura bastante grande, ele vai continuar para sempre, se não houver o atrito com o ar, com alguma superfície.

Sim, sim. Outros precisam. Com as dos automóveis? Não sei..... Categorias: 2 e 3

6. Você arremessa uma bola de metal para cima, em um plano inclinado (ver figura)

6.1 – Por que ela sobe? Qual a causa?

Resposta: Porque sobe? A força que eu, se eu joga a bolinha com uma força nela, fiz com que se deslocasse, subisse. /// O impulso, eu acredito, e a força sendo maior que a massa da própria bolinha///Eu entendo que eu posso pegar a bolinha e imprimir a ela uma força. Essa força já deixa de atuar depois que eu solto a bolinha. Então ela só vai indo porque foi imposta a ela uma força anterior, que está impulsionando ela para cima. Categorias: 1

6.2 – Por que volta ao ponto de partida? Qual a causa?

Resposta: Por que pára? A superfície é plana? /// Não, porque ela vai perder força com o atrito e com o ar, atrito com a superfície e também a força que imprimi a ela vai se diminuindo pelo próprio movimento que ela já está fazendo. /// O atrito e também a massa da bolinha. Também tem a ver com a massa. /// Sim, também tem, porque no momento em que eu solto ela, ela vai começar a perder essa força e vai começar a regredir a velocidade. /// Ela volta ao ponto de partida, por que Tem a ver um pouco com a gravidade também, impulsiona para que ela não suba mais, ela

perca a velocidade, conseqüentemente, já tem terminado a força que eu pus sobre ela e ela começa a retornar. Categorias: 1 e 3

6.3 - A rapidez do movimento de subida é o mesmo da descida? Ou são diferentes? Qual a causa?

Resposta: Tem diferença. Ela vai descer mais rápido. /// É. Aumenta a aceleração dela. /// Porque como ela já perdeu a força de subida, a própria..... Ela vai chegar até um ponto onde ela já perdeu a força que eu imprimi sobre ela e própria força gravitacional, como ela vai voltar dependendo da massa da bolinha e conseqüentemente o peso, ela vai retornar aumentando a velocidade, quanto mais perto do solo Categorias: 1 e 3

6.4 - Suponha que você consiga repetir exatamente da mesma forma, o experimento anterior, porém, usando uma bola com “mais” massa.

6.5 – Em relação ao movimento da bola anterior: Alcançará menor ou igual altura? Qual a causa?

Resposta: Ela vai mais alto. ///Sim. ...Eu acho que a própria massa da bolinha/// É. /// Não. Categorias: 1

6.6 – A rapidez de seu movimento de descida será maior, menor ou igual ao da bola anterior? Qual a causa?

Resposta: Maior. /// Acho que é a própria massa dela, por ser maior, quanto mais velocidade ela vai ganhando. É como uma própria força na bolinha impulsionasse para descer. Categorias: 1

a) Eliminando o atrito- Acho que elas acelerariam. Na descida. As duas.

b) A relação entre as duas bolinhas- A bolinha de maior massa desceria mais rápido. (a causa é a massa). Categorias: 1

7. Suponha a repetição do experimento nº 5, usando o mesmo impulso na bola. Porém, a cada arremesso, você diminui a inclinação do ângulo do plano em relação à horizontal.

7.1 – A cada arremesso, a bola percorrerá a mesma distância, ou irá cada vez mais longe?

Resposta: Quanto mais aberto o ângulo, mais longe ela irá. /// Não retornará. /// Ela continuará em movimento. Categorias: 2

7.2 – Quando lançada na reta horizontal, não retorna. Por que pára? Qual a causa?

Resposta: /// Não retornará. /// Ela continuará em movimento. /// Eu acredito que não existe uma força que a empurre de volta, para que ela volte ao ponto de partida. /// Se houver o atrito, sim. Porque ela vai perdendo velocidade pelo atrito com o ar, até parar. /// Não. Não porque não tem atrito, até algum objeto a pare. /// Não. Ela não vai parar. Categorias: 2

8. “O movimento” dos corpos pode ser “medido”, quantificado? Resposta: Posso. Acredito que posso Categorias: 2

9. Suponha uma esfera rolando em um trilho. Conforme a figura.

9.1 - Supondo que você tenha de descrever, apresentar, de forma mais exata possível à outra pessoa o movimento da esfera. E que você disponha de três conjuntos de instrumentos ao seu dispor.

a) Sua capacidade de observação direta do fenômeno, lógica e raciocínio.

b) Instrumentos de medida que desejar: Cronometro fita métrica, relógio, etc. E raciocínio.

c) As equações matemáticas e raciocínio.

9.2 - Supondo que fosse possível realizar sua tarefa com apenas um desses conjuntos, qual você escolheria?

Resposta: Acho que escolheria os instrumentos de medida, cronometro fita métrica,

régua. /// Porque eu acho que a matemática, ela pode acabar tornando confusa na física e pode acabar atrapalhando o experimento, até porque se eu estivesse explicando o experimento para alguém, é, acho que seria muito mais fácil explicar medindo e entendendo a medida do que está acontecendo, do que fazendo cálculo de matemática. Categorias: 2

9.3 - supondo que fosse possível descartar um desses conjuntos, qual você descartaria?

Resposta:acho que as equações matemáticas. /// tem movimentos que são necessários as equações matemáticas, mas não no dia-dia da natureza. Acredito que as outras duas primeiras, ...que os instrumentos de medidas e o raciocínio e a observação, acho que, sendo utilizados, acho que, no dia-dia seria muito mais fácil compreender do que usando a própria matemática.

Se pudesse usar os três- Primeiro, acho que eu utilizaria assim. Tendo uma capacidade de usar os três, eu utilizaria os três. E até porque tem uns que eu acho que não tem como descartar, na física, que é a observação, depois os instrumentos de medidas. Também porque é necessário para observar o movimento. E as equações matemáticas em movimentos mais lentos, ou então em grandes proporções./// Observação. Observaria os objetos e os corpos. Depois eu faria, mediria eles, é a extensão e o tempo. Depois sim, eu usaria as equações matemáticas em tempos muito grandes ou então em segundos, ou.....Categorias: 2

10. Para você, movimento existe sempre? Mesmo que você não o observe?

Resposta: Acredito que sim. Que ele pode existir mesmo sem, sem que eu consiga vê-lo, sem que eu perceba ele. Ai vai entrar acho que um pouco de observação também. Porque a gente já tem a noção de que o movimento, ele existe, ai entra o fato de observar os corpos, observar é, a área onde eles estão pra saber mesmo se eles em movimento. /// Sim. ///Sim///Não, não é necessário vê-lo. Até porque o movimento, acredito que o ambiente já faz isso.///Como sabemos hoje que a terra está em movimento, acredito que , em relação ao espaço,, acho que todos estão em movimento. Existe um movimento já bem..... (indecifrável). Categorias: 1

4 - Estudante T.L.

1. Fale sobre movimento. (livre) Resposta: É qualquer coisa que a gente pode perceber, ou não. Pode ser uniforme ou variado. O movimento pode ser também, pode haver alguma força, uma causa. (1:17?)ou a gente pode (1:26?). Só isso. Categorias: 2

2. Identifique conceitos de física associados ao movimento. (lugar, espaço, força, aceleração, velocidade, etc.)

Resposta: movimento? Tipo assim? Como assim? /////Distancia, velocidade, tempo. Não sei. Categorias: Sem

3. No seu entendimento, como esses conceitos se relacionam?

Resposta: Tipo como aconteceu o movimento. Ai, o movimento tem velocidade. A distância onde o movimento começa e onde o movimento termina e onde o movimento percorre, é o tempo que o movimento começou e o tempo que o movimento parou. /// Não. Categorias: 2 e 3

4. Dois automóveis, A e B, deslocam-se (na mesma direção e sentido) em uma rodovia reta. Considere um observador (parado) em um posto de gasolina à beira da rodovia.

4.1 – Em relação ao posto, ou observador, os carros estão em movimento ou repouso? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: Estão lado a lado? /// Estão em movimento. Causa? Tem a velocidade.

(5:07?)////Acho que sim. Porque estão se distanciando. //// Se distanciando. //// Por quê? Aceleração //// Isso. Categorias: 1 e 2

4.2 – Sem relação ao carro B, o carro A está em repouso ou movimento? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: É repouso. . É. Estão na mesma velocidade. ////Porque eles podem estar em movimento, mas eles estão com a mesma velocidade, é como se (7:30?). //// A distancia. Tipo é. Se as pessoas estiverem presentes no carro A, olham para o carro B, o carro está em repouso. Porque estão na mesma velocidade. //// Porque a distancia não muda para o segundo carro. O que aconteceu com a causa do primeiro movimento? Antes eu falei a aceleração. Agora eu digo que é, tipo, parece que, não sei explicar bem, como explicar como eles estão..... //// Antes, ele estava em movimento, porque a aceleração fazia eles se distanciarem//// AO referencial, a primeira. Agora o referencial está parado. (11:11?). Categorias: 2 e 3

5.– (colocada como resumo, extensão, tirar dúvida, etc.) No seu entendimento, para que exista movimento é sempre necessária uma causa que o produza? Ou pode ocorrer movimento que não precise de causa?

Resposta: Acho que não. Precisa de uma causa. Alguns movimentos////Com causa? Tipo empurrar pode ser a causa? Sem causa? Não sei... (12:30?) Categorias: 1

6. Você arremessa uma bola de metal para cima, em um plano inclinado (ver figura)

6.1 – Por que ela sobe? Qual a causa?

Resposta: A força que eu empurro com a mão.////É////A velocidade////É////Movimento////É. A mão dá um impulso na bolinha para que ela suba a canaleta. ////A força do ar faz com que a bolinha pare. Ela tem.... Ela vai parando (15:21?)ai ela perde velocidade e quando chega num ponto ela vai descer.//// Ele.....por causa que ela está no meio (15:45?). Categorias: 1 e 2

6.2 – Por que volta ao ponto de partida? Qual a causa?

Resposta: Ai ela chega num ponto, tipo, a força termina, né, ocorrer a queda da bolinha////Tinha certa força////do impulso da mão. Até terminar. Ai depois começa a cair////Sim////movimento de queda////a força gravitacional. Categorias: 1 e 3

6.3 - A rapidez do movimento de subida é o mesmo da descida? Ou são diferentes? Qual a causa?

Resposta: Não. Acho que não no subir (17:01?) e no descer ele vai mais rápido////Não sei, dependendo da posição do plano, se ele estiver mais alta desce mais rápida.//// Um pouco mais devagar que a descida////Dependendo da superfície.//// Do peso. A superfície também. Mas pode ser a mesma superfície, mas o plano ser diferente.//// Peso (mais importante). Sem atrito? Acho que não. Se a resistência do ar ajuda, né? Acho que o de descida seria mais rápido. Categorias: 1 e 2

6.4 - Suponha que você consiga repetir exatamente da mesma forma, o experimento anterior, porém, usando uma bola com “mais” massa.

6.5 – Em relação ao movimento da bola anterior: Alcançará menor ou igual altura? Qual a causa?

Resposta: Menor. Mais pesada, né?////Só que o peso ta diferente, né? A massa...Vai subir menos////Sim. A causa? A mesma. Categorias: 1 e 2

6.6 – A rapidez de seu movimento de descida será maior, menor ou igual ao da bola anterior? Qual a causa?

Resposta: Maior. ////Vai descer mais devagar, Porque ela está mais pesada, né////É. Categorias: sem.

a) Eliminando o atrito-

b) A relação entre as duas bolinhas-

7. Suponha a repetição do experimento nº 5, usando o mesmo impulso na bola. Porém, a cada arremesso, você diminui a inclinação do ângulo do plano em relação à horizontal.

7.1 – A cada arremesso, a bola percorrerá a mesma distância, ou irá cada vez mais longe?

Resposta: Ela vai cada vez mais longe. Razão? Quanto mais ela baixa para baixo, mais ela fica perto da horizontal, como se caindo num plano, né? (25:40?)

Categorias: sem

7.2 – Quando lançada na reta horizontal, não retorna. Por que pára? Qual a causa?

Resposta – Não. /////Acho que sim, vai terminar a força, né? (26:46?). Acho que pára em algum momento. Razão? A velocidade vai diminuindo, ai pára.////A resistência do ar. Ele vai resistindo à bolinha e ela diminuindo a velocidade.//// Sem atrito? Acho que pára, mas demora um pouquinho mais para parar. Razão? Ela....dependendo do peso da bolinha e da velocidade que eu impor na bolinha, ela vai parando assim, perdendo a velocidade. ////velocidade.//// A massa. Categorias: 1 e 2

8. “O movimento” dos corpos pode ser “medido”, quantificado?Resposta aberta

Resposta: Acho que sim. Categorias: 2

9. Suponha uma esfera rolando em um trilho. Conforme a figura.

9.1 - Supondo que você tenha de descrever, apresentar, de forma mais exata possível à outra pessoa o movimento da esfera. E que você disponha de três conjuntos de instrumentos ao seu dispor.

a) Sua capacidade de observação direta do fenômeno, lógica e raciocínio.

b) Instrumentos de medida que desejar: Cronometro fita métrica, relógio, etc. E raciocínio.

c) As equações matemáticas e raciocínio.

9.2 - Supondo que fosse possível realizar sua tarefa com apenas um desses conjuntos, qual você escolheria?

Resposta: três (equações matemáticas) Categorias: 3

9.3 - Supondo que fosse possível descartar um desses conjuntos, qual você descartaria?

Resposta: Um (Observação direta), se pudesse usar os três: Eu utilizaria. O raciocínio, a observação, e para confirmar se a conta a conta estava certa, as equações matemáticas e os instrumentos de medida. Categorias: 3

10. Para você, movimento existe sempre? Mesmo que você não o observe?

Resposta: Acho que se move mesmo eu não percebendo. Eu acho que (34:53?)/A gente percebe que a terra está girando? De cabeça para baixo? (35:10?)/É. Tu não percebe que ela está girando. Categorias: 1

5 - Estudante V. P.

1.Fale sobre movimento. (livre)

Resposta: Movimento? Tudo o que está ligado ao que fazemos. Tudo a nossa volta está em movimento, assim pra...a força imposta a um objeto pode movimentá-lo ou diminuir..Categoria 1

2. Identifique conceitos de física associados ao movimento. (lugar, espaço, força, aceleração, velocidade, etc.)

Resposta: Velocidade, força, massa, essas coisas assim? Força impressa, essas coisas assim/ ////Categorias: 1 e 3

3. No seu entendimento, como esses conceitos se relacionam?

Resposta: Não sei muito bem, mas, acho que uma força impressa numa, pode aumentar, diminuir uma velocidade. Acho que elas estão ligadas assim.///

Categorias: 1

4. Dois automóveis, A e B, deslocam-se (na mesma direção e sentido) em uma rodovia reta. Considere um observador (parado) em um posto de gasolina à beira da rodovia.

4.1 – Em relação ao posto, ou observador, os carros estão em movimento ou repouso? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: Em movimento. Porque eles estão se distanciando do posto. Eles estão indo a frente. //// Aceleração. A velocidade./// Sim. /// A aceleração. Categorias: sem

4.2 – Em relação ao carro B, o carro A está em repouso ou movimento? (Explique... Qual a causa?).

Resposta: O certo seria em movimento, mas eu acho que estão em repouso. . Eu não vou perceber que ele está se distanciando em relação um ao outro//// Em movimento. //// Porque mesmo um ao lado eles vão estar andando, não vão estar parados , para dizer que estão em repouso ou em movimento.///// Não. Em repouso. ////Porque eu olhando para o carro A, (7:00?)eu vou olhar para ele e vai parecer que está parado, assim.... Causa? Os dois estão com a mesma velocidade, acho, a mesma força. Se um carro estivesse com mais, ai pareceria que eles se distanciariam.//// (8:20?). Categorias: 2

5.– (colocada como resumo, extensão, tirar dúvida, etc.) No seu entendimento, para que exista movimento é sempre necessária uma causa que o produza? Ou pode ocorrer movimento que não precise de causa?

Resposta: Eu acho que sim. Precisa de uma causa. Pode ser causa natural? Ou eu não sei bem. Por exemplo: a terra, ela gira em torno de si mesma, só que ela, o que fazia ela girar é uma causa natural, eu acho. Se tu joga um objeto , ele vai por causa que tu empurrou ele com força. Categorias: 1

6. Você arremessa uma bola de metal para cima, em um plano inclinado (ver figura)

6.1 – Por que ela sobe? Qual a causa?

Resposta: A força que é impressa nela. //// Impressa na mão (10:40) Essa força faz ela subir. //// A força esta na mão e ai aplica na bolinha /// Sim. //// Categorias: 1

6.2 – Por que volta ao ponto de partida? Qual a causa?

Resposta: Ela vai parar. Vai descer de novo. //// Sim. Causa? A força que foi passada a ela acaba, quando ela subiu, faz ela voltar para seu lugar, de onde foi jogada. ///Sim. Categorias: 1

6.3 - A rapidez do movimento de subida é o mesmo da descida? Ou são diferentes? Qual a causa?

Resposta: Não. A descida vai ser mais rápida, acho. Causa? Ela vai pegar mais aceleração na descida do que na subida, acho. ////Sim. Categorias: 3

6.4 - Suponha que você consiga repetir exatamente da mesma forma, o experimento anterior, porém, usando uma bola com “mais” massa.

6.5 – Em relação ao movimento da bola anterior: Alcançará menor ou igual altura? Qual a causa?

Resposta: Menor altura. Causa? Força é a mesma?//// E La tem de ser uma força bem maior para poder chegar lá. /// Sim. Categorias: sem

6.6 – A rapidez de seu movimento de descida será maior, menor ou igual ao da bola anterior? Qual a causa?

Resposta: Vai ser mais rápido do que a outra, acho. A descida, por causa que ela vai ir menor distancia, ai ela ter menos tempo para voltar. Velocidade? Não. Acho que vai ser m pouquinho mais rápido. /// Isso. Porque ela vai demorar mais para ela descer. Vai ser a mínima coisa. Razão? Tem que comparar as duas ou não? //// (15:40.?) Mesmo se for alto, ela tem a mesma velocidade, mas na descida ela vai

pegar um pouquinho mais de velocidade. //// Acho que vai aumentar a velocidade dela na descida, mas ela vai pegar não muito mais, porque ela demora a pegar velocidade.////Comparando com a bolinha anterior? Não. A bolinha anterior vai subir mais rápido, mas essa aqui vai descer mais rápido.//// É que ela vai menos (16:14?). Ela vai demorar menos para descer. ////Ela vai menos.//// Desce mais rápido, as a velocidade dessa aqui (menos massa) é a mesma coisa.//// A menor velocidade é de mais massa, mas como ela está bem baixo, menor distancia do que a outra, vai chegar primeiro. //// Menor velocidade Categorias: 1

a) Eliminando o atrito? **b)** A relação entre as duas bolinhas

7. Suponha a repetição do experimento nº 5, usando o mesmo impulso na bola. Porém, a cada arremesso, você diminui a inclinação do ângulo do plano em relação à horizontal.

7.1 – A cada arremesso, a bola percorrerá a mesma distância, ou irá cada vez mais longe?

Resposta: Cada vez mais longe. //// Sim. /// Porque a força (19:45?). É a mesma?//// Porque quanto mais subida, mais força ela vai usar. E vai diminuir a distancia. ////. Então é mais longe.(19:57?). Categorias: 2

7.2 – Quando lançada na reta horizontal, não retorna. Por que pára? Qual a causa?

Resposta: Não. Ela vai seguir em frente até....Causa? Não tem pra tirar ela da reta. Ela vai seguir, a ser que tenha uma força oposta que atrapalhe. Enquanto não tiver nada. //// Se não tiver nada que a pare, não, ela vai seguir. Se não tiver atrito, nada, ela seguir até....////. Ela não pára, mas se ela estiver num lugar que haja atrito, por exemplo, a velocidade vai acabando, ela vai parar.////. Sim. //// Causa? Atrito. Categorias: 2

8. “O movimento” dos corpos pode ser “medido”, quantificado?

Resposta: Sim. Acho que sim. Se é por distancia, se é por tempo.//// Categorias: 2

9. Suponha uma esfera rolando em um trilho. Conforme a figura.

9.1 - Supondo que você tenha de descrever, apresentar, de forma mais exata possível à outra pessoa o movimento da esfera. E que você disponha de três conjuntos de instrumentos ao seu dispor.

a) Sua capacidade de observação direta do fenômeno, lógica e raciocínio.

b) Instrumentos de medida que desejar: Cronometro fita métrica, relógio, etc. E raciocínio.

c) As equações matemáticas e raciocínio.

9.2 - Supondo que fosse possível realizar sua tarefa com apenas um desses conjuntos, qual você escolheria?

Resposta: Dois (instrumentos de medidas). Eu iria fazer o experimento, medir, medir o tempo e depois, eu iria raciocinar para entender o que aconteceu, raciocínio. CATEGORIAS: 2

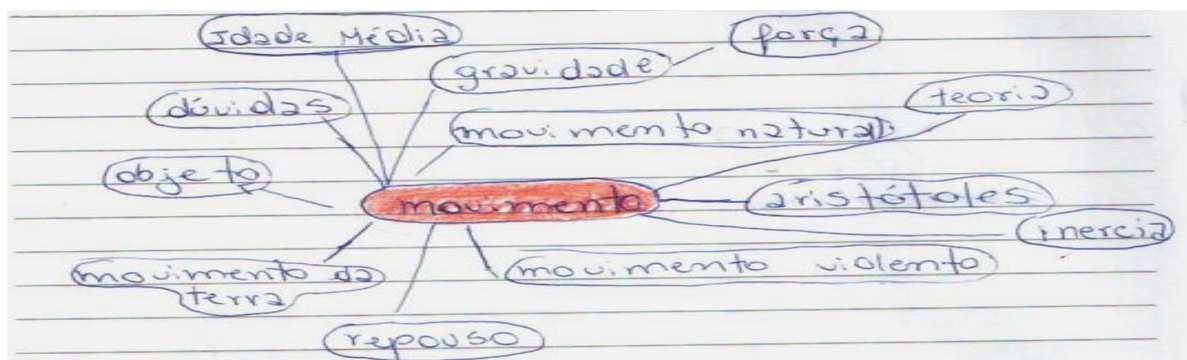
9.3 - Supondo que fosse possível descartar um desses conjuntos, qual você descartaria?

Resposta: O último (equações matemáticas)./// Eu acho que não são usadas, sei lá, medir tempo assim, (26:18?)////Por mim, nesse instrumento, eu eliminaria o 1 (observação direta)./// Sim. Porque a matemática precisa igual (27:03?)//// O dois e o três. /// Usaria o dois para fazer medida, raciocinar, usaria as equações matemáticas para o resultado final. Categoria 2 e 3

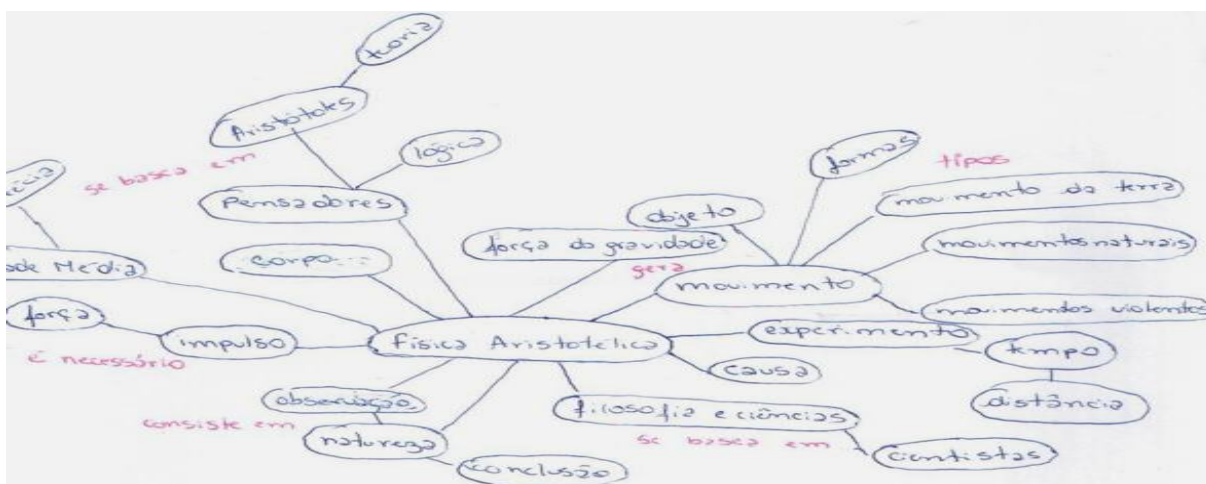
10. Para você, movimento existe sempre? Mesmo que você não o observe?

Resposta: Não. (não precisaria observar). /// O movimento da Terra é um exemplo: Eu não vejo que eu estou me movendo. Mas o movimenta está acontecendo.//// Eu penso (29:33?). Acho que não. ////Sim///// Acho que não. Categorias: 1

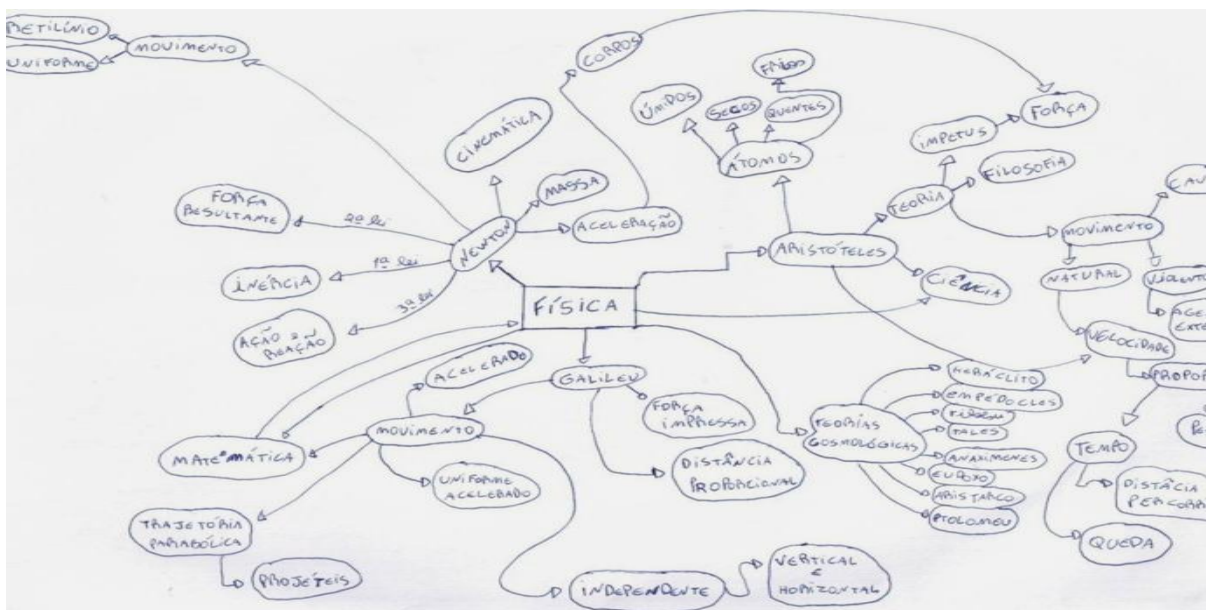
APÊNDICE G - Exemplos de mapas conceituais produzidos durante a aplicação da proposta.



Fase inicial



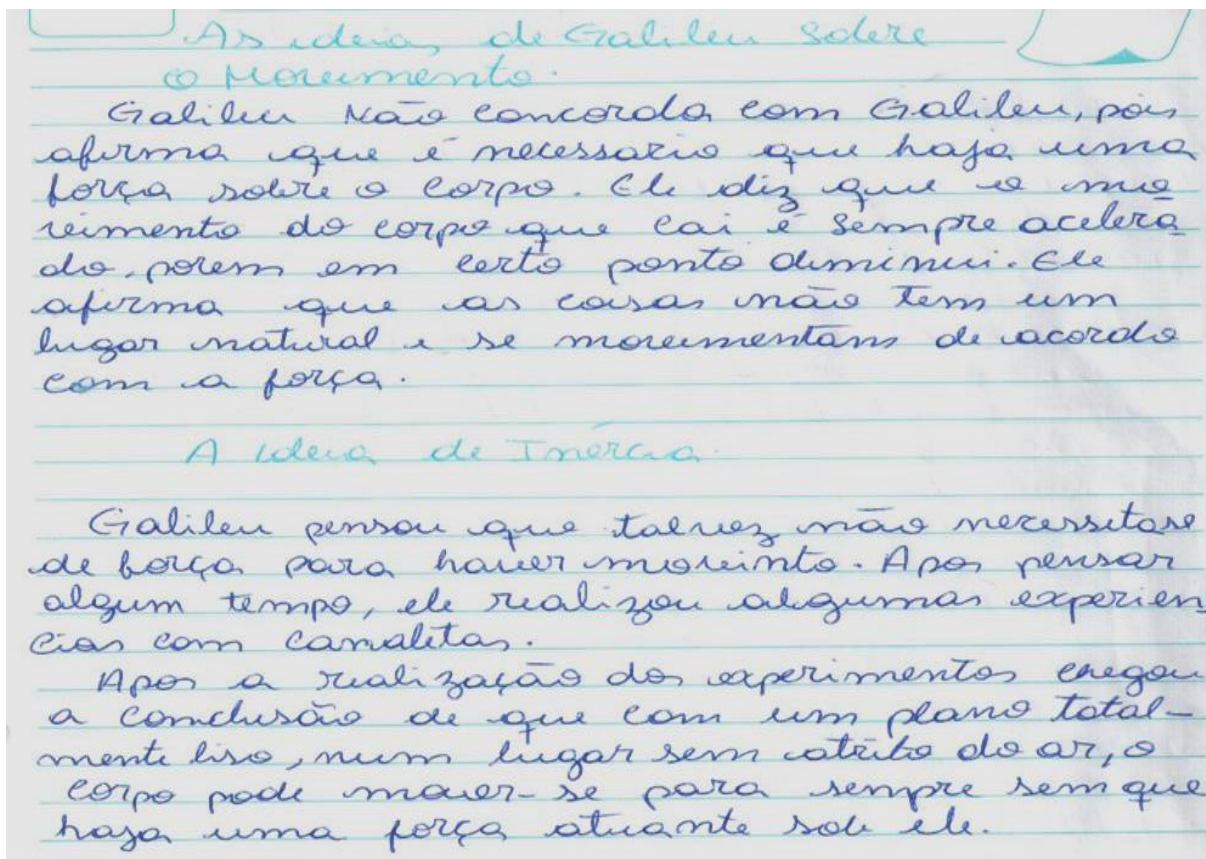
Fase intermediária



Fase final

Fonte: do autor, 2014

APÊNDICE H – Exemplo de texto produzido durante a aplicação da proposta



Fonte: do autor, 2014

APÊNDICE I – Imagens de atividades desenvolvidas durante a aplicação da proposta

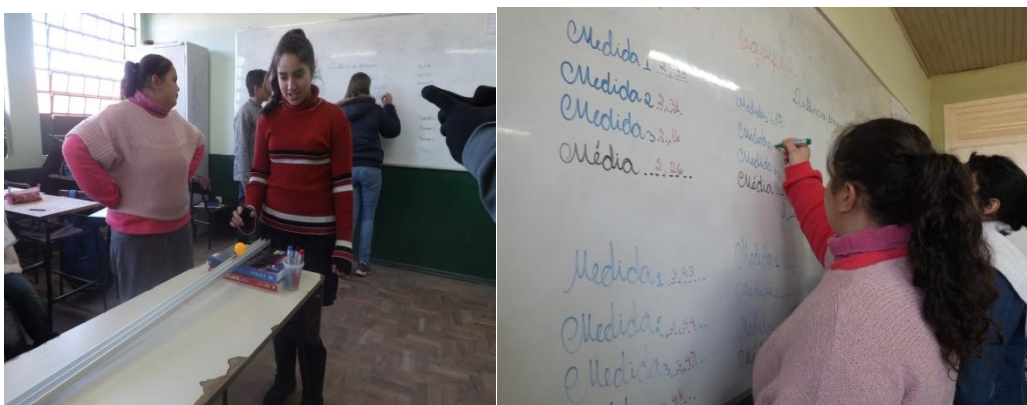


Ensino sob Medida – Instrução pelos colegas. Produção de resumo – resenhas.



Atividades experimentais.

Atividades experimentais.



Atividades experimentais. Organização de dados experimentais.



Discussão de dados experimentais.



Trabalho em equipe nas atividades.



Trabalho em equipe nas atividades

Fonte das imagens: do autor, (2014)

ANEXO A - Termo de autorização

Hulha Negra, RS, Março de 2014.

Prezado (a) Senhor (a);

Realizo como parte de meu curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) uma investigação intitulada: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA CENTRADA NA HISTÓRIA DA CIENCIA E EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD.

Solicito sua autorização para entrevistar seu (sua) filho (a) ou enteado (a) em função da participação na turma 101, onde desenvolvo as atividades do mestrado, e para divulgar os resultados (som, imagem e escrita), da pesquisa em encontros acadêmicos ou científicos. Como é usual em pesquisas desse tipo, o nome da instituição e das pessoas colaboradoras será mantido em total sigilo, ou seja, não serão mencionados no relatório final, nem em artigos que possam vir a ser publicados em encontros ou periódicos.

Lembro que a participação na pesquisa é voluntária, podendo encerrar-se no momento em que assim desejar. Cabe-lhe também o direito de fazer perguntas sobre a pesquisa e conhecer os resultados dela.

Contando com sua anuência, agradeço sua colaboração.

José Ciríaco Silva Dutra
Mestrando do Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Ciências

Autorizo a gravação de entrevista com o (a) estudante: _____, bem como a divulgação dos resultados da pesquisa, que têm por objetivo investigar o impacto das atividades desenvolvidas no projeto de mestrado: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA CENTRADA NA HISTÓRIA DA CIENCIA E EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD.

Assinatura do (a) responsável:

Escola: E. E. E. M. Manoel Lucas de Oliveira, Hulha Negra, RS.