



HELENO PAULO FIALHO

**DO MOVIMENTO ÀS FORÇAS DE INÉRCIA:
UMA ABORDAGEM DA MECÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO**

LAVRAS – MG

2018

HELENO PAULO FIALHO

**DO MOVIMENTO ÀS FORÇAS DE INÉRCIA:
UMA ABORDAGEM DA MECÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva

Orientador

Prof.^a Dra. Iraziet da Cunha Charret

Coorientadora

LAVRAS – MG

2018

**Ficha Catalográfica preparada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Fialho, Heleno Paulo.

Do Movimento às Forças de Inércia : Uma Abordagem da
Mecânica para o Ensino Médio / Heleno Paulo Fialho. – 2018.
174 p. : il.

Orientador(a): Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva.

Coorientador(a): Iraziet da Cunha Charret.

Dissertação(mestrado profissional)–Universidade Federal
de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1.Ensino de Física. 2.Forças Fictícias. 3.Dinâmica. I.Silva,
Antonio dos Anjos Pinheiro da. II.Charret, Iraziet da Cunha.
III. Título.

HELENO PAULO FIALHO

**DO MOVIMENTO ÀS FORÇAS DE INÉRCIA: UMA ABORDAGEM DA MECÂNICA
PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

APROVADA em 08/10/2018.

Prof.^a Dra. Cristiana Schmidt de Magalhães – UNIFAL
Prof.^a Dra. Rosana Maria Mendes – UFLA

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Orientador

Prof.^a Dra. Iraziet da Cunha Charret
Co-Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pelas inúmeras bênçãos que concedeu em minha vida.

Obrigado meu Deus por me dar tudo o que tenho: a família, os amigos e o conhecimento.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciências Exatas, pela oportunidade.

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

À diretoria da Escola Estadual Santo Tomaz de Aquino, pelo apoio, incentivo e compreensão ao produzir um horário que favorecesse a minha participação em todas as atividades do mestrado.

Ao professor Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva, pela amizade, orientação, paciência e disposição para ajudar.

À professora Iraziet da Cunha Charret, pela coorientação, paciência e disposição para ajudar

A todos os colegas e amigos do mestrado profissional em Ensino de Física, especialmente ao Richard pela amizade e disposição para ajudar.

Agradeço a todos os colegas de classe: Rogério, Cinara, Maria Emília e César, que em muitos momentos difíceis, apoiaram-me, e nos momentos felizes também se alegram comigo. A eles fica meu eterno agradecimento e gratidão pela amizade.

[...] A todos os funcionários do DEX/UFLA.

Aos meus pais Vicente e Clarice pelo amor e apoio incondicional, em todas as minhas decisões nas diferentes etapas de minha vida e aos meus irmãos Edileno e Evileno.

À Luzia, pelo companherismo, amor, apoio em todos os momentos e singular torcida.

Enfim, agradeço a todos que participaram de minha caminhada diretamente ou indiretamente. A todos os professores da UFLA, fica a minha gratidão, pela amizade, carinho, compreensão e principalmente pelo conhecimento transmitido.

MUITO OBRIGADO!

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e os humildes” (Cora Coralina).

RESUMO

O presente trabalho envolve a produção, desenvolvimento e análise de uma Sequência Didática, composta de dez aulas de 50 minutos, baseada em atividades investigativas, contemplando o conteúdo básico da Mecânica, para a primeira série do Ensino Médio. A Sequência Didática foi construída na perspectiva de que os alunos sejam levados à construção de conceitos e a formulação de leis pertinentes a Cinemática e a Dinâmica. Na parte final da Sequência Didática é feita uma abordagem qualitativa dos referenciais acelerados e das forças de inércia, conteúdos que normalmente não são explorados em sala de aula. Portanto nosso objetivo de pesquisa é Investigar, na perspectiva de uma pesquisa qualitativa, se a sequência didática proposta baseada em atividades investigativas contribuí, de forma significativa, tanto para o desenvolvimento dos conteúdos da Mecânica quanto para a inserção, do ponto de vista qualitativo, do tema relacionado às forças de inércia. A Sequência Didática desenvolvida faz uso de diversas ferramentas pedagógicas, como produção e elaboração de roteiros de vídeos, atividades experimentais, leitura de texto e atividades em grupos. O desenvolvimento da sequência didática ocorreu durante o período regular de aula em turmas do primeiro ano do Ensino Médio, no turno da manhã. A construção das aulas que compõem a Sequência Didática foi amparada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e o produto educacional desenvolvido encontra-se em anexo, constando de um manual para o professor e material para o estudante, contendo as atividades propostas que podem ser realizadas.

Palavras-chave: Ensino de Física. Sequência Didática. Movimento. Forças. Referenciais Acelerados.

ABSTRACT

The present work involves the production, development and analysis of a Didactic Sequence, composed of ten classes of 50 minutes, based on investigative activities, contemplating the basic content of the Mechanics, for the first grade of High School. The Didactic Sequence was constructed in the perspective of the students being led to the construction of concepts and the formulation of laws pertinent to Kinematics and Dynamics. In the final part of the Didactic Sequence is made a qualitative approach to of the accelerated references and the forces of inertia, contents that are not normally explored in the classroom. Therefore, our research objective is to investigate, in the perspective of a qualitative research, if the proposed Didactic Sequence based on investigative activities contributes, in a significant way, both to the development of the contents of the Mechanics and to the insertion, from the qualitative point of view, of the related to the forces of inertia. The Didactic Sequence developed makes use of several pedagogical tools, such as production and elaboration of video scripts, experimental activities, reading of text and activities in groups. The development of the Didactic Sequence occurred during the regular period of class in classes of the first year of high school, in the morning shift. The construction of the classes that make up the didactic sequence was supported in the three pedagogical moments of Delizoicov and the educational product developed is attached, consisting of a manual for the teacher, and material for the student, containing the proposed activities that can be performed.

Keywords: Physics Teaching. Didactic Sequence. Movement. Forces. Accelerated Referential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1 – Estudantes respondendo as questões do texto	44
Figura 7.2 – Estudantes realizando experiência da aula 4 para a construção do conceito de força.	49
Figura 7.3 – Respostas do grupo 1 para as questões da quinta atividade.	53
Figura 7.4 – Respostas do grupo 2 para as questões da quinta atividade.	53
Figura 7.5 – Respostas do grupo 3 para as questões da quinta atividade.	54
Figura 7.6 – Respostas do grupo 4 para as questões da quinta atividade.	54
Figura 7.7 – Respostas do grupo 5 para as questões da quinta atividade.	55
Figura 7.8 – Respostas do grupo 6 para as questões da quinta atividade.	55
Figura 7.9 – Respostas do grupo 7 para as questões da quinta atividade.	56
Figura 7.10 – Respostas do grupo 8 para as questões da quinta atividade.	56
Figura 7.11 – Estudantes realizando experiência da aula 6 – Construindo conceito de força elástica.	66
Figura 7.12 – Estudantes realizando experiência da aula 6 – Construindo conceito de tração.	68
Figura 7.13 – Estudantes realizando experiência aula 7 – Construindo conceito de força de atrito atuando no plano inclinado.	75
Figura 7.14 – Estudantes realizando experiência aula 7 – Construindo conceito de força de atrito atuando no plano inclinado.	78
Figura 7.15 – Estudantes participando das atividades da aula 10 – Construindo conceito de força de inércia.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 – Estrutura das aulas que foram abordadas na pesquisa.	33
Tabela 7.1 – Primeiras Categorias criadas.	38
Tabela 7.2 – Concepções dos estudantes sobre situações que envolvem movimento ou repouso referente às imagens projetadas.	38
Tabela 7.3 – Respostas dos estudantes sobre o conceito de referencial e sua importância na análise do movimento – Questão 1	45
Tabela 7.4 – Categorias de alunos que definiram o referencial com base no texto de apoio.	45
Tabela 7.5 – Respostas dos estudantes para o fato de um corpo estar em movimento e repouso ao mesmo tempo – Questão 2.	46
Tabela 7.6 – Categorias para análise das questões 1, 2 e 3 da quarta atividade.	48
Tabela 7.7 – Respostas dos grupos relativas à questão 1.	49
Tabela 7.8 – Respostas dos grupos para a situação considerada na questão 2.	50
Tabela 7.9 – Respostas dos estudantes sobre direção e sentido do movimento da caixinha – Questão 3.	51
Tabela 7.10 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a quinta atividade.	57
Tabela 7.11 – Tabela construída após análise dos desenhos dos estudantes à atividade da aula 5: construindo o conceito de força em um corpo.	57
Tabela 7.12 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a sexta atividade.	58
Tabela 7.13 – Respostas dos grupos para as questões da sexta aula propostas após a atividade I.	59
Tabela 7.14 – Respostas dadas pelos grupos às questões propostas após a atividade II.	61
Tabela 7.15 – Respostas dadas pelos grupos às questões propostas após a atividade III.	64
Tabela 7.16 – Respostas dadas pelos grupos às questões propostas após a atividade IV.	67
Tabela 7.17 – Respostas dadas pelos grupos à questão I da sétima atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II.	69
Tabela 7.18 – Análise das respostas dos estudantes associadas a atividade um da aula sete: construindo o conceito de força no cotidiano dos alunos.	70
Tabela 7.19 – Respostas dadas pelos grupos à questão II da sétima atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II.	71
Tabela 7.20 – Perfil das respostas dos estudantes associadas à atividade dois da aula 7 – construindo o conceito de força com os alunos.	72

Tabela 7.21 – Respostas dadas pelos grupos à questão III da sétima atividade: forças no cotidiano dos alunos – Parte II.	73
Tabela 7.22 – Perfil das respostas dos estudantes, associadas a atividade três da aula 7 – Construindo o conceito de força com os alunos.	73
Tabela 7.23 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a oitava atividade. . .	76
Tabela 7.24 – Respostas dos alunos para a atividade da aula 8 sobre Movimento Retilíneo Uniforme.	76
Tabela 7.25 – Respostas dos estudantes associadas a atividade da aula 8 – construindo o conceito de Movimento Uniforme.	77
Tabela 7.26 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a nona atividade. . .	79
Tabela 7.27 – Respostas para a atividade da aula 9, relativas ao conceito de aceleração. . .	79
Tabela 7.28 – Respostas dos estudantes associadas a atividade da aula 9 – construindo o conceito de aceleração.	80
Tabela 7.29 – Respostas para os itens (a), (b) e (c) da décima atividade – Forças de inércia.	83
Tabela A.1 – Livros didáticos	97

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	23
4.1	A Escola	23
4.1.1	O tema de pesquisa nos livros didáticos	23
4.2	Metodologia de Ensino	24
4.2.1	Utilização de vídeos no Ensino de Física	25
4.2.2	Atividades de leitura em Grupos no Ensino de Física	26
4.2.3	Atividades Experimentais no Ensino de Física	27
4.2.4	Atividades em grupos no Ensino de Física	28
5	NATUREZA DA PESQUISA	30
6	PRODUTO EDUCACIONAL	32
6.1	Produto Educacional – Parte do Professor	32
6.1.1	Estrutura da Sequência Didática	33
6.2	Produto Educacional – Parte do Estudante	35
7	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DAS ATIVIDADES	36
7.1	Primeira Atividade: Apresentação do projeto e orientações	36
7.2	Segunda Atividade: Problematizando a questão do movimento	37
7.3	Terceira Atividade: Consolidando os conceitos de movimento e referencial mediante a leitura e discussão de um texto de apoio	43
7.4	Quarta Atividade: Construir o conceito de força e de força resultante	48
7.5	Quinta Atividade: Construindo o conceito de força – Parte II	52
7.6	Sexta Atividade: Identificando forças – Parte I	58
7.7	Sétima Atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II	68
7.8	Oitava Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte I	75
7.9	Nona Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte II	78
7.10	Décima Atividade: Identificando a presença das forças de inércia ou forças fictícias no movimento	81

8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
	REFERÊNCIAS	91
A	O tema nos livros didáticos	94
B	Produto educacional: Do Movimento às Forças de Inércia: Uma Abordagem da Mecânica para o Ensino Médio	100

1 INTRODUÇÃO

A motivação para a realização deste trabalho vem da experiência dos 13 anos em que ministrei a disciplina de Física nas escolas públicas e também pelo desejo pessoal de estar sempre procurando aperfeiçoar e renovar minha prática educacional. Percebi que, como professor, eu seguia o padrão vigente em que o Ensino de Física é desenvolvido na forma tradicionalista, utilizando apenas o livro didático, quadro-giz e aulas expositivas recheadas de exercícios de fixação. Não havia em meu planejamento a inserção de atividades de qualquer natureza que pudessem tornar as aulas mais interessantes para os estudantes. Foi refletindo sobre essa prática docente que decidi me reinventar. Era preciso procurar novas estratégias que fizessem mais sentido à minha maneira de ensinar os conteúdos de Física, tornando as aulas atraentes e mais próximas da realidade de nossos alunos.

Os documentos oficiais que regulamentam o ensino a educação no Brasil, vêm nos alertando pela busca à reflexão de nossa postura em sala de aula:

A falta de sintonia entre realidade escolar e necessidades formativas reflete-se nos projetos pedagógicos das escolas, frequentemente inadequados, raramente explicitados ou objeto de reflexão consciente da comunidade escolar. A reflexão sobre o projeto pedagógico permite que cada professor conheça as razões da opção por determinado conjunto de atividades, quais competências se busca desenvolver com elas e que prioridades norteiam o uso dos recursos materiais e a distribuição da carga horária. Permite, sobretudo, que o professor compreenda o sentido e a relevância de seu trabalho, em sua disciplina, para que as metas formativas gerais definidas para os alunos da escola sejam atingidas. Sem essa reflexão, pode faltar clareza sobre como conduzir o aprendizado de modo a promover, junto ao alunado, as qualificações humanas pretendidas pelo novo ensino médio (BRASIL, 2002, p.9).

Durante os anos que venho lecionando, tenho percebido que os estudantes apresentam dificuldades em compreender a importância da escolha ou da definição de um referencial na análise do movimento de um determinado corpo. Tal conceito é fundamental no desenvolvimento da Cinemática. O referencial é um ente (corpo, objeto ou lugar) a partir do qual as observações (medidas) são realizadas. Portanto, ao mudar o referencial, mudamos nossa percepção. Os referenciais são classificados em referenciais inerciais ou não inerciais (acelerados). No primeiro caso, as leis de Newton são preservadas, ou seja, permanecem invariantes do ponto de vista de um outro referencial que seja inercial em relação ao referencial original. No segundo caso, quando o movimento é analisado do ponto de vista de um referencial acelerado, as leis de Newton são modificadas, isto é, são acrescentadas de um termo extra que, historicamente, foi denominado de força de inércia ou força fictícia.

Inserir esse tema no contexto da Mecânica, na realidade de minha sala de aula, foi um dos desafios do presente trabalho. Por ser um conteúdo que não era do meu planejamento nem de domínio de meu conhecimento, não abordá-lo por estas limitações iriam de encontro ao discurso do professor reflexivo, que em seu planejamento, deve incorporar fatos e fenômenos que sejam do cotidiano de seus alunos.

Inicialmente fizemos um levantamento do tema forças de inércia nos livros didáticos do Ensino Médio percebendo que ele era pouco discutido, resumido na maioria das vezes a uma breve descrição ou recomendado como leitura complementar. Em seguida, procuramos averiguar como esse conteúdo aparecia nos artigos, teses e dissertações, verificando que o tema é pouco explorado no meio acadêmico, principalmente quando relacionado ao Ensino Médio. Diante deste cenário, percebemos que o tema possuía potencial para ser explorado e que poderia ser incorporado a uma proposta de ensino envolvendo conteúdos básicos da Mecânica para a primeira série do Ensino Médio.

Assim propusemos uma Sequência Didática numa perspectiva em que os alunos fossem levados à construção de conceitos e à formulação de leis pertinentes à Cinemática e à Dinâmica. Por questões de simplicidade e evitando uma matematização excessiva, apresentamos na parte final da proposta uma abordagem qualitativa dos referenciais acelerados e das forças de inércia – conteúdos que normalmente não são explorados em sala de aula.

A Sequência Didática desenvolvida fez uso de diversas ferramentas pedagógicas, como produção e elaboração de roteiros de vídeos, atividades experimentais, leitura de texto e atividades em grupo. O desenvolvimento da Sequência Didática ocorreu durante o período regular de aula em turmas do primeiro ano do Ensino Médio, no turno da manhã, em uma escola estadual na cidade de Divinópolis-MG. A construção das aulas que compõem a Sequência Didática foi amparada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, que serão descritos ao longo da dissertação.

Nos próximos capítulos (3 e 4) são apresentados o referencial teórico, a metodologia de desenvolvimento utilizada na construção da sequência didática e a metodologia de pesquisa utilizada para analisar os resultados do trabalho. No capítulo 6 apresentamos o produto educacional, contendo a parte do professor e a sequência didática das aulas. No capítulo 7 são descritas todas as atividades realizadas em sala de aula durante a sequência didática, juntamente com a análise das aulas, onde os autores procuraram verificar, através de sua percepção e análise, se os objetivos almejados no início desta dissertação foram alcançados e se estavam em consonância

com o referencial teórico adotado na pesquisa. No capítulo 8 apresentaremos as considerações finais do trabalho e, finalmente, as referências.

No apêndice A apresentamos um pequeno levantamento literário de como o tema das forças de inércia é apresentado nos livros didáticos do PNLD 2015, enquanto o apêndice B disponibiliza o Produto Educacional.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar, na perspectiva de uma pesquisa qualitativa, se a sequência didática proposta, baseada em atividades investigativas contribui, de forma significativa, tanto para o desenvolvimento dos conteúdos da mecânica quanto para a inserção, do ponto de vista qualitativo, do tema relacionado às forças de inércia.

2.2 Objetivos específicos

Para alcançar nosso objetivo geral nesta sequência didática, foram elaborados alguns objetivos específicos que nortearam o seu desenvolvimento:

- Construir junto aos estudantes os conceitos de movimento, repouso e referencial.
- Construir junto aos estudantes os conceitos de força, velocidade e aceleração.
- Desenvolver com os estudantes uma sequência didática, na perspectiva qualitativa, com o uso de várias estratégias de ensino, procurando situações onde as forças de inércia se manifestam no cotidiano dos mesmos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O primeiro contato do estudante no Ensino Médio com a disciplina de Física, geralmente ocorre por meio da Mecânica, grande área responsável pelo estudo do movimento dos corpos. Dentro desse amplo tópico podemos destacar as subáreas da Cinemática, Dinâmica, Estática, Hidrostática e Hidrodinâmica, cada uma com as suas especificidades. A Cinemática, por exemplo, dedica-se apenas a descrever os movimentos, sem levar em consideração a sua gênese. Quando desejamos investigar a origem dos movimentos ou elucidar as situações de equilíbrio, entramos no domínio da Dinâmica, um ramo da Mecânica fortemente sedimentado em um conjunto de leis, conhecidas como As Leis de Newton.

A permanência ou não da Cinemática na estrutura da Mecânica tem sido objeto de discussões. Gaspar (1994), por exemplo, é um dos autores a favor da permanência da Cinemática, argumentando que a própria história da Física se inicia a partir do estudo dos movimentos, evidenciando sua importância histórica no desenvolvimento dessa ciência. Além disso, o autor destaca que um fator contribuinte para a importância da Cinemática no Ensino Médio é o elo que ela estabelece com a Matemática, dando sentido às funções de primeiro e segundo grau presentes nas equações de movimento. A parte relacionada às críticas do autor está direcionada à maneira como a Cinemática é explorada nos livros didáticos. Para ele, os livros de Ensino Médio estão demasiadamente carregados de problemas repetitivos, distantes do cotidiano dos alunos e somados ainda à presença de muitos conceitos irrelevantes. Por outro lado, a falta de qualidade do livro didático apontado por Gaspar (1994) não deve servir de argumento para a erradicação do estudo da Cinemática na disciplina de Física no Ensino Médio.

Em outra perspectiva, Menezes (1993) é um dos autores que defendem a supressão do ensino da Cinemática, no Ensino Médio, argumentando que a mesma não é fundamental à compreensão de outros conceitos e definições na Física. O autor também aponta que o tempo extremamente longo dedicado ao estudo da Cinemática, tanto no Ensino Médio como nas últimas séries do Ensino Fundamental, reduz o tempo disponível para o estudo de outras áreas da Física. Outro ponto destacado relaciona o fato da Cinemática estar vinculada a uma matemática precoce chamando mais atenção para o instrumental que para a compreensão do mundo natural no Ensino Médio.

Independente dessa polarização em torno da Cinemática acredita-se que o professor, antes de tudo, possa ser um crítico de sua prática e de seu próprio planejamento.

Na literatura muitos autores destacam a importância da reflexão de professores em sua prática docente, avaliando sua metodologia de trabalho em sala de aula e adequando-se aos novos tempos, por exemplo Garrido e Brzezinski (2008).

De acordo com Libâneo (2000), sobre a reflexão de professores,

a tendência investigativa mais recente e mais forte é a que concebe o ensino como atividade reflexiva. Trata-se de um conceito que perpassa não apenas a formação de professores como também o currículo, o ensino, a metodologia de docência. A idéia é a de que o professor possa "pensar" sua prática, ou em outros termos, que o professor desenvolva a capacidade reflexiva sobre sua própria prática. Tal capacidade implicaria por parte do professor uma intencionalidade e uma reflexão sobre seu trabalho (LIBÂNEO, 2000, p. 41).

A ideia de professor reflexivo fundamenta-se na consciência da habilidade de pensamento-reflexão que determina o ser humano como criativo e não como simples repetidor de ideias e prática externas. E sobre a capacidade reflexiva Alarcão (2005) afirma que,

se a capacidade reflexiva é inata no ser humano, ela necessita de contextos que favoreçam o seu desenvolvimento, contextos de liberdade e responsabilidade. É repetidamente afirmado, nos estudos em que o fator da reflexão é tido em consideração, a dificuldade que os participantes revelam em pôr em ação os mecanismos reflexivos, sejam eles crianças, adolescentes ou adultos. É preciso vencer inércias, é preciso vontade e persistência. É preciso fazer um esforço grande para passar do nível meramente descritivo ou narrativo para o nível em que se buscam interpretações articuladas e justificadas e sistematizações cognitivas (ALARCÃO, 2005, p. 48-49).

Freire (1996) aborda a importância da reflexão crítica, que o professor pode fazer da prática sobre a teoria e vice-versa.

Por isso é que, na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática, é pensando criticamente a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática. O próprio discurso teórico, necessário à reflexão crítica, tem de ser de tal concreto que quase se confunda com a prática. O seu "distanciamento" epistemológico da prática enquanto objeto de sua análise, deve dela "aproximá-lo" ao máximo. Quanto melhor faça esta operação tanto mais inteligência ganha da prática em análise e maior comunicabilidade exerce em torno da superação da ingenuidade pela rigorosidade (FREIRE, 1996, p. 18).

O desafio atual para o professor reflexivo é ajudar a desenvolver nos estudantes, não só a capacidade de trabalho autônomo e colaborativo, como também de desenvolver o seu espírito crítico. Isto é, procurar fazer com que eles se desenvolvam através do confronto de ideias, ouvindo o outro, e também através do processo de autoavaliação. Tudo isso somente será possível se for construído um ambiente de diálogo, compreensão e de aceitação.

No decorrer de sua prática o professor planeja muitas atividades para que o estudante consiga compreender aquilo que está sendo ensinado. Conteúdos, objetivos, avaliações são alguns pontos com os quais o professor pode se preocupar ao organizar suas aulas. É na sala de aula que o professor coloca em ação as atitudes que foram planejadas. Neste contexto, as estratégias utilizadas tornam-se mais evidentes, caracterizando assim sua atuação enquanto docente. Diante disso, Menegolla (2001) destaca alguns pontos que evidenciam a importância do planejamento para a atuação do professor:

- O planejamento ajuda o professor a definir os objetivos que atendam os reais interesses dos alunos;
- Possibilita ao professor selecionar e organizar os conteúdos mais significativos para seus alunos;
- Facilita a organização dos conteúdos de forma lógica, obedecendo a estrutura da disciplina;
- Ajuda o professor a selecionar os melhores procedimentos e os recursos, para desencadear um ensino mais eficiente, orientando o professor no como e com que deve agir;
- Ajuda o professor a agir com maior segurança na sala de aula;
- O professor evita a improvisação, a repetição e a rotina no ensino;
- Facilita uma maior integração com as mais diversas experiências de aprendizagem;
- Facilita a integração e a continuidade do ensino;
- Ajuda a ter uma visão global de toda a ação docente e discente;
- Ajuda o professor e os alunos a tomarem decisões de forma cooperativa e participativa (MENEGOLLA, 2001, p. 6).

Deste modo, a compreensão que o professor apresenta sobre o seu planejamento, torna-se importante em sua atuação em sala de aula, uma vez que esta prática pode influenciar de muitas maneiras o aprendizado dos estudantes. Foi refletindo e objetivando uma mudança de postura que o proponente deste trabalho, enquanto educador, procurou desenvolver uma sequência didática, tendo como aporte teórico o uso das atividades investigativas, que, segundo Azevedo (2004) podem ser identificadas como sendo qualquer atividade na qual o estudante participe de um processo de investigação na resolução de um problema (manipulando, observando, refletindo, discutindo, explicando ou relatando). Ainda de acordo com Azevedo (2004),

utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações (AZEVEDO, 2004, p. 22).

Portanto, o professor como mediador do ensino investigativo pode utilizar-se de diferentes estratégias investigativas em sua prática, pois cada turma apresenta situações específicas, sem deixar de lado as questões metodológicas e conceituais. Em uma atividade investigativa os papéis do professor e do estudante se modificam em relação ao ensino tradicionalista. O professor deixa de ser transmissor e detentor do saber, papel clássico em uma aula expositiva, tornando-se orientador da aprendizagem, auxiliando o estudante na construção do conhecimento; e o aluno deixa de ser um simples espectador, tornando-se atuante e construtor de sua aprendizagem, refletindo, discutindo e relatando, dando à sua atividade um caráter científico.

Pensando assim, utilizando-se desta estratégia metodológica, poderá se considerar que o ensino torna-se centrado no aluno, ao contrário do ensino tradicional que é centrado no professor. Por outro lado, Carvalho et al. (1998), destacam a necessidade de se criar nas aulas um ambiente propício para a aprendizagem.

Em cada uma de nossas aulas, se quisermos realmente que nossos alunos aprendam o que ensinamos, temos de criar um ambiente intelectualmente ativo que os envolva, organizando grupos cooperativos e facilitando o intercâmbio entre eles. A função do professor será a de sistematizar os conhecimentos gerados, não no sentido de “dar a resposta final”, mas de assumir o papel de crítico da comunidade científica, assim, quando os alunos apresentam soluções incorretas, o professor deve argumentar com novas ideias e contra-exemplos (CARVALHO et al., 1998, p. 16-17).

As atividades de ensino com caráter investigativo podem iniciar-se com a proposição de situações problema com a finalidade de provocar e estimular nos estudantes discussões, principalmente em grupos a fim de que troquem ideias, utilizando seus conhecimentos prévios na busca de uma possível solução. Conforme Carvalho (2013), “[...] o problema e os conhecimentos prévios – espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema” (CARVALHO, 2013, p. 7).

Neste trabalho, fez-se uso de várias estratégias de ensino como: atividades experimentais, atividades em grupo, uso de recursos audiovisuais e atividades de leitura de texto. No conjunto de aulas que compõem a Sequência Didática (SD) foi utilizado como método de ensino os três momentos pedagógicos de Delizoicov (1991), que vêm sendo empregados em vários projetos de ensino e que, posteriormente, serão descritos. Nestas atividades, em grupos, os estudantes, puderam ter contato e manusear materiais simples e de fácil acesso.

Para construir a Sequência Didática proposta incorporando as forças de inércia pensou-se em conteúdos relacionados ao movimento dos corpos, referencial, noção e formalização dos

conceitos de força, velocidade, aceleração e o princípio fundamental da Mecânica. Assim, nas diferentes etapas da pesquisa os estudantes foram envolvidos tanto com conteúdos da Cinemática quanto da Dinâmica, de uma forma integrada.

Na literatura buscou-se trabalhos que estivessem relacionados a este e voltados para o público do Ensino Médio. Em artigos, dissertações e teses encontradas, constatou-se propostas para o Ensino Superior, envolvendo conceitos relacionados à inércia, movimento na concepção aristotélica, Leis de Newton, referenciais inerciais e referenciais acelerados. Em geral percebeu-se que estes trabalhos apresentavam formulações matemáticas que estavam em um patamar superior e que precisariam de adaptações para serem trabalhados no Ensino Médio.

Por exemplo, Gardelli (2010) discute em seu trabalho a origem das forças fictícias, que aparecem em referenciais não-inerciais, tanto em um movimento de translação acelerado quanto no movimento de rotação. Este trabalho é voltado para as discussões entre as ideias de Newton e Ernst Mach (1838-1916), que apresentam severas críticas à função atribuída ao espaço absoluto por Newton. Embora o artigo não tenha sido escrito para um público do Ensino Médio, sua leitura é recomendável para o professor que deseja ampliar seu conhecimento sobre a natureza das forças fictícias. Neste trabalho fez-se uma discussão qualitativa, na aula 10, das forças de inércia tanto no movimento de translação como no de rotação.

Severo (2016), em sua dissertação de mestrado, apresenta uma Proposta para o Ensino de Referenciais Não Inerciais com Simuladores Computacionais. Neste trabalho o autor explora os conceitos relacionados aos referenciais inerciais e não-inerciais, utilizando os conhecimentos de Cinemática e Dinâmica, as Leis de Newton, com ênfase nas forças fictícias. A Sequência Didática proposta é um conjunto de aulas onde o autor propõe atividades tendo como objetivo investigar o conhecimento dos alunos relativo aos movimentos do cotidiano. Algumas aulas são de natureza expositiva, destinadas à consolidação dos conceitos de referencial inercial, não inercial e forças fictícias. Outras atividades são realizadas no laboratório de informática. Nelas, o professor – detalhadamente – apresenta o simulador aos estudantes, promovendo a interação dos mesmos com o objetivo de utilizar a ferramenta tecnológica de maneira lúdica. Em seguida, com o auxílio de um questionário didático o aluno é conduzido a ter uma compreensão de como ocorre a ação das forças fictícias no referencial não inercial a partir do letramento visual. Este trabalho envolve um público-alvo equivalente ao público alvo da presente proposta. Entretanto, acredita-se que a forma de desenvolvimento dos conteúdos seja diferente. Na atual proposta os alunos são envolvidos em atividades com diferentes estratégias em um conjunto de 10 au-

las, passando pelas concepções espontâneas de movimento, definição de referencial inercial, caracterização dos conceitos de força, velocidade, aceleração e formalização da segunda lei de Newton. A parte das forças de inércia aparece na última aula, em que são feitas discussões a partir da leitura de texto, culminando com a exibição de dois vídeos que evidenciam o papel destas forças de inércia.

Frezza (2011) apresenta, em sua dissertação de mestrado, um estudo epistemológico sobre a noção de referencial inercial, abordando a Mecânica Newtoniana, espaço absoluto, referenciais inercial e acelerado. Nesta pesquisa também constrói-se, de certa forma, a noção de um referencial inercial por uma série de atividades a partir das concepções que os alunos trazem a respeito do movimento.

Na literatura também podem ser encontrados outros trabalhos apoiados no viés das concepções históricas e da filosofia da ciência, que, concomitantemente, abordam conceitos da Mecânica Clássica desenvolvidos nesta dissertação.

Monteiro e Martins (2015) apresentaram uma sequência didática envolvendo as ideias de movimento nas visões de Aristóteles, Galileu, Giordano Bruno, Descartes e Newton. Estes autores defendem a utilização da história e da filosofia da ciência nas pesquisas em Ensino de Física, como, por exemplo, a evolução do conceito de movimento. Na presente pesquisa foram construídos com os estudantes conceitos de movimento e repouso referentes a um referencial inercial nas aulas 2 e 3 .

Martins e Zanetic (2002) procuram interpretar, à luz dos referenciais epistemológicos de Thomas S. Kuhn e Gaston Bachelard, as diferentes concepções do conceito de tempo na transição do paradigma aristotélico ptolomaico para a nova mecânica pós-copernicana. Os autores destacam o erro cometido por Galileu e Descartes ao tentarem estabelecer a lei da queda dos corpos e como a superação de tal obstáculo levou à introdução do conceito de tempo de modo definitivo na análise dos movimentos. Relatam a contribuição de Galileu na construção de uma nova teoria do movimento e sobre a queda dos corpos e a definição de Galileu para o movimento acelerado. Nesta dissertação foram construídos com os estudantes conceitos de aceleração e sua relação com a Segunda Lei de Newton.

O trabalho de Peduzzi (1996) traz uma discussão, em uma abordagem histórica das concepções aristotélicas, sobre o movimento dos corpos como parte integrante e indissociável de sua filosofia natural.

Faria (2009) aborda os sistemas de referência locais no espaço-tempo, dissertando sobre a relatividade especial de Einstein, sistemas de referência inerciais e acelerados. No trabalho foram construídos com os estudantes conceitos de referenciais inerciais na aula 3 e noções de referenciais acelerados na aula 10, abordando qualitativamente as forças de inércia.

Ximenes e Matos (2013) discutem os conceitos de espaço e tempo a partir de uma revisão bibliográfica. Os autores apresentam em sua revisão as diferenças nas concepções de tempo e espaço na visão newtoniana, postulada por Isaac Newton, e na visão da relatividade, postulada por Albert Einstein, sendo então debatidos ambos os conceitos de forma cronológica, para demonstrar como evoluiu o conceito que temos hoje, a partir de pontos de vista e interpretações de diversos autores.

Harres (2002) descreve sobre o desenvolvimento histórico da Dinâmica, estabelecendo um contraste entre a escala evolutiva das concepções de estudantes de graduação sobre força e movimento. O trabalho envolve atividades relacionadas aos conceitos de força, movimento, repouso, força resultante e atrito. Neste trabalho procurou-se construir com os estudantes conceitos de movimento, repouso, força e força resultante nas aulas da referida Sequência Didática.

Karam, Cruz e Coimbra (2016) em seu trabalho relatam o sucesso obtido em termos de aprendizagem em uma intervenção feita em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública. O objetivo era abordar tópicos de relatividade restrita logo após o estudo da Cinemática. Os autores, partindo das pré-concepções dos estudantes, analisaram a ampliação do perfil conceitual de tempo dos alunos, através do reconhecimento de sua relação com a dependência com o referencial. Nesta pesquisa procurou-se construir com os estudantes conceitos de referencial inercial na aula 3 e estendeu-se a discussão para os referenciais acelerados na aula 10 da sequência.

No trabalho de Silveira et al. (2010), os autores fizeram uso de atividades como leitura, elaboração de cartazes e encenação envolvendo tanto a parte conceitual quanto histórica do movimento relativo. As atividades desenvolvidas nesta Sequência Didática exploraram alguns aspectos da natureza da ciência e também mostraram aos alunos que na Física também ocorrem mudanças de paradigmas. As discussões sobre as ideias de Aristóteles e Galileu sobre o movimento relativo serviram para mostrar que os conceitos devem ser analisados dentro de uma determinada concepção de mundo.

No trabalho de Junior (2015), encontra-se uma Sequência Didática apoiada na transição entre os conceitos-chaves da Mecânica Clássica e da Teoria da Relatividade. Um dos pontos

centrais do trabalho do referido autor é a discussão sobre a influência do referencial no estudo dos movimentos. O autor abordou conceitos de referencial, movimento, repouso, inércia, trajetória, tempo e relatividade restrita. A Sequência Didática utilizou vídeos, aulas dialogadas, resolução de exercícios, todos voltados ao público do Ensino Médio. Na Sequência Didática que será aqui apresentada procurou-se construir com os estudantes conceitos de movimento, repouso, estendendo as discussões para os referenciais acelerados, abordando qualitativamente as forças de inércia na aula 10 da mesma sequência.

Neste capítulo descrevemos o referencial teórico baseado na reflexão, na mudança de postura e no planejamento do professor em sala de aula. No próximo capítulo apresentar-se-á a metodologia utilizada, bem como as estratégias de ensino que foram pensadas para a construção da Sequência Didática.

4 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Neste capítulo serão descritos o método de desenvolvimento da pesquisa, o tema de pesquisa nos livros didático, seus agentes, a metodologia de ensino baseada nos três momentos pedagógicos, as estratégias de ensino e a metodologia de coleta dos dados.

O trabalho foi projetado de forma que cada atividade fosse realizada em grupo e o material produzido entregue ao professor, servindo como fonte de coleta de dados. O objetivo geral da pesquisa era investigar se a Sequência Didática proposta contribuiu de forma significativa tanto para o desenvolvimento dos conteúdos da Mecânica, quanto para a inserção do tema das forças de inércia. Para a coleta o professor fez uso de um diário de campo para fazer suas anotações. Essas anotações são importantes para mostrar de que forma transcorreram as atividades, bem como suas impressões a respeito de como os estudantes se comportaram durante a sua realização.

4.1 A Escola

A pesquisa desenvolveu-se no primeiro semestre do ano de 2017 em uma escola estadual na cidade de Divinópolis - MG. A escola possui oito turmas de primeiro ano do Ensino Médio, nomeadas de A a H, distribuídas nos turnos matutino e vespertino. A proposta foi desenvolvida com os estudantes do primeiro ano do Ensino Médio. Antes de iniciar a proposta, o professor, primeiramente, solicitou à direção da escola a permissão para desenvolver seu produto educacional, obtendo a mesma da diretoria, que lhe ofereceu todo o apoio necessário para a realização das atividades. Em seguida, o professor enviou a cada responsável pelos estudantes um termo de compromisso, descrevendo que aquela turma havia sido escolhida para participar da construção de um produto educacional e que contava com seu apoio, permitindo que seu filho pudesse ser fotografado ou filmado durante a realização das atividades. A sequência didática foi desenvolvida nas oito turmas de primeiro ano, mas foi analisada apenas a turma A devido ao fato desta turma ser mais frequente e participativa. A turma analisada possui 40 estudantes, os quais foram divididos em oito grupos de cinco estudantes.

4.1.1 O tema de pesquisa nos livros didáticos

Através de um breve levantamento feito nos livros do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD – 2015), os autores investigaram como o assunto da pesquisa se encontrava presente

em tais obras. Na parte relacionada aos conceitos de Cinemática e Mecânica, observou-se que os livros desenvolvem o tema de acordo com as metodologias e estratégias de seus autores. Na parte correspondente à inserção das forças de inércia foi verificado que, dos doze livros que compõem o PNLD 2015, em oito deles o tema era relatado de forma incipiente. Por esta razão decidiu-se fazer uma análise destes oito livros didáticos do PNLD 2015 apenas do ponto de vista da inserção das forças de inércia¹. A partir dos dados contidos no anexo A pode-se perceber que o tema da pesquisa tinha relevância e que a produção de uma Sequência Didática contemplando o assunto, numa abordagem qualitativa para o Ensino Médio poderia ser significativa.

4.2 Metodologia de Ensino

O desenvolvimento desta Sequência Didática, fundamentou-se na proposta pedagógica de ensino conhecida como três momentos pedagógicos de Delizoicov (1991) que são organizados conforme descrição a seguir.

Problematização Inicial: O professor poderá iniciar sua aula através de uma discussão em sala de aula apresentando situações reais que os estudantes conhecem e presenciam, e que estão envolvidas nos temas e que também exigirão a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias físicas para interpretá-las. Neste momento, os estudantes, através de poucas questões propostas, poderão problematizar o seus “saberes”. Inicialmente, estes questionamentos serão discutidos num pequeno grupo, para que se possa, em seguida, explorar as posições de outros grupos com toda a classe. Em síntese, a finalidade deste primeiro momento é propiciar um maior raciocínio crítico do estudante ao se deparar com as interpretações das situações propostas para a discussão.

Organização do Conhecimento: No segundo momento pedagógico os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial deverão ser sistematicamente estudados sob a orientação do professor. As mais variadas atividades poderão ser empregadas neste momento de modo que o professor possa desenvolver nos estudantes a conceituação física identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas. É neste momento que a resolução de problemas em lápis e papel pode desempenhar sua função formativa na apropriação de conhecimentos específicos.

¹ O resultado desse levantamento encontra-se no anexo A desta dissertação.

Aplicação do Conhecimento: Este terceiro momento pedagógico destina-se, sobretudo, a abordar organizadamente as concepções que vêm sendo incorporadas pelos estudantes para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, como outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, poderão ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Assim como ocorrido durante a organização do saber, neste momento as mais diversas atividades podem ser desenvolvidas, buscando a propagação da conceituação que foi tratada no segundo momento, inclusive elaborando os chamados problemas abertos. Neste último momento pedagógico, os conceitos discutidos e as novas concepções são utilizados para apresentar uma resposta às questões ou situações discutidas na primeira etapa. O professor pode aproveitar este momento para formalizar alguns conceitos que não foram aprofundados pelos grupos, proporcionando assim uma melhor qualidade para a aprendizagem dos estudantes (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 202).

4.2.1 Utilização de vídeos no Ensino de Física

As tecnologias que têm por objetivo mediar e interagir com algum processo de comunicação ou informação entre as pessoas podem ser definidas como TICs (Tecnologia de Informação e Comunicação). As TICs têm uma ampla aplicação em diversos setores da sociedade, inclusive na educação. Com a popularização da internet os meios de comunicação se desenvolveram de forma rápida, abrangendo uma considerável fração da população jovem estudantil. Com isso a utilização dessas tecnologias teve um grande aumento, potencializando o desenvolvimento dos processos educacionais, permitindo criar, capturar, armazenar, enviar e receber informações diversas. Masetto (2009) discute a inserção das TICs na educação e de seu uso educacional. Segundo ele, é importante conectar o ensino com a vida do estudante, atualmente mergulhado na tecnologia e nas linguagens audiovisuais. Ainda segundo Masetto (2009), o docente precisa estar próximo do estudante, e as TICs podem favorecer esse papel e quebrar a barreira de separação do modelo tradicionalista de ensino. Nessa perspectiva, o autor esclarece que:

Ensinar com as novas mídias será uma revolução se mudarmos simultaneamente os paradigmas convencionais do ensino, que mantêm distantes professores e alunos. Caso contrário conseguiremos dar um verniz de modernidade sem mexer no essencial (MASETTO, 2009, p. 63).

Experimentar os recursos tecnológicos como ferramentas educacionais pode viabilizar ao estudante a oportunidade de investigar e refletir sobre os diversos aprendizados relacionados

às várias temáticas que o cercam. Encontrando os recursos tecnológicos presentes na realidade educacional, cabe à escola, juntamente ao professor, utilizar-se destas tecnologias para o aperfeiçoamento de sua prática pedagógica, conforme defende Cortês (2009):

Atualmente, não podemos mais adiar o encontro com as tecnologias; passíveis de aproveitamento didático, uma vez que os alunos voluntário e entusiasticamente imersos nesses recursos – já falam outra língua, pois desenvolveram competências explicitadas para conviver com eles (CORTÊS, 2009, p. 18).

Diante dos avanços tecnológicos, principalmente da internet, o docente não pode mais assumir a simples postura de transmissor de conteúdos, mas sim de mediador crítico, sendo capaz de organizar os conteúdos programáticos às mídias que estão presentes no seu campo de atuação.

A utilização das TICs, nesta pesquisa, pode ser identificada na produção e projeção de vídeos tanto por parte dos estudantes, no início da sequência didática, quanto por parte do professor, nas aulas finais da proposta. A forma de produção e coleta deste material encontra-se discutida ao longo da descrição da aula correspondente a esta atividade.

4.2.2 Atividades de leitura em Grupos no Ensino de Física

Atividades de leitura por grupos em sala de aula no Ensino de Física podem tornar-se um momento adequado para a aplicação dos três momentos pedagógicos de Delizoicov. O professor pode iniciar com uma problematização inicial, na qual os estudantes em grupos serão envolvidos em uma situação problema e, através da leitura de textos, deverão conseguir organizar seu conhecimento.

Segundo Pietri (2007), a escola em nossa sociedade é vista como a principal instituição responsável pelo ensino da leitura:

A leitura não é uma prática escolar, é uma prática escolarizada. As práticas de leitura podem se desenvolver independentemente da escola, ainda que a escola seja, numa sociedade como a nossa, a principal instituição responsável pelo seu ensino (PIETRI, 2007, p. 33).

A responsabilidade da leitura pelos estudantes não deve ficar apenas delimitada ao professor de língua portuguesa. É fundamental que nas aulas de Física os estudantes também tenham contato com a leitura e produção de textos de diversos gêneros, dentre eles os de divulgação científica, que posteriormente os tornem capazes de prosseguir em seus estudos e de compreenderem informações relacionadas às ciências da natureza em livros, jornais, artigos ou outras fontes de pesquisa.

O professor como mediador entre o estudante e o conhecimento necessita selecionar textos adequados e planejar como usá-los em suas aulas para alcançar os objetivos almejados pela escola (PIETRI, 2007). Os textos não didáticos podem ser utilizados não somente como motivadores ou meios de expressão do conhecimento construído, mas como meios de construção deste saber, conseqüentemente, como meios estruturadores da aula.

Acredita-se que a possibilidade da utilização de textos alternativos com abordagens que relacionem os conteúdos de ciências e especialmente de Física com o cotidiano do estudante possa resultar numa “interessante abordagem interdisciplinar”. Considera-se ainda que a criação do hábito de leitura dentro e fora da sala de aula é primordial, tanto para um aprimoramento das atividades pedagógicas utilizadas pelos professores, como para a formação dos estudantes, motivando-os a refletir, criar e compreender melhor os conceitos científicos.

É neste sentido que fora utilizada a estratégia de ensino através da leitura de textos em grupo, procurando proporcionar um ambiente interativo para o desenvolvimento de sua leitura e, conseqüentemente, de sua interpretação de textos. A partir das questões orientadoras presentes nas atividades 3 e 10, os grupos produziram material escrito que foi coletado pelo pesquisador.

4.2.3 Atividades Experimentais no Ensino de Física

O uso de experimentos em sala de aula como prática educacional pode ser uma importante ferramenta no Ensino de Ciências. Em particular no Ensino de Física, esta prática vem aumentando nos últimos anos, o que demonstra sua relevância, conforme indicam MORAES e JUNIOR (2014). A diversificação das aulas de Física, promovida pelos professores, é muito importante, tanto para despertar a atenção dos estudantes quanto para lhes mostrar as muitas correlações existentes entre os conteúdos ensinados em sala de aula com o seu cotidiano. A atividade de demonstração, ou simplesmente atividade experimental, é a melhor maneira de fazer uma ponte entre o que é ensinado em sala de aula e as vivências do estudante.

Segundo Gaspar e Monteiro (2005):

A atividade de demonstração experimental em sala de aula, particularmente quando relacionada a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos, formais e abstratos, tem por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável e, sobretudo, na possibilidade de simular no microcosmo formal da sala de aula a realidade informal vivida pela criança no seu mundo exterior. Grande parte das concepções espontâneas, senão todas, que a criança adquire resultam das experiências por ela vividas no dia-a-dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que

transmitem a essa criança os significados e explicações atribuídos a essas experiências no universo sócio-cultural em que vivem (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 232).

Segundo as Orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2002, p. 81).

Esta metodologia foi utilizada em alguns momentos do trabalho, objetivando verificar se a sequência didática proposta, baseada em atividades investigativas, contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento dos conteúdos da mecânica.

4.2.4 Atividades em grupos no Ensino de Física

É comum verificar em sala de aula que o trabalho em grupo vem sendo um recurso didático muito utilizado por diversos docentes para dinamizar e para estimular a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem com o intuito de promover a interação social entre os membros, beneficiando, com isso, a relação entre aprendizado e desenvolvimento. Como afirma Vygotsky (1998, p. 110) “de fato, aprendizado e desenvolvimento estão interrelacionados”.

Através dos trabalhos em grupo, os professores visam melhorar a qualidade da interação entre os membros das equipes, propiciando relações de trocas de experiências e de saberes.

Teixeira (1999) relata sobre a importância do trabalho em grupo:

O trabalho em grupo, portanto, estimula o desenvolvimento do respeito pelas ideias de toda a valorização e discussão do raciocínio; dar soluções e apresentar questionamentos, não favorecendo apenas a troca de experiência, de informações, mas criando situações que favorecem o desenvolvimento da sociabilidade, da cooperação e do respeito mútuo entre os alunos, possibilitando aprendizagem significativa (TEIXEIRA, 1999, p. 26).

A importância do trabalho em grupo é discutida também por outros pensadores, por exemplo Davis et al. (1989, p. 50) ao afirmarem que “o papel e o valor das interações sociais para o conhecimento e para a sala de aula [...] é o de levar os estudantes a se apropriarem do saber escolar”. Esses dizem que “o desenvolvimento cognitivo depende tanto do conteúdo a ser

apropriado como das relações que se estabelecem ao longo do processo de educação e ensino” (DAVIS et al., 1989, p. 50).

Quando se fala em interação social, desloca-se a ênfase das ações – físicas ou mentais – do sujeito, para se ressaltar a ação partilhada, ou seja, processos cognitivos realizados não por um único sujeito e sim por vários. Nesse sentido, interações sociais fazem-se necessárias sempre que não for possível se alcançar, em isolado, a solução para um dado problema: cada aluno deve se incumbir de parte do processo de construção de conhecimentos para que, num esforço conjunto, a solução seja alcançada (DAVIS et al., 1989, p. 52).

Utilizou-se a metodologia do trabalho em grupo ao longo das atividades, pois segundo Vygotsky (1998) e outros pensadores, através da interação com seus pares os estudantes poderão aguçar suas habilidades e melhorar o desenvolvimento intelectual. Ao longo das atividades os grupos produziram materiais que serão discutidos na seção de análise de resultados.

5 NATUREZA DA PESQUISA

Flick (2009) define os aspectos essenciais de uma pesquisa qualitativa:

Os aspectos essenciais da pesquisa Qualitativa consistem na escolha adequada de métodos e teorias convenientes, no reconhecimento e na análise de diferentes perspectivas, nas reflexões dos pesquisadores a respeito de suas pesquisas como parte do processo de produção de conhecimento, e na variedade de abordagens e métodos (FLICK, 2009, p. 23).

Goldenberger (2004) define o uso da pesquisa qualitativa como,

Os pesquisadores que adotam a abordagem Qualitativa em pesquisa se opõem ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, baseado no modelo de estudo das ciências da natureza. Estes pesquisadores se recusam a legitimar seus conhecimentos por processos quantificáveis que venham a se transformar em leis e explicações gerais (GOLDENBERGER, 2004, p. 16-17).

Ainda conforme o autor acima mencionado,

As técnicas de pesquisa qualitativa permitem um maior controle do bias do pesquisador do que as da pesquisa quantitativa. Por meio, por exemplo, da observação participante, por um longo período de tempo, o pesquisador coleta os dados através da sua participação na vida cotidiana do grupo ou da organização que estuda, observa as pessoas para ver como se comportam, conversa para descobrir as interpretações que têm sobre as situações que observou, podendo comparar e interpretar as respostas dadas em diferentes situações (GOLDENBERGER, 2004, p. 17).

Para Erickson (1986 apud MOREIRA, 2016) a pesquisa interpretativa (qualitativa) em ensino pode ser vista sob a ótica do significado:

Seres humanos, supõe a perspectiva interpretativa, criam interpretações significativas do ambiente físico e comportamental que os rodeia [...]. Através da cultura seres humanos compartilham significados aprendidos e em determinadas situações frequentemente parecem ter criado interpretações significativas similares. Mas estas similaridades superficiais mascaram uma diversidade subjacente; em uma dada ação não se pode supor que os comportamentos de dois indivíduos, atos físicos de forma similar, tenham o mesmo significado para os dois indivíduos [...]. Portanto, uma distinção analítica crucial em pesquisa interpretativa é entre comportamento, ato físico, e ação, que é o comportamento mais as interpretações de significados atribuídos por quem atua e por aqueles com os quais o ator interage [...]. O objeto da pesquisa interpretativa social é ação, não comportamento [...] (ERICKSON, 1986 apud MOREIRA, 2016).

De acordo com Firestone (1987 apud MOREIRA, 2016, p. 42), as principais diferenças entre pesquisa qualitativa e quantitativa são:

A pesquisa quantitativa está baseada em uma filosofia positivista que supõe a existência de fatos sociais com uma realidade objetiva independente das crenças dos indivíduos, enquanto que a qualitativa tem raízes em um paradigma segundo o qual a realidade é socialmente construída [...] A pesquisa quantitativa procura explicar as causas de mudanças em fatos sociais, primordialmente através de medição objetiva e análise quantitativa, enquanto a qualitativa se preocupa mais com a compreensão do fenômeno social, segundo a perspectiva dos atores, através de participação na vida desses atores [...] A pesquisa quantitativa tipicamente emprega delineamentos experimentais ou correlacionais para reduzir erros, vieses e outros ruídos que impedem a clara percepção dos fatos sociais, enquanto o protótipo do estudo qualitativo é a etnografia [...] O pesquisador quantitativo é desprendido para evitar viés, enquanto pesquisador qualitativo fica “imerso” no fenômeno de interesse (ERICKSON, 1986 apud MOREIRA, 2016).

Na presente pesquisa qualitativa os instrumentos utilizados para coleta de dados foram os seguintes:

1. Observação Direta – Baseia-se na atuação de observadores treinados para obter informações sobre determinados processos. Essa observação depende muito mais da habilidade do professor pesquisador em captar as informações, registrá-las e interpretá-las do que da capacidade dos estudantes em responder perguntas.

2. Diário de Campo – Está intimamente ligado à observação direta. Nele foram registrados o envolvimento, os questionamentos, as interpretações e descrições de cada evento (LUDKE; ANDRÉ, 1986, p. 13).

3. A dinâmica de construção dos conceitos e evolução dos conhecimentos ao longo da sequência didática foram observados na perspectiva de uma pesquisa qualitativa, onde os dados foram analisados a partir do material gerado pelos alunos. As produções incluem anotações, resoluções de questões propostas na sequência didática, leitura, compreensão de textos, produção, apresentação e interpretação de vídeos e roteiros. Além deste material, no diário de campo do professor estão registradas suas percepções, avaliações e críticas em diferentes momentos durante o desenvolvimento das aulas.

6 PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional desta dissertação foi elaborado no intuito de auxiliar o professor que leciona a disciplina de Física na primeira série do Ensino Médio. Nesta série, normalmente são desenvolvidos os conteúdos da Mecânica, seguindo a metodologia utilizada no livro didático. Este produto educacional auxilia o professor no sentido de oferecer uma opção para uma abordagem destes conteúdos incluindo também uma discussão das forças de inércia no contexto da Mecânica.

A elaboração de um produto educacional é um dos objetivos específicos deste trabalho atendendo tanto os estudantes como também os professores. A sequência de aulas que compõe o produto educacional foi construída de acordo com as diretrizes dadas por Zabala (2015),

As sequências de atividades ou Sequências Didáticas são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (ZABALA, 2015).

As propostas apresentadas neste material possibilitam aos estudantes oportunidades diversas que favorecem o processo de ensino e cognição, especialmente a aprendizagem conceitual e procedimental. Para os professores, apresenta uma proposta de inserção sobre as forças de inércia na perspectiva de uma pesquisa qualitativa, utilizando como suporte as atividades investigativas e ainda há a possibilidade de refletir e avaliar seu processo de desenvolvimento do conteúdo e suas práticas pedagógicas.

A estrutura e desenvolvimento deste produto consta de duas partes: material para o professor e material para o estudante.

6.1 Produto Educacional – Parte do Professor

A parte do professor foi pensada com o objetivo de atender tanto aos professores com formação específica em Física, bem como aqueles com formação em áreas afins e que lecionam Física. Basicamente esta parte contempla: os objetivos específicos para cada aula e as orientações sobre como realizar cada atividade investigativa que foi trabalhada com os estudantes. Encontram-se também os textos que foram discutidos em grupos e os endereços (links) dos vídeos utilizados.

O Produto Educacional possibilita ao professor desenvolver com os estudantes, de uma forma dinâmica, os conceitos da Mecânica e também, do ponto de vista qualitativo, as forças de inércia.

6.1.1 Estrutura da Sequência Didática

As aulas que compõem a Sequência Didática contemplam aulas com atividades investigativas, contextualizadas e orientadas pela interação aluno–professor–conhecimento. Como estratégias fez-se o uso de vídeos, discussões, leitura de textos, trabalhos em grupo e alguns experimentos. A Sequência Didática¹ foi concebida para que pudesse ser desenvolvida em dez aulas de cinquenta minutos, conforme descrito na tabela abaixo.

Tabela 6.1 – Estrutura das aulas que foram abordadas na pesquisa.

Aulas	Objetivos	Conteúdos	Recursos Didáticos
01	Identificar através dos vídeos produzidos pelos estudantes as concepções sobre movimento e repouso de um corpo.	–	Uso de aparelhos de captação de imagens.
02	Identificar os conceitos prévios dos estudantes sobre situações que envolvem noções de movimento e repouso, e sistema de referência (referencial)	Introdução à Mecânica: Movimento e repouso	Material impresso, slides e datashow.
03	Identificar e investigar o conceito de movimento, movimento relativo, referencial inercial, através da leitura da fala dos personagens que compõem a peça.	Cinemática: Sistemas de Referência.	Material impresso.
04	Identificar o conceito de força e força resultante em um corpo.	Dinâmica: Força resultante.	Caixinha, barbante e material impresso.

Continua na próxima página

¹ Todas as atividades realizadas em sala de aula, bem como os textos e links, encontram-se no anexo B no final desta dissertação.

Tabela 6.1 – continuação da página anterior

Aulas	Objetivos	Conteúdos	Recursos Didáticos
05	Identificar o conceito de força resultante a partir de diferentes situações propostas no cotidiano dos estudantes.	Dinâmica: Força resultante.	Caixinha, barbante e material impresso.
06	Identificar e investigar algumas forças presentes no cotidiano dos estudantes.	Dinâmica: Força Peso, Força Elástica, Força Normal.	Dinamômetro, barbante, um corpo de massa definido, pedestal de aço e material impresso.
07	Identificar e investigar algumas forças presentes no cotidiano dos estudantes.	Dinâmica: Empuxo, Força de Tração, Força de Atrito.	Água, esferas de densidades diferentes, plano inclinado e material impresso.
08	Identificar e discutir o conceito de velocidade presente no cotidiano dos estudantes.	Dinâmica: Inércia.	Mangueira transparente, abraçadeira, suporte de madeira, óleo, pincel marcador, régua, cronômetro, um conta-gotas, água e material impresso.
09	Identificar e distinguir o conceito de aceleração e sua relação com a Segunda Lei de Newton.	Dinâmica: Segunda Lei de Newton.	Mangueira transparente, abraçadeira, suporte de madeira, óleo, cronômetro, pequena esfera metálica e material impresso.
10	Identificar conceitos prévios sobre referenciais acelerados e distinguir a origem das forças de inércia e referenciais acelerados.	Dinâmica: Forças de inércia.	Datashow material impresso.

6.2 Produto Educacional – Parte do Estudante

A parte do estudante consta do roteiro com as atividades a serem desenvolvidas em grupos, textos a serem discutidos em sala de aula e link dos vídeos utilizados. Através dos roteiros de atividades os estudantes devem ser capazes de relacionar e compreender a Mecânica, através das situações de seu cotidiano.

Na atividade I os estudantes serão instruídos pelo professor e após turno escolar reunidos em grupos de no máximo cinco integrantes, conforme orientações recebidas deverão produzir um vídeo e redigir manualmente um pequeno roteiro sobre a filmagem.

Na atividade II os estudantes receberão uma folha numerada de 1 a 20 e mediante as observações das imagens que serão projetadas pelo professor através do datashow, eles irão relatar suas observações no local previamente indicado na folha e ao final da atividade entregar ao professor suas conclusões.

Nas atividades investigativas III, IV, V, VI e VII os estudantes, receberão do professor os materiais didáticos correspondentes a cada atividade e deverão realizar as atividades propostas mediante orientação fornecida pelo docente. Em seguida responderão as questões propostas, relatando suas observações .

Nas atividades experimentais VIII e IX, os estudantes deverão observar a execução de experimento realizado pelo professor. Em seguida responderão as questões propostas pela tarefa.

Na última atividade os estudantes foram envolvidos em uma situação construída para que pudessem compreender a ocorrência das forças de inércia em seu cotidiano ².

² O material do estudante com todas as atividades encontra-se no final desta dissertação no anexo B.

7 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DAS ATIVIDADES

A etapa de análise é uma parte importante em um trabalho científico e requer do pesquisador uma profunda interação com seu objetivo de pesquisa para que se possa obter dados seguros, analisados de forma imparcial, conferindo à pesquisa a confiabilidade esperada.

Neste capítulo é feita a descrição das aulas e também a apresentação dos resultados obtidos com as atividades propostas. Tal descrição é baseada no material produzido pelos alunos nos diferentes momentos e também nas impressões registradas no diário de campo do pesquisador. Na medida em que os resultados começaram a ser apresentados, procurou-se verificar se existe consonância com o referencial teórico que foi adotado no trabalho. Na tentativa de favorecer e nortear o processo de análise do material de pesquisa, foram criadas algumas categorias que estão dispostas ao longo do texto.

7.1 Primeira Atividade: Apresentação do projeto e orientações

O objetivo traçado pelo professor para as duas primeiras aulas era orientar os estudantes sobre a confecção de vídeos e roteiros identificando, logo em seguida, através do material produzido pelos estudantes, suas concepções prévias relacionadas ao conceito de repouso e movimento de um corpo.

Por outro lado, como o pesquisador não fazia uso de estratégias dessa natureza em sua prática docente, aparece aqui, pela primeira vez, de modo explícito, uma mudança de postura do professor decorrente da reflexão de sua prática escolar, repensando seu planejamento em sintonia com os autores mencionados no referencial teórico dessa dissertação, sendo eles Libâneo (2000), Alarcão (2005) e Freire (1996).

O professor iniciou sua aula apresentando aos estudantes seu projeto de pesquisa. Em seguida dividiu a turma em oito grupos com cinco estudantes cada, orientou os discentes para que mantivessem a formação inicial e verificou se nos grupos havia algum estudante portador de um aparelho de celular capaz de filmar objetos com uma boa resolução. Feito isso, os grupos foram orientados a respeito da tarefa a ser executada: eles deveriam reunir-se após o turno escolar e, em comum acordo, deveriam produzir um vídeo que envolvesse, segundo suas concepções, situações em que um determinado objeto, corpo ou ente qualquer, estivesse em estado de repouso ou de movimento. O vídeo deveria ter no mínimo 30 segundos e no máximo um minuto e 30 segundos devendo ser enviado ao WhatsApp do professor, que foi disponibilizado aos estudantes. Além do vídeo os grupos deveriam elaborar e entregar um

roteiro do mesmo contendo o título do vídeo, o objeto filmado e a motivação pela escolha do ente (objeto). O vídeo deveria ser entregue na aula seguinte. Como a escola aderiu à greve no dia 15 de março, os estudantes foram orientados a produzir o vídeo e enviar ao professor durante a greve.

7.2 Segunda Atividade: Problematizando a questão do movimento

O objetivo aqui era identificar os conceitos prévios dos estudantes sobre situações que envolvem conceitos de movimento, repouso e sistema de referência (referencial).

A aula se iniciou com a chamada. Em seguida, os estudantes foram conduzidos ao salão de reuniões da escola, local que possui um datashow que havia sido reservado previamente. O professor solicitou que os estudantes mantivessem a mesma formação dos grupos que haviam produzido os vídeos, distribuindo a cada grupo uma folha numerada de 1 a 20. A intenção do proponente era problematizar a questão do movimento. Assim os estudantes, mediante a observação de imagens projetadas no datashow deveriam argumentar se o objeto de observação estava em movimento ou em repouso, associando ou não, um sistema de referência (referencial) para cada situação. Nas primeiras projeções os estudantes tiveram algumas dúvidas a respeito das imagens, argumentando que o objeto de observação, em algumas tomadas, poderia estar tanto em movimento quanto em repouso.

“As imagens podem estar em movimento e ao mesmo tempo em repouso? O que devemos fazer”? Este foi o questionamento de um dos grupos. Diante desse e de outros questionamentos, o professor orientou os alunos para que analisassem com calma e atenção as imagens projetadas e caso houvesse uma situação ambígua, ou seja, que sugerisse que o objeto poderia estar em movimento ou em repouso, que relatassem o caso em suas observações. Aqui, de certa forma, aparece o papel do professor como mediador, intervindo nos grupos no sentido de orientar o desenvolvimento da atividade sem fornecer diretamente uma resposta. Tendo como propósito investigar as concepções prévias de movimento, repouso e referencial, e verificar como elas evoluíram, ao longo das três primeiras atividades foram criadas as seguintes categorias na tentativa de favorecer a análise.

Tabela 7.1 – Primeiras Categorias criadas.

CATEGORIA I	Reconhecem estados de movimento e repouso sem mencionar a escolha de um referencial.
CATEGORIA II	Reconhecem estados de movimento e repouso com alguma noção do papel do referencial.

A Tabela 7.1 acima está relacionada à atividade em que os grupos deveriam observar as imagens que foram projetadas pelo professor e decidir se cada uma delas representava uma situação de movimento ou de estado de repouso do corpo analisado, identificando ou não um sistema de referência.

Tabela 7.2 – Concepções dos estudantes sobre situações que envolvem movimento ou repouso referente às imagens projetadas.

Problematizando a questão do movimento: Reconhecendo situações de repouso ou de movimento e identificando um referencial	(Grupos)
Identificou as 20 imagens relacionando a situação de movimento ou repouso, sem mencionar um referencial.	6
Identificou as 20 imagens relacionando a situação de movimento ou repouso definindo um referencial.	5
Identificou 19 imagens relacionando a situação de movimento ou repouso definindo um referencial.	1, 2, 3, 4 e 7
Identificou apenas 4 imagens relacionando uma situação de movimento ou repouso definindo um referencial.	8

A partir da Tabela 7.2 é possível observar que os grupos 1, 2, 3, 4 e 7 identificaram situações de movimento e repouso e justificaram a escolha do referencial corretamente em 19 das 20 imagens projetadas.

O grupo 6 identificou a situação de “movimento ou repouso de um corpo” em todas as imagens projetadas sem justificá-las.

O grupo 5 compreendeu as imagens projetadas, identificando e justificando em todas elas a situação de movimento ou repouso de um corpo, conforme sua observação.

O grupo 8 apresentou um desempenho inferior aos demais, não demonstrando interesse na realização da tarefa, fato observado e relatado pelo professor em seu diário de campo. O pesquisador verificou que durante a realização da atividade, esse grupo demonstrava apatia e dispersão, conforme constatado através de suas respostas. Observando o comportamento dos alunos do grupo 8 e visando ao bom andamento das próximas aulas, o professor chamou-lhes a atenção na tentativa de conscientizar o grupo a respeito da importância do conteúdo e da colaboração dos mesmos na realização desse trabalho de pesquisa.

Analisando de uma forma global os primeiros resultados, percebeu-se que o grupo 5 se enquadra ao grupo caracterizado pela categoria II, enquanto que os grupos 1, 2, 3, 4 e 7 se enquadram parcialmente na categoria I.

A aula correspondente a essa segunda atividade foi planejada para ter ocorrido em dois momentos: o primeiro seria a projeção dos slides (já descritos acima) e no segundo a exibição do material produzido pelos alunos (projeção de vídeos). Infelizmente, por problemas técnicos, o segundo momento não foi realizado. Assim o professor retornou com os estudantes à sala de aula, comunicando que na próxima aula daria prosseguimento à atividade planejada.

No dia seguinte, o professor iniciou sua aula realizando a chamada da classe, em seguida conduziu seus estudantes para o salão a fim de concluir a segunda etapa da aula anterior. Antes de exibir os vídeos, o professor teve a preocupação de retornar às observações apontadas por alguns grupos na atividade anterior, esclarecendo dúvidas a respeito das imagens projetadas naquela aula. O professor esclareceu que dependendo do referencial adotado a imagem poderia estar tanto em movimento como em repouso. Em seguida, ocorreu a projeção dos vídeos que os grupos haviam produzido. Os estudantes demonstraram receptividade e entusiasmo durante a exibição de cada um, uma vez que foram confeccionados com muita criatividade. Foram projetados oito vídeos, mas essa análise contempla apenas o material correspondente a seis grupos, uma vez que dois grupos (7 e 8) entregaram o material incompleto, isto é, vídeos sem roteiro.

Após a projeção dos vídeos, o professor disponibilizou um momento de debate para que cada representante de grupo pudesse argumentar sua motivação e interesse na produção realizada. Cada grupo teve aproximadamente três minutos para descrever seu vídeo e roteiro. No início os estudantes demonstraram alguma timidez em expressar seus sentimentos e motivações, e coube ao professor intermediar o debate, tranquilizando-os. Ao final das apresentações, o professor – através de suas percepções – pôde observar que os grupos já demonstravam alguma segurança e motivação, tecendo elogios à dinâmica que fora usada nesta aula.

A seguir apresentam-se os relatos dos grupos a respeito do material produzido com suas respectivas análises.

Grupo 1

“Nosso trabalho mostra corpos em movimento e em repouso. Na primeira parte do vídeo nós filmamos a trolagem do pivete, onde mostra corpos em movimentos. Já na segunda parte filmamos o desafio do Manequim onde mostra corpos em repouso”.

No vídeo do grupo 1 pôde-se observar que eles fizeram duas filmagens: uma situação envolvendo movimento, quando um dos estudantes corre atrás do outro de bicicleta e outra envolvendo repouso, quando eles imitam um manequim estático.

Embora o grupo não tenha descrito maiores detalhes sobre a filmagem do objeto, pôde-se constatar pelas imagens que eles fizeram um bom planejamento definindo bem duas situações, que, de acordo com suas concepções, contemplavam os estados de movimento e de repouso de um corpo.

Analisando o material e a apresentação, inferiu-se que a segunda atividade ainda não fora capaz de promover no grupo uma mudança esperada, isto é, uma promoção da categoria I para a categoria II.

Grupo 2

“O vídeo que produzimos começa com um objeto em repouso, representado por uma moeda comum, que em seguida entra em movimento ao aplicarmos uma força sobre ela. Em seguida a corda de um violão sendo tocada após puxá-la com o dedo. Por último, uma simples caixa de papelão que entra em movimento após ser empurrada, deslizando brevemente pelo chão”.

Analisando o roteiro e a exposição oral do grupo 2, observa-se em suas argumentações os conceitos prévios de força como geradora de movimento e força de atrito como um ente dissipativo. Tais conceitos aparecem claramente quando o estudante descreve que a caixa desliza brevemente pelo chão, parando em seguida. O objetivo desta aula era identificar conceitos prévios sobre situações de movimento e repouso, associando para a situação apresentada um referencial correspondente. Percebeu-se no decorrer do vídeo que o grupo dedicou-se à tarefa, procurando associar a ideia de movimento à aplicação de uma força e identificando também o conceito de força de atrito. Por fim, mesmo não sendo explicitado claramente no texto, percebeu-se a presença do conceito de referencial.

Comparando o material produzido pelos grupos 1 e 2, pode-se inferir que o grupo 1 optou, de forma criativa, para uma situação do seu cotidiano para estabelecer a diferença entre uma situação de movimento e repouso de um corpo. Esse tipo de associação contribuiu efetivamente para a aprendizagem de um conteúdo. O grupo 2 apresentou suas argumentações sobre repouso e movimento de uma forma mais canônica, muito semelhante àquelas encontradas em livros didáticos. Por outro lado, pode-se também inferir que mediante essa atividade, houve uma promoção do grupo da categoria I para a categoria II.

Grupo 3

“Determinado corpo está em repouso quando permanece em uma posição constante em relação a um ponto referencial. No vídeo, podemos observar o gato deitado, imóvel durante algum tempo e podemos utilizar a cadeira como vimos no vídeo. Como um ponto referencial, podemos observar que tanto a cadeira quanto o gato estão imóveis ou não se deslocam durante algum tempo. Determinado corpo está em movimento quando muda de posição em relação a um referencial. No vídeo, podemos observar o gato andando, e se desloca de um lugar para outro e podemos observar que seu corpo muda de posição constantemente durante um tempo”.

Analisando o material produzido pelo grupo 3 verifica-se que os objetivos desta aula foram plenamente atingidos, uma vez que tanto no roteiro como no vídeo aparece o conceito de referencial. Na situação criada pelos estudantes o objeto que faz o papel do referencial de movimento é a cadeira, com o gato representando o outro objeto que pode estar em repouso ou em movimento – segundo o referencial escolhido. Essas duas situações aparecem claramente no vídeo.

Semelhante ao grupo 1, o grupo 3 usou da criatividade e escolheu uma situação do seu cotidiano para descrever a situação proposta pelo professor. De uma forma explícita o grupo foi capaz de estabelecer um referencial (cadeira) para descrever o repouso ou movimento do seu objeto (gato). Além disso, de uma forma apropriada o grupo mencionou que o estado de movimento ou de repouso de um objeto está relacionado à sua mudança de posição no tempo em relação ao referencial escolhido. Assim o grupo demonstrou um conhecimento prévio interessante na atividade proposta mudando de forma objetiva da categoria I para a categoria II.

Grupo 4

“Movimento e repouso são conceitos relativos, dependem de um referencial, independente de qual seja. Porém, do ponto de vista físico, é impossível manter um corpo em repouso absoluto ou movimento absoluto. Escolhemos esse tipo de vídeo pelo fato de estar bem explícita a ideia do corpo em repouso (é quando o corpo não se move do lugar, ele fica imóvel) e a ideia do corpo em movimento (é quando o corpo se move de um lugar para outro, ou muda de posição em relação a um longo tempo). Observa-se que o foco principal do vídeo são as alunas, que se esforçam para elaborar um bom trabalho, exemplificando as situações de movimento e repouso de uma forma bem humorada. No vídeo, a explicação do corpo em repouso ocorre quando as meninas ficam sem mover, parecidas com um “manequim”. E a explicação do corpo em movimento ocorre quando elas estão pulando, mexendo e dançando”.

Ao analisar roteiro e vídeo do grupo 4, observou-se que os estudantes compreenderam bem o objetivo desta aula, identificando e exibindo, na filmagem, situações que retratam movimento e repouso de um corpo. A partir do texto apresentado percebe-se a presença de definições técnicas como a relatividade dos conceitos de repouso e movimento, assim como os

termos repouso e movimento absoluto. Isso indica que os alunos consultaram alguma fonte de pesquisa na elaboração de sua tarefa. Essa característica pode ser interessante ao colaborar na busca pela autonomia do estudante. Por outro lado, tal comportamento pode também mascarar os conceitos prévios de repouso e movimento que estavam sendo investigados nessa atividade. De qualquer forma, o objeto escolhido na filmagem está condizente com o texto escrito, mostrando situações em que os estudantes aparecem dançando e alguns instantes em que também ficam parados como se fossem manequins. Além disso, o professor percebeu no grupo qualidades fundamentais como engajamento e dedicação, que são fundamentais na realização de uma atividade. Considerando que o grupo menciona, em sua explanação, a importância da escolha do referencial na caracterização do movimento, então, consideramos que o grupo logrou sua promoção, passando da categoria I para a categoria II.

Grupo 5

“O vídeo mostra uma pipa em movimento ao ar livre e logo depois a mesma em repouso no chão”.

Conforme já havia sido feito por outros, o grupo 5 elaborou sua tarefa escolhendo uma situação do cotidiano. Analisando roteiro e vídeo apresentados pelo grupo 5, percebe-se que o mesmo identificou claramente na filmagem a situação de repouso (pipa no chão) e de movimento (pipa no ar). Mesmo não mencionando explicitamente no texto escrito, pôde-se constatar que o grupo possui noção do conceito de referencial, uma vez associou como ponto de referência a pessoa que estava filmando, identificando assim duas situações da pipa: movimento e repouso. Esse grupo que na atividade 1 havia sido classificado na categoria II confirmou, de certa forma, nossa expectativa mantendo a mesma posição após a realização da segunda atividade.

Grupo 6

“O objeto filmado é um corpo em movimento tocando um instrumento (o violão). O motivo ao qual nos levou a gravar esse vídeo foi a inspiração que esse instrumento nos traz. Através da música também, conseguimos nos reconhecer, e nos identificar e na maioria das vezes os instrumentos é o nosso desabafo, sobre o que estamos sentindo ou pensando”.

Esse grupo fez uma escolha bem diferente dos demais, analisando ao mesmo tempo o movimento de dois corpos. O vídeo apresentado pelo grupo 6 exibe uma aluna tocando um instrumento musical: um violão. Na filmagem a situação de movimento relevante corresponde àquela em que ela toca o violão, movimentando seu braço e também as cordas do instrumento. Observa-se que o grupo compreendeu os objetivos da atividade, mesmo que no texto escrito não tenha mencionado a escolha do referencial. Pelo andamento do vídeo percebe-se que a

pessoa que filmava pode ser tomada como ponto de referência podendo assim caracterizar as situações de movimento do braço da estudante e das cordas do violão. Semelhante ao ocorrido com o grupo 1, analisando o material e a apresentação, inferiu-se que a segunda atividade não foi capaz de promover no grupo 6 a mudança esperada, ou seja, a sua promoção da categoria I para a categoria II.

Uma das principais características a se destacar nesse tipo de estratégia utilizada em sala de aula é a possibilidade dos estudantes reunidos em grupos expressar, discutir e socializar dúvidas e ideias com seus colegas. Fato este que difere das aulas tradicionais, onde as discussões quase sempre ficam restritas no plano professor-aluno e não entre os próprios integrantes do grupo. Quanto maior a interação entre os alunos é esperada uma melhor qualidade de sua aprendizagem. Nessa atividade de produção de roteiros e vídeos percebe-se que a maioria dos grupos realizou um bom trabalho em equipe, explorando situações de seu cotidiano na construção do material solicitado.

Cabe ressaltar que o professor deve sempre estar atento à sua postura reflexiva, procurando inovar sua metodologia de ensino em sala de aula, criando com isso um ambiente propício para a aprendizagem. Portanto, o planejamento é fundamental em qualquer atividade, podendo nele incluir o uso e incentivo das tecnologias de informação e comunicação (TICs), conforme utilizadas na presente atividade. Tal procedimento pode ser um poderoso aliado no desenvolvimento de um conteúdo, em consonância com os autores Carvalho et al. (1998) e Cortês (2009).

7.3 Terceira Atividade: Consolidando os conceitos de movimento e referencial mediante a leitura e discussão de um texto de apoio

Ao final da segunda atividade, o professor solicitou a um dos estudantes que registrasse em uma foto (via câmera do celular) o texto que seria discutido na próxima aula e que o arquivo fosse enviado para os grupos através do WhatsApp. A tarefa de casa era fazer uma primeira leitura individual do texto “O Senhor Referencial”, que – originalmente – fora escrito para ser encenado na forma de uma peça teatral.

O objetivo da atividade era consolidar os conceitos de movimento, movimento relativo e referencial inercial através da leitura das falas dos personagens presentes no texto da peça.

O professor iniciou a aula com a chamada e em seguida conduziu os estudantes para o salão. Solicitou, então, que se reunissem nos grupos originais e que, no máximo em dez minutos, fizessem uma leitura coletiva da peça “O Senhor Referencial”. Como o texto envolvia

vários personagens com suas respectivas falas, o professor solicitou que cada grupo indicasse um representante para fazer a leitura da fala de um dos personagens. Os grupos elegeram seu representante e o texto foi lido novamente em voz alta para toda a sala, contemplando a participação de todos os grupos através de seu porta-voz.

Após a leitura o professor entregou a cada representante uma folha contendo duas questões para serem respondidas coletivamente pelo grupo. Houve boa participação dos estudantes durante a resolução das questões.

“Um corpo pode estar em movimento e ao mesmo tempo em repouso?”. Esse foi um questionamento de um dos alunos. O professor interferiu procurando apresentar alguns exemplos para que ele refletisse sobre sua pergunta e ao final da aula, após a entrega das respostas, o professor esclareceu esta e demais dúvidas dos estudantes.

Figura 7.1 – Estudantes respondendo as questões do texto



Fonte: Arquivos do autor.

A figura 7.1 acima ilustra os estudantes reunidos e discutindo as questões propostas sobre o texto do Senhor Referencial.

A seguir estão apresentadas as questões propostas e as respectivas respostas construídas pelos grupos.

Questão 1: Após a leitura do texto, discuta com seu grupo e elabore uma resposta por escrito sobre: o conceito de referencial e sua importância na descrição do movimento de um corpo.

As respostas construídas pelos grupos encontram-se na tabela 7.3 a seguir.

Tabela 7.3 – Respostas dos estudantes sobre o conceito de referencial e sua importância na análise do movimento – Questão 1

Grupo	Resposta
G1	É como se fosse um juiz que determina se um objeto está ou não em movimento.
G2	O referencial é o mesmo que o juiz no caso, é de extrema importância para determinar o movimento de um objeto.
G3	O senhor referencial é aquele que analisa se o corpo está em movimento ou em repouso, assim como um juiz de futebol observa um jogo.
G4	Referencial pode ser um objeto de análise, para saber se um corpo está em movimento ou não. Ex. Quando observamos um poste quando o carro está em movimento, podemos ver que ele fica distante enquanto o carro se move.
G5	O conceito de um referencial é um corpo que está presenciando um outro corpo em movimento ou em repouso. Sua importância é que ele atua como juiz de movimentos daqueles objetos.
G6	O referencial é o mais importante, dependendo dele o corpo está em movimento ou repouso. É ele que determina praticamente tudo.
G7	O senhor referencial é o ponto para dizer se o corpo está em movimento ou em repouso.
G8	Um corpo está em movimento quando sua posição varia no decorrer do tempo.

Novamente, para facilitar a análise foram criadas duas categorias chamadas de **Categoria A** e **Categoria B**. A primeira representa os grupos que definiram o referencial de uma forma muito dependente do texto, e a segunda os grupos que foram capazes de abstrair um pouco mais, definindo o referencial de uma forma independente daquela usada no texto de apoio.

Tabela 7.4 – Categorias de alunos que definiram o referencial com base no texto de apoio.

Categorias	Grupos
A: Baseado na analogia do texto, classificou o referencial como juiz de futebol.	1, 2, 3, 5 e 6.
B: Classificou o referencial de uma forma mais geral, como um ponto ou objeto.	4 e 7.

Analisando as respostas construídas pelos grupos percebeu-se que de uma forma global a tarefa proposta foi realizada de forma satisfatória. Com exceção do grupo 8, os demais apresentaram respostas coerentes com a definição e importância do referencial no movimento de um corpo. Os grupos 1, 2, 3, 5 e 6 não conseguiram abstrair além do texto, apresentando uma resposta que explicitamente já estava nele contida. Pode ser constatado que alguns grupos até mantiveram o termo **Senhor** referencial em suas definições, demonstrando uma dependência completa do texto. Os grupos 4 e 7 se destacaram apresentando definições corretas e demonstrando autonomia em relação ao texto de apoio.

O grupo 8 simplesmente construiu uma resposta apropriada para a definição de movimento, permanecendo aquém do objetivo dessa atividade. O professor, percebendo uma melhora do grupo na realização das atividades, incentivou-os a manterem o foco, pois nas próximas atividades eles poderiam ser classificados em uma das categorias junto aos demais grupos. Aqui aparece uma mudança de postura do professor, agindo como um mediador e incentivando o grupo a melhorar seu crescimento frente aos demais.

Admitindo que os grupos já haviam desenvolvido algum conhecimento a respeito dos conceitos de movimento, repouso e referencial, foi proposta a questão abaixo na tentativa de estabelecer o conflito cognitivo em seus pares.

A seguir mostramos a segunda questão proposta aos grupos cujas respostas estão expressas na Tabela 7.5.

Questão 2: Um corpo pode estar em movimento e ao mesmo tempo em repouso? Explique como isso é possível.

As respostas construídas pelos grupos encontram-se na Tabela 7.5 a seguir.

Tabela 7.5 – Respostas dos estudantes para o fato de um corpo estar em movimento e repouso ao mesmo tempo – Questão 2.

Grupo	Resposta
G1	So depende do referencial
G2	Sim. Ao mesmo tempo que mariana observa os pássaros ela se imagina também voando com as graças.
G3	Sim. Quando nos movimentamos vemos as coisas parada também em movimento.
G4	Sim. Um exemplo claro é um corpo humano, que nunca está em repouso total. Durante a noite de sono, fisicamente estamos em repouso, mas o nosso coração e cérebro estão constantemente em movimento.
G5	Sim. Temos como exemplo mariana: a porta da sua casa e o lago não estão em movimento, mas as garças, elas estão em movimento.
G6	Sim. É possível isso só depende do referencial. Ex. Uma pessoa em cima de um caminhão em referencial ao caminhão ele esta em repouso mas em referencial a uma árvore na estrada ele está em movimento.
G7	Sim. Pois se você estiver dentro de um carro, você está sentado e o carro está em movimento. Esse é um exemplo
G8	Sim. Uma pessoa dentro de um ônibus está em repouso mas o ônibus está em movimento.

Analisando as respostas dos grupos em relação à questão 2, percebeu-se que com exceção do grupo 1, os demais responderam de forma afirmativa a primeira parte da questão, ou seja, que é possível um corpo estar em movimento e ao mesmo tempo em repouso. Na segunda parte onde era solicitado uma justificativa, apenas os grupos 2 e 6 apresentaram uma explica-

ção clara e completa para a situação. O grupo 1 apresentou uma resposta técnica muito curta, afirmando que só depende do referencial. Como esse grupo não construiu um exemplo em que se pudesse simular a situação considerada, não pôde-se inferir se compreenderam bem a questão. Os grupos 3, 5, 7 e 8 justificaram de forma semelhante a possibilidade de movimento e repouso simultâneo de um corpo, porém não mencionaram explicitamente em relação a qual referencial se referiam. Finalmente o grupo 4 deu uma resposta mais no sentido biológico do que físico para a questão, afirmando que o corpo humano nunca está em repouso total, uma vez que durante uma noite de sono, mesmo estando fisicamente em repouso, o coração e cérebro continuam em constante movimento.

Nessa terceira atividade buscou-se consolidar os conceitos de movimento e referencial mediante a leitura e discussão de um texto. Elegeu-se nesta segunda etapa as categorias denominadas **A** e **B** as quais serão conectadas com as primeiras categorias criadas (**I** e **II**), estabelecidas nas duas primeiras atividades. Até o final da segunda atividade os grupos 1 e 6 permaneciam no subgrupo de categoria **I** (reconheciam estados de movimento e repouso, mas não mencionavam a escolha de um referencial). Com a realização da atividade 3 acredita-se que os grupos 2, 3, 4, 5 e 7 confirmaram aquilo que já havia sido estabelecido anteriormente, ou seja, permaneceram enquadrados na categoria **II**. Os grupos 1 e 6, que até então permaneciam na categoria **I**, com a realização da atividade 3 foram promovidos à categoria **II**. Com isso acredita-se que o propósito de investigar as concepções prévias de movimento, repouso e referencial, e verificar como elas evoluíram ao longo das três primeiras atividades foi atingido com sucesso. Nesta análise observou-se a recuperação apresentada pelo grupo 7, que não havia completado a atividade relacionada à produção e roteiro de vídeos. O grupo 8, ao final das três atividades, demonstrou um leve crescimento, porém ainda destoante dos demais, precisando ser acompanhado mais de perto pelo professor.

A atividade de leitura e interpretação de texto é uma estratégia que pode ser explorada pelo professor visando atribuir responsabilidades, colocando o estudante como protagonista, promovendo assim sua autonomia. Aparece aqui mais uma vez uma mudança de postura do pesquisador, decorrente da reflexão de sua prática escolar, uma vez que o mesmo não fazia uso de estratégias dessa natureza em seu planejamento.

Nestas três primeiras atividades foi possível organizar o conteúdo pretendido na estrutura dos três momentos pedagógicos de Delizoicov (1991), ou seja, problematizou-se o tema,

propôs-se atividades para que ele fosse desenvolvido e também concluído com algumas aplicações.

7.4 Quarta Atividade: Construir o conceito de força e de força resultante

O objetivo esperado nesta atividade era que o aluno desenvolvesse o conceito de força como uma ação sobre o sistema em observação, compreendendo sua natureza vetorial e identificando a chamada força resultante.

O professor iniciou a aula com a rotina de chamada e, em seguida, conduziu os estudantes para o salão. Logo após, pediu que se reunissem em grupo como de costume. Entregou a cada grupo uma caixinha contendo quatro barbantes nela fixados e uma folha contendo algumas instruções a respeito da prática da aula. De início os estudantes apresentaram dúvidas sobre a realização da tarefa, então o professor solicitou silêncio, lendo para os grupos as instruções e respondendo perguntas relativas às instruções. Na sequência pediu que os grupos executassem as atividades observando o que iria acontecer com a caixinha de acordo com as perguntas que foram elaboradas.

Com o intuito de facilitar a análise nesta atividade, foram criadas duas categorias, chamadas de **Categoria A1** e **Categoria A2**.

Tabela 7.6 – Categorias para análise das questões 1, 2 e 3 da quarta atividade.

CATEGORIA A1	Representa os grupos que identificaram o movimento da caixinha como a ação dos barbantes sem concluir que tal ação além de ter uma magnitude apresentava uma direção e um sentido característico.
CATEGORIA A2	Representa os grupos que identificaram o movimento da caixinha como uma ação dos barbantes e que de certa forma, concluíram que tal ação além de ter uma intensidade apresentava também uma direção e um sentido característico

Atividade Proposta: O professor irá propor diferentes situações em que a caixinha é puxada: a) por um único barbante, b) por dois barbantes no mesmo sentido e em sentidos opostos, c) por dois barbantes perpendiculares, e d) por três barbantes perpendiculares entre si.

A figura 7.2 ilustra os estudantes realizando a atividade investigativa, através da qual eles identificam o movimento da caixinha após aplicação de uma força resultante no barbante.

Figura 7.2 – Estudantes realizando experiência da aula 4 para a construção do conceito de força.



Fonte: Fotos da execução da SD.

Questão 1) A caixinha permanece em repouso quando for: a) puxada por um único barbante?, b) puxada por dois barbantes no mesmo sentido e em sentidos opostos?, c) puxada por dois barbantes perpendiculares? e d) puxada por três barbantes perpendiculares entre si?

Na Tabela 7.7 a seguir, apresentam-se as repostas dos grupos para a questão 1.

Tabela 7.7 – Respostas dos grupos relativas à questão 1.

Grupo	Respostas
G1	Na 1a e 2a sim , na 3a não. A 1 e a 2 permanece pois puxa ela em uma direção só.
G2	Em a) se movimenta para frente devido a força do barbante. Em b) movimento e repouso. Ela se movimenta quando puxada por dois barbantes de um lado, ela permanece em repouso quando puxada por ambos os lados. Em c) Permanece em movimento quando puxada pelos barbantes. Em d) repouso, puxando os barbantes que param o movimento da caixa.
G3	Não, na situação a). ela se movimentou.
G4	Não, ela se move de acordo com a força exercida.
G5	Não, porque é exercido uma força sobre ela tirando-a do repouso.
G6	b) sentidos opostos porque cada um vai para um lado, d) também pois fazem forças opostas
G7	A caixinha não permanece em repouso. Porque esta puxando so de um lado.
G8	Sim, porque existe força em diferentes sentidos como na letra b e a letra d.

Analisando as respostas dos grupos para a **Questão 1**, percebe-se que os estudantes apresentaram dificuldades tanto na interpretação da pergunta como também no momento de descrever o fato observado.

O grupo 1, por exemplo, apresentou respostas confusas, demonstrando que não compreendeu bem a pergunta. Os grupos 3, 4, 5, 6, 7 e 8 de alguma forma identificaram que o

movimento do sistema (caixinha) foi decorrente da ação dos barbantes. Alguns mencionaram que tal ação pode ser chamada de força. Em particular os grupos 6, 7 e 8 identificaram no problema a presença de forças opostas. Assim, de certa forma, pôde-se inferir que tais grupos concluíram que a ação dos barbantes estava direcionada na caixinha.

O grupo 2 se destacou dos demais realizando a atividade proposta com muita atenção e dedicação, relatando com alguma clareza o que ocorreu em cada etapa.

Após esta atividade pôde-se inferir que os grupos 3, 4 e 5 podem ser classificados na categoria denominada como A1. Os grupos 2, 6, 7 e 8 apresentaram maior desenvoltura na atividade e podem ser enquadrados na categoria definida como A2. O grupo 1 teve um desempenho aquém do esperado, não sendo enquadrado nas categorias estabelecidas e deverá ser acompanhado mais de perto pelo professor nas próximas tarefas. Percebendo uma queda no desempenho do grupo em relação aos demais, o professor conversou com o grupo, lembrando-os da sua importância, junto com os demais, na realização das atividades e incentivando-os a manterem o foco. Percebe-se aqui uma mudança na postura do professor, procurando criar um ambiente propício para o aprendizado conforme afirma Carvalho et al. (1998).

Questão 2) Observando nosso sistema (caixinha) sob a ação dos barbantes, o que você observa? Ela adquire movimento? Por que isso acontece?

As respostas dos grupos encontram-se descritas na Tabela 7.8 abaixo.

Tabela 7.8 – Respostas dos grupos para a situação considerada na questão 2.

Grupo	Resposta
G1	Sim. Porque ele continuou-o puxando.
G2	Sim, quando se aplica força nos barbantes movendo a caixa.
G3	Sim, porque a força atuou apenas de um lado da caixinha.
G4	Na 1a situação ela se move, na 2a não, pois recebe força balanceada.
G5	Sim, porque exerce uma força sobre ela fazendo com que ela se mova.
G6	a) e c) pois movem para mesmo lugar e então vai mover.
G7	Não. Porque os dois lados tem a mesma força em lados opostos.
G8	Sim, pois estamos puxando o barbante na mesma direção.

A **Questão 2** complementa a questão anterior. Esperava-se que os grupos pudessem perceber a relação entre a ação dos barbantes e a resposta dada pela caixinha em termos de movimento.

Analisando as respostas percebeu-se que todos identificaram que o movimento da caixinha era decorrente do puxão exercido pelos barbantes. Para o grupo 1 o movimento da caixinha é garantido se o barbante puxá-la continuamente. O grupo 4 menciona uma situação que se a

força for balanceada a caixinha não se move. Aqui pode-se inferir que esse grupo começa a perceber que a ação do barbante tem uma direção e sentido além de sua magnitude. A partir destas respostas estabelecemos uma nova configuração para os grupos. Os grupos 1, 3 e 5 podem ser agrupados na categoria **A1** e os grupos 2, 4, 6, 7 e 8 na categoria **A2**.

Questão 3) O movimento resultante da caixinha é em alguma direção e sentido específico? Por que isso acontece?

As respostas dos grupos encontram-se na Tabela 7.9 abaixo.

Tabela 7.9 – Respostas dos estudantes sobre direção e sentido do movimento da caixinha – Questão 3.

Grupo	Respostas
G1	Não. Ela vai para o lugar que você pucha.
G2	Sim, quando puxada por um barbante na mesma direção mantém movimento constante.
G3	Sim, acontece porque a força atuou em apenas um lado da caixinha.
G4	Sim, o movimento segue o sentido perpendicular.
G5	Não, porque a cada força exercida dirigiu-se a uma direção diferente.
G6	Sim, pois se puxar em lados opostos ela vai ficar em repouso.
G7	Sim. Porque se puxar em lados opostos ela vai ficar e repouso.
G8	Sim, porque exercemos força.

Analisando o conjunto de respostas dos grupos para esta questão, percebeu-se que todos ainda apresentam dificuldades em expressar o fato observado. O grupo 1 afirma que a caixinha segue para o “lugar” para onde é puxada. Aqui entende-se que o grupo quis dizer que o movimento ocorre na direção e sentido do barbante na caixinha. Na resposta dada pelo grupo 2 entende-se que o mesmo afirma que a caixinha mantém o movimento constante na direção em que foi puxada. O grupo 3 argumenta que a caixinha se movimenta porque na situação que foi considerada, a caixinha foi puxada por apenas um barbante. O grupo 4 afirma que o movimento da caixinha segue em um movimento perpendicular, mas não define em que situação isso ocorre. O grupo 5 menciona a situação da caixinha submetida a duas ações em direções diferentes, mas não conclui em que direção a caixinha se move. Os grupos 6 e 7 apresentaram a mesma resposta para a situação em que a caixinha não se move quando submetida a duas ações opostas. O grupo 8 conclui que o movimento da caixinha ocorre porque sobre ela é exercida uma força.

Com esta atividade era esperado que os grupos concluíssem que o movimento da caixinha deveria ocorrer na direção e sentido em que fosse puxada. Para a situação de duas ações perpendiculares esperava-se que aparecesse alguma resposta afirmando que a caixinha seguiria

em uma direção diagonal às ações nela aplicadas. Com a próxima atividade esperava-se que os grupos pudessem compreender melhor a situação, que adquiririam uma melhor apropriação dos conceitos e que apresentassem respostas mais elaboradas e claras.

7.5 Quinta Atividade: Construindo o conceito de força – Parte II

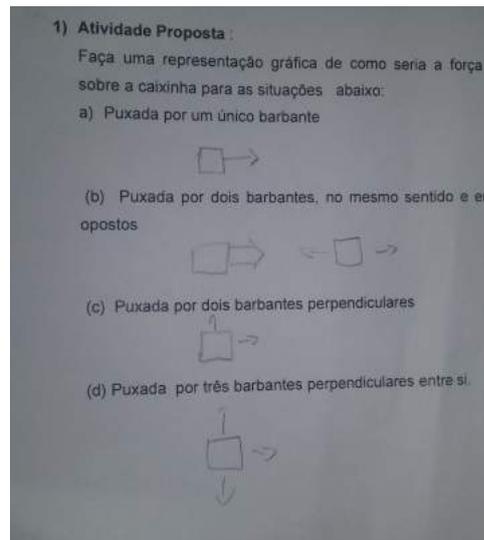
Com esta atividade objetivou-se consolidar a construção dos conceitos de força, força resultante e sua representação geométrica como grandeza vetorial.

O professor iniciou sua aula realizando a chamada. Em seguida, fez uma breve revisão sobre o experimento da aula anterior explicando noções gerais a respeito de vetores, grandeza vetorial e força, sempre relacionando o tema com a experiência da aula anterior. A classe acompanhou com atenção, mas o professor observou, através da fisionomia dos estudantes, que alguns não conseguiram compreender bem a noção de vetor, conforme relatado no diário de campo. Na tentativa de esclarecer melhor os conceitos, o professor usou a caixinha e realizou novamente a experiência da aula anterior, associando ao movimento do objeto a ação do barbante, que posteriormente denominou de força. O professor esclareceu aos alunos que tal ação ou força tem características particulares: módulo e orientação (direção e sentido), que no caso dela ser a única força agindo na caixinha era denominada de “força resultante” e que ainda toda força pode ser representada por meio de um segmento que denominamos **vetor**. Aqui, de certa forma, aparece o papel do professor como mediador do conhecimento, ilustrando aos estudantes, através de uma situação prática, como no caso do movimento da caixinha, a noção de vetor. Logo após, ele percebeu, através de suas observações e da anotação no seu diário de campo, que alguns estudantes apresentaram uma melhor compreensão sobre a noção de vetor, o que poderá ser observado abaixo através da análise da atividade. O professor ainda esclareceu que no caso de duas ou mais ações sobre o objeto era necessário a ação resultante ou força resultante, demonstrando geometricamente como isso poderia ser feito em alguns casos.

Em seguida, o professor encaminhou os estudantes para o salão, entregou a cada representante de grupo uma folha contendo a atividade a ser realizada e solicitou que representassem através de um desenho as forças que atuavam quando a caixinha era movimentada. Para esta atividade esperava-se que os estudantes, após a explicação do tema, apresentassem desenhos bem elaborados, identificando em cada situação proposta os vetores resultantes de maneira bem distinta.

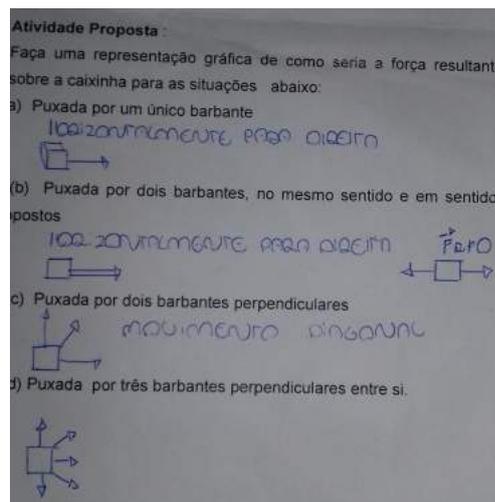
Seguem abaixo os desenhos elaborados pelos grupos para esta atividade.

Figura 7.3 – Respostas do grupo 1 para as questões da quinta atividade.



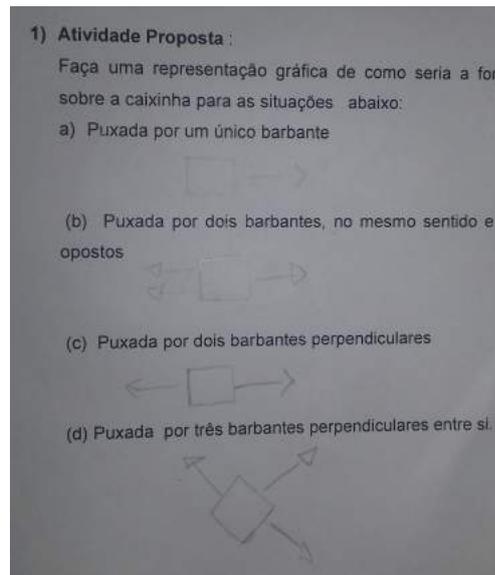
Fonte: Fotos da execução da SD.

Figura 7.4 – Respostas do grupo 2 para as questões da quinta atividade.



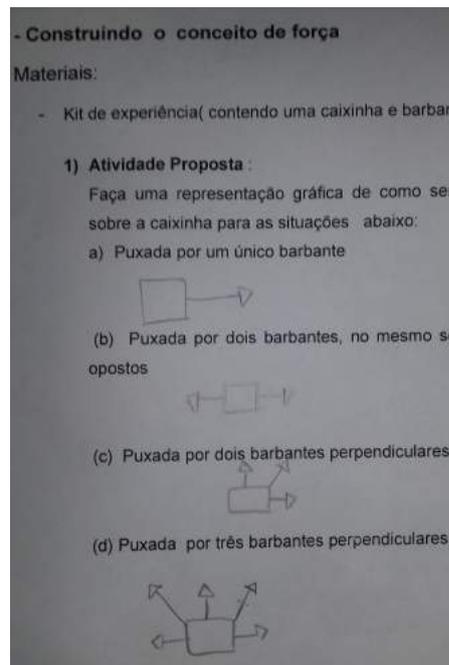
Fonte: Fotos da execução da SD.

Figura 7.5 – Respostas do grupo 3 para as questões da quinta atividade.



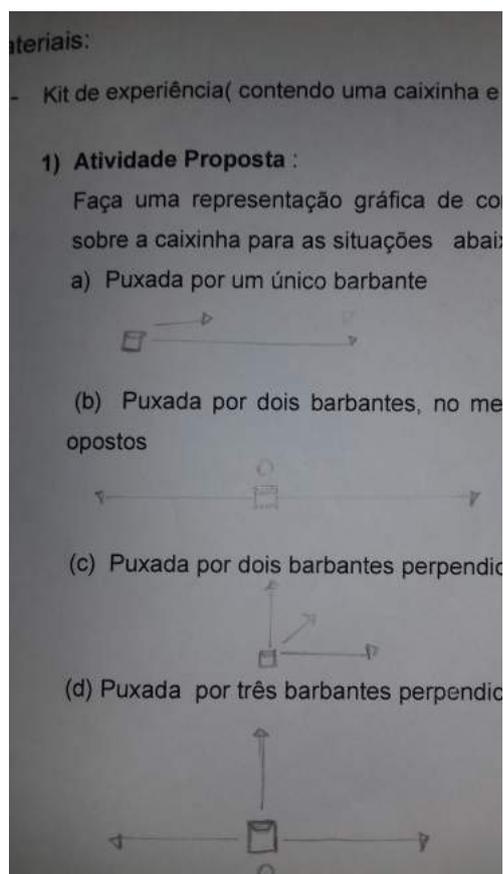
Fonte: Fotos da execução da SD.

Figura 7.6 – Respostas do grupo 4 para as questões da quinta atividade.



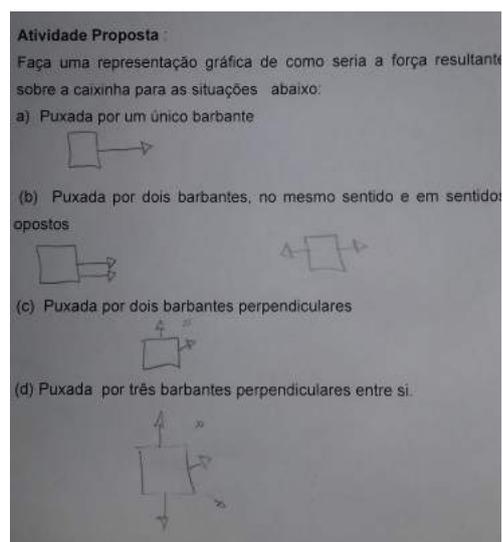
Fonte: Fotos da execução da SD.

Figura 7.7 – Respostas do grupo 5 para as questões da quinta atividade.



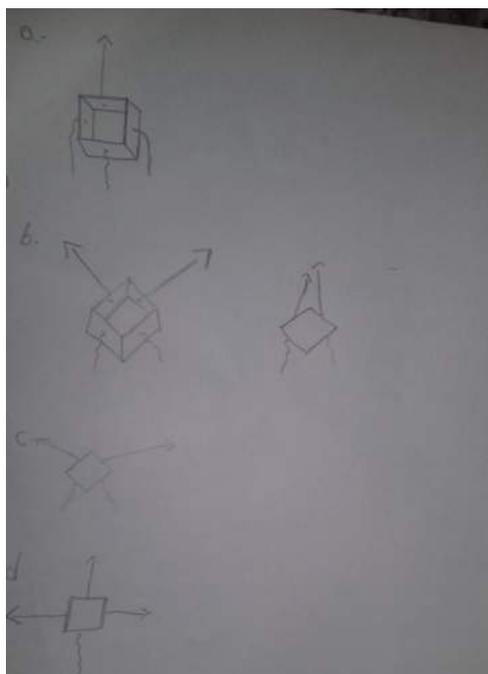
Fonte: Fotos da execução da SD.

Figura 7.8 – Respostas do grupo 6 para as questões da quinta atividade.



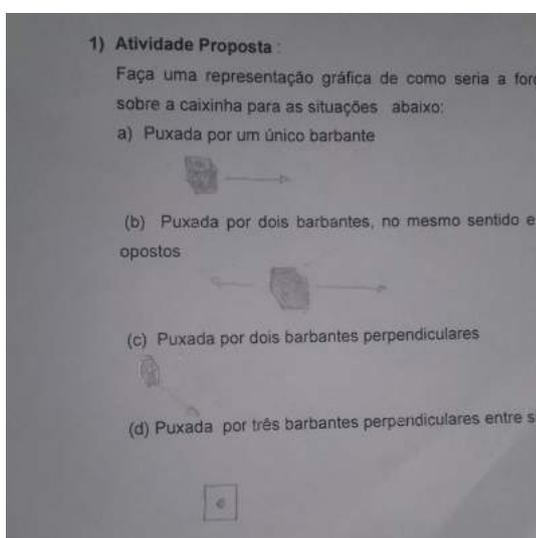
Fonte: Fotos da execução da SD.

Figura 7.9 – Respostas do grupo 7 para as questões da quinta atividade.



Fonte: Fotos da execução da SD.

Figura 7.10 – Respostas do grupo 8 para as questões da quinta atividade.



Fonte: Fotos da execução da SD.

Nesta quinta atividade buscou-se consolidar os conceitos de vetor e de força resultante. Foram eleitas nessas duas etapas (atividades 4 e 5) as categorias denominadas **D1** e **D2** que nortearam a análise sobre a força como uma grandeza vetorial.

Tabela 7.10 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a quinta atividade.

CATEGORIA D1	Representa os grupos que identificaram o movimento da caixinha como a ação dos barbantes e representaram através de desenhos, corretamente na maioria das situações proposta indicando o vetor resultante.
CATEGORIA D2	Representa os grupos que identificaram o movimento da caixinha como uma ação dos barbantes. E que, de certa forma, concluíram que tal ação além de ter uma intensidade, possui também uma direção e um sentido. Porém, não conseguiram identificar através de desenhos o vetor resultante na maioria das situações apresentadas.

A Tabela abaixo foi construída após análise dos desenhos dos estudantes através de sua representação gráfica da força resultante.

Tabela 7.11 – Tabela construída após análise dos desenhos dos estudantes à atividade da aula 5: construindo o conceito de força em um corpo.

Atividades: Identificando a força resultante	Grupos
Ilustrou claramente a força resultante nas 4 situações.	2
Ilustrou corretamente a força resultante em 3 situações.	4, 5 e 6
Ilustrou a força resultante somente em 2 situações.	1
Ilustrou a força apenas em uma situação.	3, 7 e 8

Durante análise da quinta atividade, percebeu-se, através dos desenhos representativos, que o grupo 1 não obteve um bom resultado, ilustrando corretamente apenas duas situações, indicando que os conceitos de vetor e força resultante não foram bem assimilados pelo grupo. Portanto, podemos classificá-lo na categoria **categoria D2**. Na quinta atividade o grupo 2 apresentou uma melhor compreensão da força resultante e de sua representação vetorial, apresentando um resultado mais satisfatório em relação aos demais. Portanto, pode-se classificá-lo na **categoria D1**.

Analisando a tabela 7.11, verifica-se que apenas o grupo 2 conseguiu ilustrar em forma de desenhos a força resultante em todas as situações propostas. Os grupos 4, 5 e 6 ilustraram corretamente três questões. O grupo 1 ilustrou apenas duas questões. E os grupos 3, 7 e 8 ilustraram uma questão corretamente. Observa-se que os grupos apresentaram grandes dificuldades ao ilustrar os desenhos das questões propostas.

Foi perceptível que os grupos 3, 7 e 8 não obtiveram um bom resultado, pois apresentaram um resultado bem inferior se comparado aos demais, portanto infere-se que estes compreenderam parcialmente os conceitos trabalhados nestas duas atividades – fato este que permite classificá-los na categoria **categoria D2**. Na quinta atividade, os grupos 4, 5 e 6 demonstraram

uma boa compreensão do conceito de força resultante e de sua representação vetorial, apresentando um resultado satisfatório. Portanto, podemos inclui-los na categoria **categoria D1**.

Com esta atividade era esperado que os grupos identificassem, através de desenhos, que o movimento da caixinha deveria ocorrer na direção e sentido em que fosse puxada, identificando assim o vetor resultante. Para a situação de duas forças perpendiculares esperava-se que aparecessem representações em que os estudantes identificassem corretamente a caixinha seguindo em uma direção diagonal às ações nela aplicadas. Pelo menos metade dos grupos não tiveram esta compreensão. Atribuiu-se a este fato a dificuldade que os estudantes apresentam na compreensão do conceito de uma grandeza vetorial e também pelo fato do tema ser pouco explorado nos anos anteriores.

7.6 Sexta Atividade: Identificando forças – Parte I

O objetivo traçado pelo professor para as próximas atividades (sexta e sétima) era que os grupos pudessem identificar as diferentes forças agindo sobre o objeto de estudo (sistema físico) em diferentes situações e que também conseguissem representar as diferentes forças em um corpo, identificando a força resultante e sua representação.

O professor iniciou a rotina da aula com a chamada conduzindo logo em seguida os estudantes para o salão onde a atividade seria realizada. Os estudantes foram convidados a se reunirem nos grupos habituais e cada representante de grupo recebeu uma folha contendo as atividades que seriam realizadas e respondidas mediante as observações. Também foram entregues aos grupos os seguintes materiais: 01 corpo de massa M definida, 01 mola e 01 pedaço de barbante.

Com o intuito de facilitar a análise nas atividades 6 e 7 foram criadas duas categorias as quais serão chamadas de **Categoria I** e **Categoria II**.

Tabela 7.12 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a sexta atividade.

CATEGORIA I	Apresentam dificuldades na identificação correta da força atuante.
CATEGORIA II	Reconhecem e identificaram corretamente na maioria das atividades a força atuante.

Como primeira tarefa (**Atividade I**) os grupos deveriam manter o corpo suspenso a uma certa altura (algum estudante deveria segurar o corpo). Em seguida, o corpo seria abandonado (o estudante solta o corpo). Considerando estas duas situações (antes e depois) o professor propôs aos grupos as seguintes questões:

(a1) Com o corpo ainda suspenso faça uma representação das forças agindo nele e também da força resultante correspondente.

(a2) Quando o corpo é abandonado, descrever o movimento observado

(a3) Qual a diferença entre as situações (a1) e (a2) em termos de forças agindo no corpo?

A força resultante é igual nos dois casos?

(a4) A força vertical para baixo, responsável pelo “puxão” no corpo é exercida por algum ente físico que você identifica?

1) Atividade I

Na tabela 7.13 a seguir encontram-se as respostas dos grupos para esta atividade I.

Tabela 7.13 – Respostas dos grupos para as questões da sexta aula propostas após a atividade I.

Grupo	Resposta
G1	a1) Força da gravidade e força nula a2) movimento de queda a3) uma é nula o outro é de queda Não a4) Sim A gravidade.
G2	a1) fez representação a2) o corpo age com a gravidade e vai para baixo a3) A força em a1 age para manter o objeto suspenso no ar A força em a2 age com a gravidade para baixo, não é igual a3) Sim a força da gravidade.
G3	a1) fez representação a2) quando o corpo é abandonado a força da gravidade atrai ele para baixo a3) no exemplo 1 a força é a da mão e o 2 a força é da gravidade, não é igual as forças a4) a gravidade.
G4	a1) e a2) fez representação a3) a diferença é que em a1 a força é exercida é constante e da gravidade é um fenômeno físico responsável pelo movimento vertical do corpo.
G5	a1) e a2) fizeram representações, a3) não, porque no primeiro existe uma força atuando sobre o corpo e em dois o objeto é abandonado a4) sim, por um indivíduo que impõe a força.
G6	a1) fez representação a2) a força da gravidade atua no corpo puxando-o para baixo a3) um caso a força esta atuando para cima, no outro ela esta atuando para baixo a4) pela mão da, no caso alguém ou alguma pessoa.
G7	a1) a força esta atuando pra cima a2) o objeto cai ora a3) a diferença é que na a1 que você está agindo contra a gravidade e a a2 está agindo com a força da gravidade. Não a4) não respondeu.
G8	a1) força da gravidade a2) movimento de cair a3) não a4) sim, pela gravidade

Na atividade I imaginou-se uma situação simples onde os grupos pudessem identificar a condição de equilíbrio de um corpo. Assim, numa primeira representação os grupos deveriam exibir em seus diagramas duas forças, uma apontando para cima, representando a ação do estudante e outra para baixo, indicando a ação da gravidade. A força resultante deveria ser nula, uma vez que o corpo encontrava-se em repouso, conforme dito no enunciado. Na segunda parte da questão (corpo abandonado), esperava-se respostas concluindo que o corpo cai pela ação da força gravitacional. Neste caso a força resultante sobre o corpo deveria ter um valor e

uma representação diferente de zero. Também esperava-se que os grupos atribuíssem a terra o “puxão” observado, ou seja, força de atração agindo sobre o corpo.

Analisando as respostas dadas pelo grupo 1 para os quatro quesitos, percebeu-se que ele identifica apenas a força da gravidade, entretanto afirma que a força resultante é nula no item (a1). O grupo descreve corretamente o movimento quando o corpo é abandonado, reafirma que no quesito (a1) a força resultante é nula e que no quesito (a2) a força resultante, denominada pelo grupo de “força de queda” não é nula. O mesmo grupo também menciona que a força de gravidade é a responsável pelo puxão vertical no corpo, sem mencionar maiores detalhes sobre a natureza desta força.

Os grupos 2, 4 e 6 para o quesito a1 fizeram um desenho representando um bloco com apenas uma força desenhada para cima. Não conseguiram identificar as duas forças atuando sobre o corpo: a força peso e a força normal. Os grupos 3 e 5 para o quesito a1 fizeram um desenho representando as duas forças através de duas setas, uma para baixo e uma para cima. Estes grupos, de certa forma, compreenderam que na primeira situação com o corpo suspenso, aparecem duas forças (a força peso e a força normal), apesar de não identificarem as forças por nome. Os grupos 2, 3, 4, 7 e 8 classificam a gravidade como a força responsável pela queda dos corpos, com a aceleração da gravidade. O grupo 7 não respondeu ao último quesito.

Os grupos 5 e 6 constataram que durante o movimento de queda do corpo as forças não estão em equilíbrio. Entretanto, no momento de formular uma resposta para a questão a4, fizeram uma confusão atribuindo a “queda livre” de um corpo como sendo uma ação de um indivíduo que impõe uma força no objeto.

Como reflexão desta atividade percebeu-se que os grupos ainda apresentam deficiências na representação de uma força, na construção de diagramas de forças e na identificação da força resultante como uma soma vetorial. Por outro lado, foi perceptível que alguns grupos reconhecem a ação da força da gravidade de um ponto de vista coloquial e não de um científico, portanto, cumprem o propósito desta atividade, porém não identificam quem produz e qual a natureza desta força. Espera-se que no desenvolvimento das próximas atividades os grupos possam adquirir maior autonomia nestes conceitos.

Na segunda tarefa (**Atividade II**) o professor orientou que os grupos posicionassem o corpo sobre a superfície da carteira e que observassem o comportamento do mesmo. Em seguida eles responderam as seguintes questões:

(b1) Descreva o movimento do objeto indicando as forças que agem sobre o mesmo.

(b2) A força vertical para baixo, que no caso anterior denominamos “puxão” sobre o corpo, está presente nesta situação? Em caso afirmativo, porque o corpo não atravessa a carteira? Alguém impede que isso aconteça? Quem?

(b3) Como você representaria a força resultante sobre o corpo?

2) Atividade II

Tabela 7.14 – Respostas dadas pelos grupos às questões propostas após a atividade II.

Grupo	Resposta
G1	b1) ele fica parado. b2) sim. Porque a carteira tem massa. Sim a carteira. Pois não é possível atravessar um corpo. b3) para cima e para baixo ao mesmo tempo.
G2	b1) fez desenho. b2) sim, o corpo é abandonado agindo sobre ele a força da gravidade para baixo, pois tem massa “física”, sim a carteira. b3) é responsável pela força da gravidade que puxa o objeto.
G3	b1) A força que age sobre ele é nula. b2) se tem massa tem força então há, por causa do chão a carteira não atravessa. b3) fez representação.
G4	b1) O corpo se encontra em repouso, pois não há força atuando sobre ele e sim a aceleração da gravidade. b2) sim, porque carteira não permite. Sim a carteira. b3) fez desenho.
G5	b1) ele está em repouso e sua força é nula. b2) porque a superfície impede. b3) não fez.
G6	b1) no caso do objeto recebido, ele está em repouso sem nenhuma força atuando sobre ele. b2) sim, porque há um corpo impedindo que atravesse. Sim o suporte da mesa. b3) a força da gravidade.
G7	b1) fez desenho. b2) sim, porque a corda está segurando a mochila e ela não atravessa a carteira, sim a força humana exercida sobre a mochila. b3) representado pela força da gravidade que puxa o objeto.
G8	b1) nenhuma. b2) não, porque a carteira está impedindo o objeto passar. b3) fez desenho.

Nesta atividade era esperado que os grupos reconhecessem que o corpo permanecia em repouso sobre a mesa em uma situação de equilíbrio; que identificassem uma força vertical para baixo e uma força vertical para cima, caracterizando uma força resultante nula. A força vertical para cima seria aquela que impede o corpo de atravessar a mesa, a qual denominamos de força normal. E a força vertical para baixo representando a força gravitacional, que já havia sido discutida na atividade anterior. Portanto, no item b3 a resposta esperada era a de que a força resultante seria nula.

O grupo 1 identificou a condição de repouso para o item (b1). Na questão (b3) (força resultante sobre um corpo) o grupo apontou por qual motivo o corpo estaria em equilíbrio: duas forças, uma para cima e outra para baixo. Na situação (b2) (se o corpo atravessaria a carteira) o

grupo respondeu que não, uma vez que não havia uma massa significativa. Observe que o grupo não identifica a força de contato vertical para cima exercida pela mesa.

O grupo 2 para o quesito (b1) fez um desenho de um bloco pendurado por uma corda com uma seta para cima e outra para baixo. Eles não compreenderam este primeiro quesito. Analisando os quesitos (b2) e (b3) verifica-se que eles confundiram os conceitos com a atividade 1 na hora de responderem.

O grupo 3 na questão (b1) identifica que a força que age sobre o corpo é nula, mas não relaciona isso com a condição de repouso; (b2) se tem massa identifica a presença de força; por conta da superfície da carteira o corpo não é capaz de atravessá-la, mas não atribui uma força de contato vertical para cima exercida pela carteira sobre o corpo; (b3) fez desenho mostrando claramente as duas forças atuando sobre o objeto.

O grupo 4 respondeu a questão (b1) argumentando que o motivo do corpo não se movimentar é decorrente da ausência de forças agindo sobre ele. Para (b2) associou que o motivo pelo qual o corpo não atravessa a carteira se deve à sua massa ser pequena e em b3 fez um desenho representando corretamente as forças agindo sobre o corpo e a carteira.

O grupo 5 respondeu para questão (b1) que o motivo do corpo estar em repouso é porque as forças que atuam sobre ele são nulas. Na questão (b2) associou o fato do corpo estar em equilíbrio devido à superfície da carteira que o impede de afundar, e em (b3) não resolveu, pois não compreendeu o enunciado.

O grupo 6 constatou na questão (b1) que o corpo permanece em repouso porque não tem nenhuma força atuando sobre ele. Para a questão b2 verificou que a superfície da carteira impede o corpo de atravessar a mesma. Em (b3) fez um desenho ilustrando as forças atuando no objeto.

No grupo 7 percebeu-se, através das respostas, que houve uma confusão durante a execução da atividade. O grupo fez uma representação no item (b1), um desenho de um bloco pendurado por uma corda com uma seta para cima e outra para baixo. Eles não compreenderam este primeiro quesito. No item (b2) o grupo fez uma confusão com o enunciado da pergunta, e no item b3 respondeu que a força resultante era a da gravidade.

O grupo 8, no item (b1), respondeu apenas “nenhuma” para justificar a pergunta b1 que era para descrever o movimento do corpo; no item (b2), respondeu que a carteira impede o objeto de cair e no item (b3) fez uma representação utilizando apenas o desenho de uma cadeira com um peso em cima, não representou as forças atuando.

Analisando as respostas de uma forma geral, percebeu-se que os grupos reconheceram que o estado de repouso de um corpo é caracterizado como sendo aquele em que não há forças agindo sobre ele. Foi observado que nenhum grupo afirmou que a força resultante sobre o corpo era nula. Alguns mencionaram que a força era nula apenas. Para este quesito a pergunta formulada era: descreva o movimento do objeto indicando as forças que agem sobre o mesmo. E obteve-se respostas como aquela do grupo 4, que afirmava que “o corpo se encontra em repouso, pois não há força atuando sobre ele”. A resposta está correta sob a inferência no termo “não há força”, pois o grupo quis dizer força resultante. No item (b3) em que era perguntado explicitamente “Como você representaria a força resultante sobre o corpo?”, alguns fizeram representações que deveriam ter feito no item (b1); outros atribuíram a gravidade como sendo a força resultante.

Na pergunta do item (b2), “Por que o corpo não atravessa a carteira? Alguém impede que isto aconteça? Quem?”. Alguns atribuíram à carteira ou à mesa o impedimento observado no movimento do corpo. Aqui pode-se inferir que os grupos demonstraram algum conhecimento, embora não tenham dito explicitamente a respeito da presença de uma força de contato entre o corpo e a mesa, impedindo-o de atravessá-la. Desta forma, acredita-se que o objetivo da atividade que era caracterizar a força normal de contato foi parcialmente atingido. Outros argumentaram que o corpo não possuía massa suficiente. Após esta atividade crê-se que os grupos ainda apresentam dificuldades em representar e reconhecer as forças agindo em um corpo em repouso. Esperava-se que com as próximas atividades estas habilidades pudessem ser desenvolvidas nos estudantes.

Em uma terceira tarefa (**Atividade III**) um corpo é acoplado à extremidade livre de uma mola (mantida verticalmente). Neste caso a mola aumenta seu comprimento e o corpo muda seu estado de movimento até atingir o estado de repouso. O professor então solicita aos grupos que respondam as seguintes questões:

(c1) Quem exerce o “puxão” na mola?

(c2) Quem impede a mola de alongar-se continuamente?

(c3) No estado de repouso do corpo faça uma representação de todas as forças que agem sobre ele e também da força resultante.

3) Atividade III

Tabela 7.15 – Respostas dadas pelos grupos às questões propostas após a atividade III.

Grupos	Respostas
G1	c1) a gravidade. c2) força elástica. c3) fez desenho.
G2	c1) o objeto que atua sobre ela junto com a força da gravidade. c2) A massa do objeto e a gravidade não é suficiente para alongar a mola continuamente. c3) fez desenho.
G3	c1) A força que age sobre ela. c2) A força resultante sobre a mola. c3) fez desenho.
G4	c1) O peso. c2) A força que a mola exerce sobre o peso do corpo. c3) fez desenho.
G5	c1) o corpo. c2) A força da mola. c3) desenho.
G6	c1) A força atuante sobre o corpo. c2) A força que está sendo aplicada sobre a mola. c3) não fez.
G6	c1) A força atuante sobre o corpo. c2) A força que está sendo aplicada sobre a mola. c3) não fez.
G7	c1) O objeto que está exercendo a força sobre ela(a massa). c2) O peso do objeto. c3) não fez.
G8	c1) O peso. c2) O peso. c3) Fez desenho.

Nesta **atividade III** era esperado que os grupos reconhecessem que no sistema considerado duas forças estavam em jogo: a força gravitacional ou força peso exercida pela terra sobre o objeto suspenso, responsável pelo puxão no corpo e, conseqüentemente, pela deformação da mola; a outra força seria aquela decorrente da deformação da mola. Tal força agindo sempre no sentido de que a mola retornasse ao seu comprimento natural. Assim no quesito (c1) quem exerce o “puxão” na mola? Esperava-se que alguém argumentasse que era o corpo preso à extremidade da mola, uma vez que o mesmo era puxado para baixo pela ação da gravidade. No quesito (c2) “Quem impede a mola de alongar-se continuamente?”. A resposta esperada era que a própria mola exercia no objeto uma força crescente em intensidade em função de sua deformação. E no quesito (c3) no estado de repouso do corpo onde era pedido que se fizesse uma representação de todas as forças que agiam nele e também da força resultante, bastava apontar ambas as forças: da mola e da gravidade, com a mesma intensidade, direção e sentidos contrários, originando uma força resultante nula.

Analisando as respostas do grupo 1 na questão (c1): constataram que a força responsável por manter a mola esticada era a gravidade. Para a questão (c2) o grupo identificou corretamente como força elástica a responsável por não permitir que a mola se alongasse continuamente. E em (c3) o desenho não ficou correto, pois ilustraram apenas a mola e não identificaram as forças que atuam nos corpos. Percebeu-se que este grupo ainda apresenta dificuldades relacionadas à representação das forças no corpo e à composição da força resultante.

O grupo 2 associou também a força responsável por manter a mola esticada por um corpo pendurado como sendo a gravidade. Na questão (b2) foi identificada uma pequena confusão de conceitos, pois eles disseram que o fato da mola não estar alongada continuamente era devido a massa do objeto e a gravidade não serem suficientes para manter a mola esticada. Em (c3) não compreenderam bem o que era para fazer, pois fizeram um desenho representando uma mesa e sobre ela um objeto, colocando apenas uma seta para baixo – não compreenderam bem a questão. Novamente aparecem as dificuldades relacionadas com a representação das forças no corpo e com a força resultante obtida como uma soma vetorial.

O grupo 3 não identificou a força responsável pelo puxão da mola como sendo a força peso. Disseram apenas a “força” agindo sobre ela. Para (c2) constataram a força responsável por impedir a mola de continuar-se a alongar como a força resultante sobre a mola, ou seja, citaram implicitamente a força elástica. Na questão (c3) fizeram um desenho representando, através de setas, as forças agindo sobre os corpos. Este grupo demonstrou certa dificuldade com a interpretação das questões. Fizeram a representação das forças no corpo sem mencionar a força resultante.

Os grupos 4 e 5 identificaram corretamente todas as forças atuantes sobre a mola nas questões (c1), (c2) e (c3), representando corretamente a força resultante. Estes grupos atingiram plenamente os objetivos da atividade.

O grupo 6 não identificou com clareza a força peso na questão (c1), citando apenas a força atuante sobre o corpo. Se inferirmos que o grupo quis dizer que a força atuante sobre o corpo é a força da gravidade, então ele respondeu corretamente ao quesito. Na questão (c2) identificaram a força elástica como a responsável por não deixar o corpo alongar-se continuamente. Em (c3) não responderam. Novamente foram detectadas dificuldades relacionadas com a representação das forças no corpo e com a força resultante obtida como uma soma vetorial.

O grupo 7 identificou na questão (c1) a força responsável pelo puxão na mola como sendo a massa. Para a questão (c2) o grupo fez confusão na interpretação da pergunta, e o quesito (c3) não foi respondido. O grupo demonstra dificuldades com a interpretação das questões e com a representação das forças e sua respectiva resultante.

O grupo 8 identificou na questão (c1) que a força responsável pelo puxão da mola é a força peso, mas nas questões (c2) e (c3) não compreendeu o que deveria ter feito.

Com exceção dos grupos 4 e 5, os demais ainda apresentam problemas quanto à representação das forças e quanto à interpretação do que chamamos força resultante sobre um corpo.

Espera-se que nas próximas atividades estas falhas possam ser paulatinamente corrigidas. Considerando que um dos objetivos da atividade era caracterizar a força elástica produzida pela deformação da mola, acredita-se que este foi atingido parcialmente, conforme as discussões observadas e as respostas dadas pelos grupos.

A figura 7.11 ilustra os estudantes realizando experiência relativa à aula 6, construindo conceitos de força no cotidiano.

Figura 7.11 – Estudantes realizando experiência da aula 6 – Construindo conceito de força elástica.



Fonte: Fotos da execução da SD.

Em uma quarta tarefa (**Atividade IV**) o professor propôs aos grupos uma situação envolvendo um pedaço de barbante e o corpo de prova. Os grupos deveriam prender o corpo em uma de suas extremidades (barbante) e suspendê-lo de modo que ele ficasse em repouso na vertical. Considerando esta configuração os grupos responderam as seguintes questões:

(d1) Já discutimos a força responsável pelo “puxão” sobre o corpo. No caso analisado aqui por que o corpo não cai?

(d2) Note que podemos esticar um pedaço de barbante puxando suas extremidades. No caso do nosso experimento com o corpo suspenso, o barbante está frouxo ou esticado? Se estiver esticado, quem exerce esta ação no barbante?

(d3) Sabemos que existe uma força que puxa o corpo no sentido vertical para baixo. Qual a ação do barbante sobre o corpo? Faça uma representação dela.

(d4) Qual a representação da força resultante agindo sobre o corpo?.

4) Atividade IV

Tabela 7.16 – Respostas dadas pelos grupos às questões propostas após a atividade IV.

Grupos	Respostas
G1	d1) porque está preso em outro corpo. d2) esticado. A gravidade. d3) força vertical da gravidade. d4) desenho.
G2	d1) pela força exercida para manter o objeto suspenso pelo barbante. d2) esticado, o corpo suspenso. d3) e d4) desenho.
G3	d1) porque há uma força atuando sobre ele “ puxando para cima”. d2) esticado, pois há duas forças em direções contrárias atuando sobre ele. d3) o barbante esta sustentando-o para que não caia. d4) desenho.
G4	d1) o barbante faz papel do ponto de apoio. d2) esticado, a aceleração da gravidade. d3) e d4) desenho.
G5	d1) porque tem algo segurando o corpo. d2) por causa do indivíduo e sua força. d3) e d4) desenho.
G6	d1) por causa que o barbante e a força atuante que o sustenta no ar. d2) esticado, pois o peso exerce força no barbante. d3) e d4) desenho.
G7	d1) porque ele está sendo sustentado pela corda. d2) mão que exerce força para manter em repouso e o objeto da gravidade. d3) e d4) desenho.
G8	d1) porque a corda está segurando. d2) fica esticado, o peso. d3) ele puxa e o peso fica para baixo. d4) fez desenho.

Na **Atividade IV** foi proposto analisar o que acontecia com um corpo de prova preso por um fio na posição vertical e em repouso. No quesito (d1) era questionado por que o corpo não cai. Na questão (d1) todos os grupos apresentaram, com diferentes argumentos, uma resposta satisfatória para o quesito. No quesito (d2) era mencionado que podemos esticar um pedaço de barbante puxando suas extremidades. No caso do experimento com o corpo suspenso, era questionado se o barbante se encontrava frouxo ou esticado, e se estivesse esticado, quem exercia esta ação no barbante. Na primeira parte da pergunta verificou-se que todos os grupos concordaram que o barbante ficaria esticado. Na segunda parte obteve-se respostas variadas. O grupo 2 identificou corretamente que o corpo suspenso produzia a ação sobre o barbante fazendo com que ele ficasse esticado. Os grupos 1, 4, 6 e 8 atribuem à gravidade e ao peso do objeto o fato do barbante ficar esticado. O grupo 3 menciona a presença de duas forças iguais e contrárias atuando sobre ele. Entende-se este “ele” como sendo o barbante, o que não faz sentido, pois as forças iguais e contrárias devem estar localizadas no corpo suspenso. Os grupos 5 e 7 deram respostas semelhantes afirmando que a mão que sustenta o barbante é o agente responsável pelo fato do mesmo ficar esticado. O grupo 7 coloca também nesta ação a presença da força da gravidade. Para os quesitos (d3) e (d4) sobre a ação do barbante sobre o corpo e sua representação utilizaram apenas uma seta para baixo, não compreenderam bem a atividade. Os grupos 2, 4, 5 e 6 fizeram representações identificando as duas forças atuando sobre o corpo através de uma

seta para cima e outra para baixo. O grupo 1 respondeu ao quesito (d3) de forma errada e no quesito (d4) fez um desenho ilustrando as duas forças atuando sobre o corpo, através de uma seta para cima e outra para baixo. O grupo 3 respondeu em (d3) argumentando que “o barbante está sustentando o corpo para que o mesmo não caia”. No item (d4) fez uma representação gráfica identificando as duas forças atuando no corpo através do desenho de uma seta para cima e outra para baixo. O grupo 8 afirma no item (d3) que “ele puxa e o peso fica para baixo”. Infere-se aqui que o grupo tenha pensado em duas forças verticais contrárias, uma dirigida para cima, exercida pelo barbante, e a outra dirigida para baixo, representando a força peso. No item (d4) o grupo 8 também fez uma representação gráfica das forças atuando sobre o corpo com uma seta para cima e outra para baixo.

Considerando que um dos objetivos da atividade era a caracterização da força de tração, acredita-se que pelas discussões observadas e pelas respostas elaboradas pelos grupos, este tenha sido atingido, ao menos parcialmente.

A figura 7.12 abaixo ilustra os estudantes realizando a experiência sobre força de tração.

Figura 7.12 – Estudantes realizando experiência da aula 6 – Construindo conceito de tração.



Fonte: Fotos da execução da SD.

7.7 Sétima Atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II

Os objetivos desta aula são: Identificar e discutir outras forças presentes durante a realização das atividades pelos estudantes.

O professor iniciou a aula com a chamada. Em seguida, conduziu-os para o pátio da escola. Reuniram-se como de costume nos mesmos grupos. Então, o professor entregou a cada representante uma folha contendo a experiência a ser realizada.

Devido ao fato da escola não possuir material para todos os grupos, o professor realizou as experiências sugeridas na atividade, solicitando-os que anotassem suas observações na folha.

1) Atividade proposta

Tabela 7.17 – Respostas dadas pelos grupos à questão I da sétima atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II.

Grupos	Respostas
G1	e1) fez desenho. e2) a sua massa e a força contrária. e3) não.
G2	e1) fez desenho. e2) o atrito, a força aplicada na caixa. e3) conforme a força aumenta a caixa se move.
G3	e1) não desenhou corretamente. e2) o peso da caixinha que, no caso, é maior do que a força que a puxa horizontalmente. e3) não, pois em algum momento a força que a puxa será maior do que seu peso.
G4	e1) fez desenho. e2) a massa que ela contém. e3) não, porque a força exercida na corda é maior que a força da caixa.
G5	e1) fez desenho. e 2) forças opostas sobre ela. e3) não porque ira exercer uma força maior sobre ela.
G6	e1) não fez o desenho certo. e2) o peso dela. e3) não, quando a força for maior do que o peso da caixa, ela começa a mover.
G7	e1) fez desenho. e2) a sua força de atrito e massa. e3) não, ela irá se mover.
G8	e1) desenho. e2) o peso da caixa e a força de atrito. e3) não, vai permanecer em repouso.

Analisando os desenhos dos grupos para o quesito (e1) que consistia em fazer uma representação de todas as forças que atuam sobre o corpo e que poderia mudar o estado de movimento da caixinha, os grupos 1, 5, 7 e 8 representaram as forças através do desenho de duas setas com mesma direção, porém em sentidos contrários. Os grupos 3 e 6 não conseguiram desenhar corretamente as forças atuantes sobre o corpo, desenharam apenas um bloco parado. Os grupos 2 e 4 fizeram um desenho semelhante ao de um bloco com uma seta para baixo e uma seta para direita, demonstrando que não haviam compreendido bem a atividade. Analisando a questão (e2) percebe-se que os grupos 1, 2, 5, 7 e 8 identificaram corretamente a força de atrito como sendo a força responsável por impedir o movimento da caixa. Os grupos 3, 4 e 6 identificaram o peso ou a massa da caixinha como fator responsável por impedi-la de sair do seu estado de repouso. Analisando a questão (e3), observa-se que todos os grupos compreenderam a medida do aumento da força que fazia a caixinha se mover.

A seguir apresenta-se a tabela 7.18 desenvolvida mediante a análise das respostas dos grupos para a atividade proposta.

Tabela 7.18 – Análise das respostas dos estudantes associadas a atividade um da aula sete: construindo o conceito de força no cotidiano dos alunos.

Atividade: <i>Identificando a Força de Atrito</i>	Grupos
Identificaram uma força de atrito na atividade.	1, 2, 5, 7 e 8
Atribuíram “ao peso ou a massa” como causadores do atrito.	3, 4 e 6
Constataram que o aumento da força causa diminuição do atrito.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8

A presente análise desta tabela não tem como objetivo verificar quantos grupos acertaram ou quantos erraram esta atividade, e sim fazer uma reflexão sobre o que pode ter influenciado os grupos em suas respostas durante a realização das atividades investigativa e experimental.

É um objetivo ainda estabelecer uma relação entre: questões e conceitos envolvidos com o roteiro de atividades proposto procurando identificar possíveis falhas na estrutura do roteiro.

Verifica-se na análise da tabela 7.18 que a maioria dos grupos identificaram o atrito como força responsável por dificultar o movimento de um objeto parado.

Um terço dos grupos atribui a dificuldade de iniciar o movimento à sua massa ou ao seu peso. Todos os grupos constataram o aumento da força com a diminuição do atrito, ocasionando assim o início do movimento de um corpo.

Apesar de alguns grupos ainda apresentarem dificuldades na representação das forças atuantes sobre um corpo, percebeu-se que no caso desta atividade houve uma boa compreensão por parte dos estudantes. Eles conseguiram identificar, na prática, que à medida que aumentamos a força aplicada sobre um corpo, o atrito diminui e, conseqüentemente, o corpo começa a se mover, ou seja, esta estratégia aplicada está de acordo com o que dizem Azevedo (2004) e Carvalho et al. (1998) sobre a criação de um ambiente propício para gerar aprendizagem com o uso das atividades investigativas.

2) Atividade proposta

Tabela 7.19 – Respostas dadas pelos grupos à questão II da sétima atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II.

Grupos	Respostas
G1	e4) desenho. e5) pela maior ação da gravidade . A gravidade a empurra para baixo.
G2	e4) a gravidade. O atrito que em conjunto com a gravidade mantendo-a em repouso. e5) o atrito não foi o suficiente para manter a caixa parada.
G3	e4) o que puxa é a força de atrito. Ela não desce pois a força que a segura é maior do que a inclinação. e5) porque a gravidade é maior do que a força que a segura.
G4	e4) a velocidade gravitacional, por causa da força exercida pela caixinha é maior que a força gravitacional. e5) porque a velocidade da gravidade faz com que a força exercida da caixinha mude de sentido.
G5	e4) Ninguém porque a inclinação não é suficiente. e5) porque a inclinação foi maior.
G6	e4) a gravidade. Pois a força não foi maior que o atrito, assim a caixa permanece em repouso. e5) pois neste ponto a inclinação e a gravidade foram maior que o atrito.
G7	e4) a gravidade, porque a gravidade é maior que o atrito. e5) porque força da gravidade é maior que a força de atrito.
G8	e4) O atrito impediu de ela se mover. e5) Por que a força da gravidade é maior do que o atrito.

Analisando a atividade II em relação à questão (e4) verifica-se que o grupo 1 não compreendeu bem a atividade, pois apenas desenhou um bloco com uma força para baixo, e para a questão (e5) eles responderam que a medida em que aumenta a inclinação, a gravidade puxa com maior intensidade para baixo. Percebe-se aqui que o grupo apresentou dificuldades na compreensão da atividade e observou-se também que ainda é forte a ideia da gravidade como a causadora do movimento dos corpos.

O grupo 2 apresentou uma boa compreensão das forças que agem sobre o plano inclinado, apenas confundiram os conceitos de força peso com a força da gravidade, ou seja, como a força responsável pela descida da caixinha no plano inclinado. Para a questão (e5) conseguiram compreender que com o aumento da inclinação da rampa o atrito diminui e com isso a caixinha desce.

Pela resposta dada pelo grupo 3 para a questão (e4) percebe-se que os estudantes compreenderam que a força de atrito é responsável por impedir a caixinha de descer o plano inclinado. Pela resposta do quesito (e5) verifica-se que eles associaram a ação da gravidade como a responsável pela descida da caixinha no plano inclinado.

Analisando a resposta do grupo 4 para as questões (e4) e (e5) verifica-se uma confusão na hora de elaborar suas respostas, ficando as mesmas fora do contexto.

Nas respostas do grupo 5 para as questões (e4) e (e5) os estudantes associaram o fato de a caixinha ficar em repouso e a mover-se devido à inclinação da rampa.

Na resposta à questão (e4) os estudantes do grupo 6 compreenderam que o atrito é a força responsável por impedir a caixinha de descer a rampa. No quesito (e5) eles identificaram a gravidade e a maior inclinação da rampa como fatores responsáveis para vencer a força de atrito e a caixinha mover-se.

Analisando a resposta do grupo 7 para a questão (e4), verifica-se que os estudantes se confundiram na hora de elaborar a resposta constatando a aceleração gravitacional sendo maior do que o atrito, por isso o corpo não se movia. Em (e5) identificaram que através da maior inclinação da rampa, a força peso identificada como “força da gravidade” foi maior que a força de atrito.

Para a questão (e4) os estudantes do grupo 8 identificaram o atrito como sendo o responsável por impedir a caixinha de se mover, e no quesito (e5) eles constataram, através da maior inclinação da rampa, que a força peso identificada como “força da gravidade” foi maior que o atrito.

A seguir apresenta-se na tabela 7.20 um perfil das respostas dos grupos para a atividade proposta.

Tabela 7.20 – Perfil das respostas dos estudantes associadas à atividade dois da aula 7 – construindo o conceito de força com os alunos.

Atividades: <i>Identificando o atrito no Plano Inclinado</i>	Grupos
Identificaram o atrito em um plano inclinado.	2,3,6,7 e 8
Constataram haver movimento devido ao aumento inclinação do plano inclinado e atribuíram este movimento à força da gravidade	1,2,3,5,6,7 e 8
Não compreenderam ou não responderam corretamente.	1, 4 e 5

Verificou-se que a maioria dos grupos identificaram o atrito em um plano inclinado e constataram haver movimento da caixinha devido ao aumento da inclinação da rampa, ou seja, a medida em que aumentamos o ângulo, ocorre a diminuição da força de atrito e, conseqüentemente, o corpo começa a mover-se.

Constatou-se, a partir das repostas dos grupos, que houve uma boa compreensão dos estudantes na execução da atividade, apesar dos grupos ainda apresentarem dificuldades na identificação correta das forças atuantes. Com isso é considerável que a estratégia utilizada alcançou os objetivos propostos para esta atividade.

3) Atividade proposta

Tabela 7.21 – Respostas dadas pelos grupos à questão III da sétima atividade: forças no cotidiano dos alunos – Parte II.

Grupos	Respostas
G1	f1) a densidade de uma é maior. f2) porque a densidade da água, é maior e a gravidade a puxa para baixo. f3) pois ele vai para o fundo, pois a densidade dela é maior.
G2	f1) a bola vazia flutua devido ao ar contido nela e a bolinha massisa afunda pela quantidade de massa. f2) a bolinha sobe devido ao ar e a pressão do ar não é suficiente para mante-la coberta. f3) pois a bolinha afunda devido o peso ou seja sua quantidade de massa.
G3	f1) A esfera de metal afunda, pois a densidade dela é maior. f2) porque a única força que está fazendo a bolinha de plástico debaixo dágua é a mão do professor. f3) porque densidade dela é maior o que faz ela ficar no fundo.
G4	f1) A bolinha de plástico boia porque a água é mais densa que a bolinha. A de metal afunda porque ela é mais densa que a água. f2) a bolinha de plástico sobe porque devido a pressão. f3) porque a sua densidade não permite que ela suba.
G5	f1) Porque a densidade da bola de ferro é maior do que a de plástico. f2) porque ele está exercendo uma força sobre a bola de plástico. f3) porque a densidade da esfera de metal é maior.
G6	f1) uma desce e a outra sobe pois uma tem a densidade maior. f2) porque a densidade da água é maior do que a da bolinha. f3) porque a esfera de metal tem a densidade maior do que a água.
G7	f1) Porque uma das bolas a sua densidade é maior que da água e a outra não. f2) enquanto segura a bola embaixo da água ela não sobe, pois o braço esta exercendo uma força sobre ela e quando a solta ela sobe pois a bola não é densa. f3) porque a densidade do metal é maior que da água, assim sua força a fazer descer.
G8	f1) uma boia e a outra afunda Porque a densidade da bola de metal é maior. f2) porque tem ar na bola. f3) porque densidade da bola é maior.

Analisando as respostas das questões da atividade III para o quesito (f1), percebe-se que todos os grupos atribuíram às densidades das esferas o fato delas flutuarem ou não.

A tabela 7.22 abaixo apresenta o perfil das respostas dos grupos para a atividade proposta.

Tabela 7.22 – Perfil das respostas dos estudantes, associadas a atividade três da aula 7 – Construindo o conceito de força com os alunos.

Atividades: <i>Identificando a Força de Empuxo</i>	Grupos
Constataram que a densidade das bolinhas eram diferentes.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8
Constataram que a densidade da água era maior que a densidade da bola, por isso a bola flutuava.	1, 6, 7
Constatou "implicitamente" o empuxo atuante na água.	1, 2, 4
Não respondeu corretamente alguma pergunta.	3, 5 e 8

A tabela foi obtida através da análise das respostas dos grupos após a realização das atividades propostas nesta terceira etapa da sétima aula.

Observou-se que os grupos constataram serem diferentes as densidades das bolas. Este fato foi determinante para que eles verificassem que uma delas poderia afundar e a outra não. Um terço dos grupos (1, 6 e 7) identificou a densidade da água sendo maior, por isso a bola flutuava. O outro um terço dos grupos (1, 2 e 4) constatou – sem muita clareza – que a força de empuxo era responsável por manter a bola flutuando. O terço restante dos grupos (3, 5 e 8) não respondeu corretamente algumas das perguntas. Constatou-se que a estratégia utilizada não foi bem compreendida pela maioria dos grupos, pois apenas dois identificaram “implicitamente” a força de empuxo. Porém, todos os grupos identificaram a densidade das bolas como fator determinante para que uma afundasse e a outra não. Verificou-se que mesmo os grupos não tendo alcançado a compreensão plena da atividade a estratégia foi considerada proveitosa, podendo fazer parte do planejamento do professor em outros momentos.

Ao término desta atividade, pôde-se classificar melhor os grupos segundo as categorias criadas no início da sexta atividade (aula 6). Após uma melhor análise de suas respostas em sua explanação, considerou-se que o grupo 1 confirmou a expectativa do autor deste trabalho, mantendo-se na **categoria II**. Os grupos 2 e 5, que anteriormente estavam classificados na categoria I, demonstraram, durante a realização das atividades, uma melhor compreensão das forças; considerou-se também que os estudantes estão em um processo crescente de aprendizagem. Portanto, achou-se por bem lograr sua promoção, passando-os da **categoria I** para a **categoria II**.

Para os grupos 3 e 4 que estavam classificados na categoria II, apesar de alguns erros conceituais em algumas respostas, mas considerando que eles estão em um processo de aprendizagem, decidiu-se mantê-los na categoria II. Analisando o grupo 6 que se encontrava na categoria II, após uma melhor análise de suas respostas em sua explanação, considerou-se que o grupo confirmou a expectativa almejada, mantendo-se na categoria II. Para os grupos 7 e 8 que se encontravam na categoria I, os alunos deste demonstraram, durante a realização das atividades, uma melhor compreensão das forças. Considerando também que estão em um processo crescente de aprendizagem, achou-se por bem lograr sua promoção da **categoria I** para a **categoria II**.

Ao término do experimento, o professor explicou com detalhes, todas as forças retratadas, classificando o nome correto de cada uma das forças nesta atividade e também na anterior (aula 6), concluindo assim esta etapa da identificação das forças no cotidiano dos alunos.

A figura 7.13 abaixo ilustra os estudantes executando atividade experimental sobre força de atrito atuando em um plano inclinado.

Figura 7.13 – Estudantes realizando experiência aula 7 – Construindo conceito de força de atrito atuando no plano inclinado.



Fonte: Fotos da execução da SD.

7.8 Oitava Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte I

Os objetivos desta aula são: Identificar e discutir o conceito de velocidade constante presente no cotidiano dos alunos.

Para esta aula, o professor preparou sua experiência na sala dos professores antes de se dirigir para a sala de aula. Chegando lá, realizou a chamada e pediu para que se reunissem em grupos, distribuindo a todos uma folha contendo a atividade prática que deveria ser observada e respondida. Em seguida, solicitou que dois alunos da classe viessem à frente da turma para ajudá-lo na realização do experimento.

Os estudantes seguraram um suporte através do qual uma mangueira estava fixada. O professor inseriu uma gota de água na mangueira que continha óleo e a apresentou a cada grupo, onde os alunos puderam acompanhar a realização do procedimento. Os grupos observaram que a gota descia devagar. Em seguida, todos entregaram suas respostas ao professor. Então ele explicou o experimento e utilizando o quadro construiu um gráfico, através do qual ilustrou a relação entre distância e tempo, de uma forma que todos identificaram a experiência relacionada ao movimento uniforme.

Tendo como propósito investigar as concepções prévias dos estudantes sobre a construção da Lei Fundamental da Dinâmica e como eles evoluíram ao longo desta atividade, foram criadas as seguintes categorias na tentativa de favorecer a análise.

Tabela 7.23 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a oitava atividade.

CATEGORIA I	Apresentam dificuldades na compreensão de algum conceito físico.
CATEGORIA II	Reconhecem e identificam corretamente o conceito de velocidade constante e identificaram o movimento uniforme.

Segue abaixo, tabela 7.24 as respostas dos grupos e análise das questões entregues pelos estudantes sobre Movimento Retilíneo Uniforme.

Tabela 7.24 – Respostas dos alunos para a atividade da aula 8 sobre Movimento Retilíneo Uniforme.

Grupo	Resposta
G1	a) Desce. Porque a água é mais densa que o óleo. b) sim. Se ele ser movido pela força de outro corpo. c) Ele é lento porém uniforme.
G2	a) A água com o tempo desce e o óleo sobe, assim a água fica em repouso. b) Sim, uma gota d'água descendo entre o óleo, até o fundo do recipiente. c) A gota de água agindo sobre o óleo até o fundo do recipiente.
G3	a) A água desce lentamente, pois não tem nenhuma força atuando sobre a água. b) Sim, é possível, pois a água desce com sua própria massa. c) A principal característica é a lentidão com que a água desce.
G4	a) Ela desce. Por que a densidade da água é maior do que a do óleo. b) Sim, pois a massa do óleo e da água faz com que ele saia do lugar sem a força resultante. c) Eles são imiscíveis não se misturam e a densidade da água é maior fazendo com que ela desça sem se misturar
G5	a) Desce, porque a densidade da água é maior do que a do óleo. b) Sim. c) Movimento retilíneo.
G6	a) Ela desce lentamente. Pois a densidade do óleo é maior do que a da água. b) Sim, pois a experiência feita em sala pelo professor não tem força atuando sobre os produtos somente a densidade dos dois líquidos. c) movimento retilíneo uniforme.
G7	a) A água desce, como água é mais densa que o óleo ela desce, porém ela gasta 2 minutos para descer 5 cm, pois não há força nenhuma força resultante somente a dela própria b) Sim, se acontecer como na experiência a água (corpo em repouso) tiver a densidade maior que o óleo ela descerá para baixo. c) retilíneo uniforme, pois o tubinho da experiência é reto e nada puxa para baixo.
G8	a) A gota de água permanece em repouso, não atua força sobre ela para ela descer. b) Sim, a gota de água descendo, até o fundo do recipiente. c) A gota de água agindo sobre o óleo .

Observando as respostas dos grupos para o item a, da atividade, percebe-se que somente o grupo 8 não compreendeu a pergunta e não a respondeu; os demais responderam corretamente identificando que a gota desce lentamente na mangueira contendo óleo. Analisando as respostas

para a letra b, verifica-se que todos responderam ser possível um corpo estar em movimento mesmo que a força resultante sobre ele seja nula. Verificando as respostas dos grupos para a letra c), percebe-se que apenas os grupos 5, 6 e 7 responderam corretamente a questão, identificando o movimento como retilíneo e uniforme. Os grupos 2, 4 e 8 não compreenderam a pergunta e não a responderam corretamente. Os grupos 1 e 3 responderam que a principal característica deste movimento é a lentidão com que a gota descia, utilizando a palavra “lentidão” para dizer que o movimento era uniforme, ou seja, não variava a velocidade.

A seguir 7.25 são apresentados os perfis de respostas dos grupos para a atividade proposta.

Tabela 7.25 – Respostas dos estudantes associadas a atividade da aula 8 – construindo o conceito de Movimento Uniforme.

Atividades: <i>Construindo o conceito de movimento uniforme</i>	Grupos
Constataram que a gota descia lentamente.	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Identificaram haver movimento com força resultante nula.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8
Classificaram o movimento como uniforme.	1, 5, 6 e 7
Não respondeu corretamente alguma pergunta.	2, 3, 4 e 8

Verificou-se a partir da tabela 7.25 que a maioria dos grupos constataram no experimento que a gota de água descia lentamente. Os grupos identificaram que não era necessária a aplicação de uma força para se ter movimento, isto é, a resultante das forças pode ser zero. Observou-se que metade dos grupos (1, 5, 6 e 7) identificou no experimento o movimento uniforme. A outra metade dos grupos (2, 3, 4 e 8) não respondeu corretamente alguma das perguntas ou não compreendeu o enunciado.

Após análise das respostas nesta oitava atividade, pôde-se classificar os grupos (1, 5, 6 e 7) na categoria II, pois além de perceber que a resultante das forças que atuava na gota era nula, eles puderam também identificar na mesma a presença do movimento uniforme.

Os grupos 2, 3, 4 e 8 apresentaram dificuldades em relacionar algum conceito ou não compreenderam bem alguma parte da atividade, o que permite classificá-los na categoria I.

A figura 7.14 abaixo ilustra a experiência realizada em sala de aula para detectar o movimento uniforme utilizando uma mangueira transparente contendo óleo afixada num suporte. Vê-se aqui uma gota d'água descendo lentamente pela mangueira.

Figura 7.14 – Estudantes realizando experiência aula 7 – Construindo conceito de força de atrito atuando no plano inclinado.



Fonte: fotos da execução da SD.

7.9 Nona Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte II

Os objetivos desta aula são: Identificar e distinguir o conceito de aceleração e sua relação com a Segunda Lei de Newton

O professor preparou sua experiência na sala dos professores antes de se dirigir para a sala de aula. Chegando lá, realizou a chamada e pediu para que os estudantes se reunissem em grupos e conduziu-os para o salão. Em seguida, distribuiu a todos uma folha contendo as questões a serem respondidas. O professor solicitou novamente que dois alunos viessem na frente da turma para ajudá-lo na realização da experiência. Eles seguraram um suporte através do qual uma mangueira estava fixada. Então ele inseriu uma pequena esfera metálica dentro da mangueira com óleo. Os estudantes observaram o fenômeno. Devido ao fato da esfera cair rapidamente, o professor repetiu a experiência várias vezes para que os grupos observassem com mais detalhes a experiência e pudessem relatar suas observações. Todos perceberam que a esfera desceu mais rapidamente do que a gota de água da experiência anterior. Durante esta atividade um dos grupos (G6) ficou ausente devido ao fato dos estudantes deste grupo terem sido solicitados pela direção para a realização de uma avaliação (externa) do PAAE ¹ online; portanto, este grupo não entrou na estatística desta aula.

Após os grupos entregarem suas respostas, o professor conduziu os estudantes para a sala de aula e novamente utilizando o quadro negro explicou o experimento em comparação com o da aula anterior. Nesta aula o professor argumentou que agora havia uma força resultante sobre

¹ Programa de Avaliação da Aprendizagem Escolar. Para saber mais sobre o programa acesse: <<http://www.institutoavaliar.org.br/index.html#sistema>>

a esfera e que ela era responsável pela mudança na velocidade da mesma. O professor definiu formalmente um novo conceito denominado de aceleração. Tal grandeza tem uma natureza vetorial e aparece sempre proporcional à força resultante no corpo. O passo seguinte foi a formalização matemática da Segunda Lei de Newton envolvendo a força resultante (Ação), a aceleração (Resposta do corpo) e a massa do corpo, como sendo uma medida da inércia do corpo à variação de sua velocidade.

Tendo como propósito investigar as concepções prévias dos estudantes sobre a construção da Lei Fundamental da Dinâmica e como eles evoluíram ao longo desta atividade, foram criadas as seguintes categorias na tentativa de favorecer a análise.

Tabela 7.26 – Categorias para análise das respostas dos alunos para a nona atividade.

CATEGORIA I	Apresentam dificuldades na compreensão de algum conceito físico.
CATEGORIA II	Reconhecem e identificam corretamente o conceito de aceleração.

Segue abaixo o perfil das respostas dos grupos e análise das questões entregues pelos estudantes:

Tabela 7.27 – Respostas para a atividade da aula 9, relativas ao conceito de aceleração.

Grupo	Respostas
G1	a) Desce. A densidade dela é maior. b) A aceleração. c) Não. A velocidade será diferente.
G2	a) Desce, devido sua densidade maior que o óleo. b) Depende do líquido e do peso da esfera. c) Não. A esfera afundaria mais rápido.
G3	a) A esfera desce rapidamente. b) O fator responsável pela variação da velocidade é o peso da esfera. c) Não, porque se aumentarmos desceria mais rápido e se diminuirmos desceria mais lentamente.
G4	a) Movimento uniforme variado. Ela desce rapidamente quando está no ar e quando está na água desce lentamente. b) A força resultante que o óleo e a esfera tem sendo a esfera mais densa que óleo. c) Não. Porque a força pode ser lenta, rápida ou em repouso.
G5	a) Desce rapidamente, porque a densidade da bolinha é maior do que a do óleo. b) A velocidade da esfera é maior é a massa. c) sim. Mas a velocidade e o tempo mudaria.
G6	Estava ausente.
G7	a) Ela desce, porque a densidade é maior. b) Pois a força da esfera não é a mesma da água, então ela desce variando o seu peso. c) Não, se aumentar a massa ela desce com a velocidade.
G8	a) Ela desce rápido. b) O fator responsável pela variação da velocidade da esfera é o peso. c) Não, porque quando mais peso mais rápido, quando menor peso mais devagar.

Analisando as respostas dos grupos contidas na tabela 7.27 para a letra a da atividade, verifica-se que todos constataram que a esfera desce rapidamente. Os grupos 1, 2, 5 e 7 atribuíram à sua densidade o fato da esfera descer rapidamente. O Grupo 4 atribuiu ao movimento uniforme variado a rapidez com que a esfera desceu.

Analisando as respostas dos grupos para a letra b, descritas na tabela 7.27 o grupo 1 identificou claramente que o fator responsável pela variação da velocidade é a aceleração. Os grupos 2, 3, 4, 7 e 8 justificaram que o fator responsável pela variação da velocidade é o seu peso. O grupo 5 atribuiu como responsável pela variação da velocidade da esfera a sua massa.

Ainda na tabela 7.27, analisando as respostas dos grupos para a letra c, os grupos 1, 2, 3, 4, 7 e 8 perceberam a ligação direta entre o aumento ou diminuição do valor da massa com a variação da velocidade, sendo que a resposta dada pela esfera seria mais rápida ou mais lenta. Apenas o grupo 5 se confundiu na hora de responder. Pode-se perceber, através das respostas dos estudantes, que não houve interferência do professor na coleta dos dados. Todas as respostas são frutos dos debates dos membros dos grupos.

A seguir é apresentada a tabela com as respostas dos grupos para a atividade proposta.

Tabela 7.28 – Respostas dos estudantes associadas a atividade da aula 9 – construindo o conceito de aceleração.

Atividades: <i>Construindo o conceito de aceleração.</i>	Grupos
Constataram que a esfera desce rapidamente.	1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8
Identificou a aceleração como responsável por variar a velocidade.	1
Identificaram que pode ocorrer variação da velocidade de queda devido à variação do valor da massa.	1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8
Classificaram o peso como responsável por variar a velocidade.	2, 3, 7 e 8
Não respondeu corretamente alguma pergunta.	4 e 5

Ao verificar as categorias criadas para nortear a análise, percebe-se que apenas o grupo 1 realmente compreendeu bem a experiência e não somente identificou corretamente as situações propostas, como manteve sua classificação na categoria II, confirmando a expectativa em relação ao grupo.

Os demais grupos não conseguiram associar o movimento da esfera com a aceleração, ou seja, compreenderam parcialmente a atividade e, portanto, permaneceram na categoria I.

7.10 Décima Atividade: Identificando a presença das forças de inércia ou forças fictícias no movimento

A décima atividade foi proposta tendo como objetivo desenvolver com os alunos noções daquilo que se denomina como referencial não inercial ou referencial acelerado, identificando no mesmo as forças de inércia.

O professor iniciou a rotina da aula fazendo a chamada. Em seguida, conduziu os alunos para o local apropriado da escola onde um há datashow disponível. Primeiramente solicitou aos estudantes que se reunissem nos grupos habituais entregando para cada representante uma folha contendo o texto a ser desenvolvido na aula e também algumas questões a serem respondidas. O texto entregue aos grupos havia sido elaborado pela turma 2016/1 do Mestrado Nacional e Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da UFLA² e trata de uma viagem promovida por um personagem chamado Landau, em que ele discute e propõe a seus colegas de viagem diferentes situações envolvendo o conceito de referencial inercial e acelerado.

Antes de responderem as questões, o professor consultou a turma perguntando se haviam compreendido a ideia contida no texto. Assim, após a leitura do texto, os grupos puderam discutir entre si e tiveram cerca de quinze minutos para responder as seguintes questões:

a) Qual a diferença entre as situações envolvendo a nave em repouso no aeroporto, a nave decolando e nave na hora em que o lanche era servido?

b) Por que os passageiros e tripulantes não podiam andar livremente pela nave na situação de decolagem?

c) A Segunda Lei de Newton é válida para todos os tipos de referenciais? Se não, como podemos denominar este referencial? Durante a elaboração das respostas um dos integrantes do grupo 8 promoveu alguns questionamentos:

“Como assim professor? Durante a decolagem os passageiros não podiam andar pelo corredor do avião?” E perguntou se a força que agia neles era a força da gravidade, impedindo-os de que se locomovessem.

Em vez de responder, o professor promoveu outros questionamentos na tentativa de que os alunos se envolvessem mais nas situações propostas. Um dos estudantes do outro grupo, ouvindo a pergunta do colega, respondeu: “Na situação do avião em repouso ele está em MRU e quando estava decolando estava em movimento acelerado”.

² O texto na íntegra encontra-se no Produto Educacional disponibilizado no apêndice B, atividade X.

Assim que todos os grupos entregaram suas respostas, o professor fez uma breve revisão dos conteúdos desenvolvidos em todas as aulas e de sua intencionalidade com a construção daquela Sequência Didática. O professor lembrou aos grupos a Segunda Lei de Newton, que afirma que ela constitui um princípio universal descrevendo o movimento dos corpos em nosso cotidiano.

Retomando os diálogos do texto **O Senhor Referencial**, desenvolvido na segunda aula, o professor recordou que o conceito de movimento é relativo, isto é, depende do referencial escolhido. Dependendo da escolha do referencial um corpo pode estar em movimento ou em repouso. Naquele texto o personagem principal mencionava dois tipos de referenciais: um denominado inercial e outro de não inercial ou acelerado. Ainda, para diferenciar estes referenciais, o professor fez uso de um pequeno texto de apoio por ele criado:

“Um referencial inercial poderia ser duas pessoas, digamos, João e Pedro, que, na baranca do velho Chico, observam o movimento de uma barcarola navegando no remanso do rio. João, um pescador paciente, sentado ainda sonha com pintados, dourados ou tucunarés puxando sua linha. Enquanto isso Pedro, um fotógrafo amador, passa com pressa por João, em ritmo constante (velocidade constante) para não perder de vista, num último click, aquela barcarola que desliza em uma das curvas do rio.

Nestas circunstâncias a embarcação é vista na óptica de dois referenciais inerciais. Se Pedro tivesse passado por João com uma velocidade variável no tempo, diríamos que ele estaria em um movimento acelerado. Neste caso a barcarola seria vista do ponto de vista de um referencial não inercial”.

Em seguida, o professor projetou no datashow o vídeo³ intitulado **“Pêndulo simples dentro de um avião (repouso ou movimento?)”**. E ao longo do mesmo foi discutindo com os grupos sobre o que acontecia com o pêndulo durante o voo nas situações apresentadas de movimento uniforme e de movimento acelerado. O professor solicitou aos grupos que tentassem estabelecer uma conexão com as situações descritas no texto que haviam lido no início da atividade. Posteriormente, os grupos deveriam fazer uma reflexão sobre as respostas por eles formuladas nos itens (a), (b) e (c).

Na Tabela 7.29 a seguir são apresentadas as respostas para os itens (a), (b) e (c) da décima atividade.

³ Disponível em: <<http://lite.dex.ufla.br/moodle26/mod/data/view.php?id=1010>>

Tabela 7.29 – Respostas para os itens (a), (b) e (c) da décima atividade – Forças de inércia.

Grupo	Respostas
G1	a) Ela tem velocidade constante e está exercendo força. b) Esta exercendo força para baixo. c) Quando ela libera o almoço é porque ela esta instante e antes é porque exerce força para baixo.
G2	a) A nave fica em repouso. A força dela é nula. A nave em movimento exerce a lei da inércia, atuando uma força para voar. b) A nave em decolagem adere com força da gravidade e inércia caso o corpo não esteja preso será jogado para o lado oposto. c) A nave em repouso não exerce força para decolar possibilitando a transição de passageiros. A nave em decolagem exerce força para frente, caso os passageiros não estiverem em seus assentos serão jogados para trás junto com a inércia e inclinação da aeronave segundo a primeira Lei de Newton.
G3	a) A diferença é que com a nave parada podemos andar e com ela decolando não podemos por causa da força que atua. b) pois com a neve decolando há uma força atuante. c) Porque quando a nave estava decolando ela estava em movimento uniforme variado. E quando ela estava em cima estava em movimento uniforme.
G4	a) A diferença é que a nave parada em plano reto(chão) está em repouso. A nave em decolagem está em plano inclinado. A diferença é a força da gravidade. b) Devido a aceleração da gravidade os puxariam os passageiros, para a parte inferior (fundo) do avião. c) Porque a nave está em velocidade constante e estava a nave se encontra em estabilidade porém no ar.
G5	a) Porque parada ela está em repouso e decolando ela está em movimento. b) Por causa da gravidade que os atrairiam para trás. c) Porque ele estaria com movimento uniforme.
G6	a) A nave parada ela esta em repouso. A nave decolando ela esta ganhando aceleração. b) Pois a neve estará decolando e não estava em movimento retilíneo uniforme. c) Pois a neve já esta em movimento retilíneo uniforme .
G7	a) A nave parada não há nenhuma força exercida sobre ela, ao contrário na nave decolando que há uma força sobre ela. b) porque a força exercida pela nave é maior que a força exercida pelos alunos, desse modo se eles ficassem de pé poderiam cair ou algo do tipo. c) Pois agora a velocidade exercida é menor que a de antes decolando e o avião está em movimento nivelado.
G8	a) A nave parada fica em repouso a força dela, é nula. A nave em movimento exerce a lei da inércia atuando força para voar. b) A nave em decolagem sofre gravidade a inércia, caso o corpo não esteja preso, ele será jogado em sentido oposto com a força. c) A nave em repouso não exerce força para decolar possibilitando a transição de passageiros. A nave em decolagem exerce força para frente, caso o passageiro não estiver em seus assentos serão jogados para traz junto com a inércia e inclinação da aeronave segunda a primeira lei de Newton.

Ao responderem as questões, os alunos já haviam lido o texto, o professor já havia feito uma breve revisão dos conceitos de referencial inercial e referencial acelerado e exibido o vídeo que mostrava o comportamento de um pêndulo no interior da nave. Assim, para o item (a) era esperado que os grupos reconhecessem que a nave parada no aeroporto e a nave em serviço de bordo representavam situações semelhantes em que a velocidade do avião era

mantida constante. E que no caso da decolagem ou da aterrissagem a velocidade da nave não era constante. Ou seja, no item (a) o objetivo era que os grupos identificassem a presença dos dois possíveis referenciais (inercial e acelerado).

A figura 7.15 abaixo ilustra os estudantes discutindo sobre o texto referente às forças de inércia na atividade 10.

Figura 7.15 – Estudantes participando das atividades da aula 10 – Construindo conceito de força de inércia.



Fonte: fotos da execução da SD.

As respostas elaboradas pelos grupos para o item (a) foram confusas e incompletas. O grupo 1 apenas afirma “ela tem velocidade constante[...]” mas não menciona em que etapa isso ocorre. O grupo 2 diz que “A nave fica em repouso [...]”, mas quando? No aeroporto? O grupo 3 afirma que “A diferença é que com a nave parada podemos andar e com ela decolando não podemos [...]”. Observa-se que o grupo não faz menção à situação em que o serviço de bordo é ativado. O grupo 4 explana que “A diferença é que a nave parada em plano reto (chão) está em repouso. A nave em decolagem está em plano inclinado. A diferença é a força da gravidade”. O grupo usa a ideia de um plano inclinado e menciona apenas a situação de decolagem e repouso e atribui a diferença como sendo devida à força da gravidade. O grupo 5 atribui a diferença ao movimento quando afirma: “Porque parada ela está em repouso e decolando ela está em movimento [...]”. O grupo 6 foi quem apresentou a melhor resposta ao afirmar que “A nave parada corresponde ao repouso e a nave decolando esta ganhando aceleração [...]”. O grupo 7 sustenta que “A nave parada não há nenhuma força exercida sobre ela, ao contrário, a nave decolando, há uma força sobre ela [...]” – o que também é uma resposta razoável. E o grupo 8 reflete que “A nave parada fica em repouso, a força nela é nula. A nave em movimento exerce a lei da inércia atuando força para voar”.

Nesta primeira resposta percebe-se que os alunos apresentaram dificuldades em reconhecer a diferença entre um movimento em que a velocidade é nula ou constante, de um movimento em que velocidade é variável. Também percebe-se que os estudantes não fizeram a conexão esperada entre a situação descrita no texto e aquela mostrada no vídeo.

No item (b) foi perguntado por que os passageiros e tripulantes não podiam andar livremente pela nave na situação de decolagem. Aqui era esperado que os alunos fizessem a conexão com alguma situação do seu cotidiano, por exemplo, quando um carro é acelerado ou quando sofre alguma frenagem. A maioria dos grupos respondeu que os passageiros não poderiam andar livremente por que agia sobre eles uma força e que a origem desta força era a gravidade. Vejamos as respostas. O grupo 1: “Está exercendo força para baixo [...]”. Quem está exercendo tal força e por que para baixo? Infere-se aqui que o grupo se referia à força da gravidade. O grupo 2: “A nave em decolagem adere com força da gravidade e inércia caso o corpo não esteja preso será jogado para o lado oposto”. Infere-se aqui que o grupo quis dizer que por uma questão de segurança, o passageiro deveria permanecer sentado, pois caso contrário, seria jogado para trás por conta da inércia. O grupo 3: “Pois com a nave decolando há uma força atuante”. Observe que o grupo supõe a existência de uma força, mas não a relaciona com o fato do corpo estar acelerado. O grupo 4: “Devido à aceleração da gravidade os puxariam os passageiros, para a parte inferior (fundo) do avião”. Admitem que o movimento é acelerado mas atribuem à gravidade esta aceleração. O grupo 5: “Por causa da gravidade que os atrairiam para trás”. Apresentam uma resposta semelhante ao grupo 4, ou seja, quem acelera o passageiro para trás é a gravidade. O grupo 6: “Pois a nave estará decolando e não estava em movimento retilíneo uniforme”. Infere-se que o grupo quis dizer que neste caso o passageiro estará sob ação de uma aceleração, porém nada mais é mencionado. O grupo 7: “Porque a força exercida pela nave é maior que a força exercida pelos alunos, desse modo se eles ficassem de pé poderiam cair ou algo do tipo”. De alguma forma este grupo argumenta que, por segurança, os passageiros deve permanecer sentados em busca de uma situação de equilíbrio de forças. O grupo 8: “A nave em decolagem sofre com a força da gravidade a inércia, caso o corpo não esteja preso, ele será jogado em sentido oposto”. Aqui novamente aparece o argumento de que o corpo ficará sob ação de uma força, sendo ela a força da gravidade.

Do ponto de vista global percebe-se que os grupos reconhecem a presença de uma força exercida sobre os passageiros na decolagem, contrária ao sentido do movimento da aeronave. Assim, se um passageiro estivesse transitando pelo interior da aeronave seria empurrado para

a parte do fundo do avião. Para sua segurança ele deve permanecer sentado. Alguns argumentaram que esta força é de natureza gravitacional e outros invocaram o princípio da inércia para explicar o fato. Não foi mencionado o termo força de inércia ou força fictícia.

Como terceiro quesito foi perguntado aos grupos se a Segunda Lei de Newton era válida para todos os tipos de referenciais. Se não, como podemos denominar este referencial onde a lei deixa de valer? Esta questão foi colocada no sentido de verificar se os alunos haviam acompanhado o desenvolvimento da sequência com atenção, pois o professor, em aulas anteriores, já havia chamado a atenção para o fato. No próprio texto usado no início da atividade, o professor já havia problematizado com os alunos se a lei, a qual chamamos de princípio fundamental da dinâmica, matematicamente escrita como, $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$, permanecia com a mesma forma tanto em referenciais inerciais quanto em referenciais acelerados. Percebeu-se que os grupos não entenderam a questão, pois em suas respostas nem mencionaram a forma da segunda lei e apenas teceram comentários sobre o movimento da aeronave.

Na etapa seguinte da aula, o professor projetou um segundo vídeo onde ilustrava o movimento de um corpo visto a partir de um referencial acelerado. O vídeo é muito interessante do ponto de vista didático, produzindo no observador uma situação de surpresa. A intenção do pesquisador ao escolher o vídeo foi proporcionar aos estudantes uma situação em que ele pudesse perceber, de forma qualitativa, o efeito das chamadas forças de inércia ou forças fictícias.

No primeiro momento, a plataforma giratória estava em repouso e um jogador lançava uma bola para o outro que apanhava a mesma sem qualquer problema. Aqui novamente o professor esclarecia que o movimento da bola entre os jogadores ocorria em um referencial inercial.

Num segundo momento, a plataforma começava a girar e novamente um jogador lançava a bola na direção do outro, porém seu colega não conseguia mais apanhar a bola com as mãos. O professor esclareceu aos estudantes que agora os jogadores se moviam com a plataforma em um movimento circular e, portanto, estavam submetidos a uma aceleração que, neste caso, era chamada de aceleração centrípeta. Tal referencial girante é um bom exemplo daquilo que chamamos de referencial não inercial ou acelerado. Aproveitando a ocasião, o professor esclareceu aos grupos aquela questão que havia sido proposta anteriormente: a Segunda Lei de Newton é válida para todos os tipos de referenciais? O professor mencionou que o princípio fundamental da Dinâmica, conforme o conhecemos, é válido apenas em referenciais inerciais e que em referenciais acelerados tal qual a plataforma giratória aparece um termo extra, com

dimensão de força, sendo denominado de força de inércia ou força fictícia. Tal força de inércia é responsável pelo desvio observado na bola. Assim, no vídeo, por mais que os jogadores tentem lançar a bola um para o outro, ela nunca chega ao seu destino final, evidenciando assim uma situação em que ocorrem as forças de inércia.

Devido ao fechamento da Sequência Didática, a décima aula extrapolou cerca de 10 minutos a mais que o horário normal. O professor informou ao seu colega que precisou para aquela turma de alguns minutos para bem finalizar seu projeto, tendo sido bem compreendido por seu colega de profissão. Os textos e as questões usadas nesta aula também encontram-se em anexo no final deste trabalho.

Foi aqui apresentada e detalhada uma Sequência Didática proposta e testada envolvendo grande parte do conteúdo de Física pertinente ao primeiro ano do Ensino Médio. Movimento e sua descrição, forças como grandezas vetoriais, as Leis de Newton e uma abordagem qualitativa do movimento em um referencial não inercial. Nesta Sequência Didática o autor procurou fazer uso de referenciais teóricos que suscitasse a importância do professor reflexivo e de sua prática escolar, procurando sempre a mudança de postura e reflexões sobre a prática docente, conforme o pensamento dos autores Gaspar e Monteiro (2005) e Monteiro e Martins (2015).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho envolveu a produção, desenvolvimento e análise de uma sequência didática composta de dez aulas que contemplam o conteúdo básico da mecânica para a primeira série do Ensino médio. A sequência didática foi construída na perspectiva de que os alunos fossem levados à construção de conceitos e à formulação de leis pertinentes à Cinemática e à Dinâmica. Ainda, na parte final da sequência didática foi feita uma abordagem qualitativa dos referenciais acelerados e das forças de inércia, conteúdos que normalmente não são explorados em sala de aula. A análise desta Sequência Didática, sobre a inserção do tema relacionado às Forças de Inércia, em uma perspectiva qualitativa para estudantes do Ensino Médio, leva a crer que mesmo não identificando eficazmente em alguma das atividades os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as diversas atividades relacionadas ao tema da forças de inércia, é possível ensinar sobre as forças fictícias em uma perspectiva qualitativa.

Para o planejamento das atividades educacionais e na perspectiva de um professor reflexivo de sua prática educacional, elaborou-se uma sequência didática tomando os três momentos pedagógicos de Delizoicov como elemento organizador do conteúdo que foi desenvolvido. A sequência didática elaborada fez uso de diversas ferramentas pedagógicas, como produção e elaboração de roteiros de vídeos, atividades experimentais, leitura de texto e atividades em grupo. Tal desenvolvimento ocorreu durante o período regular de aula em turmas do primeiro ano do Ensino Médio.

A realização deste trabalho foi muito importante para a formação pessoal do autor do projeto, acostumado com aulas tradicionais em que utilizava apenas quadro, giz e o livro didático como ferramentas de ensino. Assim, ao desenvolver este trabalho percebi o quanto ele foi importante na aprendizagem dos estudantes e, conseqüentemente, para meu crescimento profissional. A elaboração de um trabalho baseado nas atividades investigativas e no contato com as teorias educacionais foi muito enriquecedor para minha formação profissional, principalmente por suscitar em mim uma profunda reflexão e consciência de que muito precisava melhorar em minha prática docente.

Um ponto importante desta pesquisa foi verificar, através da leitura dos livros didáticos, que o tema relativo às forças de inércia era pouco discutido e merecia uma melhor atenção por parte dos autores deste projeto.

Quanto às diversas metodologias e estratégias desenvolvidas neste trabalho, posso afirmar que as experiências praticadas foram enriquecedoras para proporcionar-me uma maior qua-

lidade e conhecimento, através do qual guiará melhor os meus planejamentos escolares e a qualidade das minhas aulas a partir de então.

Em relação à análise do material produzido pelos estudantes durante a realização deste projeto, percebi em minhas reflexões diárias a necessidade de estarmos buscando sempre novas estratégias e metodologias para despertar em nossos alunos o desejo de estudar e tornar as aulas mais interessantes, rompendo com os métodos tradicionalistas e despertando neles o desejo pela construção do conhecimento.

Para os estudantes, espera-se que este produto educacional os auxiliem na sala de aula, despertando-lhes interesse e melhor compreensão dos conteúdos relacionados à mecânica e às forças de inércia, servindo de material de apoio e, acima de tudo, contribuindo para uma melhoria em sua aprendizagem.

Temos que ressaltar que, conforme verificado em nossa análise, nem todos os resultados foram satisfatórios em relação às expectativas criadas. Mas isso não é motivo para deixar de explorar o grande potencial que cada estratégia e metodologia possui na identificação dos conhecimentos prévios e no desenvolvimento das habilidades dos estudantes. Nesse sentido, o professor deve procurar fazer uma reflexão crítica de sua metodologia utilizada em sala de aula, de sua prática docente e do material adotado, conforme apontam Alarcão (2005) e Freire (1996) sobre a importância da reflexão crítica que o professor deve fazer de sua prática.

Acredito que durante a análise deste trabalho, em consonância com o referencial teórico adotado, o autor deste projeto, em vários momentos, se identificou com a sua obra, descobrindo sua real necessidade de buscar novas estratégias e metodologias, a fim de aperfeiçoar sua conduta em sala de aula.

Finalizando, entre tantas viagens de idas e vindas nos dois anos como mestrando, posso dizer que foram tempos de muitas dificuldades, ausências, alegrias, descobertas e aprendizados. Dificuldades por ter que me deslocar todas as quintas-feiras, tendo que hospedar-me em um hotel para participar das atividades do curso nas sextas-feiras durante manhãs e tardes, procurando conciliar trabalho, mestrado e família.

Foram tantas atividades, tarefas, trabalhos e, por fim, a dissertação, que em muitos momentos fiquei ausente de minha casa, do convívio de meus familiares devido às responsabilidades que o mestrado exige. Creio que meus filhos, mesmo não tendo ainda noção desta responsabilidade, souberam compreender minhas ausências como pai, mas nos momentos em que estive presente, apoiaram-me e incentivaram-me.

Deixo registrado aqui minha eterna gratidão à minha amada esposa Luzia, que não mediu esforços para que eu pudesse estar presente em todas as atividades. Sei o quanto foi difícil. Muitas vezes pensei em desanimar, mas ela sempre me apoiando e dando forças. À minha amada esposa ofereço esta conquista em minha vida.

Fazer esse curso de mestrado possibilitou-me um enorme crescimento pessoal e profissional, principalmente por me permitir aprender novos conceitos, novas metodologias e estratégias de ensino que serviram para o desenvolvimento de minhas aulas, objetivando uma aprendizagem mais significativa para meus alunos. Aprendi a fazer uma reflexão sobre minha prática educacional, deixando de lado muitas práticas tradicionalistas e melhorando minha didática em sala de aula. Acredito que levarei esta experiência para o resto de minha vida. Aprendi também que o professor pode estar sempre aberto às críticas e procurar inovar seus métodos para que seus alunos alcancem uma melhor aprendizagem.

Espero que este trabalho possa contribuir de alguma forma para melhorar o Ensino de Física em nosso país, mesmo que seja uma contribuição pequena, tendo sido ele desenvolvido com muito amor e prestígio pelo ensino.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. [S.l.]: Cortez São Paulo, 2005.
- AZEVEDO, M. D. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de Ciências unindo a pesquisa e a prática**, p. 19, 2004.
- BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias**. Ministério da educação/secretária da educação básica. Brasília, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1 a 19, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. de et al. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, p. 7 a 16, 1998.
- CORTÊS, H. A importância da tecnologia na formação de professores=Cortês, H., **Revista Mundo Jovem**. Porto Alegre, n. 394, p. 18, 2009.
- DAVIS, C. et al. Papel e valor das interações sociais em sala de aula. **Cadernos de pesquisa**, 1989.
- DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Educação da USP., 1991.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. 2. ed. São Paulo: editora cortez, 2002.
- ERICKSON, F. *Qualitative methods in research on teaching*. 1986.
- FARIA, F. F. Sistemas de Referência locais no Espaço-Tempo. p. 98.f, 2009.
- FLICK, U. **Introdução a Pesquisa Qualitativa**. 4. ed. São Paulo: Artimet, 2009.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 34. ed. [S.l.]: São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREZZA, J. S. **Noção de Referencial Inercial: um Estudo com Epistemologia Genética com alunos de Física**. 115 f p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- GARDELLI, D. A Indução Gravitacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 7–10, abr. 2010.
- GARRIDO, E.; BRZEZINSKI, I. A reflexão e investigação da própria prática na formação inicial e continuada: contribuição das dissertações e teses no período 1997-2002. **Revista Diálogo educação, Curitiba**, v. 1, p. 1 a 19, 2008.
- GASPAR, A. O “R” de retilíneo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. **Caderno Catarinense**, v. 11, n. 1, p. 7–10, abr. 1994.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. Atividades Experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma Análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky . *Investigação em Ensino de Ciências. Investigação em Ensino*, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 1, p. 33–49, abr. 2005.

GOLDENBERGER, M. **A arte de Pesquisar**. 2. ed. [S.l.]: Record, 2004.

HARRES, J. Desenvolvimento Histórico da Dinâmica: Referente para Evolução das Concepções dos Estudantes sobre Força e Movimento. **UNIVATES - Centro Universitário-Lajeado- BRASIL**, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 1, mar. 2002.

JUNIOR, G. D. d. C. Esquema de Movimento como organizador da ação em Mecânica clássica e Relativística. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 3, p. 205–235, mar. 2015.

KARAM, R.; CRUZ, S.; COIMBRA, D. Tempo relativístico no início do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 3, p. 373–386, maio 2016.

LIBÂNEO, J. carlos. Adeus professor, adeus professora. **Novas exigências educacionais e profissão docente**, v. 3, 2000.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **A Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. 4. ed. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, A. F. P.; ZANETIC, J. O TEMPO NA MECÂNICA: DE COADJUVANTE A PROTAGONISTA. v. 19, n. 2, p. 149–175, ago. 2002.

MASETTO, M. T. Formação pedagógica dos docentes do ensino superior. **Revista Brasileira de Docência, Ensino e Pesquisa em Administração**, v. 1, n. 2, p. 04–25, 2009.

MENEGOLLA, I. M. S. M. **Por que planejar? Como planejar**. [S.l.]: Petrópolis, RJ: Vozes,, 2001.

MENEZES, L. D. Tempo de avaliação. **X SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, Atas do X Simpósio Nacional de Ensino de Física, v. 21, n. 2, jan. 1993.

MONTEIRO, M. M.; MARTINS, A. F. P. História da Ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia . **Sociedade Brasileira de Física**, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4/2004, dez. 2015.

MORAES, J.; JUNIOR, R. S. Experimentos Didáticos no Ensino de Física com Foco na Aprendizagem Significativa . **Aprendizagem Significativa em Revista**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 1, p. 33–49, abr. 2014.

MOREIRA, M. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A teoria da aprendizagem significativa**. 2. ed. [S.l.: s.n.], 2016.

PEDUZZI, L. O. Q. Física Aristotélica: Por que não considerá-la no Ensino da Mecânica . *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 1, p. 48–63, abr. 1996.

PIETRI, E. d. **Práticas de Leitura e Elementos para a Atuação Docente**. 4. ed. São Paulo: Lucerna, 2007.

SEVERO, P. J. d. A. **Uma Proposta para o Ensino de Referenciais Não Inerciais com simuladores Computacionais**. 115 f p. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte, 2016.

SILVEIRA, A. F. et al. Natureza da Ciência numa sequência didática: Aristóteles, Galileu e o Movimento Relativo. *Revista Experiências em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1, p. 57–66, mar. 2010.

TEIXEIRA, C. F. Compreensão, criação e resolução de problemas de estrutura multiplicativa: uma sequência didática com problemas “abertos”. **Monografia**). Recife: **UFPE/Curso de Especialização em Ensino de Pré a 4ª série**, 1999.

VYGOTSKY, L. S. **Interação entre Aprendizado e Desenvolvimento**. In: **Cole, M and Scribner, S. and Souberman, E.(org) A formação da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

XIMENES, J.; MATOS, R. Concepções dos conceitos e espaço nas visões clássica e moderna da Física . **Sociedade Brasileira de Física**, Estação Científica (UNIFAP), v. 37, n. 1, p. 47–54, jan. 2013.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. [S.l.]: Penso Editora, 2015.

A O TEMA NOS LIVROS DIDÁTICOS

Detalhamento das Atividades

Material do Professor

Análise dos Livros Didáticos

Encontra-se neste anexo, o resultado do levantamento realizado nos livros didáticos do PNLD 2015 (Programa Nacional do Livro Didático), objetivando verificar como o assunto desta pesquisa estava presente nos livros didáticos. Como resultado deste levantamento apresentamos um resumo de como o tema aparece em seis (06) livros analisados.

1-Física: Alysson Ramos Artuso e Marlon Wrublewski, Editora Positivo 1a Edição 2013.

Observamos que no capítulo 5, do volume I na página 148 os autores trazem uma pequena abordagem sobre força centrífuga e lançamento de foguetes de onde, destacamos o seguinte texto:

“As forças centrífugas são típicas de um referencial não inercial (acelerado), no qual forças inerciais são necessárias para descrever um movimento. A sensação de estar sendo jogado para fora de uma curva, para o referencial de uma pessoa no interior de um veículo, advém dessa força centrífuga. Chamada também de pseudoforça, essa força centrífuga não pode ser explicada de maneira satisfatória para a pessoa no interior do veículo, pois não há uma força atuando sobre ela que a “jogue” para fora da curva. Mas para um observador de fora, nada mais é do que a ação da inércia”.

2-Física para Ensino Médio: Luiz Felipe Fuke e Kasuhito Yamamoto, Editora Saraiva, 3a Edição, 2013.

Desta obra destacamos um trecho onde os autores comentam sobre referenciais inerciais e não inerciais na página 198 do volume 1:

"A primeira lei de Newton não vale em qualquer referencial. Um referencial é denominado referencial inercial se nele a primeira lei de Newton é válida. Portanto um ônibus em movimento acelerado não é um referencial inercial. Ele é um referencial não inercial. A Terra está em rotação. Consequentemente, nos movimentos descritos utilizando-se a Terra como sistema de referência, precisamos levar em conta as forças de inércia. Esse exemplo, da Terra, serve lembrar a relevância das forças de inércia como a força de Coriolis e a força centrífuga....."

Na página seguinte, 199 do mesmo volume, os autores apresentam o seguinte texto falando sobre força centrífuga:

“Forças de inércia ou inerciais são chamadas de forças fictícias, porque não são detectadas nos sistemas inerciais. A força centrífuga é uma força dessa natureza, porque não é constatada em movimentos de rotação em relação a um sistema inercial. No caso das gotas de água expulsas do cesto da máquina de lavar, o que observamos de nosso referencial – em repouso na Terra – é que a força normal de contato com a parede do cesto é a resultante centrípeta que faz as roupas acompanharem a curva; as gotas de água passam pelos furos e movem-se para fora por inércia. As forças centrípeta e centrífuga não formam um par ação e reação, pois não são forças que podem ser consideradas em um mesmo referencial.”.

3-Quanta Física: Carlos Aparecido Kantor, Lilio Alonso Paoliello Jr., Luís Carlos de Menezes, Marcelo de Carvalho Bonetti, Osvaldo Canato Jr., e Viviane Moraes Alves, Editora Pearson, 2a Edição, 2013.

Neste livro os autores apresentam uma boa definição para as forças de inércia. Isto pode ser percebido no texto intitulado

Centrípeta ou Centrífuga? presente no volume 1 da página 213 sobre forças de inércia: [...] “Para explicar os movimentos em referenciais acelerados, como carros em curvas, é necessário inventar forças fictícias que não são o resultado de qualquer interação, como a força centrífuga, que seria a responsável pelo empurrão para fora da curva. As forças fictícias serão necessárias sempre que quisermos explicar movimentos de objetos ou corpos a partir de referenciais não inerciais, ou seja, referenciais para os quais não vale a lei da inércia.”

4- Física Interação e Tecnologia: Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano, Editora Leya, 1a Edição, 2013.

No volume I, página 103, os autores apresentam o texto intitulado **Força Centrífuga** de onde extraímos o trecho:

[...]“Um satélite artificial é observado por uma pessoa que está dentro dele. Esse observador precisa explicar porque o satélite permanece em repouso, apesar da atração gravitacional da Terra. A única explicação possível para ele, que tem o satélite como referencial, é dizer que há a ação de uma força fictícia, a força centrífuga, orientada para fora, que equilibrava a força gravitacional e mantém o satélite em repouso. Um observador aqui na Terra não precisa desse artifício: a força gravitacional age sobre o satélite como uma força centrípeta, mantendo-o em movimento circular. Se uma força centrífuga equilibrasse a força gravitacional, o satélite iria mover-se em linha reta, o que não ocorre. Portanto para esse observador, que tem a Terra como referencial, a força centrífuga não existe. As forças centrípeta e centrífuga são completamente distintas. A força centrífuga só tem validade em um referencial ligado ao objeto que gira.”

5- Física Ciência e Tecnologia: Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antonio de Toledo Soares, Paulo Cesar Martins Penteado, Editora Moderna, 3a Edição, 2013.

No volume I, na página 113, os autores dissertam um pequeno texto, descrevendo sobre a seguinte pergunta:

O que é um referencial não inercial ? [...] um carro faz agora uma curva fechada para a esquerda e a pessoa vai para a direita, como se fosse lançada, em sentido oposto ao movimento do carro. No referencial do solo, a inércia de movimento também pode explicar o que acontece. A pessoa tende a continuar em MRU, até colidir com a lateral do carro, recebendo assim, uma força que a obriga a realizar a curva juntamente com o carro. No referencial do carro, entretanto, a explicação é bem diferente. A pessoa estava em repouso e, repentinamente, foi acelerada “para fora da curva”, sem que qualquer agente físico estivesse presente. Mais uma vez, temos de admitir a existência de uma força fictícia que acelera o corpo. Nesse caso, essa força é denominada **força de inércia centrífuga**, pois ela tende a acelerar a pessoa para fora da curva que o carro está realizando. Em resumo, nos referenciais não inerciais atuam forças que não estão presentes nos referenciais inerciais. Como não existe um agente físico que explique a ação dessas forças fictícias, não existe reação a elas.

6- Física: Ricardo Helou Doca, Newton Villas Bôas e Gualter José Biscuola, Editora Saraiva, 2a Edição, 2013

No volume I, página 153, os autores apresentam o texto intitulado **Força Centrífuga**, destacamos o seguinte trecho:

“[...]A rotação do chapeu mexicano, faz com que as pessoas descrevem trajetórias circulares de raios tanto maiores quanto maior for a velocidade angular do sistema. Para um referencial solitário ao banco ocupado por uma pessoa, esta se encontra em equilíbrio, o que torna nula a resultante das forças em seu corpo. Isso requer uma força de inércia,’ definida apenas em relação ao referencial acelerado do banco. Do ponto de vista da pessoa, é a força centrífuga que puxa seu corpo para fora da trajetória, fazendo-o distanciar-se do eixo de rotação do brinquedo. A força centrífuga somada vetorialmente com as demais forças(peso, força de tração aplicada pelo cabo de sustentação do banco, resistência do ar, etc) torna nula a força resultante no corpo da pessoa, o que justifica seu equilíbrio no referencial do banco. É importante salientar, porém, que a força centrífuga não é definida em relação ao solo (referencial inercial); só é “sentida” no referencial acelerado associado ao banco.””.

Na tabela a seguir apresenta-se um conjunto maior de livros apontando apenas se os respectivos autores descrevem ou não sobre referenciais acelerados e forças de inércia.

Tabela A.1 – Livros didáticos

Título	Autor(es)	Editora	Ano	Abordam Forças de Inércia
FÍSICA	Alysson Ramos Artuso e Marlon Wrublewski	POSITIVO, 1 ed.	2013	Sim
FÍSICA	Roberto Castilho Piqueira, Wilson Carron, José Os- valdo de Souza Guimarães	ÁTICA, 1 ed.	2014	Não
FÍSICA AULA POR AULA	Claudio Xavier, Benigno Barreto	FTD, 1 ed.	2010	Sim
FÍSICA CONTEXTO & APLICAÇÕES	Antônio Máximo da Luz, Beatriz Alvarenga Alvares. Carla da Costa Guimarães	SCIPIONE, 1 ed.	2013	Sim
FÍSICA	José Roberto Bon- jorno, Clinton M. Ramos, Eduardo P. Prado, Renato Ca- seiro, Regina de F. S. A Bonjorno, Valter Bonjorno	FTD, 2 ed.	2013	Não
FÍSICA INTERAÇÃO E TECNOLOGIA	Aurélio Gonçalves Filho, Carlos Tos- cano	LEYA, 1 ed.	2013	Sim
FÍSICA PARA O EN- SINO MÉDIO	Luiz Felipe Fuke, Kazuhito Yama- moto	SARAIVA, 1 ed.	2013	Sim

Continua na próxima página

Tabela A.1 – continuação da página anterior

Título	Autor(es)	Editora	Ano	Abordam Forças de Inércia
FÍSICA	Ricardo Helou Doca Newton, Villas Bôas Gualter ,José Biscuola	SARAIVA, 1 ed.	2013	Sim
QUANTA FÍSICA	Carlos Aparecido Kantor, Lilio Alonso Paoliello Jr., Luís Carlos de Menezes Mar- celo de Carvalho Bonetti, Osvaldo Canato Jr., Viviane Moraes Alves	PERSON, 2 ed.	2013	Sim
SER PROTAGO- NISTA	Angelo Stefanovits	SM, 2 ed.	2013	Não
CONEXÕES COM A FÍSICA	Gloria Martini, Walter Spinelli, Hugo Carneiro Reis, Blaidi Sant'Anna	MODERNA, 2 ed.	2013	Não
FÍSICA CIÊNCIA E TECNOLOGIA	Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antonio de Toledo Soa- res, Paulo Cesar Martins Penteadó	MODERNA, 3 ed.	2013	Sim

Após levantamento realizado acima na Tabela I, verificou-se que o tema das forças de inércia, nos livros didáticos é muito pouco explorado, e por diversos autores é apenas citado como uma leitura complementar. Portanto, percebemos que o tema é relevante para ser discutido e aprofundado no Ensino Médio, fato este constatado pelas muitas citações em diversos livros didáticos.

B PRODUTO EDUCACIONAL: DO MOVIMENTO ÀS FORÇAS DE INÉRCIA: UMA ABORDAGEM DA MECÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional
Sociedade Brasileira de Física

CADERNO DO PROFESSOR DE FÍSICA

**DO MOVIMENTO ÀS FORÇAS DE INÉRCIA:
UMA ABORDAGEM DA MECÂNICA PARA O
ENSINO MÉDIO**

Heleno Paulo Fialho
Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Iraziet da Cunha Charret

LAVRAS – MG
2018



MNPEF

Heleno Paulo Fialho
Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Iraziet da Cunha Charret

**DO MOVIMENTO ÀS FORÇAS DE INÉRCIA:
UMA ABORDAGEM DA MECÂNICA PARA O
ENSINO MÉDIO**

Sequência Didática desenvolvida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Lavras, fazendo parte da dissertação de mestrado com o mesmo título, disponível em: <<http://lite.dex.ufla.br/moodle26/mod/data/view.php?id=1010>>.

LAVRAS – MG

2018

Caderno do Professor de Física, v. 5, n. 3, 2018.
Departamento de Ciências Exatas – UFLA
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

L I C E N Ç A



Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-
NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional. Para ver uma cópia desta licença, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio (a) autor (a).

Fialho, Heleno Paulo.

Do movimento às forças de inércia: uma abordagem da mecânica para o ensino médio / Heleno Paulo Fialho. - 2018.

75 p. : il. (Caderno do Professor de Física/ v. 5, n.3)

Orientador(a): Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva.

Coorientador(a): Iraziet da Cunha Charret.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Ensino de Física. 2. Forças Fictícias. 3. Dinâmica. I. Silva, Antonio dos A.P. Pinheiro. II. Charret, Iraziet da Cunha. III. Título.

AGRADECIMENTOS

À diretoria da escola pelo apoio, incentivo e compreensão ao produzir um horário que favorecesse a minha participação em todas as atividades do mestrado.

Aos estudantes do primeiro ano “A” do Ensino Médio pela colaboração, incentivo e empenho no desenvolvimento das atividades.

Sumário

1. Carta ao Professor.....	1
2. Justificativa.....	2
3. Objetivos.....	4
3.1. Objetivo Geral.....	4
3.2. Objetivos Específicos.....	4
4. Conversa com o Professor.....	5
5. As Forças de Inércia.....	6
6. Metodologia de Desenvolvimento da Pesquisa.....	8
6.1. A escola.....	8
6.2. Estrutura da Sequência Didática.....	8
7. Orientações Gerais.....	10
7.1. Detalhamento das aulas.....	11
7.2. Primeira atividade – Apresentação do projeto e orientações.....	12
7.3. Segunda atividade – Problematizando a questão do movimento.....	13
7.3.1. Atividade II – Identificando Noções de Movimento e Repouso.....	14
7.4. Terceira atividade – Consolidando os conceitos de movimento e referencial mediante a leitura de um texto de apoio.....	25
7.4.1. Texto de Apoio – O Senhor Referencial.....	27
7.4.2. Atividade III – Identificando Noções de Referencial.....	30
7.5. Quarta Atividade: Construir o conceito de força e de força resultante – Parte I.....	31
7.5.1. Atividade IV – Explorando o conceito de força e de força resultante.....	33
7.6. Quinta Atividade: Construindo o conceito de força – Parte II.....	35
7.6.1. Atividade V – Explorando o conceito de força – Parte II.....	38
7.7. Sexta Atividade: Identificando forças – Parte I.....	40
7.7.1. Atividade VI – Forças no cotidiano dos alunos – Parte I.....	43
7.8. Sétima Atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II.....	48
7.8.1. Atividade VII – Forças no cotidiano dos alunos – Parte II.....	52
7.9. Oitava Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte I.....	55
7.9.1. Atividade VIII – Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte I.....	58
7.10. Nona Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte II.....	59
7.10.1. Atividade IX – Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte II.....	62
7.11. Décima Atividade: Identificando a presença das Forças de inércia ou forças fictícias no movimento.....	64
7.11.1. Texto de Apoio – Atividade X.....	67
7.11.2. Atividade X – Identificando a presença das forças de Inércia ou forças fictícias no movimento.....	68
8. Referências Bibliográficas.....	69

1. Carta ao Professor

Prezado Professor, este produto educacional resultante é fruto de minha pesquisa em conjunto com meus orientadores, sendo planejado e desenvolvido através do Programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, promovido pela Sociedade Brasileira de Física e pela Universidade Federal de Lavras. O trabalho foi proposto e desenvolvido sob orientação dos professores Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva e Iraziet da Cunha Charret.

A proposta deste produto educacional é oferecer uma Sequência Didática (SD) composta de dez aulas envolvendo a Cinemática e a Dinâmica, e, na décima aula, fazemos uma discussão qualitativa das Forças Fictícias que podem ser inseridas no planejamento do professor no Ensino Médio. Para alcançar os objetivos propostos para este produto, os autores propõem uma Sequência Didática na perspectiva de que os alunos sejam levados à construção de conceitos e à formulação de leis pertinentes à Cinemática e à Dinâmica. Também é feita uma abordagem qualitativa dos referenciais acelerados e das forças de inércia, conteúdos que normalmente não são explorados em sala de aula. As aulas que compõem a Sequência Didática (SD) foram desenvolvidas no primeiro semestre do ano de 2017 com a participação de alunos da Primeira Série do Ensino Médio em uma escola estadual da cidade de Divinópolis-MG. A construção desta Sequência Didática foi pensada de tal modo que suas atividades deveriam promover a interação entre os estudantes, materiais e professor, para que o conhecimento fosse alcançado de modo coletivo.

O produto educacional inclui diversas ferramentas pedagógicas como produção e elaboração de roteiros de vídeos, atividades experimentais, leitura de texto e atividades em grupos. O desenvolvimento deste produto ocorreu durante o período regular de aula em turmas do primeiro ano do Ensino Médio, no turno da manhã. A organização do conteúdo das aulas que compõem este trabalho foi amparada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e ao longo da apresentação das atividades desenvolvidas neste produto educacional encontram-se as imagens, os textos e os links que foram utilizados.

Espera-se que este material seja útil para você, docente, em seu planejamento e àqueles que por ventura desenvolverem as atividades aqui propostas junto com seus estudantes, fica o nosso agradecimento.

Deixo aqui meu e-mail para contato e sugestão.
helenofialho1976@gmail.com

Os autores.

2. Justificativa

A motivação para a realização deste trabalho vem da experiência dos 13 anos em que leciono física nas escolas públicas e pelo desejo de que o professor deve estar sempre procurando aperfeiçoar e renovar sua prática educacional. A experiência adquirida ao longo desses anos tem requerido, de minha parte como educador, uma reflexão crítica de postura em sala de aula, com o intuito de melhorar a qualidade das meus ensinamentos e, conseqüentemente, uma melhora na qualidade da aprendizagem dos estudantes, procurando desenvolver neles a capacidade crítica e argumentativa, dando sentido à ciência aprendida na escola com a sua realidade.

Documentos que regulamentam a qualidade do ensino e aprendizagem no Brasil vêm nos alertando na busca pela reflexão de postura em sala de aula:

A falta de sintonia entre realidade escolar e necessidades formativas reflete-se nos projetos pedagógicos das escolas, frequentemente inadequados, raramente explicitados ou objeto de reflexão consciente da comunidade escolar. A reflexão sobre o projeto pedagógico permite que cada professor conheça as razões da opção por determinado conjunto de atividades, quais competências se busca desenvolver com elas e que prioridades norteiam o uso dos recursos materiais e a distribuição da carga horária. Permite, sobretudo, que o professor compreenda o sentido e a relevância de seu trabalho, em sua disciplina, para que as metas formativas gerais definidas para os alunos da escola sejam atingidas. Sem essa reflexão, pode faltar clareza sobre como conduzir o aprendizado de modo a promover, junto ao alunado, as qualificações humanas pretendidas pelo novo Ensino Médio (BRASIL, 2002, p. 9).

Durante os anos em que venho lecionando, tenho percebido que os estudantes apresentam problemas em compreender a escolha de um referencial na análise do movimento de um determinado corpo. Tal conceito é fundamental no desenvolvimento da cinemática. O referencial é um ente (corpo, objeto ou lugar) a partir do qual as observações (medidas) são realizadas. Portanto, ao mudar o referencial, mudamos nossa percepção. Os referenciais podem ser inerciais ou acelerados (ou não inerciais). No primeiro caso, as Leis de Newton são preservadas, ou seja, permanecem invariantes do ponto de vista de um outro referencial que seja inercial em relação ao referencial original. No segundo caso, quando o movimento é analisado do ponto de vista de um referencial acelerado, a segunda Lei de Newton muda sua forma sendo acrescida de um termo extra, que historicamente ficou denominado de força de inércia ou força fictícia. Inserir esse tema no contexto da Mecânica, na realidade de minha sala de aula, foi um desafio no presente trabalho. Primeiro por ser um conteúdo que não era do meu planejamento nem de domínio de meu conhecimento, porém, simplesmente não abordá-lo por limitações programáticas iria contra o

discurso do professor reflexivo, que em seu planejamento deve incorporar fatos e fenômenos que sejam do cotidiano de seus alunos. Assim propomos uma Sequência Didática numa perspectiva em que os alunos sejam levados à construção de conceitos e à formulação de leis pertinentes à Cinemática e à Dinâmica. Por questões de simplicidade e evitando uma matematização excessiva, apresentamos na parte final da proposta uma abordagem qualitativa dos referenciais acelerados e das forças de inércia, conteúdos que normalmente não são explorados em sala de aula. Portanto, temos como objetivo de pesquisa a investigação, na perspectiva de uma pesquisa qualitativa, se a Sequência Didática proposta, baseada em atividades investigativas, contribui de forma significativa tanto para o desenvolvimento dos conteúdos da mecânica quanto para a inserção, do ponto de vista qualitativo, do tema relacionado às forças de inércia.

Nesse trabalho pretendemos fazer uma pesquisa de natureza qualitativa, através do desenvolvimento de uma sequência didática explora conceitos e conteúdos relacionados ao movimento de um corpo. Para o desenvolvimento da presente proposta os autores farão uso de várias metodologias e estratégias de ensino como, por exemplo: atividades em grupos, leitura e interpretação de textos, produção e uso de vídeos, uso de atividades experimentais e aulas dialogadas. Nas diferentes etapas do trabalho os estudantes estarão envolvidos com conteúdos da Cinemática e da Dinâmica, como, por exemplo, posição, tempo, velocidade, massa, aceleração, força, referenciais inerciais e acelerados e as forças de inércia.

3. Objetivos

A Sequência Didática é direcionada aos estudantes da primeira série do Ensino Médio tendo como objetivo envolvê-los, através de uma série de atividades e situações problemas, que os levem a refletirem sobre o tema.

3.1. Objetivo Geral

Verificar se a Sequência Didática proposta para estudantes do primeiro ano do Ensino Médio contribuiu de maneira significativa para a inserção do tema relacionado às forças de inércia.

3.2. Objetivos Específicos

- Por meio de atividades diversificadas e com graus de dificuldades diferentes, identificar com os estudantes os conceitos de movimento, repouso e referencial.
- Identificar com os estudantes os conceitos de força, velocidade e aceleração.

4. Conversa com o Professor

Caro professor, com o intuito de orientá-lo no desenvolvimento de sua aula sobre o tema relacionado às forças de inércia, discutimos abaixo um pouco sobre seus fundamentos, a fim de que possa servir de material de apoio em suas consultas pedagógicas. Buscamos na literatura acadêmica alguns artigos que descrevem a origem das forças fictícias em referenciais não inerciais (acelerados). Esperamos que este material lhe sirva de apoio pedagógico para que possa discutir sobre o tema com seus alunos.

Para ir um pouco além nesta discussão recomendamos as seguintes referências:

Noção de Referencial Inercial: um Estudo com Epistemologia Genética com alunos de Física

Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/28802>>

FREZZA, J. S. Noção de Referencial Inercial: um Estudo com Epistemologia Genética com alunos de Física. 115f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

A Indução Gravitacional

Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27n3p584/17175>>

GARDELLI, D. A Indução Gravitacional. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p. 7-10, abr. 2010.

Curso de Física Básica 1 – Mecânica

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica 1 – Mecânica, 2ª edição, 1992, p. 472- 474.

Boa leitura!

5. As Forças de Inércia

A inércia é a propriedade da matéria que se caracteriza pela oposição às alterações do estado de repouso ou de movimento. As forças de inércia sempre estão presentes quando um movimento é descrito por um observador localizado num sistema não-inercial (acelerado). As forças de inércia surgem, principalmente, em sistemas acelerados em movimento de translação ou em sistemas em movimento de rotação.

Consideramos a seguinte situação: quando estamos dentro de um automóvel em repouso em relação a Terra e partimos repentinamente, temos a sensação de estarmos sendo puxados para trás por causa do aumento do contato entre nossas costas e o banco do automóvel. Analogamente, se o carro estiver em movimento e subitamente o frearmos, seremos projetados para frente, embora estejamos utilizando o cinto de segurança. No contexto da Mecânica Clássica, o fenômeno só pode ser interpretado utilizando a segunda lei de Newton sem forças fictícias do ponto de vista de um referencial inercial, ou seja, por uma pessoa que esteja observando de fora do carro, visto que as leis de Newton não valem para referenciais acelerados. Este observador dirá que, como o motorista se encontra inicialmente em repouso, quando o carro partir acelerado, o banco lhe comunicará o movimento, já que a sua tendência é a de permanecer em seu estado inicial de repouso por inércia. Por outro lado, se o carro estiver em movimento retilíneo uniforme variado e o motorista for “projetado” para frente no momento em que o carro frear, este mesmo observador dirá que, na verdade, o motorista apenas continuou a se movimentar com a mesma velocidade, procurando manter seu estado inicial de movimento por inércia. Caso queiramos explicar o fenômeno do ponto de vista de um referencial não inercial ou acelerado (de dentro do carro durante a aceleração ou a freada), então teremos de inserir nas Leis de Newton um termo a mais que denominamos de força fictícia, a qual atuará sobre o motorista. No caso em que o motorista e o carro estão inicialmente em repouso em relação a Terra, no momento em que o carro inicia o seu movimento acelerado para frente, o motorista passa a ter a sensação de ser pressionado contra o banco. No caso em que o motorista e o carro estão inicialmente em movimento retilíneo uniforme variado em relação a Terra, no momento em que o carro começa a frear, o motorista passa a ter a sensação de ser lançado em direção ao para-brisa.

Consideremos agora o que acontece quando passamos de um referencial inercial S para um referencial acelerado S' em movimento retilíneo uniformemente acelerado em relação à S . Um pêndulo se encontra suspenso do teto de um vagão de trem. Enquanto o trem está em movimento uniforme, o pêndulo permanece vertical, conforme indicado na parte (a) da Figura 1 a seguir.

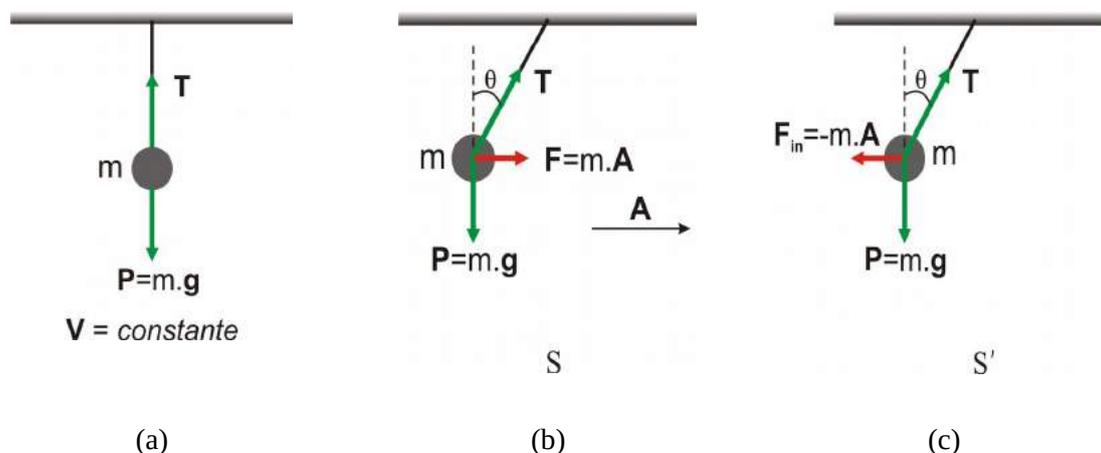


Figura 1: Movimento do pêndulo: (a) pêndulo em repouso, (b) pêndulo observado de um referencial inercial e (c) pêndulo observado de um referencial acelerado.

Se o trem acelerar uniformemente com aceleração \mathbf{A}' , o fio passa a formar um ângulo θ com a vertical. Em S, temos $\mathbf{T} + m \cdot \mathbf{g} = m \cdot \mathbf{A}$, figura 1, parte (b). Em S', o pêndulo está em equilíbrio sob ação da força peso $m \cdot \mathbf{g}$, da tensão do fio \mathbf{T} e da força de inércia representada pelo termo $-m \cdot \mathbf{A}$, isto é, $\mathbf{T} + m \cdot \mathbf{g} - m \cdot \mathbf{A} = 0$, ver figura 1, parte (c). O ângulo θ é dado por $\tan(\theta) = \frac{m \cdot \mathbf{A}}{m \cdot \mathbf{g}} = \frac{\mathbf{A}}{\mathbf{g}}$, de modo que a aceleração \mathbf{A} é medida por $\mathbf{A} = \mathbf{g} \cdot \tan(\theta)$.

Considerando que produzem os mesmos efeitos, qual é então, em última análise, a diferença entre forças de inércia e forças verdadeiras? A única diferença fundamental, pelo que vimos até aqui, é que as forças de inércia não resultam da interação com outros sistemas físicos, ao contrário das forças verdadeiras. Em particular, não obedecem ao princípio da ação e reação: não há “reação” a uma força de inércia. Note que as forças de inércia sobre uma partícula são sempre proporcionais à massa inercial da partícula, e podem ser inteiramente explicadas pela aceleração do referencial em que aparecem com respeito a um referencial inercial (NUSSENZVEIG, 1992).

1 As grandezas vetoriais estão representadas em negrito.

6. Metodologia de Desenvolvimento da Pesquisa

6.1. A escola

Nossa pesquisa desenvolveu-se no primeiro semestre do ano de 2017 em uma Escola Estadual na cidade de Divinópolis-MG. A escola possui oito turmas de primeiro ano do Ensino Médio, nomeadas de A a H, distribuídas nos turnos matutino e vespertino. A proposta foi desenvolvida com os estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, em função do tema proposto estar inserido no conteúdo da Mecânica e da grade curricular correspondente, não afetando o andamento do conteúdo disciplinar.

A Sequência Didática foi aplicada nas oito turmas de primeiro ano, mas será analisado apenas a turma A, devido ao fato desta turma ser mais frequente.

6.2. Estrutura da Sequência Didática

As aulas foram expositivas, dialógicas, contextualizadas e orientadas pela tríade de interação aluno–professor–conhecimento. Para alcançar os objetivos levantados, o material desenvolvido fez uso de diversas ferramentas e metodologia diversificada durante os encontros semanais (aulas), tais como: vídeos, discussões e atividades em grupo, atividades individuais e pequenos experimentos; tudo com o intuito de tornar o material potencialmente significativo. Esta Sequência Didática será desenvolvida em 10 aulas de 50 minutos cada.

O quadro a seguir mostra um detalhamento dessas aulas, os objetivos, os conteúdos e os materiais e os recursos didáticos utilizados.

Quadro 01: Estrutura das aulas que foram abordadas na pesquisa.

Sequência Didática			
Aulas	Objetivos	Conteúdos	Recursos Didáticos
Aula 01	Identificar através dos vídeos produzidos pelos estudantes concepções prévias sobre movimento e repouso de um corpo.	–	Uso de aparelhos de captação de imagens.
Aula 02	Identificar os conceitos prévios dos estudantes sobre situações que envolvem conceitos de movimento e repouso e sistema de referência (referencial).	Introdução à Mecânica: Movimento e repouso.	Material impresso, slides e Datashow.

Aula 3	Identificar e investigar o conceito de movimento, movimento relativo, referencial inercial, através da leitura da fala dos personagens que compõem a peça.	Cinemática: Sistemas de Referência.	Material impresso.
Aula 4	Identificar o conceito de força e força resultante em um corpo.	Dinâmica: Força resultante.	Caixinha, barbante e material impresso.
Aula 5	Identificar o conceito de força resultante a partir de diferentes situações propostas no cotidiano.	Dinâmica: Força resultante.	Caixinha, barbante e material impresso.
Aula 6	Identificar e investigar algumas forças presentes no cotidiano	Dinâmica: Força Peso, Força Elástica, Força Normal.	Dinamômetro, barbante, um corpo de massa definido, pedestal de aço e material impresso.
Aula 7	Identificar e investigar algumas forças presentes no cotidiano.	Dinâmica: Empuxo, Força de Tração, Força de Atrito.	Água, esferas de densidades diferentes, plano inclinado e material impresso.
Aula 8	Identificar e discutir o conceito de velocidade presente no cotidiano dos estudantes.	Dinâmica: Inércia	Mangueira transparente, abraçadeira, suporte de madeira, óleo, pincel marcador, régua, cronômetro, conta-gotas, água e material impresso.
Aula 9	Identificar e distinguir o conceito de aceleração e sua relação com a Segunda Lei de Newton.	Dinâmica: Segunda Lei de Newton	Mangueira transparente, abraçadeira, suporte de madeira, óleo, cronômetro, pequena esfera metálica e material impresso.
Aula 10	Identificar conceitos prévios sobre referenciais acelerados e distinguir a origem das forças de inércia e referenciais acelerados.	Dinâmica: Forças de inércia.	Datashow e material impresso.

Fonte: Dados dos autores do projeto.

7. Orientações Gerais

A Sequência Didática aqui apresentada foi desenvolvida em uma turma de 40 alunos da primeira série do Ensino Médio, os quais formam divididos em 8 grupos com cinco estudantes cada. Esse conjunto de atividades pode ser usado tanto para casos de introdução dos conceitos de movimento e de forças quanto para situações às quais os alunos já trazem consigo algum conhecimento sobre estes temas. Os resultados obtidos com o desenvolvimento desses módulos estão disponíveis no capítulo de análises e resultados no corpo da dissertação de mestrado produzida junto com este material.

É possível acessá-la no site da UFLA, em seu repositório.
<<http://lite.dex.ufla.br/moodle26/mod/data/view.php?id=1010>>.

Basicamente, a proposta é introduzir com os estudantes os conceitos de movimento, força e finalizar com a introdução do conceito das forças de inércia ou forças fictícias, as quais podemos perceber quando analisamos através de um referencial em movimento. São dez aulas distribuídas entre apresentações, atividades investigativas, atividades em grupos, atividades experimentais e uso de TIC's.

Os alunos têm papel principal em praticamente todo o processo e o professor deve agir muitas vezes como um intermediador se dispondo a ajudar o estudante sempre que preciso, porém sem muitas interferências.

Recomenda-se que o professor tenha pleno conhecimento de todos os módulos e das ferramentas e recursos desta sequência antes de desenvolvê-los com os alunos. Isso pode evitar imprevistos como falta de tempo e de erros na utilização das ferramentas. Obviamente, o professor que deseja desenvolver toda a sequência tem total liberdade para adequar as atividades à sua realidade. Todas as aulas serão apresentadas em seguida.

Na atividade I, o professor deve apresentar a proposta aos alunos e salientar a sua importância na participação de todas as atividades desta Sequência Didática e orientá-los sobre a confecção do vídeo, utilizando para tal um aparelho celular ou qualquer outro aparelho que possa produzir imagens com boa resolução. Outra sugestão é que os alunos fiquem à vontade para formarem seus grupos, respeitando um limite de cinco integrantes por grupo. Ademais, é recomendável que os grupos formados permaneçam os mesmos durante o desenvolvimento da SD.

Na atividade II, será usado um notebook e Datashow. Professor, procure se informar se sua escola dispõe de Datashow para projeção das imagens e dos vídeos que serão produzidos pelos alunos de forma antecipada.

Na atividade III, você, professor, poderá utilizar um texto de apoio, no caso desta Sequência Didática foi utilizado uma peça teatral para ilustrar sobre a importância do referencial para a análise do movimento.

Nas atividades IV e V, você, professor, poderá utilizar de atividades investigativas com o objetivo de identificar as diferentes forças que agem sobre o objeto de estudo, consequentemente consolidando a construção dos conceitos de força, força resultante e sua representação geométrica através de uma representação vetorial.

Nas atividades VI e VII, o professor poderá utilizar atividades experimentais que tenham como objetivo identificar e diferenciar as diferentes formas de força e força resultante presentes no dia a dia dos estudantes. E nas atividades VIII e IX, identificar o conceito de velocidade constante e distinguir o conceito de aceleração e sua relação com a Segunda Lei de Newton.

Na atividade X, deverá ser utilizado novamente o Datashow e um notebook para exibir dois vídeos, a fim de introduzir o conceito das forças de inércia ou forças fictícias e um texto de apoio, finalizando esta atividade da Sequência Didática.

7.1. Detalhamento das aulas

Algumas das atividades apresentadas a seguir têm caráter contínuo, ou seja, dependem umas das outras. Mas algumas delas podem ser usadas como uma atividade única. Fica a critério do professor a maneira de utilizá-las. Para maior esclarecimento e conhecimento, as aulas serão apresentadas uma a uma.

7.2. Primeira atividade – Apresentação do projeto e orientações

Objetivos educacionais:

Orientar os estudantes sobre a confecção de vídeos e roteiros identificando, logo em seguida, através do material produzido pelos estudantes, suas concepções prévias relacionadas ao conceito de repouso e movimento de um corpo.

Orientações ao Professor:

Inicialmente o professor deverá apresentar o projeto em linhas gerais e dividir os grupos de forma que pelo menos um membro do grupo tenha celular apropriado para produzir o vídeo. Os grupos devem ter no máximo 05 integrantes.

O professor estabelece que os grupos devem, com o auxílio da câmera de um celular, produzir um vídeo (de extensão “.mp4”), com duração máxima de 1 minuto e 30 segundos. A filmagem do “objeto” escolhido pode ocorrer fora do ambiente escolar, envolvendo situações em que os grupos determinem se aquele objeto está em movimento ou em estado de repouso.

Os grupos poderão enviar o vídeo para o professor fazendo uso de uma mídia removível (pendrive, por exemplo), ou para o número do Whatsapp do professor a ser fornecido no primeiro encontro.

O professor deve solicitar aos grupos que redijam e entreguem na próxima aula um pequeno roteiro descrevendo o vídeo elaborado.

O roteiro deve conter: **título**, por exemplo, o voo da borboleta, ou o sapo na pedra, **identificação do objeto** escolhido, **justificativa** para a escolha e os **integrantes do grupo**.

Assim que receber os vídeos produzidos pelos grupos o professor deverá enviá-los para seu e-mail e organizá-los em uma pasta previamente criada em seu computador para armazená-los e que o mesmo será utilizado para reproduzi-los através do Datashow na aula seguinte.

Recursos didáticos:

- Aparelhos de captação/reprodução de imagens.

7.3. Segunda atividade – Problematizando a questão do movimento

Objetivos educacionais:

Identificar os conceitos prévios dos estudantes sobre situações que envolvem conceitos de movimento, repouso e sistema de referência (referencial).

Orientações ao Professor:

O professor deve conduzir os estudantes para uma sala que disponha de Datashow onde algumas imagens serão projetadas. As imagens envolvem diferentes objetos em situações em que os grupos deverão descrever e justificar, em uma folha fornecida pelo professor, se estes objetos estão em movimento ou repouso.

Tempo sugerido para esta atividade: 10 minutos.

Após a atividade descrita acima, o professor deverá projetar os vídeos elaborados pelos estudantes e solicitar que os grupos apresentem suas argumentações sobre o vídeo produzido. Aqui esperamos que os membros de cada grupo façam um breve relato de suas convicções sobre o estado de movimento ou de repouso dos objetos escolhidos. Estes argumentos podem ser gravados ou anotados pelo professor em seu diário de campo e os roteiros produzidos devem ser recolhidos para posterior análise.

Tempo sugerido para esta atividade: 40 minutos.

Recursos didáticos:

- Datashow;
- Notebook;
- Material impresso.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

7.3.1. Atividade II – Identificando Noções de Movimento e Repouso**Atividade Investigativa**

Escola:	
Professor:	Data ___/___/___
Alunos:	

Caracterize as imagens apresentadas a seguir descrevendo se o objeto está em movimento ou em repouso. Justifique sua opinião.

Imagem 1

Imagem 2



Imagem 3



Imagem 4

Imagem 5

Imagem 6



Imagem 7



Imagem 8

Imagem 9

Imagem 10

Imagem 11

Imagem 12

Imagem 13

Imagem 14

Imagem 15

Imagem 16

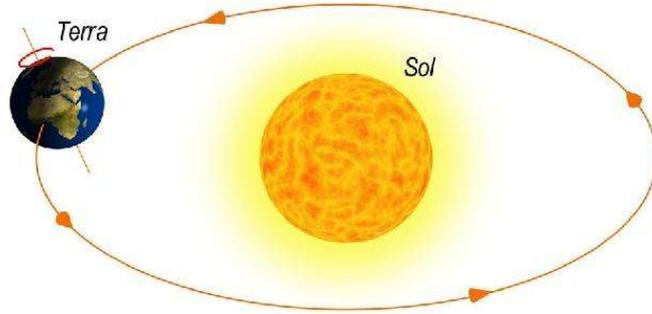


Imagem 17

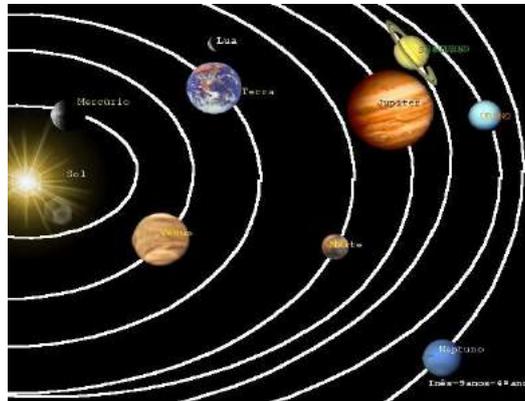


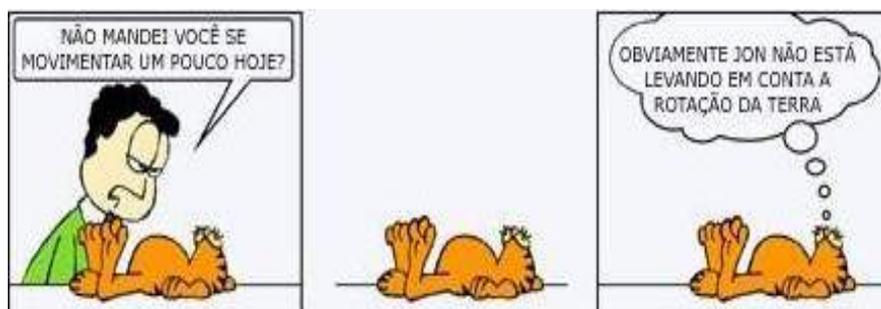
Imagem 18



Imagem 19



Imagem 20



Anotações e Observações

7.4. Terceira atividade – Consolidando os conceitos de movimento e referencial mediante a leitura de um texto de apoio

Objetivos educacionais:

Consolidar os conceitos de movimento, movimento relativo e referencial inercial, através da leitura das falas dos personagens presentes no texto da peça.

Orientações ao Professor:

Para esta aula o professor fez uso do texto da peça teatral “O Senhor Referencial”, produzida pelo PIBID de Física da UFLA. A peça não será encenada e cada grupo fará uma leitura inicial do texto. Na peça são discutidos os conceitos de movimento, relatividade de movimento e a importância da escolha de um sistema de referência. Também aparecem no texto termos como referencial inercial e referencial acelerado, que o professor não precisa se preocupar em definir neste momento. Após a leitura e sob a orientação do professor, cada grupo elegerá um representante para fazer a leitura da fala de um dos personagens da peça. Em seguida, o texto da peça é relido novamente, agora, com a participação de todos os grupos, onde cada grupo através do seu representante lê em voz alta a fala do personagem selecionado.

Para dar um encerramento a esta etapa o professor pode fazer uma sondagem a respeito da apropriação dos conceitos discutidos na peça, propondo aos grupos algumas questões que deverão ser respondidas e entregues.

Possíveis questões propostas:

- 1) Após a leitura da peça, discuta com seu grupo e elabore uma resposta por escrito sobre: o conceito de referencial e sua importância na descrição do movimento de um corpo.
- 2) Um corpo pode estar em movimento e ao mesmo tempo em repouso? Explique como isso é possível.

Após entrega das respostas das questões acima, o professor deve fazer uma discussão a respeito das diferentes situações apresentadas e os conceitos envolvidos na peça, compondo assim uma análise geral sobre a concepção de movimento e o sistema de referência (referencial).

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

7.4.1. Texto de Apoio – O Senhor Referencial

O Senhor Referencial

Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva

(Narrador, com voz em off, apresenta o problema que suscitou o convite que o professor fez ao Senhor Referencial.)

Narrador: O professor Heleno estava apreensivo naquela manhã de segunda-feira, uma vez que, logo após o recreio, na turma 1C, era a hora de iniciar uma aula de física que tratava dos conceitos relativos ao movimento dos corpos. E, foi pensando em como fazer isto que tivera a ideia de fazer em sala de aula um bate-papo com uma figura popular dos livros didáticos de física, chamado Senhor Referencial, um sujeito elegante, alto, magro de olhos espertos e cabelos grisalhos.

(Professor Heleno, convidando o Senhor Referencial para entrar na sala.)

Professor Heleno: Caros alunos, temos a honra de receber em nossa classe uma ilustre visita. Trata-se de um senhor, ou melhor, de um juiz que determina se um dado objeto esta ou não em movimento!

(Entra o Senhor Referencial e cumprimenta a classe.)

Senhor Referencial: Bom dia. É sempre um prazer estar na companhia destes estudantes, em uma sala de aula no estado de Minas Gerais, mais precisamente, na bela cidade de Carmo do Cajuru. Acertei o nome professor?

Professor Heleno: Não exatamente senhor referencial, estamos na cidade vizinha de Divinópolis, na escola Estadual Santo Tomaz de Aquino.

Senhor Referencial: Mil perdões as vezes faço confusão as cidades, são tantos municípios e escolas para visitar.

(Juvêncio, aluno aplicado que sempre senta na primeira carteira, em tom de exclamação, questiona.)

Juvêncio: Um juiz de futebol professor? Sei que é ele quem apita quando é gol ou escanteio, ontem, por exemplo, no jogo do Galo o juiz apitou...

(Juvenal, no fundo da sala, esbravejando, completamente avesso a assuntos referentes a futebol.)

Juvenal: Chega!!! Juvêncio, aqui não é um programa de esportes e além disso, o Galo perdeu ontem, kkkkkk !!!!

(Mariana, indagando o professor.)

Mariana: Mas, para saber se um corpo está em movimento é necessário um juiz professor? Eu vejo os automóveis cruzando as ruas, os colegas correndo no recreio, os pássaros voando.... Então, eu também posso ser uma juíza?!!!

(Senhor Referencial, interferindo e respondendo a Mariana.)

Senhor Referencial: Isto mesmo Mariana! Nos exemplos que você citou você pode ser um dos referenciais de movimento daqueles objetos, isto é, uma juíza de movimentos. Perfeita sua interpretação!

(Júlia, indagando e mostrando-se muito interessada na discussão.)

Júlia: Como assim, um dos referenciais? Eles são muitos? Quantos? E cada um julga de forma diferente o movimento de um determinado objeto?

(Senhor Referencial, respondendo a Júlia.)

Senhor Referencial: Exatamente isso Júlia. Podemos sempre escolher muitos juízes, ou referenciais, para analisar o movimento de um dado corpo e, suas sentenças, podem ser diferentes sim!

(Senhor Referencial, exemplificando usa o voo das garças, que devem simular estarem voando, batendo os braços, ao serem apontadas por ele durante a explicação.)

Senhor Referencial: Vamos tomar um dos exemplos citados pela Mariana. Por favor, acompanhem meu raciocínio: Mariana está na porta de sua casa, observando uma revoada de garças num fim da tarde e afirma que elas estão se movendo na direção do lago. Neste caso Mariana é um referencial, em relação ao qual as garças se movem. A porta de sua casa e o lago não estão em movimento, Mariana.

(Mariana se junta ao bando de garças pois, na sequência da peça, o Senhor Referencial sugere aos alunos que Mariana tem asas e voa com o bando.)

Agora imaginem a Mariana com asas, voando lado a lado, com o bando de garças na direção do lago. Ela observa que as garças permanecem sempre a mesma distância dela e lembremos que Mariana é a juíza! Pensando nestes fatos meninos me respondam as seguintes perguntas: O que diz Mariana a respeito das outras garças? Elas continuam em movimento? Neste caso sua sentença permanece igual àquela que ela havia dito enquanto observava as garças da porta de sua casa? Durante o voo Mariana olha para a porta da sua casa e também para o lago e observa que a porta se afasta e o lago se aproxima! Então, agora a porta e o lago estão em movimento? A sentença da juíza Mariana é agora diferente da sentença anterior?

Muito bem alunos, com este exemplo simples constatamos que para estudar o movimento de um determinado objeto precisamos sempre escolher um juiz, que na Física, denominamos de referencial. Esta escolha não precisa ser única e as sentenças vão depender das escolhas feitas.

Poderia ficar falando aqui muito mais a respeito de referenciais, alguns são chamados de inerciais e outros de não inerciais ou acelerados. Sugiro que esse tema seja tratado num próximo encontro, professor Heleno.

(Professor Heleno retoma a fala e agradece a participação do Senhor Referencial no bate papo com a sua classe.)

Professor Heleno: Muito obrigado pela sua participação em nossa aula, Senhor Referencial. Suas colocações foram muito proveitosas e esperamos contar com sua presença em nossas próximas atividades onde trataremos dos referenciais inerciais e acelerados e suas consequências no movimento dos corpos.

7.4.2. Atividade III – Identificando Noções de Referencial**Atividade Investigativa**

Escola:	
Professor:	Data ____/____/____
Alunos:	

Após a leitura da peça (texto de apoio) sobre sistemas de referência responda as questões abaixo

1) Um corpo pode estar em movimento e ao mesmo tempo em repouso? Procure explicar como isso é possível.

2) Depois de toda abordagem que tivemos sobre referencial, como você analisa agora sobre o que representa um sistema de referência?

7.5. Quarta Atividade: Construir o conceito de força e de força resultante – Parte I

Objetivo educacional:

O objetivo esperado nesta atividade é que o aluno desenvolva o conceito de força como uma ação sobre o sistema em observação, compreendendo sua natureza vetorial e identificando a chamada força resultante.

Orientações ao Professor:

O professor deve distribuir aos grupos um kit contendo uma caixinha com barbantes nela fixados.

A caixinha poderá ser feita no formato de um quadrado do material chamado de MDF que pode ser encontrado nas sobras de peças de fábricas de móveis. O tamanho das caixinhas pode ser de 7cm por 7cm e deverá conter um pequeno furo no centro em cada face, para que se possa prender uma linha de barbante.

A caixinha representa um corpo qualquer, sobre o qual estamos interessados em discutir seu estado de movimento e os barbantes podem representar possibilidades de interação do corpo com o meio que o circunda (vizinhança).

O professor deve propor diferentes situações em que a caixinha poderá ser puxada:

i) por um único barbante.

Nesta atividade, o professor poderá orientar o estudante que ao puxar a caixinha com o barbante com uma determinada força, a caixinha irá deslocar-se no mesmo sentido da força aplicada, pois a força resultante tem mesmo valor da força aplicada neste caso.

ii) por dois barbantes, no mesmo sentido e em sentidos opostos.

Nesta nova situação proposta aos estudantes, o professor poderá orientá-los que: se a força aplicada pelos dois barbantes (F_1 e F_2) estiverem na mesma direção e mesmo sentido, a força resultante terá o mesmo sentido da soma das duas forças aplicadas, e, conseqüentemente, a caixinha adquirirá uma aceleração no mesmo sentido da força resultante. Para o caso das forças aplicadas F_1 e F_2 serem de mesma intensidade, direção e sentidos contrários, então a resultante das forças aplicada será zero e, conseqüentemente, a caixinha deverá ficar em repouso. Mas se uma das forças contrárias F_1 ou F_2 estiverem

valores diferentes, então a caixinha deverá adquirir uma aceleração e um movimento que tenderá a ir no mesmo sentido e direção da força de maior módulo aplicada.

iii) por dois barbantes perpendiculares entre si.

Nesta situação nova situação proposta, se as forças F_1 e F_2 tiverem intensidades diferentes e direções contrárias (por exemplo, uma força na vertical e outra na horizontal), o professor deverá orientar os estudantes que a caixinha poderá se movimentar adquirindo uma aceleração em uma direção diagonal proporcional à força resultante devido aos módulos das forças aplicadas.

iv) por três barbantes perpendiculares entre si, etc.

Nesta última situação proposta, se nas forças F_1 , F_2 e F_3 tiverem, por exemplo, duas forças (F_1 e F_2) de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário, então a caixinha poderá se deslocar no mesmo sentido da terceira força aplicada F_3 . Para uma nova situação em que as três forças forem de intensidades diferentes, então a caixinha poderá movimentar-se adquirindo uma aceleração em uma direção diagonal proporcional à força resultante devido aos módulos das forças aplicadas.

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis;
- Caixinha, barbante.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

7.5.1. Atividade IV – Explorando o conceito de força e de força resultante

Atividade Investigativa

Escola:	
Professor:	Data ____/____/____
Alunos:	

Materiais:

- Kit de experiência (contendo uma caixinha e barbantes).

Atividade Proposta:

O professor proporá diferentes situações em que a caixinha poderá ser puxada: (a) por um único barbante; (b) por dois barbantes, no mesmo sentido e em sentidos opostos; (c) por dois barbantes perpendiculares; (d) por três barbantes perpendiculares entre si. Para cada situação apresentada relate sua observação abaixo:

Questão 1 – A caixinha permanece em repouso quando for:

- Puxada por um único barbante?
- Puxada por dois barbantes no mesmo sentido e em sentidos opostos?
- Puxada por dois barbantes perpendiculares?
- Puxada por três barbantes perpendiculares entre si?

7.6. Quinta Atividade: Construindo o conceito de força – Parte II

Objetivo educacional:

Objetivamos consolidar a construção dos conceitos de força, força resultante e sua representação geométrica como grandeza vetorial.

Orientações ao Professor:

Para esta aula o professor deverá retomar os conceitos abordados na aula anterior sobre as situações envolvendo as caixinhas. Em seguida, o professor deverá fazer uma discussão com os grupos, identificando que a ação dos barbantes na caixinha tem uma natureza vetorial, e, portanto, é caracterizada por uma intensidade, direção e sentido, e que esta ação pode modificar ou não o estado de movimento de um corpo.

Além disso, quando várias ações agem sobre um corpo é possível representar a ação global do conjunto através de uma única força chamada de ação resultante. Também é interessante que o estudante entenda, do ponto de vista qualitativo, o papel desempenhado pela massa do corpo quando submetido a uma ação.

Se o professor perceber que os grupos alcançaram esta concepção, então ele pode denominar que tal ação na física é normalmente chamada de força, que ela é decorrente de uma interação entre corpos, tendo uma natureza vetorial e sendo representada por um segmento de reta orientado. O comprimento do segmento representa a intensidade ou magnitude da grandeza força e sua orientação (direção e sentido) indica a direção e sentido da força correspondente, que simbolicamente é denotada por F .

Admitindo que houve apropriação do conceito de força e de força resultante por parte dos alunos, o professor pode solicitar aos grupos que façam uma representação em uma folha de como seriam as forças e a força resultante sobre a caixinha nas seguintes situações:

i) puxada por um único barbante.

Nesta atividade, o professor poderá orientar o estudante que observe a reação da caixinha após a aplicação de uma força e que ele seja capaz de representar através de um desenho o sentido e a direção da força resultante, podendo utilizar a representação gráfica do vetor através de uma seta indicando a direção observada do movimento da caixinha.

ii) por dois barbantes, no mesmo sentido e em sentidos opostos.

Nesta nova situação proposta aos estudantes, o professor poderá orientá-los que: se a força aplicada pelos dois barbantes (F_1 e F_2) estiverem na mesma direção e mesmo sentido a força resultante terá o mesmo sentido da soma das duas forças aplicada, e, conseqüentemente, a caixinha adquirirá uma aceleração no mesmo sentido da força resultante. Portanto, o estudante deverá representar a força resultante através de uma representação gráfica do vetor através de uma seta indicando a direção observada do movimento da caixinha.

Para o caso das forças aplicadas F_1 e F_2 sendo de mesma intensidade, direção e sentidos contrários, então a resultante das forças aplicada será zero, e, conseqüentemente, a caixinha deverá ficar em repouso. Nesta situação, o professor poderá orientar o estudante que a representação gráfica desta força corresponderá a um vetor de valor nulo e, portanto, não deverá apresentar nenhuma direção e sentido.

Mas se uma das forças contrárias F_1 ou F_2 tiverem valores diferentes, então a caixinha deverá adquirir uma aceleração e um movimento que tenderá a ir no mesmo sentido e direção da força de maior valor aplicada. Conseqüentemente, o estudante deverá representar o vetor através de uma representação gráfica do vetor através de uma seta indicando o sentido do movimento observado.

iii) por dois barbantes perpendiculares.

Nesta nova situação proposta, se as forças F_1 e F_2 tiverem intensidades diferentes e direções contrárias (por exemplo, uma força na vertical e outra na horizontal) o professor deverá orientar os estudantes que a caixinha poderá se movimentar adquirindo uma aceleração em uma direção diagonal proporcional à força resultante devido aos módulos das forças aplicadas. O professor deverá orientar o estudante para que ele explique o movimento da caixinha através de uma representação gráfica do vetor, por meio de uma seta o sentido do movimento observado.

iv) por três barbantes perpendiculares entre si.

Nesta última situação proposta, se as forças F_1 , F_2 e F_3 tiverem, por exemplo, duas forças F_1 e F_2 de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário, então a caixinha poderá se deslocar no mesmo sentido da terceira força aplicada. O professor deverá orientar

o estudante a observar o movimento da caixinha e explicar este movimento através de uma representação gráfica do vetor por meio de uma seta indicando o sentido do movimento observado. Para uma nova situação em que as três forças forem de intensidades diferentes umas das outras, então a caixinha poderá movimentar-se adquirindo uma aceleração em uma direção diagonal proporcional a força resultante devido aos módulos das forças aplicadas. Neste caso, o professor deverá orientar o estudante a observar o movimento da caixinha e apresentar este movimento através de uma representação gráfica do vetor por meio de uma seta indicando o sentido do movimento observado.

Estas questões deverão ser respondidas e o material produzido pelos grupos deve ser recolhido para posterior análise.

Após possíveis discussões que devem aparecer nos grupos, o professor poderá formalizar o conceito de força resultante, apresentando esta entidade como sendo uma soma vetorial de todas as forças que agem na caixinha. O professor pode ainda ressaltar que o efeito da força resultante é equivalente à soma dos efeitos individuais produzidos pelas diferentes forças agindo na caixinha, em cada uma das situações consideradas.



Figura 2: Foto dos alunos realizando as atividades da aula 5.

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis;
- Caixinha, barbante;
- Quadro e giz.

Avaliação

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

7.6.1. Atividade V – Explorando o conceito de força – Parte II**Atividade Investigativa**

Escola:	
Professor:	Data ___/___/___
Alunos:	

Materiais:

- Kit de experiência (contendo uma caixinha e barbantes).

Faça uma representação gráfica de como seria a força resultante sobre a caixinha para as situações abaixo. Diferencie, por meio de cores, as forças aplicadas e a força resultante.

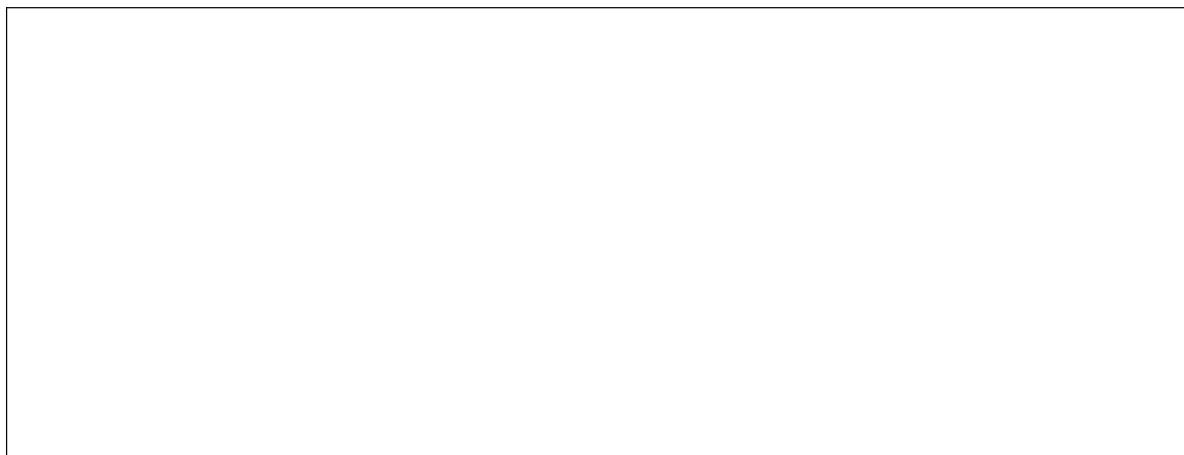
a) Puxada por um único barbante.

--

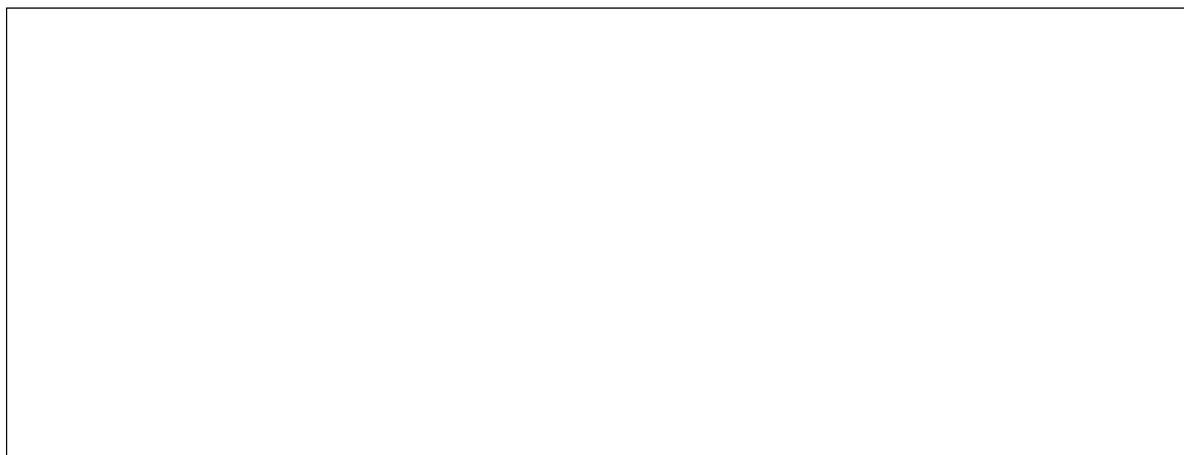
b) Puxada por dois barbantes: i) no mesmo sentido e ii) em sentidos opostos.

--

c) Puxada por dois barbantes perpendiculares.



d) Puxada por três barbantes perpendiculares.



Anotações e Observações

7.7. Sexta Atividade: Identificando forças – Parte I

Objetivo educacional:

Identificar as diferentes forças agindo sobre o objeto de estudo (sistema físico) em diferentes situações e que também conseguissem representar as diferentes forças em um corpo apontando a força resultante e sua representação.

Orientações ao Professor:

Para a realização desta aula o professor deverá entregar aos grupos um kit contendo um corpo com uma massa bem definida, um pedaço de barbante e uma balança de mola (dinamômetro).

Atividade I

Inicialmente o professor solicita que os grupos mantenham o corpo suspenso de uma certa altura (*algum estudante segura o corpo*). Em seguida, o corpo é abandonado (*o estudante solta o corpo*).

Considerando estas duas situações o professor propõe aos grupos as seguintes questões:

(a1) Com o corpo ainda suspenso faça uma representação das forças que atuam sobre ele e também da força resultante.

(a2) Quando o corpo é abandonado, descreva o movimento observado.

(a3) Qual a diferença entre as situações (a1) e (a2) em termos de forças agindo sobre o corpo? A força resultante é igual nos dois casos?

(a4) A força vertical para baixo, responsável pelo “puxão” sobre o corpo, é exercida por alguém? Quem?

Atividade II

Após as questões, o professor orienta que os grupos posicionem o corpo sobre a superfície da carteira, observando seu comportamento.

Em seguida eles devem responder as seguintes questões:

- (b1) Descreva o movimento do objeto indicando as forças que agem sobre o mesmo.
- (b2) A força vertical para baixo, que no caso anterior denominamos de “puxão” sobre o corpo, está presente nesta situação? Em caso afirmativo, por que o corpo não atravessa a carteira? Alguém impede que isto aconteça? Quem?
- (b3) Como você representa a força resultante sobre o corpo?

Atividade III

Em uma nova situação o corpo é acoplado à extremidade livre da mola (mantida verticalmente). Neste caso, a mola aumenta seu comprimento e o corpo muda seu estado de movimento até atingir o estado de repouso.

O professor então solicita aos estudantes que respondam as seguintes questões:

- (c1) Quem exerce o “puxão” na mola?
- (c2) Quem impede a mola de alongar-se continuamente?
- (c3) No estado de repouso do corpo faça uma representação de todas as forças que agem sobre ele e também da força resultante.

Atividade IV

Agora o professor pode propor aos grupos a situação envolvendo um pedaço de barbante e o corpo de prova. Os grupos devem prender o corpo em uma de suas extremidades (barbante) e suspendê-lo de modo que ele fique em repouso na vertical.

Considerando esta configuração responda as questões:

- (d1) Já discutimos a força responsável pelo “puxão” sobre o corpo. No caso analisado aqui por que o corpo não cai?
- (d2) Note que podemos esticar um pedaço de barbante puxando suas extremidades. No caso do nosso experimento com o corpo suspenso, o barbante está frouxo ou esticado? Se estiver esticado, quem exerce esta ação no barbante?

(d3) Sabemos que existe uma força que puxa o corpo no sentido vertical para baixo. Qual é a ação do barbante sobre o corpo? Faça uma representação dela.

(d4) Qual a representação da força resultante agindo sobre o corpo?

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis;
- Mola, barbante, um corpo de massa definido.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

7.7.1. Atividade VI – Forças no cotidiano dos alunos – Parte I

Atividade Experimental

Escola:	
Professor:	Data ____/____/____
Alunos:	

Materiais:

Dinamômetro, molas, suporte metálico de apoio, corpos de diferentes massas, barbante.

Atividade I

Um membro de cada grupo deverá erguer um corpo de massa bem definida até uma certa altura. Em seguida, o estudante deverá soltar o corpo. Considerando as duas situações (do corpo erguido e do corpo caindo) os grupos deverão responder e discutir as seguintes questões:

(a1) Com o corpo ainda suspenso faça uma representação das forças que atuam sobre ele e também da força resultante.

(a2) Quando o corpo é abandonado, descreva o movimento observado.

(a3) Qual a diferença entre as situações (a1) e (a2) em termos de forças agindo sobre o corpo? A força resultante é igual nos dois casos?

(a4) A força vertical para baixo, responsável pelo “puxão” sobre o corpo é exercida por alguém? Quem?

Atividade II

Os grupos deverão posicionar o corpo de massa bem definida sobre a superfície da carteira e observarão seu comportamento. Em seguida responderão as seguintes questões propostas:

(b1) Descrevam o movimento do objeto indicando as forças que agem sobre o mesmo.

(b2) A força vertical para baixo, que no caso anterior denominamos de “puxão” sobre o corpo, está presente nesta situação? Em caso afirmativo, por que o corpo não atravessa a carteira? Alguém impede que isto aconteça? Quem?

(b3) Como você representa a força resultante sobre o corpo?

Já sabemos que a força peso é a responsável pelo “puxão” sobre o corpo. Neste caso, por que o corpo não cai? Justifique.

Atividade III

Os grupos deverão acoplar o corpo à extremidade livre da mola (mantida verticalmente), utilizando-se de um pedestal de aço. Os grupos, após observarem o fenômeno, deverão responder as seguintes questões abaixo:

(c1) Quem exerceu o “puxão” na mola?

(c2) Quem impediu a mola de alongar-se continuamente?

(c3) No estado de repouso do corpo faça uma representação de todas as forças que agem sobre ele. Represente também a força resultante.

Atividade IV

Os grupos, em seguida, deverão prender o corpo através de uma de suas extremidades no pedestal de aço, utilizando um pedaço de barbante e mantê-lo suspenso de modo que fique em repouso na vertical. Após analisar a situação deverão responder as questões abaixo:

(d1) Qual a força foi responsável pelo “puxão” sobre o corpo. No caso analisado aqui, por que o corpo não caiu?

(d2) Note que podemos esticar um pedaço de barbante puxando suas extremidades. Em relação ao nosso experimento com o corpo suspenso, o barbante está frouxo ou esticado? Se estiver esticado, quem exerce esta ação no barbante?

(d3) Sabemos que existe uma força que puxa o corpo na direção vertical com sentido para baixo. Qual é a ação do barbante sobre o corpo?

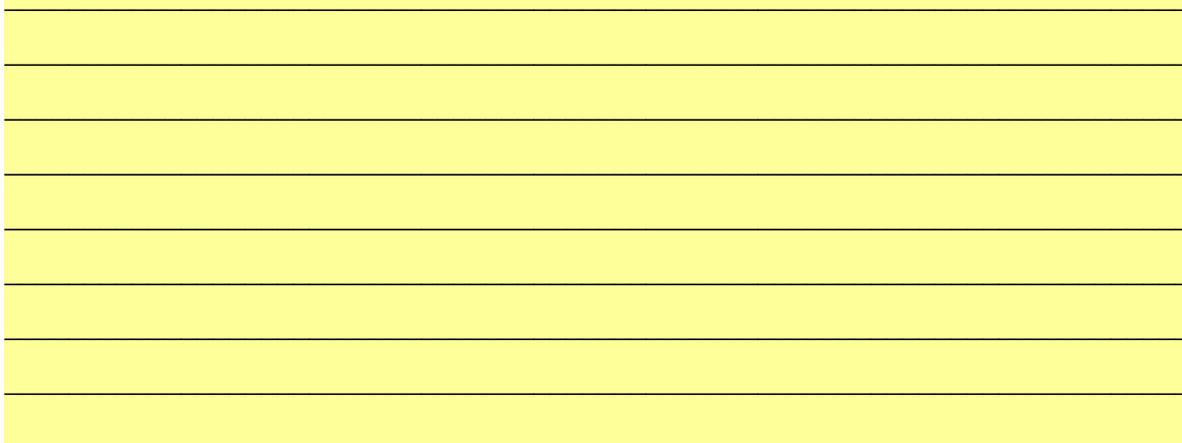
Faça uma representação dela.



(d4) Faça uma representação da força resultante que atua sobre o corpo.



Anotações e Observações



7.8. Sétima Atividade: Forças no cotidiano dos alunos – Parte II

Objetivo educacional:

Identificar e discutir outras forças presentes durante a realização das atividades pelos estudantes.

Orientações ao Professor:

Inicialmente o professor distribui aos grupos um kit contendo uma caixinha, um pedaço de barbante, uma massa e um plano inclinado.

Atividade 1

Fazendo uso do material do kit o professor propõe aos grupos uma situação em que a caixinha, contendo em seu interior uma massa, encontra-se apoiada sobre a superfície da mesa. Em seguida ela é puxada horizontalmente pela corda, mas permanece em repouso.

Considerando esta situação responda as questões:

- (a1) Faça uma representação de todas as forças que podem estar agindo sobre ela. Qual dessas forças poderia mudar o estado de movimento da caixinha?
- (a2) O que impede a caixinha de sair do seu estado de repouso?
- (a3) Se aumentarmos cada vez mais a intensidade da força na corda a caixinha sempre vai permanecer em repouso?

Atividade 2

O professor propõe agora um experimento alternativo envolvendo a caixinha apoiada sobre a superfície de um plano inclinado.

Considerando o exposto abaixo, solicite que aos alunos que respondam as questões:

- (b1) Agora suponha que retiramos o barbante e colocamos a caixinha sobre uma tábua que pode ser inclinada lentamente. Quem puxa a caixinha para baixo? Por que ela não desce? Façam uma representação de todas as possíveis forças agindo na caixinha.
- (b2) Aumentando a inclinação cada vez mais observamos que para um certo ângulo crítico a caixinha se move. Por que isso acontece?

Atividade 3

Para completar a identificação de algumas forças no cotidiano dos alunos, o professor propõe um experimento demonstrativo. Para tanto ele pode usar um recipiente com água e algumas bolas, uma de metal e uma de pingue-pongue, por exemplo.

Inicialmente a bola de metal é colocada no recipiente com água e os grupos observam que além da mesma submergir no recipiente o nível da água sobe. Em seguida, o professor tenta fazer o mesmo com a bola de pingue-pongue, mas ela permanece flutuando sobre a superfície do líquido.

O professor propõe a seguinte questão a ser respondida pelos grupos:

(c1) Descreva o que acontece com as duas bolas. Por que uma desce e a outra não?

O professor segura a bola de pingue-pongue de modo que ela fique completamente submersa na água.

O professor propõe a seguinte questão a ser respondida pelos grupos:

(c2) Descrevam o movimento da bola dando uma explicação para o fato observado.

(c3) Por que o mesmo fato não é observado com a esfera de metal?

Fechamento pelo Professor (aulas 6 e 7) – Caracterizando as forças identificadas

Este fechamento pode ocorrer na forma de uma síntese das forças que foram identificadas pelos grupos em cada um dos experimentos.

Síntese das atividades

Assim, o “puxão” sobre o corpo quando abandonado em queda livre representa a **força peso**, uma força de suma importância para a sobrevivência da humanidade, sem ela não haveria a atmosfera composta de diferentes gases responsáveis pela vida no planeta. A estabilidade das órbitas planetárias, assim como do universo, depende desse tipo de força. A natureza da força gravitacional é atrativa e se manifesta em função das massas dos corpos que interagem entre si. No caso de corpos próximos à superfície da terra denominamos esta interação entre a massa do corpo e a massa da terra como sendo a força peso. Ela é uma força de longo alcance, pois se manifesta mesmo que

os corpos envolvidos não estejam em contato, tendo uma direção ao longo da linha que une o centro dos corpos envolvidos (corpo considerado e a Terra) e tendo um sentido que aponta para o centro da Terra.

No experimento onde consideramos o corpo que não cai quando apoiado sobre a mesa, o professor pode argumentar que naquele caso temos uma outra força proveniente do contato da superfície do corpo com a superfície da mesa. Tal força impede, por exemplo, que um livro depositado sobre uma mesa atravesse a mesma. Esta força é sempre perpendicular à superfície de contato entre os corpos (corpo e mesa), sendo usualmente denominada de **força normal**, e representada por **N**.

Em seguida, o professor pode caracterizar a **força da mola** no experimento do corpo suspenso pelo dinamômetro, dizendo que é uma força de contato direto, pois sua ação implica no fato da mola estar em contato com o corpo. A manifestação desta força depende da deformação da mola e que, graças a esta propriedade, é possível construir uma balança de mola. O professor pode ainda informar que para deformações pequenas da mola a lei de força característica é conhecida como lei de Hooke, que estabelece que a força da mola é diretamente proporcional à sua deformação.

No caso do experimento que envolvia o corpo suspenso pelo barbante, o professor pode caracterizar a ação do barbante sobre o corpo como sendo uma ação de mesma magnitude da ação da força peso, mesma direção, porém de sentido contrário. Esta ação é denominada de **força de tração**, sendo normalmente representada por **T**.

Ainda no caso da caixinha que permanecia em repouso quando puxada pelo barbante, o professor pode argumentar que a força que impede o movimento dos objetos, mesmo quando eles estão sob a ação de outras forças, é chamada de força de resistência ao movimento ou **força de atrito**. Estas forças sempre estão presentes na natureza, embora muitas vezes idealizemos uma situação, desprezando sua interferência no movimento dos corpos. O professor pode ainda mencionar a importância do atrito em nossas atividades diárias.

Para finalizar, o professor pode caracterizar, agora, a **força de empuxo** como sendo uma força exercida toda vez que um corpo estiver imerso em um fluido, não necessariamente água. Esta força tem sempre uma direção vertical apontando para cima, sendo proporcional ao volume do corpo, à densidade do fluido e à gravidade local. Esta força é resultante das forças de pressão exercidas pelo fluido na superfície do objeto imerso. No caso da esfera de chumbo esta força é

inferior à força peso da esfera, e por esta razão a esfera de chumbo afunda. Já no caso da bola de pingue-pongue ocorre o contrário.

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis;
- Água;
- Esferas de densidades diferentes;
- Plano inclinado;
- Quadro e giz.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

7.8.1. Atividade VII – Forças no cotidiano dos alunos – Parte II**Atividade Experimental**

Escola:	
Professor:	Data ___/___/___
Alunos:	

Materiais:

Plano inclinado, uma caixinha contendo um corpo dentro, um pedaço de barbante, bola de pingue-pongue, esfera metálica, vasilha contendo água.

Atividade I

Fazendo uso do material do kit, os grupos deverão acoplar dentro da caixinha uma massa e apoiá-la sobre a superfície da mesa. Após esta experiência deverão puxá-la horizontalmente pelo barbante. Observando o ocorrido, deverão responder e discutir as seguintes questões:

(a1) Faça uma representação de todas as forças que podem estar agindo sobre ela. Qual dessas forças poderia mudar o estado de movimento da caixinha?

(a2) O que impediu a caixinha de sair do seu estado de repouso?

(a3) Se aumentarmos cada vez mais a intensidade da força na corda a caixinha sempre vai permanecer em repouso?

Atividade II

Os grupos deverão realizar um novo experimento posicionando a caixinha com a massa acoplada dentro sobre a superfície de um plano inclinado e observando o comportamento do corpo deverão responder as questões abaixo:

(b1) Agora retiramos o barbante e colocamos a caixinha sobre uma tábua que pode ser inclinada lentamente. Quem puxa a caixinha para baixo? Por que ela não desce? Façam uma representação de todas as possíveis forças agindo na caixinha.

(b2) Aumentando a inclinação cada vez mais observamos que para um certo ângulo crítico a caixinha se move. Por que isso acontece?

Atividade III

Os grupos deverão acompanhar a realização de um experimento realizado pelo professor. Em seguida, deverão responder as questões abaixo:

(c1) Descrevam o que aconteceu com as duas bolas. Por que uma desceu e a outra não?

(c2) Descrevam o movimento da bola pingue-pongue dando uma explicação para o fato observado.

(c3) Por que o mesmo fato não é observado com a esfera de metal?

Anotações e Observações

7.9. Oitava Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte I

Objetivo educacional:

Identificar e discutir o conceito de velocidade constante presente no cotidiano dos alunos.

Orientações ao professor:

Para esta aula o professor poderá fazer o seguinte experimento demonstrativo em sala de aula. Utilizar-se-á uma mangueira transparente de aproximadamente 1/2 polegada de largura por 50 centímetros de comprimento, fixada a um pedaço de madeira através de algumas abraçadeiras. O pedaço de madeira deverá conter divisões de 5 em 5 centímetros acompanhando o tamanho da mangueira em ambos os lados. As marcações (divisões) deverão ser feitas utilizando um pincel atômico ou caneta de marcação. A mangueira deverá ter uma de suas extremidades obstruída com a finalidade de reter o óleo dentro dela e um conta-gotas contendo água. Em seguida, o professor deve posicionar o conta-gotas alguns centímetros abaixo da superfície do óleo, liberando uma gota de água e solicitando que os grupos observem seu comportamento.



Figura 3: Foto da montagem do experimento da aula 8.

Após as observações os grupos deverão responder as seguintes questões:

- a) Descreva o movimento observado para a gota de água. Ela desce, sobe ou permanece em repouso? Justifique sua resposta.
- b) Qual é a principal característica deste movimento?
- c) Indique as forças que agem sobre a gota representando também a força resultante sobre ela.

O professor deverá discutir com os grupos, argumentando que se a gota desce então ela muda sua posição no tempo, ou seja, ela adquire movimento. Em seguida, o professor poderá solicitar aos grupos que, utilizando o cronômetro do celular, registrem o tempo necessário para a gota cruzar o intervalo entre duas marcas consecutivas no tubo, anotando seus resultados em uma tabela contendo duas colunas: posição (cm) versus tempo (s). As medidas devem ser feitas pelo menos para cinco intervalos consecutivos ao longo do tubo.

De posse dos dados da tabela, o professor solicita que os grupos representem no plano cartesiano o resultado de suas medidas: no eixo das ordenadas (eixo y) são colocadas as posições da gota e no eixo das abscissas (eixo x) os valores dos intervalos de tempo. Ligando os pontos x, y para cada medida temos o par ordenado (x, y) no plano cartesiano. O professor deve conferir o resultado desta tarefa em cada grupo.

Na sequência, o professor propõem um desafio aos grupos fazendo o seguinte questionamento: Qual é a melhor função matemática que se ajusta aos pontos obtidos no plano cartesiano? Aqui é esperado que os grupos reconheçam e respondam que esta função é uma reta. Como tarefa seguinte o professor pode solicitar que os grupos obtenham a inclinação desta reta a partir da definição da função trigonométrica tangente. Esta inclinação muda se usarmos o intervalo de tempo total ou um intervalo menor? Esperamos que os grupos concluam que a inclinação da reta seja constante para qualquer intervalo escolhido. Os gráficos e as demais respostas devem ser recolhidas para posterior análise.

A partir das respostas informadas pelos grupos, o professor poderá complementar esta aula formalizando que a razão entre a distância percorrida pela gota entre duas marcas consecutivas e o intervalo de tempo necessário para que isso ocorra representa uma grandeza que na Física denominamos de velocidade. Esta grandeza tem uma natureza vetorial, pois além de uma magnitude, ela também necessita de direção e sentido para ficar definida.

Nos resultados obtidos pelos grupos esta razão (distância/tempo) não muda de intervalo para intervalo. Isto significa que a gota desce ao longo de uma trajetória retilínea com uma velocidade constante. Este movimento é, no contexto da cinemática, denominado de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).

A fim de fixar o conhecimento, o professor poderá solicitar aos grupos que façam uma representação da força resultante. Respondendo em uma folha de papel se é possível que um corpo esteja em movimento mesmo que a força resultante sobre ele seja nula.

Em função das respostas, o professor pode complementar argumentando que se a força resultante sobre um corpo for nula este corpo poderia continuar em estado de repouso, se já estivesse neste estado, ou poderia continuar em estado de movimento com velocidade constante, caso já estivesse neste estado.

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis;
- Mangueira transparente;
- Abraçadeiras;
- Suporte de madeira;
- Óleo de cozinha;
- Pincel marcador;
- Régua;
- Cronômetro;
- Água;
- Quadro e giz.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

**7.9.1. Atividade VIII – Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica –
Parte I**

Atividade Experimental

Escola:	
Professor:	Data ___/___/___
Alunos:	

Materiais:

Mangueira transparente, abraçadeira, suporte de madeira óleo, pincel marcador, régua, cronômetro, um conta-gotas e água.

Os estudantes reunidos em grupos deverão acompanhar a realização do experimento pelo professor. Em seguida, responderão as questões abaixo:

a) Qual o movimento observado para a gota de água? Ela desceu, subiu ou permaneceu em repouso. Justifique sua resposta.

b) É possível um corpo estar em movimento mesmo que a força resultante sobre ele seja nula? Justifique sua resposta.

c) Qual é a principal característica deste movimento?

7.10. Nona Atividade: Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte II

Objetivo educacional:

Identificar e distinguir o conceito de aceleração e sua relação com a Segunda Lei de Newton.

Orientações ao professor:

Neste momento, o professor pode fazer uso do mesmo procedimento da aula anterior trocando apenas a gota de água por uma pequena esfera (bola de gude ou uma esfera metálica), solicitando aos grupos que observem o comportamento da bola de gude. Este experimento pode ser repetido quantas vezes forem necessárias para maior esclarecimento dos grupos.

O professor pode solicitar aos grupos que tentem usar o cronômetro do celular para registrar o tempo necessário para que a esfera cruze o intervalo entre duas marcas consecutivas na mangueira, anotando seus resultados, pelo menos para cinco intervalos consecutivos ao longo da mangueira.

Após a tentativa dessas medidas o professor pode propor aos grupos, com base nas observações feitas no experimento da esfera, que respondam as seguintes questões:

- Descreva o movimento da esfera. Ela desce da mesma forma da gota? Se não, qual a diferença que você nota entre os dois movimentos?
- Que forças agem na esfera? São as mesmas que agiam na gota? Faça uma representação destas forças na esfera incluindo também a força resultante.
- Neste caso, a força resultante é igual à obtida no movimento da gota?

Após os grupos responderem às questões, o professor poderá argumentar que neste caso o padrão obtido no experimento da aula anterior não vai se repetir, pois embora a distância entre duas marcas consecutivas tenha permanecido a mesma, os intervalos de tempo não permanecem constantes, diminuindo à medida em que a esfera desce. Nesta situação, a esfera desce com uma velocidade crescente, isto é, com uma velocidade diferente em cada intervalo entre duas marcas.

O professor deverá esclarecer aos grupos que neste caso, diferente do caso da gota, a força resultante não é nula, pois a força peso deve ser maior que a força de empuxo. Basicamente é a força resultante que altera a velocidade da esfera tornando-a diferente ao longo do percurso. Esta

velocidade variável é uma grandeza, que na Física, é denominada **aceleração**. Quando a velocidade não varia esta grandeza não existe, ou seja, tem valor nulo.

Considerando que a ação da força resultante é quem produz uma velocidade variável no corpo, então, a grandeza aceleração deve estar intimamente ligada a esta força resultante, tendo também uma natureza vetorial. Em outras palavras, pode ser dito que a aceleração é uma resposta, em termos de variação da velocidade no tempo que um corpo produz quando submetido à ação de uma força resultante.

O professor pode ainda argumentar que a aceleração adquirida pelo corpo em função da ação da força resultante sobre ele depende também de uma propriedade própria, intrínseca do corpo que denominamos de massa. A massa do corpo exerce o papel de uma espécie de resistência oferecida por ele à ação da força resultante. Traduzindo em termos de uma equação matemática, temos:

$$\text{Resposta} = \frac{\text{Ação}}{\text{Massa}}, \text{ ou seja, } a = \frac{F}{m} \text{ ou simplesmente } F = m \cdot a$$

Esta equação consiste na chamada Segunda Lei de Newton conhecida também como o princípio fundamental da dinâmica, portanto uma lei universal para descrever o movimento dos corpos em nosso cotidiano. Assim como a força resultante é um vetor, a grandeza aceleração também é apresentada sempre a mesma direção e sentido da força resultante que a produz. A intensidade ou magnitude desta grandeza representa uma medida do quanto a velocidade do corpo varia no tempo.

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis;
- Mangueira transparente;
- Abraçadeira;
- Suporte de madeira;
- Óleo;
- Pincel marcador;
- Régua;
- Cronômetro;
- Uma pequena esfera metálica que caiba dentro das dimensões do diâmetro da mangueira;

- Quadro e giz.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas às perguntas propostas.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

7.10.1. Atividade IX – Construindo a Lei Fundamental da Dinâmica – Parte II

Atividade Experimental

Escola:	
Professor:	Data ___/___/___
Alunos:	

Materiais:

Mangueira transparente, abraçadeira, suporte de madeira, óleo de cozinha, pincel marcador, régua, cronômetro, pequena esfera metálica que caiba dentro das dimensões do diâmetro da mangueira.

Os estudantes reunidos em grupos deverão acompanhar a realização do experimento pelo professor.

Em seguida, responderão as questões abaixo:

a) Descreva o movimento da esfera. Ela desceu da mesma forma da gota? Se não, qual a diferença que você notou entre os dois movimentos?

b) Que forças agem na esfera? São as mesmas que agiam na gota? Faça uma representação destas forças na esfera incluindo também a força resultante.

c) Neste caso, a força resultante é igual à obtida no movimento da gota?

d) O que você observa? Qual fator responsável pela variação da velocidade da esfera?

e) Se alterarmos o valor da massa(maior ou menor), a resposta será a mesma? Justifique.

Anotações e Observações

7.11. Décima Atividade: Identificando a presença das Forças de inércia ou forças fictícias no movimento

Objetivo educacional:

Desenvolver com os alunos noções daquilo que denominamos de um referencial não inercial ou referencial acelerado identificando no mesmo as forças de inércia.

Orientações ao professor:

O professor poderá iniciar esta aula com a leitura de um texto (disponibilizado em conjunto com a atividade investigativa) que foi elaborado por **Helena, Cinara, Rogério, César e Maria Emília**, discentes do curso do programa do Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal de Lavras, turma 01/2016 sob a orientação do professor Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva.

O professor poderá, nesta última aula expositiva, relembrar aos grupos a importância da Segunda Lei de Newton na Mecânica, onde foi afirmado que ela constitui um princípio universal que descreve o movimento dos corpos em nosso cotidiano. Voltando aos diálogos da peça teatral sobre o tal “Senhor Referencial”, desenvolvido na terceira aula, podemos lembrar que o conceito de movimento é relativo, isto é, depende do referencial escolhido.

Dependendo da escolha do referencial um corpo pode estar em movimento ou em repouso. Na peça, o personagem principal menciona dois tipos de referenciais: um denominado inercial e outro de não inercial ou acelerado.

O professor, com o intuito de averiguar se os estudantes se apropriaram das situações vivenciadas na nave de Landau (texto de apoio da atividade X), poderá solicitar aos grupos que discutam e respondam as seguintes questões abaixo:

- a) Qual a diferença entre as situações envolvendo a nave em repouso no aeroporto, a nave decolando e nave na hora em que o lanche era servido?
- b) Porque os passageiros e tripulantes não podiam andar livremente pela nave na situação de decolagem?
- c) A Segunda Lei de Newton é válida para todos os tipos de referenciais? Se não, como podemos denominar este referencial?

Se o professor perceber que os estudantes ainda não conseguiram discernir as diferentes situações vivenciadas na nave, então ele pode criar uma situação semelhante à ocorrida com Landau e seus amigos, definindo o que chamamos de um referencial inercial e acelerado.

“Um referencial inercial poderia ser duas pessoas, digamos, João e Pedro que, na barranca do velho Chico observam o movimento de uma barcarola navegando no remanso do rio”.

João, um pescador paciente, sentado ainda sonha com pintados, dourados ou tucunarés puxando sua linha. Enquanto isso Pedro, um fotógrafo amador, passa com pressa por João, em um ritmo constante (velocidade constante) para não perder de vista, num último *click* da barcarola que desliza em uma das curvas do rio. Nestas circunstâncias a embarcação é vista na óptica de dois referenciais inerciais. Se Pedro tivesse passado por João com uma velocidade variável no tempo, diríamos que ele estaria em um movimento acelerado. Neste caso a barcarola seria vista da óptica de dois referenciais não inerciais.

Aquela lei, que chamamos de princípio fundamental da dinâmica, e que matematicamente escrevemos como $F=m \cdot a$ permanece sempre com a mesma forma, tanto em referenciais inerciais quanto em referenciais acelerados?

Como complemento o professor poderá fazer uso do vídeo “**Pêndulo simples dentro de um avião (repouso ou movimento?)**” e propor aos estudantes que confirmem suas respostas com a ilustração apresentada no vídeo.

Vídeo I

Pêndulo simples dentro de um avião (repouso ou movimento?)

Disponível em: <<http://lite.dex.ufla.br/moodle26/mod/data/view.php?id=1010>>.

Para finalizar a sequência didática os grupos deverão assistir o vídeo “**Aceleração e Efeito de Coriolis**” que trata do movimento de uma bola lançada entre dois jogadores sentados em uma gangorra sobre uma plataforma em repouso.

Vídeo II

Aceleração e Efeito de Coriolis

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Fn4LTcZP0>>.

O professor poderá discutir com os grupos para que observem que após a bola ter sido lançada por um dos jogadores a única força que age sobre ela é a sua força peso, por esta razão sua

trajetória é parabólica, e o outro jogador recebe a bola lançada sem qualquer problema. Se um observador estiver em repouso ao lado da gangorra observando o movimento da bola ele diria que a única força que age sobre a bola é a força peso, representando a força resultante, e que de acordo com aquele princípio fundamental da dinâmica, isto resulta em: $a=g$.

Agora os grupos deverão assistir a segunda parte do vídeo II que representa a mesma situação anterior acrescida do fato de que agora a plataforma está em rotação, isto é, tem um movimento circular. Repare que o jogador joga a bola e seu oponente não consegue receber esta bola, pois “algo” provoca um desvio na bola impedindo o jogador de recebê-la, como acontecia no vídeo anterior.

O professor pode argumentar que no caso do vídeo II temos um típico exemplo de um referencial não inercial ou acelerado, e que neste caso o princípio fundamental da dinâmica se altera por um fator adicional conhecido como força de inércia ou força fictícia, responsável pelo desvio da bola exibido no vídeo.

O professor, fazendo uso da palavra, poderá esclarecer aos estudantes que normalmente analisamos um problema a partir de um referencial inercial e, nele, as forças de inércia não se manifestam. Quando analisamos o problema a partir de um referencial acelerado as forças de inércia fazem sentido e devemos levá-las em conta em nossos estudos, concluindo assim que as Leis de Newton sofrem uma alteração frente a um referencial acelerado e que as denominamos de forças fictícias ou forças de inércia.

Recursos didáticos:

- Material impresso e lápis;
- Datashow e Notebook.

Avaliação:

Os alunos serão avaliados pela participação tanto nas discussões nos grupos quanto na elaboração das respostas aos grupos proposta.

Tempo sugerido para esta atividade: 50 minutos.

7.11.1. Texto de Apoio – Atividade X

Landau² é um aluno muito conhecido na escola pública que frequenta, no município de Lavras. Suas principais características são a curiosidade, perseverança, intuição, independência e um voraz apetite em propor e resolver os problemas abordados nas aulas de física. Seus professores relatam sua inquietude e virtuose revolta relativa à carga horária destinada às disciplinas de física, química e matemática. Landau abomina o modelo atual de ensino e ainda sonha, que num futuro próximo, a escola possa ser vista como um imenso laboratório, onde os alunos sintam prazer em aprender teorias e ferramentas matemáticas, onde possam discutir e propor modelos, para os fenômenos observados no seu cotidiano. Na concepção de Landau, a escola deve ser um ambiente favorável à aprendizagem e que faça sentido na vida de seus frequentadores.

Foi pensando nestas questões que Landau lembrou das primeiras aulas de física, onde sua professora, apenas com o auxílio do quadro, giz e livro texto, discutia o conceito de movimento e sistemas de referência. Landau achava aquilo tudo muito vago e que poderia ser feito de uma forma mais interessante no sentido de envolver, desafiar e resgatar seus colegas daquele estado de apatia e passividade que se encontravam.

Para discutir conceitos de movimento, sistemas de referência, invariância de leis físicas e forças de inércia, Landau levou um grupo de colegas para uma viagem aérea. No aeroporto após os procedimentos de embarque, entraram na nave que estava em repouso. Landau pediu ao grupo que observassem o movimento dos passageiros, tripulantes e da própria aeronave e que fizessem uma discussão e em seguida uma descrição dos movimentos observados pelo grupo. A descrição poderia ser na forma oral e também por escrito.

Landau ainda mostrou aos colegas um pêndulo simples, um arranjo constituído de uma massa presa na extremidade de um fio. Segurando a outra extremidade do barbante na posição vertical Landau mostrava aos colegas que o pêndulo oscilava em torno da posição vertical, chamada de posição de equilíbrio. Landau pediu aos seus amigos que observassem o comportamento do pêndulo em diferente momentos da viagem.

O aviso de decolagem foi comunicado. Os passageiros deveriam acomodar-se em seus assentos com o cinto de segurança afivelado. Landau questionou seus colegas querendo saber o motivo daquela recomendação e qual seria a diferença entre a nova situação e aquela inicial? Por que passageiros e tripulantes não podiam andar livremente pela nave como antes? Solicitou que cada um expressasse suas respostas por escrito. Durante a decolagem do avião Landau mostrou aos colegas o comportamento do pêndulo.

Em dado momento o piloto comunicou que o lanche seria servido. Tripulantes e alguns passageiros agora transitavam livremente pela aeronave. Landau questionou seu grupo de como isso era possível? Qual a diferença entre a nova situação e aquelas duas anteriores (nave em repouso e decolando)? Pediu que o grupo descrevesse por escrito suas respostas e que também observassem o movimento do pêndulo nesta etapa da viagem.

No retorno da viagem Landau e seu grupo fizeram uma síntese para turma das diferentes situações vivenciadas na nave e coube ao professor fazer um fechamento do assunto.

² Por Heleno, Cinara, Rogério, César e Maria Emília, discentes do curso do programa do Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal de Lavras, turma 01/2016 sob a orientação do professor Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva.

7.11.2. Atividade X – Identificando a presença das forças de Inércia ou forças fictícias no movimento

Atividade Investigativa

Escola:	
Professor:	Data ____/____/____
Alunos:	

Após a leitura do texto os integrantes do grupo deverão discutir entre si e responder as seguintes questões abaixo:

a) Qual a diferença entre as situações envolvendo a nave em repouso no aeroporto, a nave decolando e nave na hora em que o lanche era servido?

b) Porque os passageiros e tripulantes não podiam andar livremente pela nave na situação de decolagem?

c) A Segunda Lei de Newton é válida para todos os tipos de referenciais? Se não, como podemos denominar este referencial?

8. Referências Bibliográficas

BRASIL. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Ministério da educação/secretaria da educação básica. Brasília, 2002.

FREZZA, J. S. Noção de Referencial Inercial: um Estudo com Epistemologia Genética com alunos de Física. 115f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

GARDELLI, D. A Indução Gravitacional. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p. 7-10, abr. 2010.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica 1 – Mecânica, 2ª edição 1992, p. 472-474.