



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DA INÉRCIA NO ENSINO  
MÉDIO UTILIZANDO OS CONCEITOS DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS.**

FREDERICO JORDÃO MONTIJO DA SILVA

BRASÍLIA - DF  
2015



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DA INÉRCIA NO ENSINO  
MÉDIO UTILIZANDO OS CONCEITOS DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS.**

Frederico Jordão Montijo da Silva

Dissertação realizada sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Maria de Fátima da Silva Verdeaux a ser apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica”, pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA - DF  
2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

da Silva, Frederico Jordão Montijo.

Proposta de uma metodologia para o ensino da inércia no Ensino Médio utilizando os conceitos de equilíbrio dos corpos / Frederico Jordão Montijo da Silva, 2015, 130 f.

Orientadora: Maria de Fátima da Silva Verdeaux

Dissertação (Mestrado) – Universidade e Brasília. Instituto de Física, Brasília, 2015.

1. Inércia 2. Primeira Lei de Newton 3. Leis de Newton, 4. Equilíbrio 5. Mecânica 6. Aprendizagem significativa 7. Educação Básica 8. Ensino Médio. I. Instituto de Física. II. Título.

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

FREDERICO JORDÃO MONTIJO DA SILVA

### **PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DA INÉRCIA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO OS CONCEITOS DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS.**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica”, pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

Aprovada em 11 / 12 / 2015

#### **BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Maria de Fátima da Silva Verdeaux  
(Presidente – IF UnB)

Prof. Dr. Jairo Gonçalves Carlos  
(Membro externo não vinculado ao programa – Secretaria de Educação do Distrito Federal)

Prof. Dr. Fábio Ferreira Monteiro  
(Membro interno vinculado ao programa – IF UnB)

Prof. Dr. Wytler Cordeiro dos Santos  
(Membro interno vinculado ao programa – FG UnB)

Dedico este trabalho aos meus pais, por sempre me incentivarem aos estudos e me proporcionarem condições para chegar até aqui, à minha esposa Patrícia, por me apoiar e motivar nos momentos difíceis, e ao meu filho Tobias, que me ensina algo novo a cada dia.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelos dons que recebi.

À CAPES, pelo suporte financeiro.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela idealização do MNPEF.

Ao Instituto de Física da UnB.

À minha orientadora Maria de Fátima da Silva Verdeaux, pelo apoio, experiência, paciência, sabedoria e disponibilidade.

À minha família, pela compreensão, carinho e apoio não só durante este mestrado, mas por toda minha vida.

Ao amigo e professor J. Ricardo, por me incentivar ao estudo da Física.

Aos colegas de turma, em especial ao amigo Petrus Barros, pelo apoio para finalizarmos juntos este mestrado.

À Nara Barros, pelo auxílio fundamental no término deste trabalho.

*“Cada um sofre como gosta”*

*(Carlos Silva)*

*“(...) pois é no fogo que o ouro e a prata são  
provados (...)”*

*(Eclo 2, 5)*

## RESUMO

DA SILVA, Frederico Jordão Montijo. Proposta de uma metodologia para o ensino de inércia no Ensino Médio utilizando os conceitos de equilíbrio dos corpos. 2015. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília – Brasília/DF, 2015.

O presente trabalho apresenta uma metodologia utilizando um plano de aula para o ensino das Leis de Newton com enfoque na Primeira Lei, conhecida como lei da Inércia, e sua associação com os conceitos de equilíbrio de ponto material. O plano de aula foi concebido com base nas informações obtidas por meio de um pré-teste elaborado pelo autor. As fragilidades identificadas por este instrumento foram trabalhadas em aulas expositivas-dialogadas e em uma atividade experimental com materiais de baixo custo. Os resultados obtidos ao término do processo trazem bons indícios de que a metodologia utilizada foi eficiente e alcançou os objetivos propostos, mostrando-se favorável sua implementação nas aulas de Física no Ensino Médio.

**Palavras-chaves:** Inércia, Primeira Lei de Newton, Leis de Newton, Equilíbrio, Mecânica, Aprendizagem significativa, Educação Básica, Ensino Médio.

## ABSTRACT

DA SILVA, Frederico Jordão Montijo. **Proposal of a methodology for teaching inertia in high school using the concepts of balance of bodies** 2015. 130 p. Dissertation (Master) - University of Brasilia - Brasilia / DF, 2015.

This paper presents a methodology using a lesson plan for teaching Newton's laws focusing on the First Law, known as the law of inertia and its association with the equilibrium concepts. The lesson plan is designed based on information obtained through a pre-test developed by the author. The weaknesses identified by this instrument were worked into exhibition-dialogued classes and an experimental activity with inexpensive materials. The results at the end of the process bring good evidence that the methodology used was efficient and achieving its goals, being favorable implementation in physics classes in high school.

**Keywords:** Inertia, Newton's First Law, Newton's laws, Balance, Mechanics, Meaningful learning, basic education, secondary education.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Representação de disco com gelo seco. ....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 2 – Princípio da assimilação.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3 – Representação do processo de retenção. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 4 – Esquema do experimento do Plano Inclinado de Galileu .....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Número de acertos no pré-teste nas questões 1, 3, 4 e 5. ....	75
Gráfico 2 – Comparação quanto ao número de acertos no pré-teste na questão 2.....	76
Gráfico 3 – Comparação quanto ao número de acertos no pré-teste na questão 3.....	76
Gráfico 4 – Comparação quanto ao número de acertos no pós-teste nas questões 1, 3, 4 e 5. ....	77
Gráfico 5 – Comparação quanto ao número de acertos no pós-teste na questão 2.....	78
Gráfico 6 – Comparação quanto ao número de acertos no pós-teste na questão 3.....	78
Gráfico 7 – Comparação do percentual de escolha da alternativa A como resposta correta. ....	80
Gráfico 8 – Comparação do percentual de escolha da alternativa B como resposta correta. ....	81
Gráfico 9 – Comparação do percentual de escolha da alternativa C como resposta correta. ....	82
Gráfico 10 – Comparação do percentual de escolha da alternativa D como resposta correta. ....	83
Gráfico 11 – Comparação do percentual de escolha da alternativa E como resposta correta. ....	84
Gráfico 12 – Comparação do percentual de acerto da alternativa A. ....	86
Gráfico 13 – Comparação do percentual de acerto da alternativa B. ....	87
Gráfico 14 – Comparação do percentual de acerto da alternativa C. ....	88
Gráfico 15 – Comparação do percentual de acerto da alternativa D. ....	89
Gráfico 16 – Comparação do percentual de acerto da alternativa E. ....	90
Gráfico 17 – Comparação do percentual de acerto da alternativa F.....	91
Gráfico 18 – Comparação do percentual de acerto da alternativa A. ....	92
Gráfico 19 – Comparação do percentual de acerto da alternativa B. ....	93
Gráfico 20 – Comparação do percentual de acerto da alternativa C. ....	95
Gráfico 21 – Comparação do percentual de acerto da alternativa D. ....	96
Gráfico 22 – Comparação do percentual de acerto da alternativa E. ....	97
Gráfico 23 – Comparação do percentual de acerto da questão 4.....	98
Gráfico 24 – Comparação do percentual de acerto da questão 5.....	99
Gráfico 25 – Comparação do percentual de acerto da questão 6.....	100

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1: Introdução .....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo 2: Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>16</b>
2.1 METODOLOGIA DA REVISÃO.....	16
2.2 CATEGORIAS.....	17
2.2.1 <i>Categoria 1: O ensino das Leis de Newton no Ensino Básico .....</i>	<i>17</i>
2.2.2 <i>Categoria 2: Leis de Newton em atividades experimentais .....</i>	<i>24</i>
2.3 ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS.....	28
<b>Capítulo 3: Referencial Teórico.....</b>	<b>48</b>
3.1 DAVID AUSUBEL E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	49
<b>Capítulo 4: Metodologia.....</b>	<b>55</b>
4.1 O CONTEXTO ESCOLAR E A CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA. ....	55
4.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	57
4.2.1 <i>Elaboração dos instrumentos de coleta de dados .....</i>	<i>57</i>
4.2.2 <i>Elaboração do roteiro de laboratório .....</i>	<i>57</i>
4.2.3 <i>Aulas.....</i>	<i>58</i>
<b>Capítulo 5: Resultados e Discussão.....</b>	<b>75</b>
5.1 ANÁLISE DA HOMOGENEIDADE DA AMOSTRA .....	75
5.2 ANÁLISE DAS QUESTÕES DO PRÉ-TESTE.....	79
<b>Capítulo 6: Considerações Finais .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>111</b>

## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Ao terminar o Ensino Fundamental e dar início ao Ensino Médio, muitos são os novos desafios encontrados pelos estudantes. A quantidade de disciplinas ensinadas, o aprofundamento na maioria delas e a preocupação com o ingresso no Ensino Superior estão entre algumas das diversas preocupações encontradas pelos jovens aprendizes.

Infelizmente, o estudo da Física acaba se tornando um grande desafio para os estudantes, afinal esta é uma disciplina que exige um alto grau de raciocínio lógico-matemático e boa capacidade de interpretar textos, além dos conhecimentos próprios desta ciência. Soma-se a isso o fato de que o tempo para ministrar aulas de Física é pequeno, dada a quantidade de conteúdos que se exige que seja ensinada (ou “sejam ensinados”) aos estudantes.

Com tantas dificuldades, pode-se supor que a aprendizagem dessa disciplina fique comprometida, sendo importante que os professores tenham uma formação continuada e busquem novas maneiras de aprimorar a metodologia utilizada em sala de aula e fora dela.

Segundo o texto das Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ Ensino Médio), “[...] os professores têm se sentido perdidos, sem os instrumentos necessários para as novas tarefas, sem orientações mais concretas em relação ao que fazer.”

E em seguida complementa:

“Esse processo [de implementação das novas diretrizes da educação básica] depende, ao contrário, de um movimento contínuo de reflexão, investigação e atuação, necessariamente permeado de diálogo constante. Depende de um movimento permanente, com idas e vindas, através do qual possam ser identificadas as várias dimensões das questões a serem enfrentadas, a ser constantemente realimentado pelos resultados das ações realizadas. E para isso será indispensável estabelecer espaços coletivos de discussão sobre os diferentes entendimentos e sobre as experiências vivenciadas a partir dessas novas propostas, incluindo-se possíveis

interpretações, implicações, desdobramentos, assim como também recursos, estratégias e meios necessários a sua instauração e desenvolvimento.” (BRASIL, 2002, p. 60)

Pensando nisso, como forma de auxiliar docentes no processo de ensino e aprendizagem da Física no Primeiro Ano do Ensino Médio, o presente trabalho propõe uma metodologia buscando maior eficiência na aprendizagem da Primeira Lei de Newton, fazendo com que os estudantes sejam capazes não apenas de memorizá-la, mas também de utilizá-la em diferentes contextos e situações-problema.

Um dos objetivos desta pesquisa é identificar, por meio de um pré-teste, os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as Leis de Newton e também equilíbrio dos corpos, diante da hipótese de que os estudantes terminam o Ensino Fundamental com noções equivocadas sobre esses conceitos, assim como fazem uma forte associação de força a movimento, ou seja, pensam ser necessária a atuação de uma força para que haja movimento.

Outro objetivo é o de utilizar essa informação coletada no desenvolvimento de um plano de aula, buscando indícios de mudança do pensamento baseado no senso comum para o cientificamente correto, dando ênfase à associação entre força e movimento, embasando-se nas teorias cognitivas desenvolvidas por David Ausubel.

Por fim, pretende-se obter indícios da eficácia da metodologia aplicada na aprendizagem significativa das Leis de Newton, com destaque para a Inércia, partindo da hipótese de que um planejamento elaborado a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes facilita os processos de ensino-aprendizagem em sala de aula, aumentando sua eficácia.

Para alcançar esses objetivos, o trabalho foi elaborado em 6 capítulos. O presente texto faz parte do primeiro capítulo, que introduz de maneira geral o que será abordado nesta pesquisa.

Por meio de um levantamento em diversos periódicos, o segundo capítulo traz uma revisão bibliográfica de trabalhos com a problemática e temas semelhantes

ao desta pesquisa, visando um maior conhecimento do que já havia sido proposto, evitando repetições, assim como rumar em direções sem boas perspectivas. Além disso, por meio desta pesquisa bibliográfica, foi possível conhecer um trabalho que inspirou a realização da atividade experimental proposta no quarto capítulo.

O terceiro capítulo traz uma revisão teórica sobre os processos de ensino-aprendizagem, a partir da visão cognitivista. Para tanto, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel foi descrita de forma resumida neste capítulo, visto que suas ideias servem como suporte teórico para o alcance dos objetivos deste trabalho.

O quarto capítulo descreve a metodologia utilizada durante a pesquisa. Nela, o grupo de estudantes e o contexto escolar na qual o projeto foi aplicado são caracterizados, os parâmetros para a elaboração dos instrumentos de coletas de dados são explicitados e as aulas nas quais a metodologia foi aplicada são descritas detalhadamente, aula a aula. O produto desenvolvido a partir dessa metodologia se encontra no Apêndice C e consiste em um plano de aula voltado para o professor do Ensino Básico, para ser aplicado no Primeiro Ano do Ensino Médio.

O quinto capítulo reúne os dados obtidos por meio dos testes aplicados durante a pesquisa e os distribui de maneira conveniente, ao logo do capítulo, por meio de gráficos comparativos entre as turmas pesquisadas e inferências acerca dessas informações. As questões dos testes são analisadas uma a uma, alternativa por alternativa, na busca de indícios de aprendizagem.

Por último, o sexto capítulo traz as considerações finais do autor e sugestões para trabalhos futuros sobre o tema pesquisado.

Espera-se que este trabalho possa ser utilizado por professores de Ensino Médio como norteador para novas abordagens no ensino da Inércia e sua associação com equilíbrio.

## **CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Metodologia da Revisão**

A revisão bibliográfica dessa dissertação foi feita com base em seis periódicos nacionais e dois internacionais, compreendendo diversos períodos: Revista Brasileira de Ensino de Física, de 2005 a 2015; Revista Física na Escola, de 2000 a 2012 (último ano de publicação); Caderno Brasileiro de Ensino de Física, de 2000 a 2015; Revista Experiências em Ensino de Ciências, de 2006 (início das publicações do periódico) a 2015; Revista Investigações em Ensino de Ciências, de 2005 a 2015; Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, de 2005 a 2015; Latin American Journal of Physics Education, de 2007 (primeira publicação do periódico) a 2015.

Tendo em vista a importância e relevância para a elaboração deste trabalho, alguns artigos de data de publicação menos recente foram incluídos nesta revisão. Dentre eles, um artigo publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física em 1992 e outro publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física em 1991.

Durante a revisão, não foram encontradas publicações com o tema específico dessa dissertação; todavia, temas próximos, como o ensino da Inércia e o ensino das Leis de Newton no Ensino Básico foram contemplados.

Publicações que especificaram o uso de atividades experimentais para o ensino-aprendizagem das Leis de Newton foram consideradas, visto que se enquadram muito bem no contexto desta pesquisa.

Por fim, uma pesquisa nos livros didáticos contemplados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) foi realizada para conhecer quais são as abordagens e exemplos utilizados pelos autores para ensinar a Primeira Lei de Newton e sua associação com o conceito de equilíbrio de corpos puntiformes. Essa análise foi feita à parte e se encontra na seção 2.3.

Sendo assim, foram escolhidos 11 artigos referentes à aprendizagem significativa no contexto da Física, a atividades experimentais relacionadas às Leis de Newton e ao ensino das Leis de Newton no Ensino Básico, que foram aglutinados

nas seguintes categorias:

1. O ensino das Leis de Newton no Ensino Básico (6 artigos).
2. Leis de Newton em atividades experimentais (5 artigos).

## **2.2 Categorias**

### **2.2.1 Categoria 1: O ensino das Leis de Newton no Ensino Básico**

Nessa categoria, os 6 artigos apresentados a seguir tratam sobre diferentes estratégias para o ensino das Leis de Newton no Ensino Médio e uma melhor aprendizagem por parte dos estudantes dos conceitos envolvidos.

Cozendey, Costa e Pessanha (2014) abordam o ensino da Primeira Lei de Newton em um contexto inclusivo para estudantes com e sem deficiência auditiva. Os autores discorrem sobre a importância da inclusão nas escolas, depois descrevem a metodologia utilizada em sala.

Os autores abordaram três situações clássicas por meio de um vídeo bilíngue, em português brasileiro e LIBRAS: um cachorro sobre um skate em movimento, um motorista em um carro em movimento e o ato de retirar uma toalha de mesa sem que os objetos sobre ela caiam, ou seja, permaneçam em repouso. Uma sequência didática foi elaborada visando a utilização do vídeo bilíngue. Ela se inicia com a apresentação de uma situação-problema, uma posterior discussão do problema proposto, exibição do vídeo bilíngue e outra discussão sobre a problematização. A fim de verificar a aprendizagem, um questionário com três perguntas foi utilizado, antes da aplicação da sequência didática, e o mesmo foi aplicado novamente, após a última discussão da sequência.

Cozendey, Costa e Pessanha (2014) constataram uma melhora acima de 25% nas respostas ao questionário proposto após a aula, e concluíram que tanto surdos quanto não-surdos aprenderam o conceito de Inércia e que a metodologia poderia ser utilizada para a abordagem de outros conceitos.

O trabalho de Cozendey, Costa e Pessanha (2014) se preocupa tanto com o ensino inclusivo quanto com a aprendizagem significativa da Inércia. Os autores demonstram preocupação com novas maneiras de se abordar os conceitos e

situações-problema que permeiam a Primeira Lei de Newton, procurando motivar o estudante de maneira lúdica e fomentando discussões, a fim de modificar ideias e conceitos prévios, buscando mudanças nos processos cognitivos do indivíduo que aprende.

Em seu trabalho de conclusão de curso, Pereira (2011) explica o projeto de uma aula sobre as Leis de Newton voltadas para uma abordagem histórica. Segundo a autora, o intuito era abordar as Leis de Newton: “minimizando as práticas de fórmulas cansativas e ampliando o conhecimento dos alunos com relação aos cientistas”, pois, de acordo com a mesma: “Tradicionalmente, o professor adota uma didática enraizada no “formulismo” e na discussão puramente matemática.” ( PEREIRA, 2011, p. 1). A análise qualitativa feita pela autora mostra que a mudança da estratégia de ensino ajudou no aprendizado, porém a pesquisa não mostra dados sobre o quanto foi aprendido, e sim que os alunos ficaram mais interessados na aula.

Apesar da falta de informações mais concretas, o trabalho de Pereira (2011) mostra, mais uma vez, a tendência de autores preocupados com a mudança na forma de ensino das Leis de Newton. Mudança essa que se aproxima de aulas que requerem maior planejamento, mais tempo gasto em sala com discussões e diferentes formas de abordagem para uma aprendizagem real dos estudantes, e se afasta da maneira tradicional e com pouco tempo de dedicação para as aulas.

Na pesquisa relatada por Aguiar Júnior e Freitas (2010) há o envolvimento de alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA) em uma atividade avaliativa sobre o conceito de Inércia e movimentos relativos, por meio de uma análise e problematização histórica e sobre os movimentos da Terra, com perguntas provocativas do tipo: “Por que não sentimos a Terra girar?”

Durante as aulas, o conceito de Inércia é apresentado com exemplos comuns dos livros didáticos, mas com bastante diálogo entre o professor e os estudantes. Uma atividade interessante proposta pelos autores foi a confecção de uma carta, tentando convencer Millôr Fernandes de que a Terra girava, pois o mesmo, em um texto apresentado aos estudantes, afirmava que a Terra ficava parada.

Assim como Setlik e Hilga (2014), Aguiar Júnior e Freitas (2010) utilizam a produção textual dos estudantes para averiguar mudanças nas ideias iniciais

(concepções prévias) dos estudantes. Nessas produções, o professor incentiva os estudantes a utilizar os conhecimentos recém-adquiridos sobre as leis de Newton como argumentos que validem suas exposições.

Após a avaliação, Aguiar Júnior e Freitas (2010) destacam uma implicação de sua pesquisa: o professor não pode esperar sempre o assentimento total dos estudantes em relação ao discurso científico. O bom aluno não pode ser aquele capaz de reproduzir fielmente o discurso do professor em sala. Isso significa que cada indivíduo tem sua maneira de se expressar e compreender o novo conteúdo, principalmente porque os conhecimentos prévios são distintos de indivíduo para indivíduo. Respeitar essa individualidade é uma proposta tanto de Aguiar Júnior e Freitas (2010) quanto nossa.

Apesar do artigo ser dirigido para o Ensino Superior, Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira (1992) fazem uma excelente discussão sobre a maneira como a Física é aprendida pelos estudantes. As palavras dos autores vão ao encontro do pretendido com esta dissertação. Vale a pena ler nas palavras dos autores:

“Muitas das dificuldades que um expressivo número de estudantes encontra para o entendimento das duas primeiras leis de Newton se assemelham as resistências que Galileu teve de enfrentar ao introduzir a concepção inercial de movimento, notadamente quando a questão da proporcionalidade entre força e velocidade na física aristotélica e no *impetus* adquirido por um corpo a partir de seu lançador. Deste modo, não chega a surpreender que o simples enunciado e alguns exemplos de aplicação destas leis não sejam suficientes para propiciar ao aluno uma compressão adequada das mesmas.” (PEDUZZI, ZYLBERSZTAJN e MOREIRA, 1992, p. 241).

Os autores também questionam o motivo de, mesmo sendo um pensamento superado cientificamente, os estudantes ainda trazem concepções prévias semelhantes às ideias de Aristóteles. Entretanto sugerem uma abordagem histórica como uma possível solução para esse problema.

A cinemática é inserida no trabalho de pesquisa dos autores usando uma metodologia de estudo de texto, aulas expositivas e discussões em pequenos e grandes grupos.

Ao final do trabalho, os autores concluem que a metodologia foi bem recebida pelos alunos, mas as questões teóricas acerca das Leis de Newton não tiveram resultados satisfatórios.

Testoni (2004) apresenta uma proposta de ensino da Inércia com o auxílio de histórias em quadrinhos com carácter motivacional (lúdico) e desafiador com o objetivo de promover o debate na sala de aula e à revisão das concepções prévias que os estudantes da última série do Ensino Fundamental têm sobre o tema estudado.

Utilizando um pré-teste, constatou que os estudantes relacionam diretamente a velocidade a uma força e que sem esta, o objeto irá parar. Também registra uma relação entre força e inércia, sendo esta uma força aplicada bruscamente.

Após a aplicação do pré-teste, Testoni (2004) utilizou a apresentação de uma história em quadrinhos em que uma pessoa iria pular de um trampolim em uma piscina dentro de um navio em movimento e posterior discussão entre o professor e os alunos sobre onde a pessoa cairia. Nessa etapa, os alunos afirmam, em sua maioria, que a pessoa cairia fora da piscina, evidenciando a influência das concepções prévias que tinham sobre o movimento. Entretanto, um aluno sempre questiona a situação tanto pela observação feita em filmes, ou pela lógica, afinal para que serviria uma piscina com trampolim se a pessoa sempre cairia fora dela?

É neste momento que os estudantes sentem necessidade de reformular os modelos previamente estabelecidos e, com o auxílio do professor como mediador, começar a modificar suas concepções.

Após as discussões e trocas de ideias, o professor enuncia a Primeira Lei de Newton no quadro para formalizar o modelo cientificamente correto.

A metodologia da pesquisa continua, exigindo dos estudantes a produção de uma história em quadrinhos que envolva e exemplifique a Lei da Inércia. O resultado é interpretado por Testoni (2004) de maneira bastante positiva, visto que a produção das histórias, além de divertidas, estavam coerentes com as ideias cientificamente corretas sobre inércia e movimento. Para o autor, isso já é indício de que a aprendizagem foi significativa. Tal indício se torna ainda mais evidente após a aplicação de um teste um ano depois de aplicada a metodologia. O teste consistia em situações semelhantes às abordadas anteriormente e as respostas, segundo o autor da pesquisa, corroboraram a mudança de um modelo aristotélico para o modelo newtoniano sobre a relação entre força e movimento dos corpos.

Assim como nesta dissertação, Testoni (2004) procura e obtém êxito em novas alternativas para a mudança das concepções prévias dos estudantes acerca dos conceitos que a aprendizagem significativa da Primeira Lei de Newton engloba.

Em uma pesquisa semelhante a apresentada nesta dissertação, Pacca (1991) utiliza o planejamento escolar como instrumento primordial para o processo de ensino-aprendizagem no contexto específico do ensino das Leis de Newton no Ensino Médio. O projeto consiste na elaboração do planejamento ao mesmo tempo em que o mesmo é aplicado por professores em sala de aula. No decorrer do processo, os professores aplicadores discutem propostas e problemas que surgem no decorrer do curso para que o conteúdo das aulas seja reformulado para melhor adequação, visando uma aprendizagem eficiente por parte dos estudantes.

O planejamento foi estruturado por Pacca (1991) em duas etapas. Na primeira, semelhante a uma das aulas da presente pesquisa que será detalhada mais a frente, os professores sugerem um experimento em que um objeto desliza sobre um plano em que o atrito é retirado gradativamente para que a questão da equivalência entre o repouso e o movimento retilíneo e uniforme fosse abordada, inclusive com abordagem histórica e comparação com o experimento de Galileu do plano inclinado. A autora não deixa claro se o experimento foi realmente realizado ou se apenas foi idealizado pelos professores e pelos alunos. No nosso caso, o experimento foi apenas idealizado e feito de maneira imaginativa em sala de aula.

Ainda nessa primeira etapa, um dos professores optou por trabalhar o conceito de referenciais propondo questões motivadoras e que abordavam questões cruciais sobre o tema. Entretanto ele não foi capaz de concretizar a proposta. Na visão da autora: "Apesar da competência revelada em física, parece ter faltado a referência do conhecimento próprio do estudante para a procura das atividades." (PACCA, 1991, p. 103).

Um dos problemas enfrentados por Pacca (1991) em sua pesquisa foi a de que os estudantes tinham um conhecimento prévio bem solidificado de que a força está associada a velocidade e ao movimento, ou seja, a necessidade de haver força para haver movimento. Outra dificuldade foi que, apesar da diversidade das atividades didáticas, os estudantes valorizam alguns referenciais mais do que outros

em relação ao movimento o que, de acordo com o autor "[...] significa que na concepção dos indivíduos o repouso é o estado natural [de um objeto]." (PACCA, 1991, p. 101). Mesmo após a primeira etapa do planejamento e sua aplicação em sala, os estudantes associavam força ao movimento. Segundo o autor experimentos e fatos históricos não foram suficientes para gerar um conflito cognitivo. Algo parecia estar faltando; "[...] além do domínio do conteúdo de física pelo professor é preciso planejar situações em que os erros dos estudantes tornem-se observáveis e representem incoerências dentro dos sistemas explicativos alternativos dos alunos, que devem ser reelaborados." (PACCA, 1991, p. 103).

Na segunda etapa da pesquisa de Pacca (1991), os conhecimentos prévios dos estudantes passam a incorporar o planejamento. Um dos professores planejou e executou uma aula com a análise de duas situações problemas. Na primeira discutiu-se o movimento de uma esfera lançada horizontalmente de uma mesa. Na segunda situação uma bomba é abandonada de um avião em pleno voo, sendo analisados os movimentos em relação ao referencial do avião e também da Terra. Após a discussão em sala com os estudante, o professor concluiu que os dois problemas eram distintos e que havia grande dificuldade em compreender a equivalência física entre repouso e movimento retilíneo e uniforme.

Pacca (1991) conclui seu artigo comentando sobre a dificuldade em ensinar o princípio da inércia e afirma que o planejamento se mostra bastante útil para o processo de ensino-aprendizagem e que a percepção das dificuldades dos estudantes pelo professor e a utilização dessa informação nas aulas é a ponte para gerar novos caminhos para a aprendizagem: "O "ouvir o estudante" pode ser interpretado como avaliar o conhecimento mais autêntico e fielmente. Além de representar a concepção atual, a afirmação do estudante constitui "feedback" para a continuidade da atividade pedagógica." (PACCA, 1991, p. 104)

Nesse trabalho, de forma semelhante a pesquisa de Pacca (1991), foi constatada a dificuldade em se ensinar a lei da Inércia, assim como é dada a devida importância para o planejamento das aulas baseado nas dificuldades dos alunos em compreender o novo, levando em consideração o conhecimento adquirido previamente e utilizando essas informações para criar pontes cognitivas entre o senso comum e o cientificamente correto.

Buscando alternativas para uma melhor compreensão da mecânica newtoniana por parte dos estudantes do Ensino Médio, Setlik e Hilga (2014) analisam, em seu trabalho, a leitura e produção textual como práticas facilitadoras da aprendizagem.

Como primeira atividade proposta por Setlik e Hilga (2014) os estudantes leram um texto de divulgação científica que tratava, dentre outros assuntos, sobre conceitos da mecânica já estudados anteriormente pelos educandos.

Em seguida uma atividade de produção textual foi proposta, em que os estudantes deveria relacionar uma modalidade esportiva aos conceitos de movimento e das leis de Newton. Foi nessa atividade que Setlik e Hilga (2014) fizeram suas análises.

Segundo as autoras, alguns estudantes utilizaram os conceitos da Física em suas produções textuais, ora corretamente, ora incorretamente. Elas destacam um estudante que relaciona força a velocidade e não à variação da mesma, nas palavras de Setlik e Hilga, "[...] evidenciando uma concepção alternativa bastante presente entre os estudantes, sendo uma concepção bastante resistente à mudanças". (PEDUZZI, 2001, apud SETLIK; HILGA, 2014, p. 89).

Outro destaque de Setlik e Hilga (2014) é para um estudante que não percebe a aplicação da lei da Inércia no jogo de basquete, demonstrando pouquíssima compreensão sobre as ideias associadas à essa Lei.

Setlik e Hilga (2014) concluem seu trabalho afirmando que o mesmo pode ser utilizado para motivar, identificar dificuldades e ideias previamente estabelecidas nas mentes dos estudantes e, com isso, conceber a aprendizagem significativa. Utilizando a proposta, o estudante passa a ser ativo no processo de ensino-aprendizagem, facilitando a aquisição de novos conhecimentos e mudanças nos subsunçores já estabelecidos nos aprendizes.

Assim como no presente trabalho, Setlik e Hilga (2014) evidenciam a preocupação com a aprendizagem significativa no Ensino Médio, evitando a aprendizagem mecânica de conceitos relacionados à física newtoniana, assim como elaborando estratégias plausíveis e testáveis para o ensino da física de Newton. As

autoras buscam novas alternativas, inclusive valorizando também a escrita, e não apenas a linguagem matemática, para uma real assimilação do conceito de Inércia.

Apesar de diferentes contextos e épocas, todos os autores citados nessa categoria, assim como o desta dissertação, mostram preocupação com a aprendizagem significativa, particularmente com a aprendizagem significativa da primeira Lei de Newton, a Lei da Inércia. O cuidado com a preparação das aulas (planejamento), com a utilização de diferentes recursos pedagógicos e com a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes parece ser válida e eficaz neste processo de ensino e aprendizagem.

### **2.2.2 Categoria 2: Leis de Newton em atividades experimentais**

Nessa categoria encontramos artigos que trazem novas propostas para o ensino da Leis de Newton utilizando atividades experimentais.

Essas propostas, além de motivadoras e, algumas vezes, lúdicas, buscam como principal objetivo a sedimentação dos conceitos corretos sobre as Leis de Newton e a mudança dos conhecimentos prévios dos estudantes de um pensamento aristotélico de força associada ao movimento, para o pensamento cientificamente aceito.

Utilizando experimentos didáticos e de baixo custo que podem ser reproduzidos em sala de aula, Vila e Sierra (2008) propõem uma série de atividades para uma melhor e correta compreensão do conceito de Inércia além da diferenciação entre inércia e “inercialidade” (**tradução nossa**).

Para os autores, a dificuldade em se ensinar o princípio da Inércia, do ponto de vista metodológico, está no fato de ser impossível criar as condições ideais para que a Primeira Lei se cumpra com 100% de rigor. É preciso que os alunos entendam que não é apenas com um experimento que se comprova com precisão absoluta a Inércia. Os experimentos evidenciam que, quanto menores as resistências, menores serão as variações de velocidade de um objeto.

Outro assunto abordado pelos autores é a diferenciação entre os termos inércia e “inercialidade” . O primeiro termo se refere a tendência da velocidade dos corpos em se manter constante e que essa tendência não pode ser maior ou menor.

Ela é sempre a mesma para qualquer corpo.

Já a “inercialidade” está associada a capacidade de um corpo em variar sua velocidade mais ou menos intensamente, dependendo de sua massa.

Após uma introdução os autores descrevem 10 experimentos relacionados à Inércia e à “inercialidade” e, em suas conclusões, destacam a importância dos experimentos para o aprendizado concreto da primeira Lei de Newton.

Apesar de o artigo não apresentar dados concretos sobre o aprendizado, traz maneiras motivadoras e bastante diversificadas para a aprendizagem da primeira Lei de Newton por meio da análise experimental e que, futuramente, devam ser aplicadas para uma melhor assimilação dos conceitos relacionados ao tema dessa dissertação.

Pimentel (1995) contribui com a atividade experimental para o ensino da Inércia ao propor um flutuador caseiro para, com ele, tanto professores e alunos terem acesso a um experimento de baixo custo que reduz satisfatoriamente as forças de resistência ao movimento e permitem uma análise mais próxima da idealizada por Galileu para a compreensão do princípio da Inércia.

Pimentel (1995) apenas fornece um manual de construção do aparato experimental deixando a cargo dos leitores a utilização do flutuador de maneira mais conveniente. Entretanto, esse artigo foi de grande valia para nosso trabalho, pois possibilitou a elaboração e aplicação de um roteiro de atividade experimental para a aprendizagem significativa da Primeira Lei de Newton utilizado neste trabalho.

O artigo de Hessel, Canola e Vollet (2013) descreve uma atividade experimental para a validação da Segunda Lei de Newton. O experimento é clássico e utiliza um aparato experimental, que nem sempre é de fácil acesso, com o uso de trilho de ar e sensores eletrônicos de movimento. De fato, os autores afirmam ser o experimento típico de cursos introdutórios que, pelos cálculos apresentados, deixam evidente que se tratam de cursos introdutórios de nível Superior. Infelizmente a abordagem não traz nenhuma inovação ou aplicação didática, sendo um texto bastante técnico tendo sua relevância para esta pesquisa como uma busca em utilizar a atividade experimental para melhor aprendizagem de Física.

Fernandes, Santos e Dias (2005) analisam dois experimentos descritos em alguns livros didáticos de Ensino Médio como uma aplicação direta da Lei da Inércia e mostram que a situação não é tão simples quanto é sugerido pelos autores dos livros.

No primeiro experimento, colocam-se diversas moedas empilhadas sobre uma mesa e outra moeda é lançada em direção à coluna de moedas de maneira que a moeda inferior da coluna é lançada após o choque e as demais caem verticalmente ainda empilhadas. Assim afirmam que as moedas permaneceram em repouso na direção horizontal por inércia. Os autores afirmam que para o bom funcionamento do experimento a velocidade da moeda lançada inicialmente deve ser alta e que, caso a velocidade de lançamento seja baixa, a Lei da Inércia não será verificada.

O segundo experimento aborda a situação em que um cartão é colocado sobre a boca de um copo e sobre o cartão coloca-se uma moeda. Após a preparação do experimento, puxa-se o cartão rapidamente de maneira que a moeda cai verticalmente dentro do copo. A explicação dada é que a moeda estava parada e que, por Inércia, permaneceu parada, ao menos horizontalmente, já que a força peso passou a ser uma força resultante vertical, o que gerou uma aceleração na vertical e, conseqüentemente, a queda da moeda dentro do copo. Mais uma vez os autores abordam o fato de o cartão ser puxado rapidamente, pois se for movido lentamente, não evidenciará a Lei da Inércia porque a moeda se moverá horizontalmente junto com o cartão.

Depois de descreverem os experimentos e as explicações dadas a eles pela literatura, os autores questionam essas explicações elaborando algumas perguntas pertinentes que deixam em cheque as explicações dadas pelos livros didáticos.

Após uma breve análise matemática, Fernandes, Santos e Dias (2005) concluem que o intervalo de tempo tende a zero durante os experimentos realizados rapidamente, sendo o Impulso da força de atrito nulo. Sendo assim, nenhuma força horizontal atuaria nos dois casos, evidenciando a Primeira Lei de Newton.

No artigo de Fernandes, Santos e Dias (2005), os autores propõem uma postura questionadora e crítica, sem aceitar prontamente as respostas fornecidas

pela literatura pesquisada, a qual acharam bastante simplificada, para a explicação dos experimentos descritos anteriormente. Além disso, os experimentos estudados são simples e de baixo custo, ajudam na compreensão da Lei da Inércia e podem ser uma boa maneira de gerar aprendizagem significativa desse conteúdo, assim como é proposto nesse trabalho.

Também objetivando a aprendizagem por meio de atividades experimentais, Andrade (2012) propõe oficinas nas quais os alunos de Ensino Médio realizam a atividade experimental em grupos de quatro membros e produzem um relatório por escrito ao término das atividades.

Dos seis experimentos realizados por Andrade (2012) destacaremos apenas os três que abordam a Primeira Lei de Newton:

O primeiro consiste em colocar um ovo cozido sobre uma tampinha de garrafa e esta sobre uma folha de papel. Todo o conjunto fica apoiado sobre um copo com água. Após a preparação, o papel é puxado rapidamente para fora do copo.

No segundo experimento, empilham-se 4 moedas de metal e, utilizando uma régua, executa-se uma batida entre esta e a moeda da pilha que está apoiada na mesa.

O terceiro experimento consistiu em colocar uma folha de papel sob uma garrafa PET cheia de água e puxar a folha rapidamente de sob a garrafa.

Note que os experimentos propostos seguem a mesma temática utilizada por Fernandes, Santos e Dias (2005).

Após a realização das atividades, os estudantes deveriam descrever o experimento assim como propor uma explicação para o que havia sido observado. A participação dos alunos expondo oralmente suas conclusões para todo o grupo evidenciou uma série de concepções do senso comum não aceitas pela ciência, atribuindo os resultados dos experimentos à velocidade com que a folha de papel era puxada ou à velocidade com que uma moeda impactava na outra.

Andrade (2012) ainda destaca que alguns estudantes estavam tão convictos de que suas concepções estavam corretas que, mesmo diante de evidências

experimentais, ainda defendiam suas ideias.

A parte da avaliação utilizada no trabalho de Andrade (2012) que tem maior consonância com o presente trabalho consistiu em uma questão discursiva sobre o uso do cinto de segurança em automóveis e sua relação com a Lei da Inércia. Nessa avaliação mais de 50% dos alunos apresentaram o que a autora chamou de respostas aceitáveis.

Com isso, a autora conclui que a utilização desse tipo de oficina favoreceu a aprendizagem dos conceitos abordados.

É recorrente na literatura a constatação de que os estudantes associam a força à velocidade e não à alteração da velocidade. Uma das maneiras eficazes de se romper e modificar essas ideias é por meio da utilização de atividades experimentais investigativas e demonstrativas sobre a Inércia. Elas podem ser lúdicas, motivacionais e concretas, sem a necessidade de se imaginar situações. Incentivam a discussão e servem como pontes entre o novo e o velho na estrutura cognitiva dos educandos.

### **2.3 Análise de livros didáticos**

Esta seção analisa 11 livros didáticos que fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio do ano de 2015 (PNLD) e verifica de que maneira eles abordam a Primeira Lei de Newton, como a relacionam com o conceito de equilíbrio dos corpos, se enunciam a Primeira Lei utilizando esse conceito, e se alguma atividade experimental é proposta para constatar a validade, ao menos parcialmente, da Primeira lei de Newton. Também são analisados os exercícios propostos, investigando se os mesmos apresentam situações-problema contextualizadas e distintas dos exemplos utilizados no texto do livro, permitindo que os estudantes interpretem e apliquem os conceitos de inércia em outros tipos de situações.

O Ministério da Educação (MEC), por meio da Secretaria de Educação Básica (SEB) e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) distribuem livros didáticos, dicionários e obras literárias às escolas federais e estaduais do país. O PNLD é um programa que é renovado a cada três anos e provê a aquisição de

livros reutilizáveis de Física. Existe um edital específico descrevendo detalhadamente como deve ser a elaboração dos livros.

A seguir cada uma das onze obras está analisada conforme descrito no primeiro parágrafo deste capítulo.

**Física Ciência e Tecnologia, TORRES *et al* (2013).**

O capítulo 3 do livro, intitulado “força e movimento” é dividido em tópicos, os quais abordam toda a cinemática e finaliza com as Leis de Newton.

Um dos tópicos define o conceito de força “como um agente físico capaz de alterar o estado de repouso ou de movimento uniforme de um corpo” e continua afirmando que “assim, podemos dizer que força e mudança de velocidade são, entre si, causa e efeito, respectivamente.” (TORRES *et al*, 2013, p. 107).

Os autores descrevem a força como sendo uma grandeza vetorial e definem a unidade de medida em newtons, sem detalhar a conversão de  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$  e aproveitam para revisar vetores, dando destaque à decomposição de vetores, visto que as operações vetoriais já haviam sido abordadas em um tópico anterior.

O tópico seguinte descreve a Primeira Lei de Newton. No início os autores comentam que a relação entre a força e movimento é bastante antiga e começam a descrever o experimento de Galileu com planos inclinados para mostrar a ideia do movimento contínuo em linha reta quando não há resistências. A definição de Inércia é feita da seguinte maneira: “Em outras palavras, a bola [no plano horizontal] teria um movimento retilíneo e uniforme durante um tempo praticamente ‘infinito’, até atingir a altura final. Desse modo, Galileu apresentou o conceito de inércia de movimento.” (TORRES *et al*, 2013, p. 110).

Definem a inércia de acordo com Newton como sendo “[...] a resistência dos corpos às mudanças em seu estado cinemático de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme.” (TORRES *et al*, 2013, p. 112). E, por fim a Primeira Lei de Newton é destacada em um quadro nas seguintes palavras: “Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que uma força nele aplicada o faça mudar esse estado”. (TORRES *et al*, 2013, p. 112).

Os autores classificam a inércia em dois tipos, a de repouso e a de movimento, quando os corpos estão parados ou em MRU, respectivamente, mas não fazem conexões entre a inércia e o equilíbrio dos corpos.

O texto faz contextualizações sobre a inércia por meio de exemplos nos carros, citando a importância dos cintos de segurança e dos encostos de cabeça.

Dos seis exercícios propostos, três podem ser considerados contextualizados. Um deles faz inferências sobre uma pessoa sobre uma prancha que se movimenta em um trilho, outro analisa o movimento interno de uma máquina de lavar roupas e o terceiro aborda a situação de um passageiro que não utiliza o cinto de segurança dentro de um carro em movimento e que este freia bruscamente. Este último exercício utiliza a mesma situação problema abordada nos exemplos dados pelos autores ao longo do capítulo

Em nenhum tópico do capítulo os autores sugerem uma atividade experimental relacionada à inércia.

### **Conexões com a Física, SANT'ANNA *et al* (2013).**

O livro aborda a Primeira e Terceira Lei de Newton em um capítulo para, posteriormente em outro capítulo, abordar a Segunda Lei de Newton.

O capítulo que aborda a Primeira e Terceira Lei de Newton se inicia com a situação de uma pessoa parando de pedalar uma bicicleta e a mesma, após certo tempo, diminuindo a velocidade até parar. Então introduz a noção de força de atrito para explicar o motivo da diminuição da velocidade da bicicleta.

Associa a inércia a uma tendência natural dos corpos em manter o estado de repouso ou de Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU) e enuncia a Primeira Lei de Newton: “Todo corpo permanece em estado de repouso, ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar de estado por meio de forças nele aplicadas.” (SANT'ANNA *et al*, 2013, p. 109)

Em um quadro intitulado “Para saber mais: Conexões com o cotidiano” o livro apresenta algumas situações cotidianas em que se pode verificar a inércia. Este quadro propõe uma situação-problema interessante em que um carro pretende

ultrapassar um caminhão carregando toras de madeira e que, ao chegarem em uma curva acentuada à direita, desiste da ideia de ultrapassá-lo naquele instante.

Os autores destacam no texto sobre a impossibilidade de realizar um experimento sem resistências e o quanto é importante a idealização de um experimento que simule a ausência de forças de resistência.

Destacam em um parágrafo as relações de equilíbrio estático e dinâmico ao repouso e ao MRU, respectivamente. Neste mesmo parágrafo, ressaltam que em ambas as situações de equilíbrio a força resultante é nula. Entretanto não utilizam os conceitos de equilíbrio para enunciar a Primeira Lei de Newton.

O livro apresenta uma questão resolvida abordando a situação de um passageiro dentro de um ônibus sujeito a diversas acelerações. Também propõe 6 exercícios para serem resolvidos. No primeiro uma figura mostra passageiros em uma situação de aceleração e pede para que seja identificado o que está acontecendo, se o veículo está parando, acelerando ou em MRU. O segundo aborda a situação de uma pista de boliche em que o polimento da pista e da bola são discutidos. Já o terceiro exercício descreve a situação em que passageiros saltam do ônibus em movimento e questiona sobre o perigo dessa atitude do ponto de vista da inércia. Os demais exercícios são descontextualizados.

Não foi constatada nenhuma atividade experimental relacionada à inércia.

### **Ser protagonista Física, STEFANOVITS, A., ed. (2013)**

O livro apresenta as leis de Newton em um capítulo que se inicia com um debate inicial de uma figura que ilustra um teste de colisão entre um carro e uma moto, no qual o motociclista aparece saindo da moto e indo em direção ao carro após colisão.

Um primeiro tópico descreve que a força “é a interação entre os corpos”, cita a natureza da força, os efeitos dela e a caracteriza como vetor.

No segundo tópico o livro cita, em um parágrafo, o experimento de Galileu, mas sem nenhuma ilustração, definem a Primeira Lei de Newton: “Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo é nula, esse corpo tende a

permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).” (STEFANOVITS, 2013, p. 106) e monta um esquema separando a situação do repouso da situação em MRU. Apesar de colocar o fato de a força resultante ser nula em ambos os casos, o livro não faz uma relação direta entre a Inércia e o equilíbrio dos corpos.

Seguem com dois exemplos para exemplificar a Primeira Lei de Newton. No primeiro utilizam a situação em que um ônibus freia e os passageiros são projetados para frente. No segundo exemplo cita um homem empurrando um carro para que o mesmo comece a se mover. Nesta situação os autores aproveitam para abordar a questão da massa e caracterizam a inércia como sendo uma resistência à alteração do estado de repouso para o de movimento.

Por fim o livro comenta sobre a importância do cinto de segurança nos veículos e relaciona seu uso à inércia.

Na parte dedicada aos exercícios, os autores apresentam quatro para serem resolvidos. No primeiro uma tirinha mostra a situação de uma frenagem em que os passageiros vão parar grudados no vidro da frente. O exercício pede para que se enuncie qual princípio da Física explica o ocorrido. O segundo e terceiro exercícios abordam situações descontextualizadas sobre a inércia. O quarto exercício apresenta uma tirinha em que um gato utiliza a inércia para justificar sua preguiça e não querer levantar. As perguntas feitas nesse último exercício apenas pedem para que se identifique a Lei de Newton associada a situação e para completar a afirmação do gato para que a Lei fique totalmente descrita.

Em uma tímida coluna no canto superior de uma das páginas, o livro descreve o experimento de se colocar uma borracha sobre uma folha de papel e esta sobre uma mesa. Em seguida orienta o estudante a puxar rapidamente o papel e já descreve o resultado do experimento ao afirmar que a borracha não se moverá devido a sua tendência de permanecer em repouso.

**Física**, HELOU, R. D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. (2013)

Este livro aborda as Leis de Newton em um capítulo que se inicia com uma abordagem histórica citando Aristóteles, Galileu, Newton e Einstein.

Em outro tópico aborda os conceitos de força como “o agente físico cujo efeito dinâmico é a aceleração.” (HELOU; GUALTER; NEWTON, 2013, p. 95), e de força resultante sem grandes preocupações com as operações vetoriais, descrita no capítulo anterior do livro.

Antes de iniciar o estudo da Inércia, os autores desenvolvem os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico em uma página e meia de maneira bastante detalhada, com exemplos e associando-os ao estado de repouso e de movimento retilíneo e uniforme.

Ao iniciar o tópico intitulado “Conceito de inércia”, o livro já destaca em um quadro que “Inércia é a tendência dos corpos em conservar sua velocidade vetorial.” (HELOU; GUALTER; NEWTON, 2013, p. 98) e segue com o exemplo do passageiro de pé em um ônibus em movimento em diversas situações envolvendo acelerações e o MRU.

Para complementar o conceito de Inércia destaca em outros dois quadros que “Tudo o que possui matéria tem inércia. A inércia é uma característica própria da matéria.” E também que “Para que as tendências inerciais de um corpo sejam vencidas, é necessária a intervenção de força externa.” (HELOU; GUALTER; NEWTON, 2013, p. 98).

Dessa forma os autores enunciam a Primeira Lei de Newton em dois enunciados: “Se a força resultante sobre uma partícula é nula, ela permanece em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme, por inércia.” e “Um corpo livre de uma força externa resultante é incapaz de variar sua própria velocidade vetorial.” (HELOU; GUALTER; NEWTON, 2013, p. 98).

Por fim utiliza um exemplo de um caminhão sobre um lago congelado ora em repouso, ora em MRU e outro exemplo de uma caixa presa a um fio e girando em movimento circular e uniforme tendo o fio rompido e iniciando um MRU por não haver mais força fazendo-a girar.

Nos exercícios propostos apenas um é dedicado à inércia. O mesmo aborda a situação do uso do cinto de segurança, um cachorro puxando a própria coleira e o movimento da Lua ao redor da Terra, questionando como a inércia atua.

O livro dedica meia página para uma propor uma atividade experimental em que uma moeda é colocada sobre uma folha de papel e esta sobre a boca de um copo. No procedimento, os autores informam que o papel deve ser puxado vigorosamente na direção horizontal e que, com isso, a moeda irá cair dentro do copo. Não há perguntas ou comentários posteriores, apenas duas fotos ilustrando a moeda sobre o papel e caindo no copo.

**Física: interação e tecnologia, TOSCANO, C.; FILHO, A., G. (2013)**

Os autores abordam a Segunda Lei de Newton em um capítulo e em um capítulo posterior abordam a Terceira Lei de Newton para só depois escreverem sobre a Primeira Lei de Newton.

O tópico sobre a Lei da Inércia se inicia com a pergunta: “É necessária a ação de uma força para manter um movimento?” (TOSCANO; FILHO, 2013, p. 73). Em seguida os autores descrevem situações em que o término da aplicação de uma força resulta no término do movimento e associam esse pensamento ao de Aristóteles. Porém, ilustram outras situações em que o término da força não resulta no término imediato do movimento.

O livro continua com uma pergunta escrita em letras bem maiores que a do texto, chamando bastante a atenção do leitor: “Por que o movimento não acaba quando a ação da força deixa de existir?” (TOSCANO; FILHO, 2013, p. 73). Após essa pergunta, cita Galileu e descreve o experimento com planos inclinados utilizando textos e figuras. Ressalta que o resultado se aproximava do esperado quando as resistências eram diminuídas e destaca que o atrito é o responsável por parar o objeto no experimento. Infere que a ausência do atrito resultaria em um MRU.

Em seguida enuncia a Primeira Lei de Newton:

“Um objeto em repouso tende a manter seu estado de repouso; um objeto em movimento tende a manter-se em movimento retilíneo e uniforme (MRU). O estado de movimento de um objeto só é alterado pela ação de uma força resultante não nula.” (TOSCANO; FILHO, 2013, p. 74).

Os autores utilizam o exemplo de um passageiro dentro de um carro durante uma aceleração, uma frenagem e em uma curva acentuada com figuras ilustrando cada situação. Também aborda a situação de uma derrapagem em uma curva com a pista lisa.

Por fim destaca em um quadro novamente a Primeira Lei de Newton escrevendo que:

“Na ausência de forças, ou quando a força resultante é nula, um objeto em repouso mantém-se em repouso, e um objeto em movimento retilíneo uniforme mantém-se nesse movimento com velocidade constante em módulo, direção e sentido.” (TOSCANO; FILHO, 2013, p. 74).

Ainda neste quadro, escreve que se a força resultante é nula, então a velocidade é constante.

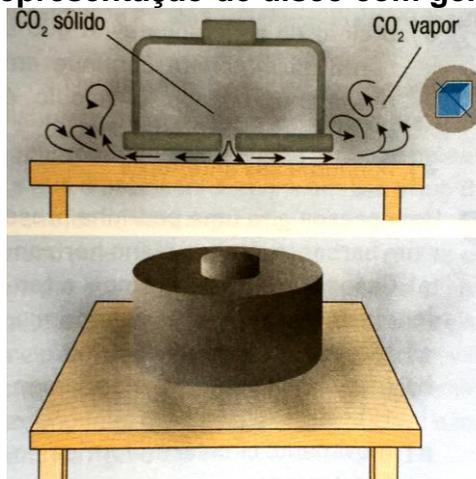
Mais adiante no capítulo, após os autores tratarem o tema da quantidade de movimento e sua conservação, há um texto em um quadro que segue por quatro páginas descrevendo diversos acontecimentos em um carro durante uma viagem como se fosse um resumo de tudo o que foi visto no capítulo. Nele a importância do uso do cinto de segurança, dos encostos de cabeça nos bancos, o uso de *air bags* e de pneus em bom estado são associados à inércia. No final do texto existem questões elaboradas e uma delas está relacionada à inércia, pedindo para que o estudante cite situações nas quais a propriedade da inércia pode ser evidenciada no passageiro de um automóvel.

Em nenhum trecho deste capítulo ocorre a relação entre a inércia e o equilíbrio dos corpos.

Dos exercícios propostos que se relacionam com a Primeira Lei de Newton, um analisa um armário sendo empurrado e se movendo com velocidade constante, outro pergunta sobre a importância do uso do cinto de segurança nos automóveis, um terceiro descreve um experimento de um disco com gelo seco (figura 1) em seu interior para diminuir o atrito e pede para que o movimento seja explicado a luz das ideias de Aristóteles e Newton, já o quarto exercício descreve a situação de um cavalo parando bruscamente e questiona sobre o movimento da pessoa que o montava, outro exercício aborda novamente a situação do uso do cinto de

segurança e por fim, é descrita a situação de uma pedra presa a um barbante e girando em MCU onde se questiona o que acontecerá com ela caso o fio se rompa.

**Figura 1 – Representação de disco com gelo seco.**



Fonte: TOSCANO, C.; FILHO, A., G., 2013, p. 75

Na última página do capítulo, quase como uma nota de rodapé, os autores sugerem um endereço eletrônico para que se possa ter acesso a dois roteiros de experimentos. Um deles se refere ao experimento do disco flutuante com a diminuição do atrito e o outro a montagem de um carrinho que demonstra que objetos se movendo livres da ação de forças externas tendem a permanecer em movimento.

**Física, BONJORNO *et al.* (2013).**

Os autores dedicam um capítulo para o estudo das três Leis de Newton. O início faz uma abordagem sobre força com exemplos de forças sendo aplicadas, classificando as forças quanto a sua natureza e descrevendo seus efeitos, porém não define o que é força.

Uma página é utilizada para descrever e definir os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico, associando-os ao repouso e ao MRU, mas posteriormente não é feita nenhuma conexão entre o equilíbrio e a Primeira Lei de Newton.

No terceiro tópico do capítulo, os autores se dedicam ao estudo da Primeira Lei de Newton. Começam utilizando um exemplo de uma caixa com muita massa

sendo empurrada e sugerem o uso de um carrinho com rodas. Afirmam que é preciso aplicar uma força para fazer o carrinho entrar em movimento, mas que também é preciso aplicar uma força para que o mesmo continue em movimento e que se essa força cessar, o movimento também cessará devido a atuação da força de atrito.

Em seguida o livro dá exemplos de situações em que o movimento permanece mesmo após cessada a força, como o de uma bola de tênis após uma batida com a raquete, um bola de futebol após um chute e o movimento de um objeto sobre uma superfície de gelo.

Após essas descrições o livro elenca duas constatações. Primeiro afirma que corpos em repouso tendem a permanecer em repouso até que uma força atue. Na segunda afirma que corpos em movimento tendem a ficar em movimento até que uma força de resistência os façam parar.

Assim a Primeira Lei de Newton é enunciada: “Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas nele.” (BONJORNO *et al*, 2013, p. 144).

O livro segue analisando o exemplo dos passageiros dentro de um carro durante uma colisão e ressalta a importância do uso do cinto de segurança.

Os autores comentam em poucas linhas sobre a massa como sendo a medida da inércia dos corpos e sobre referencias inerciais sem entrar em detalhes.

Por fim o livro menciona parte das ideias de Galileu ao descrever o experimento em que a medida que uma superfície plana é polida o movimento permanece por mais tempo até a inferência de que, caso não houvesse nenhuma resistência, o movimento não cessaria.

Dentre os exercícios do capítulo um deles mostra uma criança e um adulto, cada um em um balanço, e questiona em qual dos dois casos seria mais difícil colocar a pessoa em movimento, exigindo que o aluno relacione a massa como sendo a medida da inércia dos corpos. Um dos exercícios resolvidos questiona sobre o motivo de uma pessoa ser jogada para frente na situação em que um cavalo

para bruscamente. A resposta fornecida explica com base na inércia e a tendência ao movimento dos corpos já em movimento.

Os exercícios propostos trabalham com três situações distintas. O primeiro descreve a situação do passageiro em um ônibus sujeito a acelerações, o segundo descreve a situação de se puxar uma toalha de mesa e os objetos permanecerem sobre a mesa e a terceira explica no texto a importância do encosto de cabeça para o motorista de um carro, mas apenas pergunta qual é a Lei da Física que explica o “efeito chicote”.

Não há a proposta de uma atividade experimental relacionada à Primeira Lei de Newton.

**Física contextos & aplicações**, MÁXIMO, A. R. L.; ALVARENGA, B. (2012).

Os autores optaram por tratar a Primeira e a Terceira Leis de Newton em um capítulo para depois, em outro capítulo, tratarem a Segunda Lei de Newton.

No capítulo sobre a Primeira Lei de Newton, o livro utiliza um tópico intitulado “Conceito de força” e o utiliza para exemplificar diferentes tipos de força com diversos exemplos, mas não conceituam o que é força. Também explica como se mede uma força utilizando dinamômetros e define a unidade de medida a ser utilizada.

Em outro tópico descreve as relações entre força e movimento feitas por Aristóteles e as destaca com as experiências do cotidiano. Em seguida descreve as relações entre força e movimento feitas por Galileu comentando sobre as deduções dele nos vínculos entre o atrito e o movimento, com a inferência de que, retirado o atrito, o movimento seria sempre retilíneo e uniforme.

É dado um destaque para as conclusões de Galileu em um quadro em que está escrito:

“[...] se um objeto estiver em repouso, é necessária a ação de uma força sobre ele para colocá-lo em movimento. Uma vez iniciado o movimento, cessando a ação das forças que atuam sobre o objeto, ele continuará a se mover indefinidamente, em linha reta, com velocidade constante.” (MÁXIMO; ALVARENGA, 2012, p. 127).

Logo após essa análise, o livro descreve e mostra um esquema de um experimento que consiste em um cilindro oco no qual é colocado em seu interior gelo seco e, por meio de um orifício inferior, o gás sai formando um colchão de ar entre o cilindro e uma mesa, diminuindo drasticamente o atrito durante o movimento de forma a aproximá-lo da condição ideal para que ocorra o MRU.

Logo após a descrição deste experimento o livro traz uma fotografia que mostra um disco em diversas posições equidistantes uma da outra e pede para que o leitor observe que o movimento do disco é uniforme, porém não explica como a fotografia foi realizada.

O tópico seguinte se dedica à inércia como uma propriedade descoberta por Galileu e a exemplifica com um carro puxando um reboque e que, ao fazer a curva, o reboque se solta do carro e continua em linha reta enquanto o carro realiza a curva. Também descreve uma pessoa sendo lançada para trás enquanto o cavalo parte em movimento para frente e também o caso em que o cavalo em movimento para bruscamente e lança a pessoa que o monta para frente.

Por fim enuncia a Primeira Lei de Newton como sendo uma síntese das ideias de Galileu relativas à inércia: “Na ausência de forças, um objeto em repouso continua em repouso e um objeto em movimento move-se em linha reta, com velocidade constante.” (MÁXIMO; ALVARENGA, 2012, p. 128).

Em uma seção intitulada “Pratique Física” o livro sugere ao leitor a prática de alguns experimentos para verificar a inércia e suas consequências. Um deles descreve o experimento de um dispositivo que auxilia na observação de um movimento com velocidade praticamente constante. Trata-se de uma versão mais barata e viável do experimento descrito no próprio livro com o cilindro preenchido com gelo seco. O dispositivo consiste em um disco de madeira lugar do cilindro e um balão cheio de ar no lugar do gelo seco. Ele é montado de forma que o ar do balão saia por baixo do disco, formando uma camada de ar entre o disco e uma mesa, permitindo um movimento com atrito bastante reduzido.

O outro experimento sugerido é o lançamento vertical de um objeto, como uma chave, dentro de um ônibus em movimento. O texto faz algumas perguntas sobre o que irá acontecer e pede para relacionar os eventos ao conceito de inércia.

Os exercícios propostos que abordam a inércia são três. O primeiro retoma novamente o experimento do cilindro com gelo seco se movimentando sobre uma superfície horizontal e pede para que o movimento seja analisado sob o ponto de vista das ideias de Aristóteles e de Galileu.

Outro faz perguntas diretas sobre o que seria um movimento em virtude da inércia e o que poderia ser feito para aumentar a velocidade deste objeto. No terceiro exercício é descrita a situação de um objeto preso a um barbante e girando em Movimento Circular Uniforme (MCU). O barbante se rompe e o exercício pede para que a trajetória do objeto seja desenhada após esse rompimento e pergunta qual propriedade do objeto faz com que ele siga essa trajetória.

Após os exercícios propostos inicia-se um novo tópico sobre o equilíbrio dos corpos associando-o ao repouso e ao MRU quando a força resultante for nula. Utilizando a equivalência entre o repouso e o MRU a Primeira Lei de Newton é reescrita: “Quando a resultante das forças que atuam sobre uma partícula for nula, se ela estiver em repouso continuará em repouso; se estiver em movimento, estará se deslocando com movimento retilíneo uniforme.” (MÁXIMO; ALVARENGA, 2012, p. 129). Como se pode notar, o conceito de equilíbrio não é explicitamente utilizado.

### **Física aula por aula, BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. (2013).**

As Leis de Newton são descritas em um capítulo seguindo a ordem comum de apresentação das Leis.

O capítulo inicia com a descrição de força como sendo a interação entre quaisquer corpos e que essas atuam aos pares. Acrescenta que ela é o agente que altera o repouso ou o movimento dos objetos e que a mesma é uma grandeza vetorial.

Em seguida o texto explica o que é a força resultante, exemplificando com somas de vetores na mesma direção e em direções perpendiculares e por meio de exercícios resolvidos. Propõe alguns exercícios sem muita contextualização para o leitor resolver.

O texto continua com a descrição das Leis de Newton. Para isso começa descrevendo uma situação em que um bloco de gelo é empurrado sobre uma

superfície áspera e que é preciso continuar empurrando o bloco para que o mesmo se mova. Associa essa situação com o pensamento de Aristóteles de força motora para haver movimento.

Mudando a situação inicial, coloca o bloco de gelo sobre uma superfície bem lisa e aplica uma força para iniciar novamente o movimento. O texto destaca que o movimento irá durar mais e terá maior alcance do que na situação anterior sobre a superfície áspera. Após essas descrições faz uma menção a uma descoberta de Galileu em que o atrito é a força que para os corpos e que se não houvesse atrito o movimento permaneceria indefinidamente.

O texto segue com o exemplo de um motociclista e um carona em uma moto que, ao acelerar bruscamente, deixa o carona para trás, caindo da moto. Também ilustra a situação em que a moto freia bruscamente e o passageiro continua o movimento enquanto a moto e o piloto param. Compara essas situações e suas conclusões com as ideias de Galileu e enuncia a Primeira Lei de Newton: “Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças que atuem sobre ele.” (BARRETO FILHO; SILVA, 2013, p. 139).

Nas linhas finais do capítulo o livro cita os equilíbrios estático e dinâmico associando-os ao repouso e ao MRU, mas não utilizam essa informação no enunciado da Primeira Lei de Newton.

O capítulo propõe sete exercícios para serem resolvidos. Nem todos apresentam situações-problema contextualizadas ou que exijam mais do que a simples memorização. O primeiro deles pede a análise do movimento de um carrinho sendo empurrado e, depois de cessada a força, parando. O texto pergunta se a situação contradiz a Primeira Lei de Newton e pede para justificar. Outro pede uma análise sob a ótica da inércia do problema em que um objeto que executa um movimento circular preso a um fio tem esse fio rompido. Um terceiro exercício aborda a questão do uso do cinto de segurança pedindo apenas para que se identifique que o princípio envolvido é o da inércia, por meio de uma questão de múltipla escolha. O último exercício pede para indicar se algumas alternativas referentes a inércia são verdadeiras ou falsas. As alternativas têm certa

contextualização como no caso de uma bicicleta que estando parada se encontra em equilíbrio estático, entretanto nenhuma delas traz uma situação problema interessante.

Em nenhum trecho do capítulo o livro faz alusão a uma atividade experimental que aborde a Primeira Lei de Newton.

**Física**, GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. (2014).

Nesta obra, o capítulo que trata as Leis de Newton se inicia com duas páginas dedicadas a uma abordagem histórica sobre o movimento dos corpos, fazendo menção até mesmo à René Descartes. Ao final dessa abordagem já propõe 3 questões sobre o assunto sendo que uma delas pede que o termo inércia seja pesquisado em um dicionário.

No primeiro tópico do capítulo, o livro aborda o conceito de força como sendo uma interação entre os corpos, classifica-as quanto ao tipo de interação, define o que é a força resultante sem a preocupação com as operações vetoriais e dedica uma página para descrever as quatro forças fundamentais da Física.

No tópico seguinte descreve em detalhes várias forças, como atrito, normal, peso e força elástica.

No quarto tópico o livro aborda a Primeira Lei de Newton. Para isso começa utilizando os exemplos de passageiros em um ônibus sujeitos a uma aceleração partindo do repouso e também sujeitos a uma aceleração indo do movimento para o repouso. Também aborda a situação em que o veículo está com velocidade constante e descreve a situação do ponto de vista do ônibus e da terra utilizando os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico. As situações são bem detalhadas pelos autores que em seguida escrevem: “Essa tendência natural – corpos em movimento tendem a se manter em movimento e corpos em repouso tendem a se manter em repouso – é chamada de inércia.” (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2014, p. 136).

O texto segue descrevendo um jogo chamado de jogo de malha em que o objetivo é acertar um pino adversário arremessando discos de metal horizontalmente para exemplificar a ação de forças alterando o movimento e explicam que o papel da

força é de alterar a velocidade dos corpos e que, caso o corpo esteja livre da ação de forças, estará em equilíbrio estático ou dinâmico. O texto afirma que: “A correção fundamental introduzida por Newton nas ideias de Aristóteles é que as forças devem ser relacionadas às variações de velocidade (e não à velocidade).” (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2014, p. 137).

Finalizando o capítulo, a Primeira Lei de Newton é enunciada em um quadro de destaque: “Um corpo livre da ação de forças está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.” (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2014, p. 137).

Apesar de mencionar em dois momentos os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico, o livro não os associa diretamente a Primeira Lei de Newton.

Na parte destinada aos exercícios propostos, verifica-se a presença de exercícios que superam a simples memorização, exigindo uma relação mais elaborada de ideias para as resoluções, mas nem sempre contextualizadas. Das questões contextualizadas tem-se uma que descreve o movimento de um pêndulo em um trem, outra que procura saber o motivo de um carrinho ser puxado sobre um gramado com velocidade constante estar de acordo com a Primeira Lei de Newton, um terceiro exercício descreve uma mala solta no compartimento de bagagem de um ônibus e que este ora está em MRU ora acelerado e pede para o leitor analisar essas diferentes situações. O último exercício aborda a utilização dos encostos de cabeça nos bancos dos carros, mas simplesmente pede para que se identifique qual Lei está associada a seu uso.

Em nenhum trecho do capítulo de estudo das Leis de Newton dessa obra foi encontrada a descrição ou sugestão de uma atividade experimental relacionada à inércia.

**Física: conceitos e contextos.** PIETROCOLA, M., P., O. *et al.* (2013).

A obra traz um capítulo inteiro para o estudo das forças. No capítulo seguinte aborda o equilíbrio das forças até mesmo em hidrostática. Os autores parecem mais preocupados em abordar temas do que os conteúdos, fazendo da obra um exemplar bastante diferente dos demais vistos até então.

No capítulo dedicado às Leis de Newton o texto começa provocativo com perguntas sobre a necessidade de força para haver movimento. Em seguida faz um pequeno apanhado histórico com foco na ideia de inércia, dedicando alguns parágrafos ao experimento do plano inclinado de Galileu e segue na abordagem histórica passando por Descartes até chegar a Newton.

Ao afirmar que Newton fez da inércia uma propriedade do corpo, o livro enuncia a Primeira Lei de Newton: “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.” (PIETROCOLA, 2013, p. 189).

Em seguida são propostos exercícios. O primeiro deles sugere uma discussão entre os estudantes para explicar uma tirinha em que um gato utiliza parte da Lei da Inércia para justificar sua preguiça e permanecer deitado.

Depois disso seguem dois exercícios resolvidos. O primeiro deles pede que se explique, em uma situação de chute em uma bola, o movimento da bola após o chute sob a ótica do pensador J. Buridan. O segundo exercício aborda a situação de um ônibus com área de lazer e dois garotos jogando futebol de botão com o ônibus em movimento.

Dos três exercícios propostos, somente dois não exigem apenas a memorização por parte do estudante. Em um deles o texto trata a situação de uma toalha de mesa ser puxada e os pratos permanecem no mesmo local e pede para o leitor explicar o que ocorreu com base na Primeira Lei de Newton. O outro exercício descreve situação de uma pessoa saltando para fora de um ônibus em movimento e pede para o leitor escolher a melhor alternativa para que o salto não termine com a queda da pessoa.

Apesar de ter um capítulo abordando o equilíbrio dos corpos, em momento algum do texto a Primeira Lei de Newton foi enunciada com base nas ideias de equilíbrio estático e dinâmico.

O livro também não sugere nenhuma atividade experimental visando a aprendizagem da inércia.

**Física.** ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. (2013)

O capítulo que aborda as Leis de Newton começa com uma abordagem histórica sobre o desenvolvimento da ciência pelo ser humano na figura de alguns pensadores, dentre eles Copérnico, Kepler, Galileu, Descartes e Newton.

Em seguida o texto traz uma situação interessante do relato de um astronauta em pleno espaço afirmando que a dificuldade para saltar ou iniciar um movimento era a mesma que aqui na Terra. Em seguida o exemplo dos passageiros dentro de um ônibus sujeito a acelerações é utilizado e os autores definem inércia como “[...] a tendência que os corpos têm de se manterem em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.” (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013, p. 88).

O capítulo prossegue com uma abordagem detalhada sobre força, seus efeitos, sua natureza e alguns exemplos de forças mais presentes no cotidiano.

Em seguida o texto inicia o tópico sobre a Primeira Lei de Newton descrevendo a ideia de Aristóteles de força associada ao movimento e propõe um experimento mental para avaliar melhor essa ideia.

O experimento consiste em girar uma roda de bicicleta com o eixo bastante sujo e sem lubrificação. Ao limpar e lubrificar o eixo e girar novamente a roda, o movimento irá durar mais tempo. Com essa atividade os autores associam o atrito como responsável pelo fim do movimento e sugerem o que aconteceria se não houvesse atrito algum.

O parágrafo seguinte menciona que Galileu utilizou um raciocínio semelhante e Newton, baseando-se nesse raciocínio enunciou a Primeira Lei de Newton: “Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo for nula, o corpo permanece em estado de repouso ou em estado de movimento retilíneo e uniforme, ou seja, mantém o seu estado de movimento.” (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013, p. 96).

Os autores chamam a atenção para o movimento retilíneo e uniforme afirmando que o mesmo é contrário a intuição humana e a percepção cotidiana da natureza, mas não comenta mais nada além disso.

Finalizando esse tópico, o livro apresenta uma tirinha em que um gato utiliza parte da Lei da Inércia para justificar sua preguiça e permanecer deitado e pergunta se o gato enunciou corretamente o Princípio da Inércia.

Em um quadro de destaque, um texto aborda a importância do uso cinto de segurança em automóveis associando sua utilidade ao princípio da inércia.

Dentre os exercícios propostos, um deles aborda a situação de aceleração dentro de um elevador, explicando que a causa do “frio na barriga” está relacionada à inércia. Em outra questão afirma que a inércia é uma força e pede a opinião do leitor acerca dessa afirmativa. Um outro exercício aborda detalhadamente o experimento do plano inclinado de Galileu com várias perguntas auxiliando na compreensão do conceito de inércia. Em outra questão pede a explicação da importância do uso do cinto de segurança em veículos.

Nenhuma atividade experimental relacionada à inércia é mencionada ao longo do capítulo, assim como nenhuma menção ou relação a conceitos de equilíbrio é feita.

A análise desses onze livros permite alguns destaques. O primeiro deles é que atividades experimentais relacionadas a Primeira Lei de Newton só são relatadas em quatro obras, sendo que em duas de forma bastante acanhada, em uma terceira indicando um endereço eletrônico onde a atividade se encontra e apenas uma, dentre essas quatro, propõe mais de uma atividade.

Outro destaque está nas relações entre os conceitos associados ao equilíbrio dos corpos e a Primeira Lei de Newton. Sete obras abordam o assunto equilíbrio, mas em sua maioria associando o equilíbrio a força resultante igual a zero e aos estados de repouso e movimento, mas sem uma relação clara entre o equilíbrio e a Primeira Lei de Newton. Duas obras dedicam mais espaço para a discussão dos conceitos de equilíbrio, mas em nenhuma das onze obras analisadas a Primeira Lei de Newton é enunciada como proposto neste trabalho, utilizando o termo equilíbrio.

Alguns exemplos são bastante requisitados, como o de passageiros em veículos sujeitos a acelerações e velocidades constantes, assim como a importância

do uso de cinto de segurança e da presença de encostos de cabeça em automóveis e veículos similares.

Muitos exercícios abordam situações já exemplificadas ao longo do texto dos livros e poucos são os que trazem novas situações que permitam aos estudantes aplicarem os conhecimentos adquiridos em situações distintas.

Comparando as propostas apresentadas por esses diversos autores com essa dissertação, nota-se uma preocupação deste trabalho em identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e utilizar essa informação no planejamento das aulas. Outro fator é a importância dada a atividade experimental como uma fonte valiosa nos processos de ensino-aprendizagem, como a proximidade maior com os estudantes durante a aula e também por ter um diagnóstico ainda no meio do processo sobre a aprendizagem pretendida. A possibilidade de comparação entre as avaliações dos estudantes por eles mesmos, ao receberem o pré-teste e o pós-teste simultaneamente pode ser uma poderosa ferramenta de incentivo e também de aprendizagem. Talvez uma das maiores vantagens seja no tempo dedicado a aprendizagem das Leis de Newton pelo plano de aula proposto por este trabalho, que sugere a utilização de nove aulas ao invés de uma, duas ou três aulas, como é feito em muitas escolas de Ensino Médio.

### CAPÍTULO 3: REFERENCIAL TEÓRICO

Como referencial teórico dentre os estudiosos cognitivistas, optou-se pela utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel, dada a significância de suas teorias para a idealização, desenvolvimento e aplicação deste trabalho.

Ausubel faz parte da filosofia cognitivista, cujo principal objetivo é tratar os processos mentais associados à aprendizagem, ao ato de conhecer. Ela prioriza os processos intervenientes entre os estímulos e as respostas:

“A filosofia cognitivista trata, então, principalmente dos processos mentais: se ocupa da atribuição de significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição.” (MOREIRA, 1999, p. 15).

Vale ressaltar que a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é aplicável no meio acadêmico; ou seja, à sala de aula; entretanto, o próprio Ausubel afirma que não é exclusiva a ela: “a aquisição e a retenção de conhecimentos são atividades profundas e de toda uma vida, essenciais para o desempenho competente, a gestão eficiente e o melhoramento das tarefas quotidianas.” (Ausubel, 2000, p. xi).

Segundo Gomes *et al* (2009), para o ensino de Ciências, essa teoria de Ausubel cria, tanto para os estudantes quanto para os professores, a possibilidade de contextualizar os conhecimentos e, conseqüentemente, permitir uma aprendizagem que faz do educando, um ser capaz de edificar sua própria formação.

A seguir, os conceitos mais relevantes da Teoria da Aprendizagem Significativa serão abordados de forma resumida, dado que essa teoria, por estar inserida no contexto da sala de aula, é utilizada por diversos pesquisadores na área de educação e tem uma extensa análise e aplicação em diversas áreas da educação.

### 3.1 David Ausubel e a Aprendizagem Significativa

“O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.” (AUSUBEL, 2000, p. 6)

Ausubel (2000) distingue dois tipos de aprendizagem: a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. As duas ocorrem de formas bastante distintas e, neste trabalho, optou-se por utilizar a aprendizagem significativa e os conceitos relacionados a ela.

Aprendizagem significativa é um conceito que, segundo Ausubel (2000), relaciona a aprendizagem de novos conceitos conectando-os a conceitos previamente estabelecidos na mente do indivíduo. O fator mais importante no processo de aprendizagem é aquilo que o sujeito já sabe e que a aprendizagem se utilize desse conhecimento prévio. A aprendizagem de um sujeito é significativa se o novo conhecimento se enraíza na estrutura cognitiva do ser de maneira não-arbitrária, isto é, plausível, não-aleatória, que possibilita uma relação lógica com outros conceitos e ideias. Sendo assim, esse processo se torna único para cada indivíduo, pois cada um tem um sistema cognitivo único.

Tendo em vista a importância dos conceitos prévios do indivíduo no processo de ensino-aprendizagem, cabe ao professor, ou aquele que deseja que o outro aprenda de maneira significativa, identificar e verificar o grau de complexidade desses conceitos, assim como averiguar se as relações feitas pelo indivíduo estão corretas do ponto de vista do que se pretende ensinar.

Nesse trabalho, uma das maneiras de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes foi utilizando um pré-teste que se encontra no Apêndice A, contendo conceitos fundamentais para a aprendizagem da Inércia, do conceito de equilíbrio e da relação entre ambos.

Outra estratégia foi durante a primeira aula, por meio da análise qualitativa das respostas dadas pelos estudantes de perguntas e situações-problemas

hipotéticas apresentadas durante a aula. Essa estratégia será explicada detalhadamente no capítulo 4.

De acordo com Moreira (1999), Ausubel utiliza o termo *subsunçor*, que seria algo como parte da estrutura cognitiva específica na qual uma nova informação irá interagir e modificar no processo de aprendizagem. Isso transmite a ideia de que o *subsunçor* é o conhecimento prévio do indivíduo. É nele que ocorrerá o processo de ancoragem: “ligação com ideias preexistentes ao longo do tempo”.

Moreira (2012) exemplifica bem o termo *subsunçor* ao abordar a ideia da Conservação da Energia, que primeiramente é trabalhada com as transformações de energias potenciais em energia cinética. Quando a 1ª Lei da Termodinâmica é abordada, o *subsunçor* Conservação da Energia é acionado e passa a ter um novo significado, pois também englobaria a noção de conservação da energia tanto para a Mecânica quanto para a Termodinâmica.

Ensinar um indivíduo sem que o mesmo tenha *subsunçores* adequados seria como plantar em solo infértil. É preciso preparar a terra antes do plantio, assim como as estruturas cognitivas do aprendiz.

Como nem sempre existem *subsunçores* para serem trabalhados e modificados na estrutura cognitiva do estudante, uma das alternativas propostas por Moreira (1999) é de utilizar a aprendizagem mecânica. Ela pode ser necessária quando o indivíduo não tem nenhum conhecimento sobre o assunto, a fim de conhecer o mínimo necessário e poder começar a alterar para um maior grau de complexidade esse saber adquirido de forma mecânica e associá-lo a outros conhecimentos adquiridos posteriormente.

Na aprendizagem mecânica, o indivíduo apenas memoriza fórmulas, por exemplo, arbitrariamente, sem nenhuma, ou quase nenhuma, conexão com seus conhecimentos adquiridos ao longo da vida. Trata-se do conhecimento da memorização, literal, arbitrário, em que o estudante decora alguns procedimentos e receitas para resolver determinados tipos de problemas. Entretanto, quando parte do problema é alterada, ou quando uma situação-problema nova é apresentada, o estudante já não é capaz de resolvê-la de forma satisfatória, pois o conhecimento não faz parte da estrutura cognitiva do mesmo, ou seja, não foi assimilado, impossibilitando a capacidade de interagir de maneira mais abrangente com outros conhecimentos por ele obtidos anteriormente.

Um exemplo da aprendizagem mecânica ocorre no ensino do conceito de Inércia. Muitos estudantes apenas memorizam tanto o enunciado da primeira Lei de Newton como a maneira de resolver situações-problema clássicas dos livros didáticos. Caso uma nova situação, ainda não conhecida pelos estudantes, seja proposta, dificilmente ela será solucionada de maneira satisfatória, pois o conhecimento foi assimilado de modo arbitrário. A seguir um exemplo de uma situação-problema clássica adotada em diversos livros didáticos.

Imagine uma situação em que os ocupantes de um carro, que está a uma velocidade média de 60 km/h, estão sem o cinto de segurança. Por algum motivo, o motorista freia bruscamente o carro. Do ponto de vista de um observador que está fora do carro, em um referencial dito inercial, ou seja, livre de acelerações, os passageiros, que estavam em movimento antes da frenagem, continuam em movimento retilíneo e uniforme, por inércia. Já para os ocupantes do carro, situados em um referencial não-inercial, interpretam seus movimentos de serem impelidos para frente durante a frenagem por uma força, que os arremessa para frente. Essa mesma situação é comumente retratada trocando-se o carro por um cavalo ou bicicleta, entretanto, os estudantes, em muitos casos, não resolvem situações muito semelhantes como as propostas anteriormente ou associam de maneira incorreta a Inércia com uma força.

Vale ressaltar que a aprendizagem mecânica não deve ser condenada. Em momento algum, Ausubel (2000) afirma que aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica são opostas e excludentes. Moreira (1999) afirma que elas podem se complementar pois, quando um indivíduo se aventura em uma área de conhecimento totalmente nova, é preciso aprender mecanicamente alguns conceitos. Um exemplo associado a essa ideia ocorre na capacidade de resolver problemas numéricos típicos de livros didáticos de Física. Para que o estudante seja capaz de resolvê-los ele precisa tomar conhecimento das fórmulas matemáticas necessárias, mesmo que de maneira arbitrária, para resolver o problema proposto.

A Física exige dos estudantes um alto nível de abstração que nem sempre é alcançado, podendo gerar apenas uma aprendizagem mecânica de conceitos. Isso pode ser um problema grave, pois ao longo de sua vida escolar, o estudante está acostumado a trabalhar de forma mecanicista, repetitiva e arbitrária. Muitas vezes é preciso ensiná-lo que o mais importante não é memorizar, mas compreender e saber relacionar conceitos.

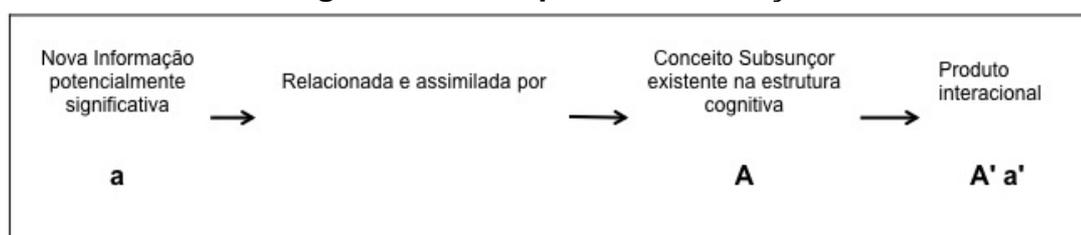
A fim de mudar esse quadro um outro método para se alcançar a aprendizagem significativa é por meio da utilização de organizadores prévios. Experimentos demonstrativos, experimentos investigativos, vídeos e simulações de situações reais, mapas conceituais, questionários e textos são alguns exemplos desse tipo de material. Eles atuam como um repositório temporário de conceitos e ideias. De acordo com Moreira (1999), são como pontes que fazem a ligação entre o que o estudante já sabe e o conhecimento ao qual se quer chegar. É uma maneira de moldar a estrutura cognitiva do aprendiz.

Para que a aprendizagem, no seu processo de aquisição e disposição organizada dos objetos de conhecimento, tenha maior precisão e fiquem mais evidentes, Ausubel propõe a teoria da assimilação, ou ancoragem.

De acordo com Moreira (1999) a assimilação é quando uma nova concepção (ideia) **a** se ancora em um subsunçor **A**, que, segundo a própria teoria, por ser subsunçor se relaciona com a ideia **a** de maneira não-arbitrária.

Essa relação transforma tanto **a** como **A** em **a'** e **A'** e estes passam a ser um novo subsunçor chamado de **A'a'**, resultado do processo de interação entre ambos.

**Figura 2 – Princípio da assimilação**



Fonte: MOREIRA 2009, p.19

Uibson (2012), compreende o processo de assimilação como sendo a interação de uma nova informação de maneira não-arbitrária com o conhecimento prévio já existente resultando no produto interacional, ou seja, a aquisição de significados.

**Figura 3 – Representação do processo de retenção.**



Fonte: UIBSON 2012, p. 39

Moreira (2009) chama a atenção para a possibilidade de alteração do produto interacional com o passar do tempo. A assimilação não é um processo com um término definido. A aprendizagem significativa é contínua e pode, ao longo do tempo, estar submetida a novas aprendizagens e também a esquecimentos.

Moreira (2009) elucida o fato de as ideias mais amplas servirem como ancoradouro para as novas que surgem durante a aprendizagem e permitem sua retenção. Contudo, essas novas ideias tendem a serem assimiladas novamente para as ideias com significados mais estáveis. É o chamado estágio obliterador. A justificativa se baseia na concepção de que é mais fácil para a mente humana manipular um conceito mais abstrato e mais amplo nos processos cognitivos do que lidar com os diversos exemplos utilizados para descrevê-los de maneiras mais específicas.

Assim, Moreira (2009) afirma que, logo após a aprendizagem significativa ocorre a assimilação obliteradora, na qual as novas ideias e os *subsunçores* ficam cada vez mais indissociáveis até que o produto interacional **A'a'** se torne simplesmente **A'**, ou seja, se torna um novo subsunçor (modificado).

Moreira (1999) dá destaque para a eficiência da aprendizagem significativa mas, afinal, como saber se o indivíduo aprendeu ou não de maneira significativa?

Uma maneira de verificar esse aprendizado é por meio de avaliações formais por escrito. Todavia, de que adiantaria identificar *subsunçores* e criar organizadores prévios se as questões propostas nas avaliações fossem as mesmas questões clássicas de sempre? Para que motivar o aluno com situações novas se ele será avaliado com questões perguntando o que afirma a 1ª Lei de Newton, ou qual é a função horária das posições no Movimento Retilíneo e Uniforme ou ainda, questões que analisem as forças atuantes em blocos e suas acelerações adquiridas, se os blocos sobem, descem ou ficam parados? É preciso uma mudança na mentalidade dos professores na maneira de avaliar seus alunos.

Essa necessidade de mudança na avaliação é compartilhada não só pelo autor do artigo:

“[...] na aprendizagem significativa, o novo material original a poderá nunca ser lembrado precisamente da mesma forma em que foi recebido, pois o próprio processo de assimilação de a o altera para a' e, portanto, práticas de avaliação que requerem a repetição exata das informações aprendidas desencorajam a aprendizagem significativa.” (AUSUBEL, NOVAK, 1978, apud, MOREIRA 2009, p. 21)

O estudante é capaz de compreender a reproduzir mecanicamente a maneira correta para responder a essas questões tidas como clássicas, mesmo as que aparentemente exigem maior grau de raciocínio:

“E é a aprendizagem mecânica que leva muitos estudantes e até professores a acreditarem que o ensino se efetivou. Esse engano ocorre quando o estudante consegue reproduzir nas avaliações o conteúdo tal qual foi transmitido pelo professor. Por isso, muitos educandos são aprovados para a série seguinte sem ter aprendido realmente.” ( DE PAULA, 2008).

A citação anterior mostra que a experiência dos estudantes nos anos anteriores foram suficientes para saber qual é a resposta esperada de uma determinada questão.

Moreira (1999) destaca a ideia central da abordagem de Ausubel quando escreve: “... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1978, apud, MOREIRA 1999, p. 163)

## CAPÍTULO 4: METODOLOGIA

### 4.1 O contexto escolar e a caracterização da amostra.

De acordo com o objetivo pretendido, essa pesquisa utilizou um grupo experimental único. Dessa forma é possível verificar uma mudança significativa no grupo após a intervenção programada, “uma indicação, apesar de tudo, séria [da eficácia da intervenção efetuada].” (LAVILLE, DIONNE, 1999, p.146). No caso, pretendemos verificar indícios da aprendizagem significativa ao utilizarmos um planejamento de aulas específico aliado a uma atividade experimental. Um grupo experimental aleatório foi submetido a um teste anterior e outro posterior à metodologia aplicada, ambos idênticos, afim de medir quantitativamente o conhecimento adquirido e as possíveis mudanças na estrutura cognitiva do grupo.

A presente pesquisa utilizou como grupo amostral estudantes de duas turmas de primeiro ano de Ensino Médio de uma instituição situada na região administrativa de Taguatinga, Distrito Federal. As turmas fazem parte do Instituto Federal de Brasília (IFB) – *Campus* Taguatinga. O IFB oferece diversas modalidades de ensino gratuito como Ensino Superior, Ensino Médio Integrado e cursos técnicos subsequentes (destinados a pessoas que já concluíram o Ensino Médio). No caso do *Campus* Taguatinga, as turmas do grupo amostral fazem parte do Ensino Médio Integrado em Eletromecânica (EMI) que teve início em Janeiro de 2015 com duas turmas de primeiro ano. Além disso, o *Campus* Taguatinga conta com cursos de Licenciatura em Física, Licenciatura em Computação, Bacharelado em Ciências da Computação, cursos técnicos subsequentes em Eletromecânica, Suporte e manutenção em informática e Vestuário, Proeja em Vestuário além de diversos cursos profissionalizantes de curta duração.

A instituição conta com uma biblioteca e acervo razoável, refeitório, auditório, mini-auditórios, ginásio de esportes coberto, segurança armada nas entradas, recepção e interior da instituição e corpo docente com diversos mestres e doutores. As salas de aula têm ótimas condições com mobiliário novo, aparelhos de ar-condicionado, quadro branco para pincel, projetor do tipo *data-show* e *internet* sem fio disponível tanto para docentes quanto para os estudantes. Laboratórios de Física,

Química e Biologia também estão à disposição, entretanto o material de laboratório ainda não foi adquirido, ao menos até o término deste trabalho. Em resumo, as condições físicas são favoráveis ao ensino e à aprendizagem.

As turmas do EMI têm 40 estudantes matriculados em cada uma e uma média 30 frequentadores assíduos. As aulas ocorrem em período integral, ou seja, a carga horária é distribuída entre os períodos matutino e vespertino entre disciplinas propedêuticas e técnicas. A faixa etária dos aprendizes é de 14 anos em sua maioria, o que significa que os mesmos estão matriculados na série esperada para a idade. As famílias dos estudantes são, em grande parte, das classes sociais C, D e E e residem nas proximidades da instituição de ensino.

As aulas de Física do EMI ocorrem em três horas-aula de 50 min cada, uma aula de 100 min em um dia da semana no período vespertino e em uma aula de 50 min no período matutino. Foi durante essas aulas que o professor-pesquisador, que também era o professor regente, aplicou a metodologia do projeto de pesquisa, tendo dedicado 10 horas-aula para tal, conforme previsto pelo plano de ensino.

O livro didático utilizado como recurso didático auxiliar e que também foi utilizado pelo professor durante a pesquisa tem o título de Física 1 escrito pelos autores Gualter, Newton e Helou, editora Saraiva, 1ª edição.

Inicialmente foi aplicado um pré-teste em ambas as turmas a fim de verificar a aleatoriedade dos grupos e a homogeneidade entre os indivíduos das duas turmas em relação aos conhecimentos já adquiridos previamente. Outra intenção da aplicação do pré-teste foi a de identificar *subsunçores* dos indivíduos a fim de melhor adaptar a sequência didática.

Em seguida a sequência didática, que será detalhada aula a aula na seção 4.2-3, foi aplicada nas duas turmas sem maiores contratempos, assim como uma atividade experimental, sendo esta última feita no laboratório com a necessidade do professor providenciar todo o aparato experimental por conta própria.

Os resultados foram obtidos por meio de uma análise qualitativa de comparação entre o pré-teste e o pós-teste, assim como do roteiro da atividade experimental respondida pelos estudantes durante as aulas e entregue ao professor.

## **4.2 Etapas da Pesquisa**

### **4.2.1 Elaboração dos instrumentos de coleta de dados**

Com o objetivo de medir tanto a homogeneidade dos conhecimentos sobre as Leis de Newton e conceitos relacionados a equilíbrio dos corpos nas duas turmas no momento anterior a utilização do método proposto pela pesquisa quanto as alterações ocorridas após a intervenção programada do método de ensino-aprendizagem proposto, o pré-teste e o pós-teste (Apêndice A) foram elaborados de forma idêntica. (LAVILLE, DIONNE, 1999).

Baseando-se nas teorias da aprendizagem significativa, tomou-se a precaução de evitar questões que valorizassem a aprendizagem mecânica ou que incentivasse os estudantes a dar as respostas esperadas pelo professor. (MOREIRA, 2006).

Sendo assim, situações diferentes das propostas no livro didático que exigem uma relação mais complexa dos conhecimentos adquiridos pelo estudante foram elaboradas. Isso foi feito para verificar se, em algum momento no Ensino Fundamental ou na própria experiência de vida, os educandos aprenderam de maneira significativa conceitos como Inércia e equilíbrio. Questões que avaliam a aprendizagem mecânica como “o que é Inércia?” ou “Qual é a primeira Lei de Newton?” não cabiam no contexto da pesquisa.

Vale ressaltar que as questões foram elaboradas pelo pesquisador, baseadas em sua experiência em sala de aula, não tendo sido validadas por outros métodos.

### **4.2.2 Elaboração do roteiro de laboratório**

Utilizando como base a atividade experimental proposta por Pimentel (1995) e analisada previamente no capítulo 2, foi elaborado um roteiro (Apêndice B) tanto de orientação quanto de avaliação de uma atividade que tinha por objetivo aprimorar o entendimento dos estudantes sobre a Inércia.

O aparato experimental proposto por Pimentel (1995) foi entregue parcialmente montado, tendo o tubo da seringa já colado no furo do CD, restando aos estudantes apenas encher a bexiga e colocá-la no topo do tubo.

O roteiro é dividido em três partes. A primeira, material necessário, descreve o material utilizado para a montagem do aparato. A segunda parte, o procedimento, apenas incentiva os estudantes a montar o equipamento. A terceira parte, análise experimental, traz questionamentos a serem respondidos de forma dissertativa, podendo o estudante utilizar o aparato experimental da maneira que quiser, quando achar necessário.

As perguntas foram elaboradas de forma a incentivar discussões entre os estudantes, assim como a agirem de modo investigativo.

Cabe registrar que o roteiro já havia sido aplicado previamente em outra instituição de Ensino Médio em anos anteriores. Dadas as dificuldades encontradas pelos estudantes quanto ao entendimento e interpretação das perguntas, algumas foram modificadas de forma a ficarem mais claras e atender melhor ao que se queria avaliar.

### **4.2.3 Aulas**

A seguir, serão detalhadas as aulas de acordo com o relato do professor-pesquisador. Lembrando que as aulas ocorreram em um intervalo de tempo de 50 min e, em alguns casos, em 100 minutos conforme descrição a seguir.

#### **Aula 01: Aplicação do pré-teste.**

Teve-se o cuidado de aplicar o pré-teste no início do mês de maio de 2015, antes dos estudantes terem visto o conteúdo das Leis de Newton para que o processo de verificação de aprendizagem fosse o mais imparcial possível. A escolha do mês de maio para a aplicação foi feita para se encaixar no planejamento das aulas e evitar que esse fosse prejudicado, assim como o andamento do ano letivo para os estudantes. É importante destacar que o pré-teste foi aplicado no mesmo dia em ambas as turmas para evitar possíveis compartilhamentos de respostas.

Antes da aplicação do pré-teste, os estudantes foram avisados que o mesmo não seria cobrado como uma avaliação. O objetivo era tranquilizá-los para que os mesmos não se sentissem pressionados pelo processo avaliativo. Entretanto, falou-se da importância daquele instrumento para uma melhor compreensão do professor regente sobre a maneira de pensar deles, o que sabiam e o que não sabiam acerca

do assunto e que isso facilitaria o desenvolvimento do conteúdo.

O tempo disponível para a realização do teste foi de 50 min. Como quase a totalidade dos estudantes terminou antes do prazo, notou-se que o tempo foi suficiente para que as questões fossem respondidas sem pressa e com maior atenção.

Ao caminhar entre as carteiras, verificou-se que as três perguntas dissertativas sobre equilíbrio estavam sendo deixadas em branco. Perguntando para os estudantes o motivo disso, eles afirmavam não saber do que se tratava ou que achavam que a concepção estava errada. Eles foram incentivados a escreverem o que achavam, mesmo pensando estarem errados e assim o fizeram. O que foi relatado posteriormente pelos próprios aprendizes foi que eles sabiam o que era equilíbrio, mas não sabiam explicar com palavras.

Passados 10 minutos do início da aplicação, identificou-se que alguns aprendizes já haviam acabado. O professor orientador sugeriu, nesse momento, que os itens das questões do tipo Certo ou Errado fossem justificados no verso da folha. Com isso, além de obter uma melhor coleta de dados, os estudantes tiveram a oportunidade de revisar as questões e se concentrar melhor em suas respostas.

### **Aula 02: Inércia**

O professor inicia a aula com pequenos experimentos demonstrativos: empurrando uma cadeira e uma mesa, lançando uma caneta verticalmente para cima e deixando-a cair no chão e lançando obliquamente uma caneta e deixando-a cair no solo.

Em seguida o professor questiona a turma escrevendo no quadro a pergunta: “O que todos esses movimentos tem em comum?” Após a participação de vários indivíduos chega-se a conclusão (professor e estudantes) que é o repouso ao final.

O professor continua a questionar a turma com outras três perguntas: “Será que é sempre assim? Os corpos sempre param? Por que os objetos param um pouco depois de terem sido empurrados?”

Diversas respostas foram dadas pelos estudantes e as mais recorrentes

foram anotadas no quadro (após terem sido reformuladas pelo professor) como possíveis respostas para o último questionamento. Dessa maneira, o professor cria uma questão de múltipla escolha no quadro, utilizando as respostas dos estudantes como alternativas, no mesmo estilo da primeira questão do pré-teste, já respondido por eles. Em uma das turmas a resposta considerada como o gabarito foi dada por um dos estudantes. Já na outra turma isso não ocorreu. Com isso foi necessária a intervenção do professor colocando o gabarito como uma das alternativas.

Em seguida o professor questiona novamente a turma sobre o motivo de os objetos tenderem ao repouso e registra as respostas dadas pelos aprendizes. A questão fica anotada no quadro para ser feita novamente aos estudantes nos minutos finais da mesma aula.

Em seguida o professor propõe um experimento mental em que a resistência ao movimento diminua cada vez mais. Os estudantes devem imaginar uma pista bem grande, plana e horizontal feita de areia e que uma esfera (uma bola de boliche) seja jogada sempre com a mesma força nessa pista. Após a explicação surge o questionamento do professor: “O que acontece após o lançamento da esfera?” Os estudantes são unânimes em responder que ela irá parar rapidamente. O professor esboça no quadro um desenho representando a trajetória da esfera com um segmento de reta curto. Em seguida o professor pede para os estudantes trocarem a pista de areia por uma pista de terra e repete o restante do procedimento. A pista de terra é trocada por uma de asfalto, o asfalto por madeira, a madeira por madeira encerada e esta última por madeira encerada e com óleo. Ao desenhar as trajetórias no quadro, os segmentos de reta vão ficando cada vez maiores, com o consentimento dos aprendizes.

O professor questiona o que estaria mudando em cada experimento. As primeiras respostas afirmavam que a esfera ia cada vez mais longe. Essa não era a resposta que o professor buscava, porém percebeu que a pergunta não estava bem formulada e perguntou o motivo de a esfera ir cada vez mais longe. Nesse momento a resposta esperada surgiu quando os estudantes falaram sobre a mudança na resistência.

Para deixar mais evidente para todos que era uma mudança na resistência do

solo, o professor perguntou qual pista tinha a maior resistência e o que acontecia com o movimento da esfera a medida em que a resistência ia diminuindo. As respostas foram corretas ao mostrar que o movimento durava cada vez mais com a diminuição da resistência.

O professor, então, definiu atrito como uma força de resistência ao movimento. Apesar da definição incompleta, no momento ela era suficiente para a compreensão e seria tratada com mais detalhes em outro momento do curso.

Após a definição de força de atrito o professor utilizou novamente a pergunta sobre o movimento dos corpos que estava anotada no quadro e registrou novamente as respostas.

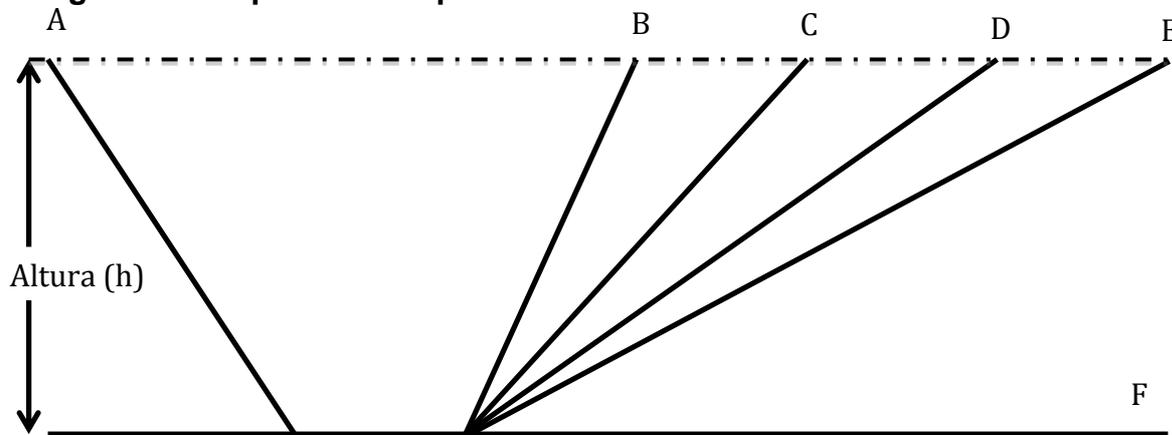
Então chegou o momento em que o professor fez as perguntas cruciais da aula: “E se a pista não tivesse resistência alguma? O que aconteceria com a esfera se não houvesse atrito entre ela e a pista?”

A argumentação entre estudantes e com a intermediação do professor se seguiu e o que foi observado é que alguns estudantes pareciam surpresos ao constatarem que, seguindo a linha de raciocínio apresentada, a bola tenderia a se mover “para sempre” de acordo com eles. Foi um momento de surpresa para as turmas pois parecia lógico e ilógico ao mesmo tempo. O conflito cognitivo aflorava, afinal até então tender ao repouso era a ideia dominante na maioria dos pensamentos.

O experimento conhecido como plano inclinado de Galileu foi apresentado aos estudantes. O professor fez um esquema de desenho no quadro em que uma esfera era abandonada do alto de um plano inclinado (A) conforme mostra a figura 3 e retornava a mesma altura em um outro plano inclinado conectado ao primeiro (B). Em seguida o ângulo de inclinação do segundo plano era reduzido gradativamente (C, D e E) até que se atingisse um ângulo igual a zero, ou seja, um plano horizontal (F). Nesse momento alguns estudantes argumentaram que a esfera não deveria subir até a mesma altura, mas não sabiam exatamente o motivo. Então o professor fez a comparação com o experimento anterior da pista com diminuição gradativa da resistência dos planos. Isso auxiliou na compreensão e aceitação do experimento do plano inclinado e o mesmo auxiliou na compreensão de movimento

perpétuo sem resistências.

**Figura 4 – Esquema do experimento do Plano Inclinado de Galileu.**



Fonte: Elaboração própria

Depois de todas essas argumentações, o professor define formalmente no quadro o que seria a Inércia. Ele escreve: “Inércia: É a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.” Vale ressaltar que os estudantes já haviam estudado o que seria um movimento retilíneo e uniforme, assim como conceitos de velocidade, aceleração. Em seguida pergunta aos estudantes se a definição está razoável. A maioria concorda, mas o professor motiva-os escrevendo novamente no quadro: “Inércia é a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme a não ser que...” e passa a ouvir as opiniões da turma sobre como completar corretamente a sentença. Após nova argumentação com boa participação entre os estudantes o professor, com o consentimento da turma, escreve uma terceira vez: “Inércia é a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme a não ser que uma força mude isso.”

Pela última vez, o professor solicitou aos estudantes que respondessem a questão do início da aula sobre o motivo de um objeto parar após ser empurrado e novamente registrou as respostas.

Por último dois exercícios do livro didático foram propostos. Em um deles se discutiu a inércia dentro de um ônibus ao frear e no outro o experimento de uma toalha ser puxada da mesa sem derrubar os objetos sobre ela. Por ter acesso imediato a *internet* o professor mostrou para os estudantes, por meio de um vídeo, o

experimento da toalha sendo puxada como forma de demonstrar que o experimento é real e também para terminar a aula de forma mais descontraída.

### **Aula 03: Segunda Lei de Newton**

Aula expositiva dialogada com a retomada da Lei da Inércia com sua formalização seguida da apresentação da 2ª Lei de Newton. A apresentação da 2ª Lei de Newton foi feita com o objetivo de complementar a Lei da Inércia.

A aula teve início com a retomada do que havia sido abordado na aula anterior com o professor fazendo perguntas e os estudantes respondendo e lembrando dos assuntos vistos. Em seguida o professor anotou novamente no quadro a definição de Inércia com a ajuda dos estudantes enunciando-a como a primeira Lei de Newton: “inércia é a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme a não ser que uma força altere seu estado.”

A turma foi questionada para explicar o que estava escrito, ou seja, o que significavam aquelas palavras. Após uma boa participação de vários indivíduos o professor resumiu as ideias, também interferindo no processo e escreveu: “Isso significa que se um objeto estiver parado e uma força atuar nele, ele irá entrar em movimento e que, se um objeto estiver em Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU) e uma força atuar nele a velocidade irá se alterar.”

Alguns indivíduos argumentaram que se um corpo em movimento recebe uma força ele deveria parar. O professor deu o exemplo de uma bola rolando em direção ao gol e sendo chutada na mesma direção e mesmo sentido. O pretendido foi desconectar a ideia de que uma força sempre irá fazer um objeto em movimento parar.

Em seguida o professor completou a sentença: “Isso significa que se um objeto estiver parado e uma força atuar nele, ele irá entrar em movimento e que, se um objeto estiver em MRU e uma força atuar nele a velocidade irá se alterar, ou seja, se o corpo estiver parado e houver uma força ele entra em movimento e se ele estiver em movimento e houver uma força sua velocidade irá variar, podendo até chegar a parar.”

O professor perguntou qual grandeza física estava implícita na frase anterior. Muitas foram as respostas em que força e velocidade foram as que mais apareceram. Em uma das turmas um educando falou que era a aceleração, na outra foi necessário que o professor dissesse. A intenção era de relacionar a Primeira Lei de Newton com às grandezas aceleração e força.

O professor comenta que era necessário uma explicação de como a alteração do estado de movimento retilíneo e uniforme ou de repouso ocorria. Se era possível medir a resistência de um objeto a essas mudanças, ou seja, medir a inércia de um objeto.

As turmas se mostraram um pouco inquietas com essa possibilidade, mas a maioria achava que não era possível medir uma tendência ao repouso ou ao MRU. O professor interveio com uma situação prática. Ele colocou um pincel para quadro branco sobre a mesa e deu um peteleco na mesa. Perguntou o que havia acontecido com a mesa. Os estudantes responderam que nada havia acontecido. Então o professor, afirmando que seu peteleco tinha sempre a mesma intensidade, deu um peteleco no pincel e este se moveu saindo da mesa e caindo no chão. O professor pergunta a turma se a tendência ao repouso de ambos era a mesma e a turma respondeu de forma quase unânime que não e quando argumentada sobre qual dos dois objetos tinha maior tendência a ficar em repouso rapidamente a resposta dada foi que a mesa tinha essa maior tendência. Dessa forma o professor novamente pergunta se é possível medir a inércia de um objeto e os estudantes respondem que sim, medindo a massa desses corpos. Eles passaram a associar que uma maior massa teria uma maior tendência a ficar em repouso.

Preocupado em sedimentar uma associação de inércia apenas ao estado de repouso o professor utiliza outro exemplo. Ele pede para os estudantes imaginarem uma criança de 4 anos de idade correndo a uma velocidade de 5 km/h e pulando para abraçá-los. Todos concordaram que eles seriam capazes de segurar a criança e permanecer de pé em repouso. Então o professor utilizou o mesmo exemplo, porém sendo ele no lugar da criança. Como ele aparenta ter uma massa maior que 90 kg, os estudantes se agitaram e brincaram bastante com a situação. Depois de se acalmarem concordaram que a tendência do professor em continuar em movimento seria bem maior que a tendência da criança.

O professor retoma a ideia de que era importante ter uma maneira de explicar como ocorria a mudança no estado de repouso ou de MRU dos objetos e de medir a inércia. Assim ele define a Segunda Lei de Newton como: " $F_r = m \cdot a$ ", detalhando que  $m$  se tratava da massa medida em quilogramas, que  $a$  se tratava da aceleração medida em  $m/s^2$  e que  $F_r$  se tratava da força resultante. Também explicou que essa lei era conhecida como o princípio fundamental da dinâmica.

Definiu-se a unidade de medida para a força como sendo  $kg \cdot m/s^2$  e que esta poderia ser substituída por Newton (N) como uma homenagem às contribuições desse cientista para os estudos da mecânica.

Em seguida definiu que Força resultante era o resultado da soma de todas as forças que atuavam em um corpo. Que era possível trocar todas as forças que atuavam em um corpo por uma única força equivalente e esta seria a força resultante. Alguns exemplos foram feitos no quadro para melhorar a compreensão de força resultante. No primeiro exemplo duas forças horizontais e no mesmo sentido atuavam em um objeto. No segundo as duas forças eram na mesma direção, mas em sentidos contrários. Nos demais exemplos apenas a quantidade de forças eram aumentadas, mas o padrão de forças na mesma direção se manteve, pois a preocupação naquele instante não era com operações vetoriais e sim com uma ideia mais simples de força resultante.

A construção de gráficos também foram abordados durante a aula. Os estudantes já haviam sido ensinados tanto na disciplina de Matemática quanto na Física sobre leitura de gráficos, o que facilitou na utilização dos termos próprios dessa linguagem como eixos, inclinação, taxa de variação, abscissa e ordenada.

Um gráfico com uma reta crescente da força resultante vs aceleração foi esboçado no quadro para que se pudesse analisar a dependência entre as grandezas dos eixos. Um gráfico com duas retas de inclinações diferentes também foi esboçado no quadro em que uma das retas representava a mesa e a outra a caneta (objetos utilizados anteriormente para relacionar a massa com a Inércia). O gráfico com duas retas foi bastante útil para relacionar a massa com a força e a aceleração.

Os estudantes foram capazes de perceber que a maior inclinação da reta

significava uma maior massa do objeto no qual era aplicada a força e que uma mesma intensidade de força tinha efeitos diferentes em massas distintas e que esse efeito era a aceleração. Além disso, a relação de proporcionalidade em que, para uma mesma força, a maior aceleração ocorria para a menor massa e que, para uma mesma massa, quanto maior a força maior era a aceleração também foi discutida.

Para finalizar a aula, exercícios do livro-texto foram indicados para serem resolvidos em sala de aula com o auxílio do professor atendendo aos aprendizes individualmente em suas carteiras.

#### **Aula 04: Terceira Lei de Newton**

A aula teve início com a correção dos exercícios propostos no final da aula anterior.

Em seguida o professor retomou a Primeira e a Segunda Leis de Newton perguntando o que era a Inércia e também perguntando como alterar a Inércia de um corpo. Ambas foram respondidas corretamente por alguns estudantes, visto que dificilmente todos participam das aulas com a mesma vitalidade. Em seguida escreveu novamente a Segunda Lei de Newton com linguagem matemática.

Feito isto, a seguinte pergunta foi proposta à classe: “ Quando uma força é aplicada a um objeto, apenas o objeto sente essa força ou que a aplicou também sente?” Os estudantes se dividiram entre essas duas alternativas em uma breve discussão envolvendo todo o grupo de discentes. O professor pediu para que os aprendizes fizessem o experimento de apertar com os dedos indicadores das mãos a ponta e a parte de trás de um lápis ou de uma caneta sem tampa com o objetivo de os estudantes sentirem maior incômodo no dedo que pressionou a ponta percebendo que, ao exercerem força em um objeto, sentiriam uma força contrária do objeto.

Após essa atividade os estudantes foram questionados se era possível exercer uma força e não sentir as consequências dela de volta. Evitando respostas apenas do tipo sim ou não, foi pedido um exemplo de uma situação em que isso ocorreria, se ocorresse. Alguns perguntaram se a situação poderia ser no espaço. O professor confirmou que poderia sim, mas em cada situação que os estudantes

apresentavam o professor a contra-argumentava.

A criatividade começou a se exceder e o professor teve de intervir na discussão formalizando a Terceira Lei de Newton: “As forças sempre ocorrem ao pares. Se uma força for exercida sobre um objeto, este objeto exercerá uma força contrária em você. Perceba que as forças SEMPRE atuam em corpos diferentes.”

Para avançar no estudo das Leis de Newton, foi apresentada a definição de vetor: “É uma maneira de representar grandezas vetoriais. Ele é composto de três informações: um módulo (intensidade, magnitude, valor), uma direção (horizontal, vertical) e um sentido (para onde a seta aponta, Norte, Sul, Leste, Oeste, etc).”

O professor criou um clima de suspense ao dizer que iria ensinar os estudantes a desenhar um vetor. Em seguida desenhou uma seta e os estudantes relaxaram, compreendendo a brincadeira. Muitos relataram que imaginaram que um vetor fosse algo muito diferente e difícil de ser desenhado, mas viram que o professor estava apenas brincando e que era muito fácil desenhar um vetor.

Algumas grandezas vetoriais foram colocadas no quadro e representadas como vetores. Ao utilizar a notação correta para descrever o vetor (uma letra com uma seta apontada para a direita sobre a letra) o professor foi questionado em ambas as turmas o motivo de um vetor horizontal apontar para a esquerda e acima da letra ter uma seta apontada para a direita. Foi preciso que o professor desenhasse vetores verticais tanto para cima quanto para baixo para explicar que a seta sobre a letra não indicava o sentido do vetor, mas que era a notação correta a ser usada e que era uma convenção a seta estar sempre para a direita.

Tendo terminado esta etapa e ainda com tempo sobrando para o término do horário da aula, o professor apresentou, sem muito formalismo, algumas forças no quadro negro, dentre elas a força de tração, a força normal, a força de atrito e a força peso. As definições foram mais simples pois em outro momento (não pertencente a esta pesquisa) cada uma delas foi estudada detalhadamente.

### **Aula 5: Atividade experimental sobre a Inércia**

Aula com atividade experimental sobre Inércia utilizando o experimento proposto por Pimentel (1995). Um roteiro, que se encontra no Apêndice B, foi

elaborado previamente e aplicado durante uma aula de 100 minutos no laboratório.

O professor havia avisado na aula anterior que a próxima aula (a que está sendo descrita agora) seria uma atividade experimental em laboratório. Isso gerou expectativa na maioria dos estudantes, pois muitos relataram que nunca havia tido aula nesse tipo de ambiente.

A aula teve início com a acomodação dos educandos nas bancadas e se dividindo em grupos de 3 a 4 componentes cada. Feita essa divisão o professor conversou um pouco sobre as regras gerais de segurança e postura em um laboratório.

Em seguida distribuiu para cada grupo um *kit* contendo o dispositivo chamado de disco flutuante, uma bexiga de borracha e um roteiro de atividades.

Os aprendizes foram alertados pelo professor que eles deveriam ter maior autonomia naquele momento e tentassem realizar o experimento sem o auxílio imediato do professor. Que o roteiro havia sido elaborado com esse intuito.

No início, alguns estudantes não conseguiram montar o aparato experimental, contudo observando um ou outro grupo que já havia compreendido que era necessário encher a bexiga e colocá-la na seringa para que o disco deslizesse, conseguiram também montar o experimento.

Para facilitar a atividade, o professor mostrou às turmas que após encher a bexiga era interessante torcer a ponta para evitar que o ar escapasse dela enquanto o bico da mesma era encaixado na seringa. A sugestão foi bem recebida pelos estudantes, que adotaram o método imediatamente.

No início, a maioria dos grupos estava mais interessada em brincar com o experimento do que realizar as atividades propostas. Enquanto isso, o professor foi a cada grupo e espalhou talco sobre as bancadas. Os estudantes perguntaram o motivo desse procedimento e o professor evitou responder. As vezes ele apenas pedia para que o disco flutuador fosse colocado na parte da bancada com talco. Ao procederem conforme sugerido, os estudantes percebiam que o disco se movia com ainda mais facilidade e se ouvia que a resistência diminuía ou que o talco reduzia o atrito.

Não foi preciso pedir para os estudantes pararem de brincar para se concentrarem nas atividades do roteiro. Espontaneamente isso foi ocorrendo com todos os grupos.

A medida em que os estudantes avançavam nas perguntas do roteiro, dúvidas surgiam e o professor era bastante requisitado para auxiliar. Esse auxílio se dava como sugestões e indicações de respostas. Sempre incentivando o raciocínio dos estudantes, o professor tomou o cuidado de não dar respostas prontas e quando lia respostas corretas, elogiava os membros do grupo. As respostas pareciam ser promissoras e também deixaram o professor animado com um possível resultado bastante satisfatório.

O tempo necessário para a atividade foi suficiente. Todos os grupos conseguiram entregar seus roteiros respondidos completamente e elogiaram bastante a aula, se mostrando empolgados e alguns até ansiosos pela correção do roteiro por parte do professor e saber se o raciocínio estava correto.

Enquanto a turma aguardava o término do horário para voltarem a sala de aula, o professor perguntou o que os estudantes estavam achando do conteúdo, se tudo estava claro e tranquilo. Indivíduos de ambas as turmas afirmaram estarem com dificuldades em compreender o que seria a força resultante e como isso poderia “cair na prova”.

Devido a essa dificuldade identificada, o professor achou por bem modificar o planejamento e preparar uma aula sobre esse tema.

### **Aula 6: Força Resultante**

O conceito de Força resultante, trabalhado anteriormente na aula em que se abordou a 2ª Lei de Newton, é revisitado. Retoma-se o conceito de vetor e suas características (módulo, direção e sentido) para a Força Resultante. Exercícios são propostos e resolvidos em sala.

No início da aula o professor relatou sobre os comentários que havia ouvido no final da aula de laboratório e que a aula seria para aprofundar um pouco mais no tema força resultante e que iria propor alguns exercícios para a prática da aplicação da fórmula.

Iniciou a discussão retomando a noção de grandezas escalares e vetoriais, explicando que a força era uma grandeza vetorial. Por esse motivo destacou a importância de definir módulo, direção e sentido para a força.

Em seguida definiu novamente o conceito de força resultante como sendo o resultado (soma) de todas as forças que atuassem em um objeto. O professor explicou que nem sempre a soma seria mesmo uma soma, mas sim uma subtração, sem se preocupar com os rigores das operações vetoriais.

Depois disso, escreveu alguns exercícios no quadro com objetos de massas determinadas tendo diversas forças aplicadas e requisitando a força resultante, com módulo, direção e sentido, assim como a aceleração em cada caso. Os exercícios contavam com exemplos de forças de valores distintos com mesma direção e mesmo sentido, forças distintas em módulo com mesma direção e sentidos contrários tanto na vertical quanto na horizontal, e dois exercícios com duas forças perpendiculares, aproveitando para ensinar o cálculo da força resultante utilizando o teorema de Pitágoras.

### **Aula 7: Entrega e correção dos roteiros da atividade experimental.**

Os roteiros são entregues corrigidos, o professor comenta questão por questão e os estudantes têm a oportunidade de revisar a nota, assim como sanar dúvidas que possam ter ficado em relação a algum conceito ou situação específica.

Ao entrar em sala com um pacote em mãos, os estudantes se mostraram ansiosos e começaram a perguntar se no pacote estavam os roteiros corrigidos. O professor respondeu afirmativamente, o que gerou certo tumulto por parte dos aprendizes.

Após se acalmarem, o professor esclareceu que iria entregar os roteiros corrigidos, comentar questão por questão com as respostas esperadas e dar a oportunidade de sanar dúvidas. Também avisou que, após os comentários das questões, os estudantes teriam a oportunidade de revisar a correção e as notas.

Como o resultado foi bastante positivo, com notas mais altas do que as das provas tradicionais, a entrega dos roteiros foi a base de muitas comemorações por parte dos estudantes.

Após eles se acalmarem, o professor passou a comentar questão por questão, ressaltando alguns erros recorrentes, identificando falhas na aprendizagem de determinados conceitos buscando corrigi-las.

No final, vários estudantes procuraram o professor para revisão de algumas correções. Alguns foram atendidos, outros apenas mantiveram o resultado já obtido.

### **Aula 8: Equilíbrio dos Corpos**

Aula utilizada para definir o conceito de ponto material e de equilíbrio. Essa foi uma aula fundamental, pois a definição da Inércia é associada ao conceito de equilíbrio e os conceitos de repouso e MRU (Movimento retilíneo e Uniforme) são associados aos conceitos de equilíbrio estático e dinâmico.

A aula teve início com o professor escrevendo no quadro a definição de ponto material: “Um corpo é considerado um ponto material quando suas dimensões não interferem na análise do problema, ou seja, dimensões desprezíveis.” Em seguida alguns exemplos de situações em que os objetos poderiam ser tratados como pontos materiais foram dados, como a localização de um carro em um aparelho de GPS.

Em seguida o professor perguntou a turma o que significa afirmar que um objeto está em equilíbrio. As respostas compartilhadas pelos estudantes foram semelhantes às registradas no pré-teste e como o motivo da pergunta era para instigar o pensamento dos estudantes e não fazer um levantamento de conhecimentos prévios, o professor logo interrompeu a discussão para escrever a definição de equilíbrio no quadro: “Um corpo (ponto material) está em equilíbrio quando a força resultante sobre ele é nula (zero).”

Após a apresentação dessa definição, os estudantes foram questionados a responder se eles já haviam ouvido falar em algo semelhante, sobre a força resultante ser nula. Em ambas as salas alguns estudantes responderam mencionando a Segunda Lei de Newton, associando apenas a definição de equilíbrio a esta lei.

Mais uma vez o professor provocou a turma com perguntas seguidas de respostas e eram novamente questionados sobre essas respostas. Um resumo

desse diálogo está descrito a seguir:

Professor: O que significa dizer que a força resultante é nula?

Estudantes: Que a força resultante é zero.

Professor: E o que significa dizer que a força é zero?

Estudantes: Que não tem nenhuma força.

Professor: Força resultante igual a zero significa que nenhuma força está sendo aplicada?! Lembrem-se do conceito de força resultante. Olhe aí no caderno de vocês.

Estudantes: Sim. Não. Que a soma delas é zero.

Professor: E quando a força é zero, o que mais também vale zero.

Estudantes: A aceleração.

Professor: E se a aceleração é zero como está o objeto?

Estudantes: Parado.

Professor: E o que afirma a Primeira Lei de Newton?

Estudantes: Um corpo tende a permanecer em repouso ou em MRU a não ser que uma força atue sobre ele.

Professor: E se não houver força atuando como o objeto vai ficar.

Estudantes: Parado ou em MRU.

Professor: E o que significa afirmar que um objeto está em equilíbrio?

Estudantes: Que a força resultante é zero.

Professor: E se a força resultante é zero como está o objeto?

Estudantes: Em equilíbrio.

Após essas perguntas insistentes o professor pediu para os estudantes anotarem em seus cadernos o enunciado da Primeira Lei de Newton. Alguns reclamaram afirmando que já haviam escrito isso no caderno, porém o professor disse que esse seria um pouco diferente, mais completo. Então a Primeira Lei foi descrita: “ Um objeto em repouso tende a permanecer em repouso e um objeto em movimento retilíneo uniforme tende a permanecer em movimento retilíneo e

uniforme a não ser que uma força resultante diferente de zero atue sobre ele.”

Em seguida o professor retomou a ideia de um objeto se encontrar em equilíbrio quando a força resultante é nula e que, de acordo com a Primeira Lei de Newton, isso significava que o corpo deveria estar em repouso ou em MRU.

Utilizando essas informações, definiu os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico, associando o repouso ao equilíbrio estático e o MRU ao equilíbrio dinâmico.

Após essa associação, pediu para os estudantes reescreverem a Primeira Lei de Newton utilizando o conceito de equilíbrio. Ao andar pela sala lendo o que havia sido escrito notou que algumas escritas estavam de acordo com o esperado. Após alguns minutos enunciou a Primeira Lei de Newton escrevendo no quadro: “Um corpo em equilíbrio permanece em equilíbrio a não ser que uma força resultante diferente de zero atue sobre ele.”

Por fim o professor explicou alguns exemplos de situações que abordavam os dois tipos de equilíbrio.

Ao término da aula, o professor avisou as turmas que na aula seguinte (que ocorreria depois de seis dias) haveria uma avaliação e que esta era a mesma que eles já haviam feito anteriormente (o pré-teste). Vale ressaltar que o pré-teste foi corrigido apenas pelo professor e não havia sido devolvido para os estudantes até então. A intenção desse aviso foi de tranquilizá-los com respeito a avaliação, para que esta não fosse motivo de grandes preocupações. Entretanto, alguns professores podem discordar desse aviso. É recomendado que, neste caso, simplesmente avisem as turmas sobre a realização de uma avaliação.

### **Aula 9: Aplicação do pós-teste.**

Os alunos foram submetidos a mesma avaliação utilizada no pré-teste (Apêndice A) para verificar indícios, ou não, de mudanças significativas na aprendizagem dos conceitos abordados pela intervenção programada utilizando a metodologia proposta nas aulas descritas.

Notou-se uma maior tranquilidade por parte dos alunos durante a resolução

do pós-teste e que o tempo médio utilizado por eles para a resolução da atividade foi maior que o do pré-teste, o que indica sinais de maior concentração para responder aos problemas propostos.

No próximo capítulo será feita uma análise da aplicação da metodologia aplicada, buscando-se indícios de melhoria na aprendizagem dos estudantes em relação aos conceitos abordados durante as aulas.

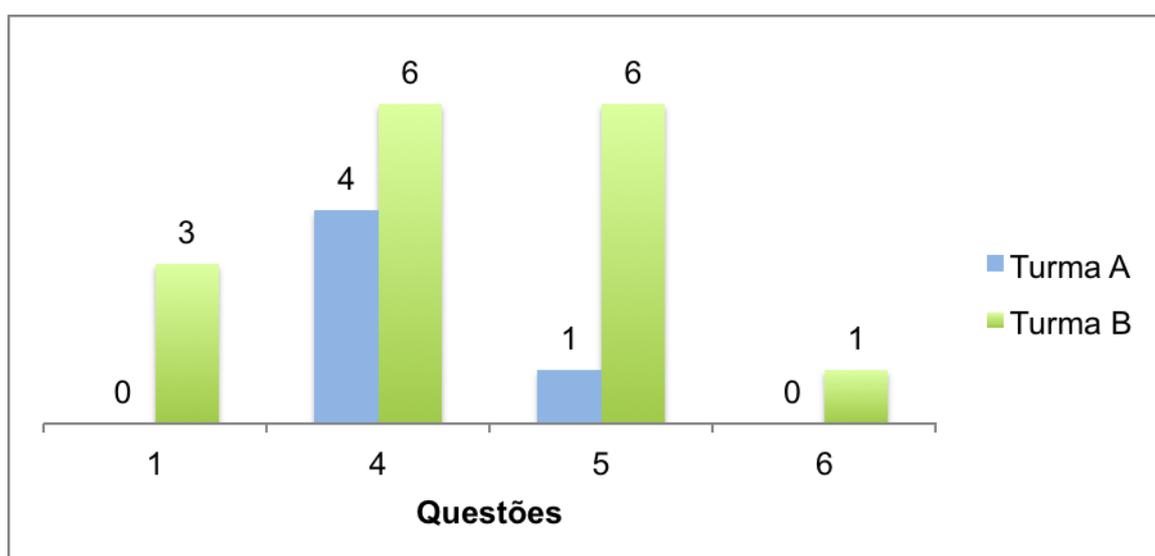
## CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo descreve os resultados obtidos com a metodologia implementada e descrita no capítulo 4 por meio de uma análise qualitativa comparando as respostas dadas às questões elaboradas no pré-teste (Apêndice A), com às do pós-teste. Também foram utilizadas informações extraídas após a correção do roteiro de atividade experimental (Apêndice B).

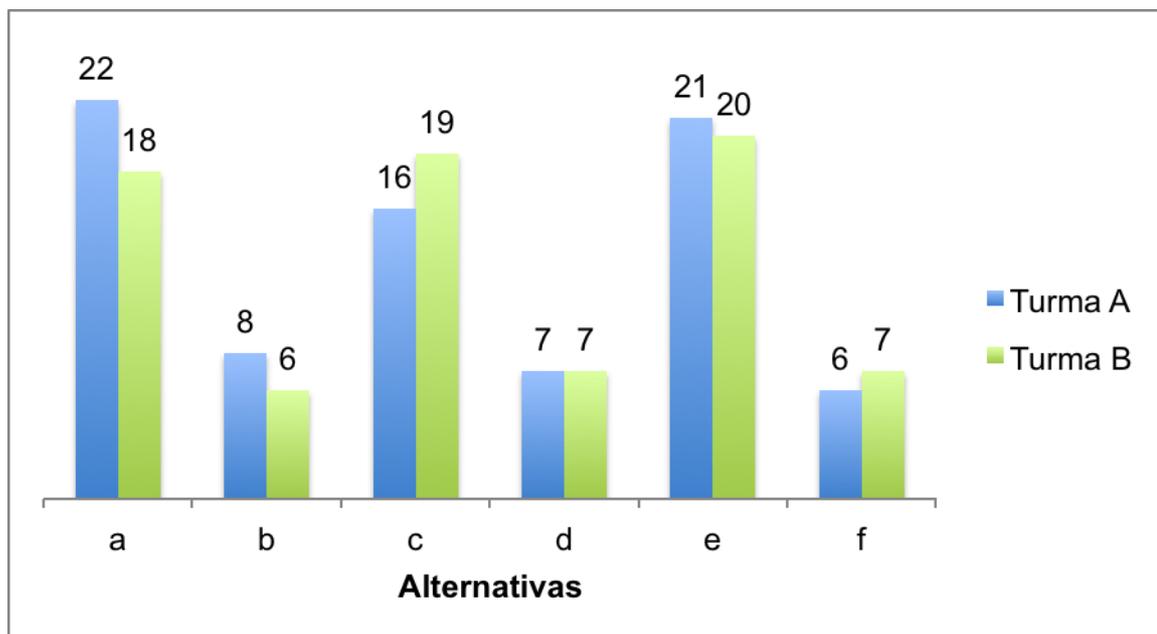
### 5.1 Análise da homogeneidade da amostra

Uma primeira análise foi feita para tentar identificar uma possível disparidade entre as duas turmas, se alguma delas possuía conhecimentos prévios em maior quantidade e/ou mais próximos do cientificamente correto. Para isso os dados obtidos pelo pré-teste de ambas as turmas foram comparados por questões. O gráfico 1 compara a quantidade de acertos das questões 1, 4, 5 e 6. As questões 2 e 3, por serem do tipo certo ou errado foram analisadas separadamente no gráfico 2. O motivo dessa separação foi para que os gráfico não apresentassem excesso de informações.

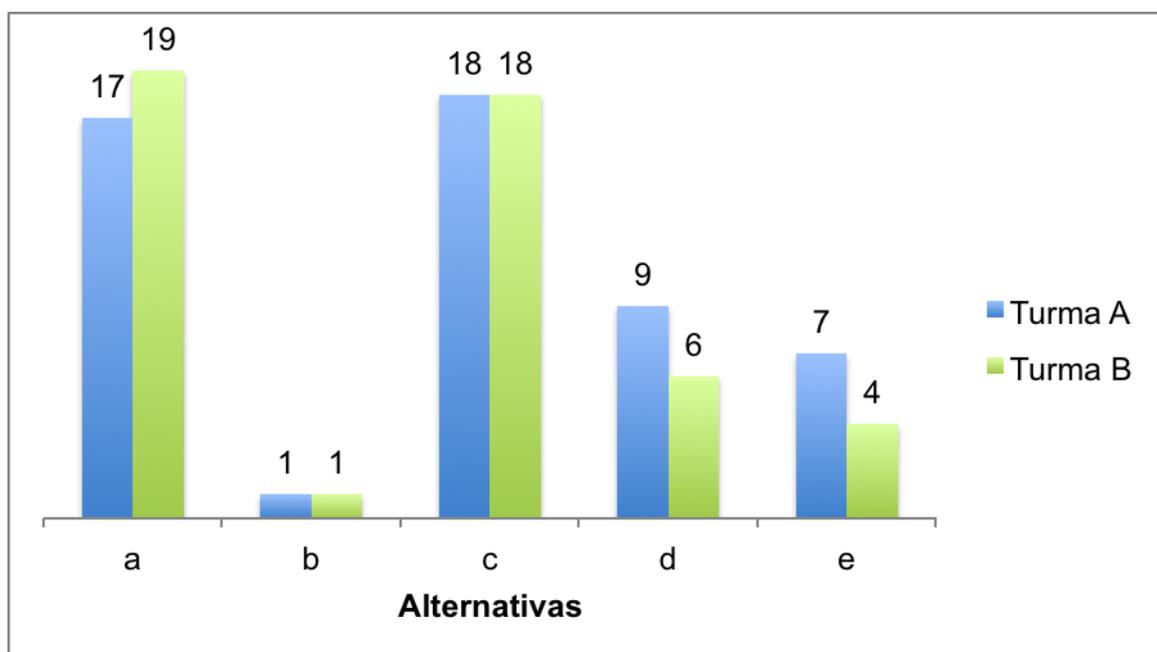
**Gráfico 1 – Número de acertos no pré-teste nas questões 1, 3, 4 e 5.**



Fonte: Elaboração própria

**Gráfico 2 – Comparação quanto ao número de acertos no pré-teste na questão 2**

Fonte: Elaboração própria

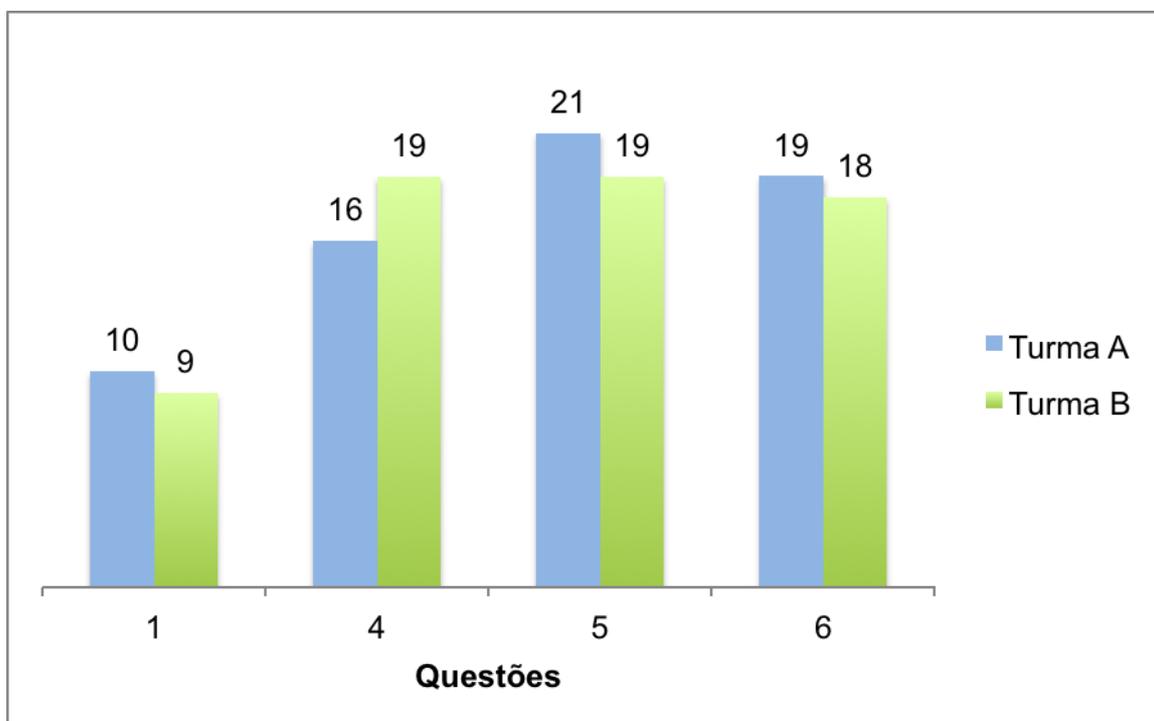
**Gráfico 3 – Comparação quanto ao número de acertos no pré-teste na questão 3.**

Fonte: Elaboração própria

Pode-se inferir a partir dos três gráficos que os conhecimentos prévios de ambas as turmas era bastante similar, visto que a quantidade de acertos nas questões não tem uma discrepância significativa.

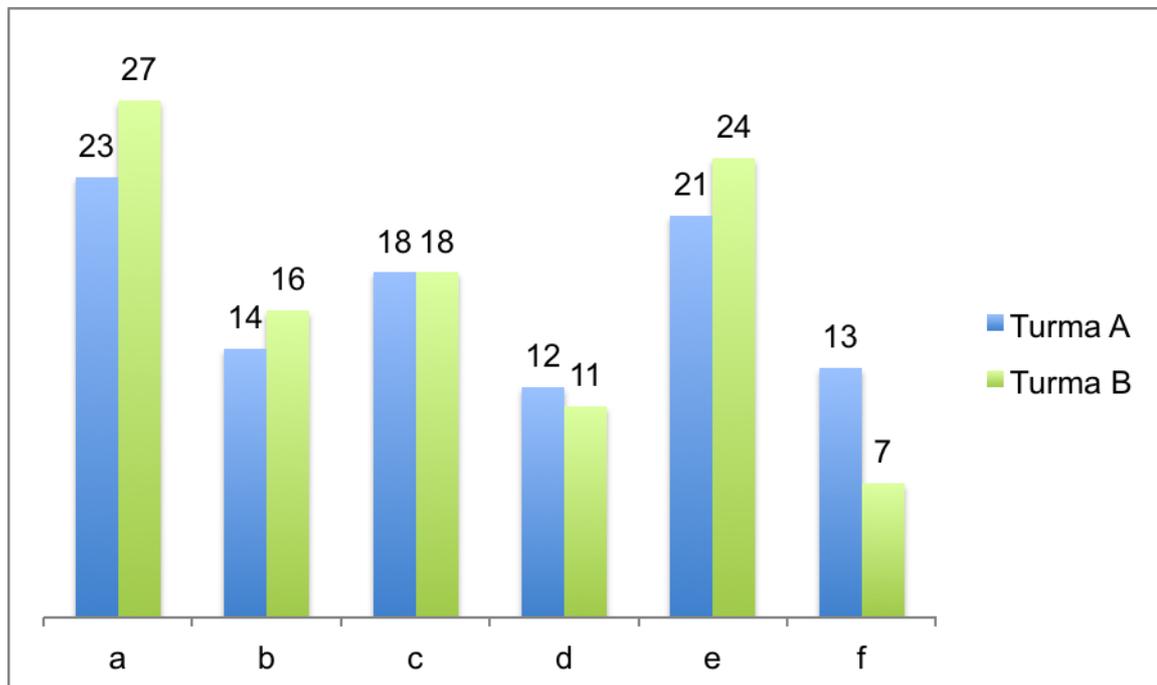
O mesmo foi feito com o pós-teste e o que se pode observar são quantidades similares de acertos das questões entre as duas turmas, corroborando com a ideia da homogeneidade entre as turmas, ou seja, não existe uma turma que se destaca demais da outra o que poderia ser indício de manipulação da amostra.

**Gráfico 4 – Comparação quanto ao número de acertos no pós-teste nas questões 1, 3, 4 e 5.**



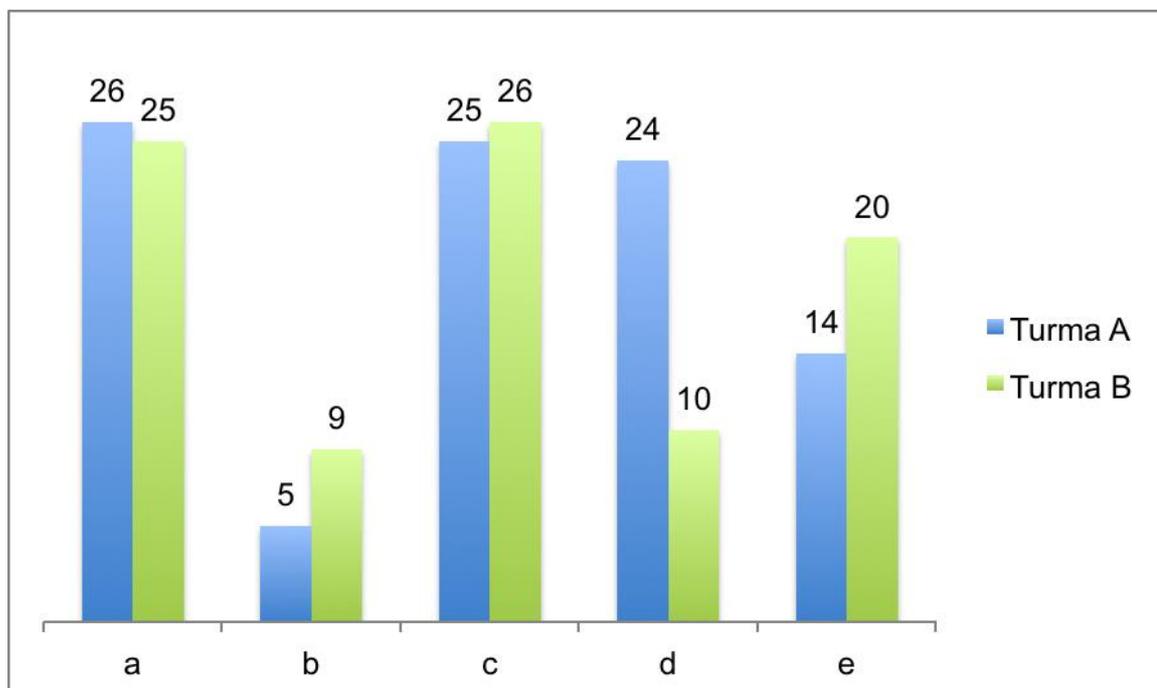
Fonte: Elaboração própria

**Gráfico 5 – Comparação quanto ao número de acertos no pós-teste na questão 2.**



Fonte: Elaboração própria

**Gráfico 6 – Comparação quanto ao número de acertos no pós-teste na questão 3.**



Fonte: Elaboração própria

## 5.2 Análise das questões do pré-teste

Nessa categoria é feita uma crítica detalhada em cada alternativa de cada questão do pré-teste (Apêndice A), para explicitar quais conhecimentos e associações cognitivas o professor pesquisador esperava do estudante e o que se pode inferir tanto dos erros quanto dos acertos em cada uma delas.

Para facilitar as investigações, os enunciados e as alternativas foram reproduzidas no início de cada análise.

**Questão 1: Um homem empurra um carrinho de supermercado e este se movimenta com velocidade constante. O que acontece com o carrinho de supermercado um certo tempo depois que o homem para de empurrá-lo? Marque a única alternativa correta.**

- a) Continua em movimento indefinidamente por inércia.
- b) Continua em movimento pois acumulou a força do homem.
- c) Para porque não existe nenhuma força atuando sobre ele.
- d) Para porque o repouso é o estado natural do carrinho.
- e) Para porque uma força o faz parar. [Gabarito]

Trata-se de uma questão de múltipla escolha em que o estudante deveria marcar apenas uma alternativa correta, sendo as demais incorretas.

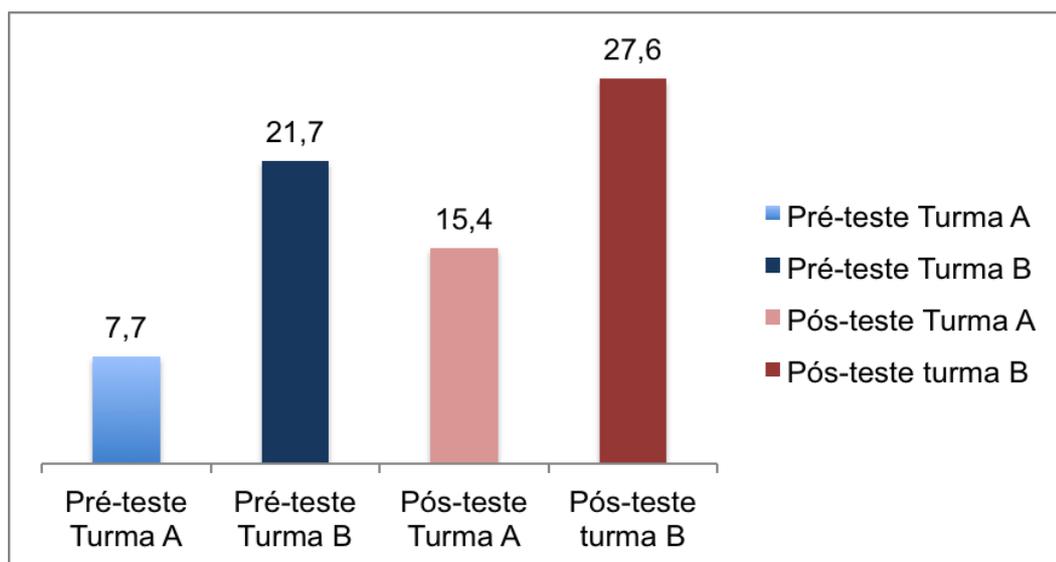
O enunciado da questão apresenta uma situação cotidiana de um carrinho de mercado sendo empurrado e se movimentando com velocidade constante e que deixa de ter sobre ele uma força motora a favor do movimento. Pede-se para o estudante identificar o que acontece com o movimento do carrinho após cessar a força motora.

**Alternativa a: Continua em movimento indefinidamente por inércia.**

A alternativa apresenta a situação vista na Primeira Lei de Newton em que um corpo em movimento permanece em movimento por inércia. Entretanto o enunciado não menciona a ausência da força de atrito entre as rodas do carrinho e o solo o que implica em considerá-la para a resolução da situação problema. Espera-se uma quantidade pequena de estudantes marcando essa opção no pré-teste por

ser de desconhecimento da maioria deles o termo Inércia. Já no pós-teste espera-se um aumento na escolha dessa alternativa como correta, pois o termo Inércia associado a um MRU passa a ser de conhecimento dos estudantes.

**Gráfico 7 – Comparação do percentual de escolha da alternativa A como resposta correta.**



Fonte: Elaboração própria

O gráfico 7 mostra um pequeno número de indivíduos escolhendo essa alternativa como correta no pré-teste, indicando que o desconhecimento do significado da palavra Inércia é uma possibilidade plausível.

Os números para o pós-teste aumentaram conforme a previsão e reforçam a ideia de associação da Inércia ao MRU. Contudo, também pode indicar uma aprendizagem mecânica do estudante ao apenas memorizar a Primeira Lei de Newton e relacioná-la arbitrariamente à Inércia, sem saber relacioná-la a situações-problemas.

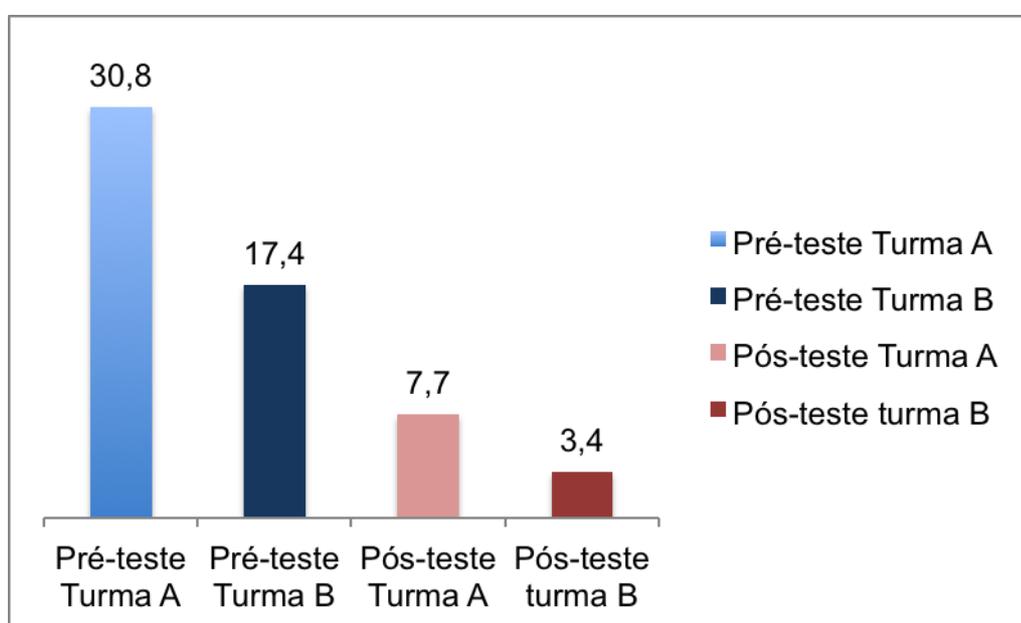
Vale a pena ressaltar que, após a correção em sala do pós-teste, alguns estudantes relataram terem escolhido essa alternativa com bastante certeza, pois afirmavam que, sem atrito o carrinho não iria parar. Essa informação mostra que esse grupo compreendia bem os conceitos abordados, mas teve problemas na interpretação com as informações. O professor indagou se o enunciado deixava

claro que o atrito seria desprezado. Os aprendizes se mostraram decepcionados por não terem se atentado ao fato evidenciado pelo professor.

**Alternativa b: Continua em movimento pois acumulou a força do homem.**

A alternativa reflete o senso comum de que a força, ao ser aplicada, é acumulada pelo objeto. Como a alternativa explora esse senso comum, espera-se um maior número de respostas para essa alternativa no pré-teste e uma diminuição no pós-teste, considerando que a metodologia aplicada foi eficaz.

**Gráfico 8 – Comparação do percentual de escolha da alternativa B como resposta correta.**



Fonte: Elaboração própria

Os dados do gráfico 8 auxiliam na interpretação de que as ideias do senso comum do acúmulo da força por um objeto foram alteradas para o pensamento cientificamente correto de que não há esse acúmulo de força nos objetos.

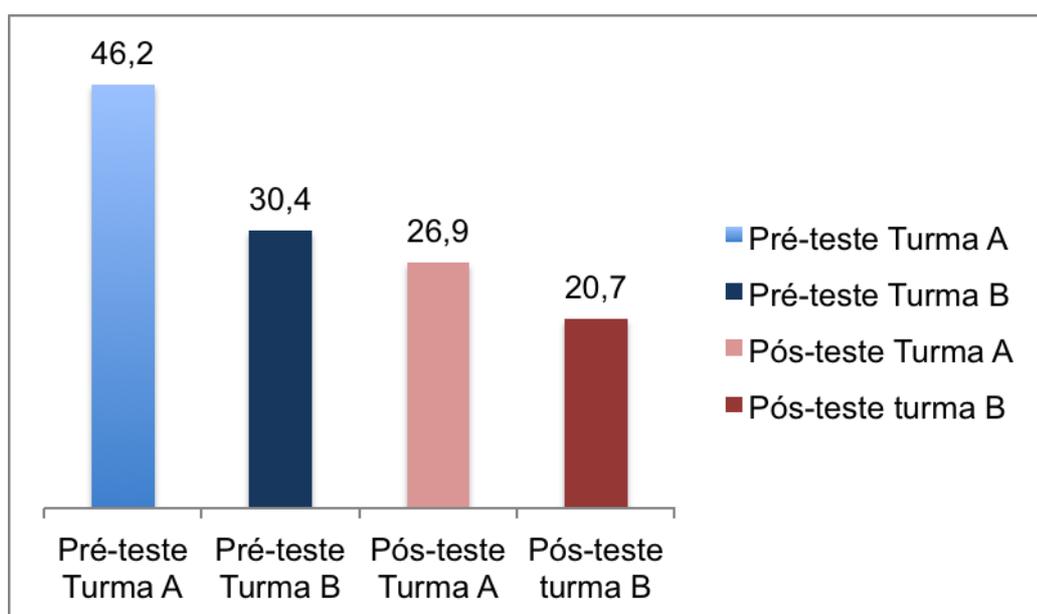
Durante a correção dos teste em sala pelo professor, este constatou que os estudantes tinham um conhecimento prévio de energia, porém não muito claro do ponto de vista da Física. O que eles pretendiam ao escolherem essa resposta, de acordo com a interpretação do professor, era afirmar que o movimento continuava porque a energia acumulada pelo carrinho se manteria constante, tentando se referir à energia cinética. Entretanto, mais uma vez a força de atrito foi desconsiderada,

pois mesmo que a resposta mencionasse o acúmulo de energia, o trabalho da força de atrito dissiparia essa energia, parando o carrinho.

**Alternativa c: Para porque não existe nenhuma força atuando sobre ele.**

Essa alternativa abarca o senso comum mais enraizado nos estudantes, a ideia que associa força ao movimento, ou seja, que só haverá movimento enquanto houver força sendo aplicada. Esse tipo pensamento parece ignorar a presença da força de atrito atuando contra o movimento e que uma força é necessária para anular os efeitos das resistências ao movimento e este permaneça retilíneo e uniforme. Pode-se inferir que, nesse caso, falta a noção aos indivíduos de que, se não houver nenhuma resistência não haveria motivo para a velocidade variar. Um grande desafio, não só para esta pesquisa, é modificar significativamente esse tipo de pensamento para o cientificamente correto. Espera-se uma maior quantidade de marcações nessa alternativa no pré-teste, visto que esse é um pensamento bastante comum, porém, como em todas as demais alternativas, fora o gabarito, uma diminuição na quantidade de estudantes escolhendo essa alternativa no pós-teste é bastante esperada.

**Gráfico 9 – Comparação do percentual de escolha da alternativa C como resposta correta.**



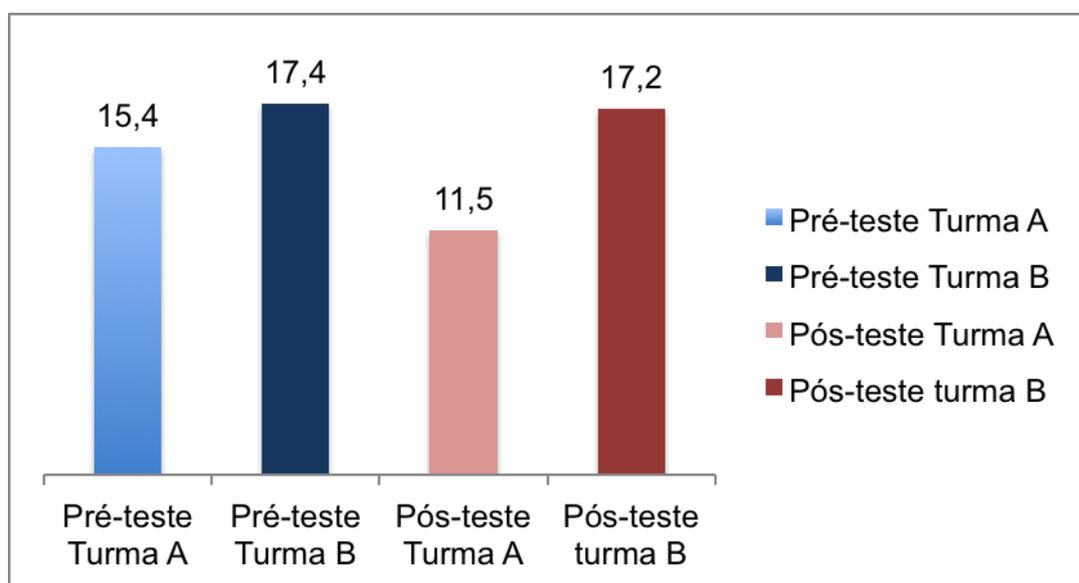
Fonte: Elaboração própria

Conforme o esperado, as informações do gráfico 9 evidenciam uma diminuição no número de escolhas para essa alternativa, mostrando uma tendência à mudança do pensamento comum de associar força a movimento para a noção correta de Inércia. O decréscimo não é acentuado, visto que o raciocínio sugerido pela alternativa não é simples de ser modificado.

**Alternativa d: Para porque o repouso é o estado natural do carrinho.**

Essa alternativa faz parte das ideias de Aristóteles de que o repouso era o estado natural dos corpos na Terra. A observação dos movimentos dos objetos no cotidiano pode levar as pessoas a pensarem que o repouso é um estado natural, que depois de um certo tempo tudo para. No pré-teste essa resposta pode ter uma quantidade razoável de escolha, mas espera-se um número pequeno de estudantes escolhendo esta alternativa como resposta no pós-teste.

**Gráfico 10 – Comparação do percentual de escolha da alternativa D como resposta correta.**



Fonte: Elaboração própria

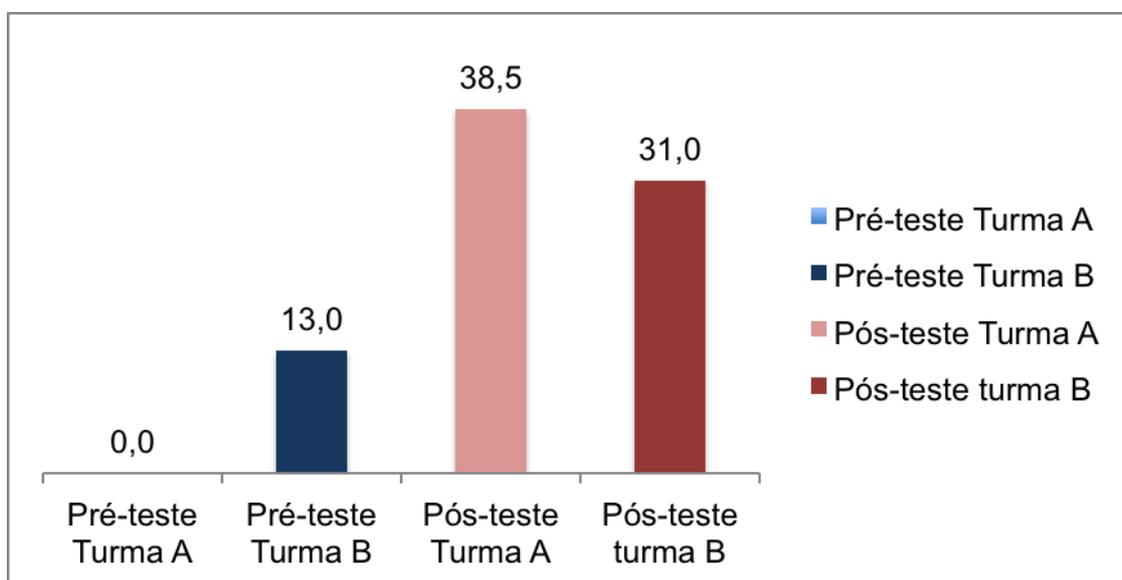
O gráfico 10 mostra que a quantidade de respostas teve uma queda pouco acentuada. Pode-se inferir que para um pequeno grupo de estudantes, as experiências do dia a dia com movimentos fortalece o pensamento de tendência ao

repouso e que, mesmo experimentos de curta duração que tentam provar o contrário não tem a mesma relevância que a experiência cotidiana.

**Alternativa e: Para porque uma força o faz parar.**

Esse é o gabarito. De acordo com a Primeira Lei de Newton, os corpos tendem a permanecer em repouso ou em MRU a não ser que uma força resultante diferente de zero atue sobre ele. No caso, o atrito entre as rodas do carrinho e o solo e também a resistência do ar são as forças que atuam no carrinho contra o sentido do movimento fazendo-o parar. Como as demais alternativas trazem sempre um pouco do senso comum e esta aborda o conhecimento adquirido pelo estudo das Leis de Newton, espera-se que essa alternativa seja pouco marcada como correta no pré-teste, mas que o aumento dessa escolha fique evidente no pós-teste.

**Gráfico 11 – Comparação do percentual de escolha da alternativa E como resposta correta.**



Fonte: Elaboração própria

Mesmo esperando um baixo índice de escolha, ter uma turma sem que nenhum estudante marcasse a resposta correta (gráfico 11) chamou a atenção indica que havia pouco conhecimento sobre a Primeira Lei de Newton por parte dos estudantes e que a noção de que os objetos param pela ação de uma força era uma

relação sem muito sentido, afinal, o comum seria associar força ao movimento e não ao repouso.

O aumento foi significativo na marcação dessa alternativa como correta no pós-teste, indicando que a metodologia aplicada foi eficiente ao modificar as relações cognitivas de mais de 30% dos estudantes quanto à ideia de associar força e movimento.

**Questão 2: Ao jogar uma borracha para cima, um estudante observa que ela sobe até uma certa altura, para e retorna até a mão dele. Sobre esta situação, julgue os itens abaixo em certo ( C ) ou errado (E).**

- a. A borracha sobe, pois não há atuação da força da gravidade. [Errado]**
- b. A borracha sobe, pois a força da mão do estudante continua atuando sobre ela. [Errado]**
- c. A borracha para, pois no ponto mais alto a gravidade é nula. [Errado]**
- d. A borracha desce com aceleração cada vez maior. [Errado]**
- e. A borracha desce com velocidade cada vez maior. [Certo]**
- f. No ponto mais alto, a borracha para porque não existe força atuando nela nesse instante. [Errado]**

Trata-se de uma questão do tipo Certo ou Errado em que uma situação é apresentada no enunciado e várias proposições sobre a situação e assuntos correlatos são dispostas para serem julgadas.

O enunciado aborda uma situação bastante simples, o que não é sinônimo de fácil, de um objeto sendo lançado verticalmente para cima e, após um certo intervalo de tempo, retornando ao ponto de lançamento.

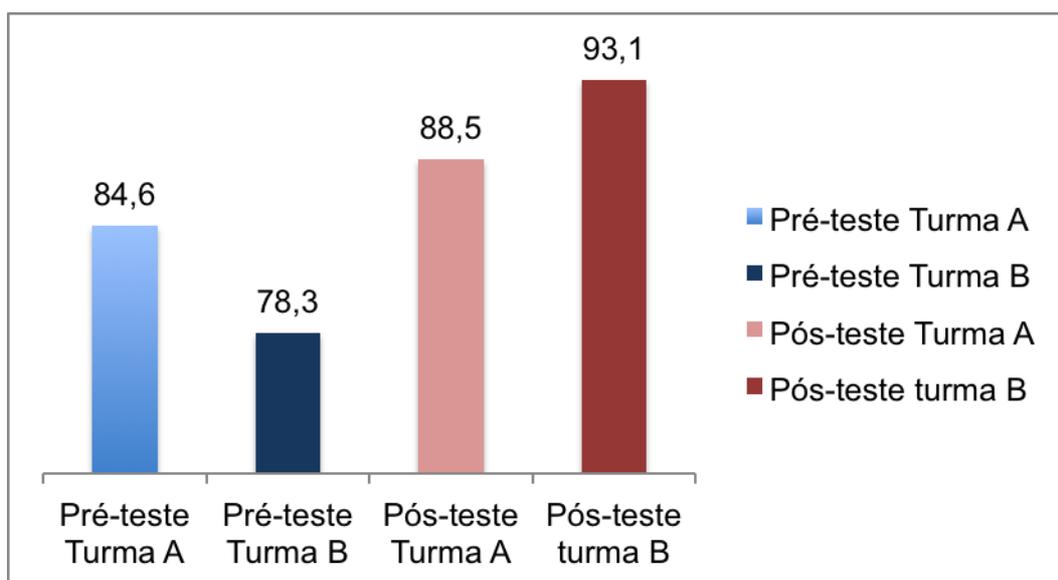
Por ser simples, durante a resolução foram observados vários estudantes executando o experimento durante a aplicação dos testes, com a intenção de analisarem melhor a situação e as proposições e obterem melhor resultado, conforme relato dos próprios estudantes.

**Alternativa a: A borracha sobe, pois não há atuação da força da gravidade.**

Errada. Avalia-se o conhecimento acerca da força da gravidade, tanto na subida quanto na descida de um objeto. Infere-se, que mesmo não tendo um vasto conhecimento sobre o assunto, a maioria dos estudantes que terminam o Ensino

Fundamental tenham noções de Gravitação. É esperado um número razoável de acertos tanto no pré-teste quanto no pós-teste, visto que a aprendizagem sobre as Leis de Newton apenas reforcem as noções sobre movimento uniformemente variado estudado anteriormente em Cinemática.

**Gráfico 12 – Comparação do percentual de acerto da alternativa A.**



Fonte: Elaboração própria

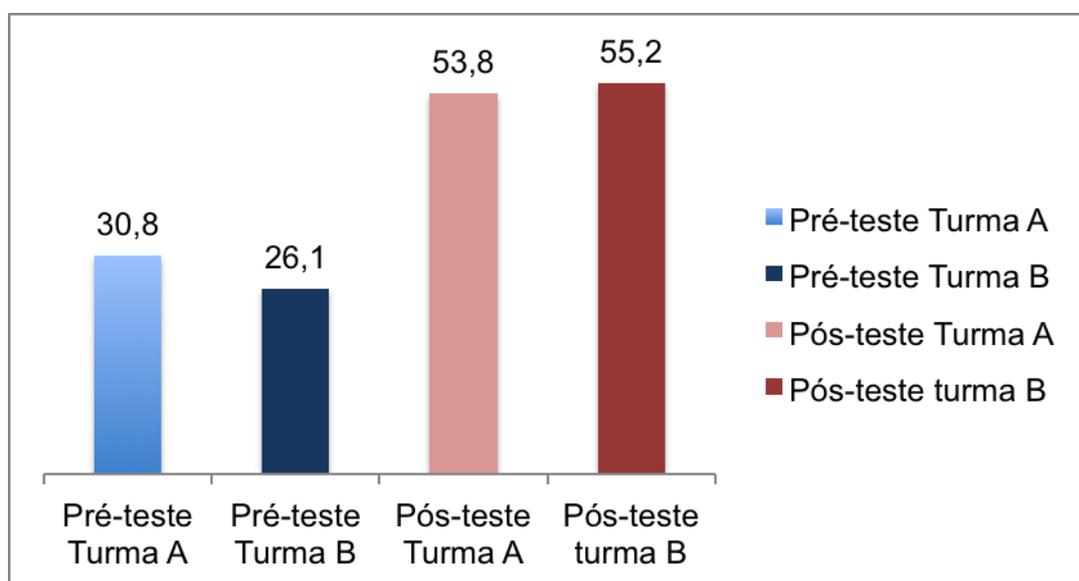
O gráfico 12 confirma a previsão de um alto índice de acerto, indicando que existe um bom conhecimento dos estudantes sobre a atuação da força gravitacional na superfície da Terra. Essa informação permite redirecionar o enfoque das aulas para outros temas, sem maiores preocupações com a força gravitacional.

**Alternativa b: A borracha sobe, pois a força da mão do estudante continua atuando sobre ela.**

Errada. Alternativa com pensamento semelhante as alternativas **b** e **d** da questão **1**, pois associa a noção de força ao movimento e também ao armazenamento da força, por não estar em contato com o aplicador da força, mas continuar se movendo. Espera-se uma pequena quantidade de acertos no pré-teste, visto que o item explora o pensamento do senso comum. Que não está de acordo com o cientificamente correto. Contudo o pós-teste deve indicar um aumento no

número de respostas corretas, pois se espera uma mudança do pensamento em relação ao senso comum.

**Gráfico 13 – Comparação do percentual de acerto da alternativa B.**



Fonte: Elaboração própria

Conforme o esperado, os dados do gráfico 13 exibem um aumento significativo de acerto do item, mesmo que este tente associar incorretamente o motivo da subida com o acúmulo de força por parte do lançador.

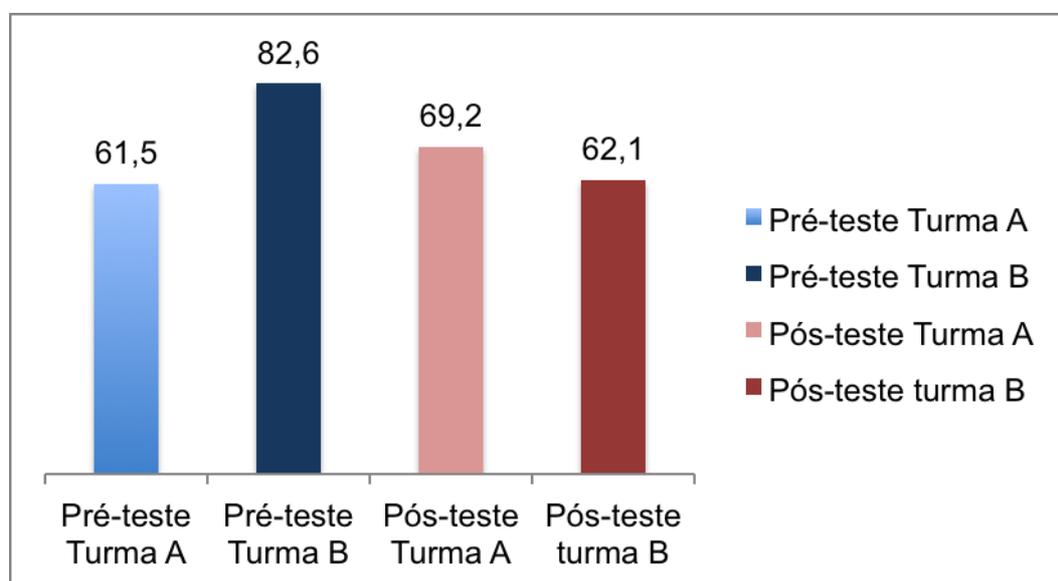
Ao revisitar o gráfico 8, pode-se observar uma consonância entre seus dados e os do gráfico 13, reforçando a ideia de que o pensamento cientificamente correto que não associa movimento ao acúmulo de forças se sobrepôs ao pensamento comum dessa associação após as aulas ministradas com base na metodologia proposta.

**Alternativa c: A borracha para, pois no ponto mais alto a gravidade é nula.**

Errada. Novamente uma alternativa associa o movimento a uma força. Como no ponto mais alto o movimento cessa, o estudante poderia pensar que isso só seria possível sem a aplicação de uma força, no caso a gravitacional. Todavia, imaginar que a força gravitacional cessaria em um determinado ponto não é muito intuitivo, mesmo para os que desconhecem os conceitos da Gravitação. Espera-se uma quantidade razoável de acertos tanto no pré-teste quanto no pós-teste. Pretende-se

confirmar um conhecimento prévio de que a força gravitacional não pode ser “desligada” em um certo ponto.

**Gráfico 14 – Comparação do percentual de acerto da alternativa C.**



Fonte: Elaboração própria

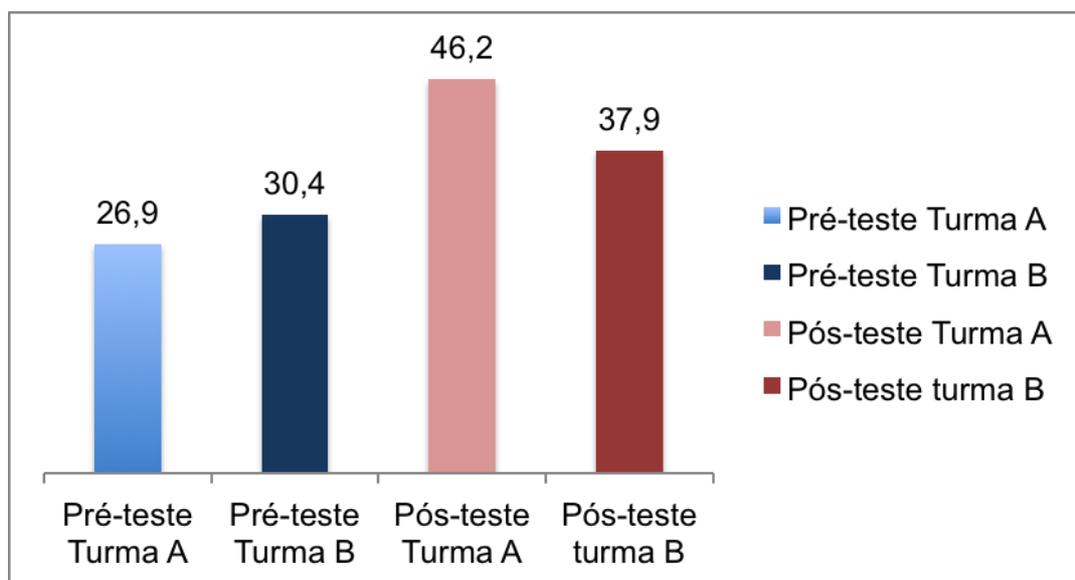
As informações do gráfico 14 apontam uma certa estabilidade quanto ao pensamento avaliado na alternativa com um decréscimo de uma das turmas na quantidade de acertos.

Como as aulas não tiveram enfoque específico em movimentos nos quais a força gravitacional era paralela ao movimento, sendo responsável pela mudança da velocidade, os dados se mostraram interessantes, pois indicam que os conhecimentos prévios sobre o assunto não foram alterados. Isso é positivo, pois a maioria dos estudantes tinham conhecimentos corretos sobre o assunto.

#### **Alternativa d: A borracha desce com aceleração cada vez maior.**

Errada. A alternativa avalia a diferenciação que o estudante deve fazer entre velocidade e aceleração. A força aplicada sobre o objeto é constante, logo a aceleração também é constante, o que falseia a afirmativa, visto que a velocidade é alterada constantemente. Espera-se um índice abaixo de 50% de acerto nessa alternativa no pré-teste e uma melhora significativa no pós-teste.

**Gráfico 15 – Comparação do percentual de acerto da alternativa D.**



Fonte: Elaboração própria

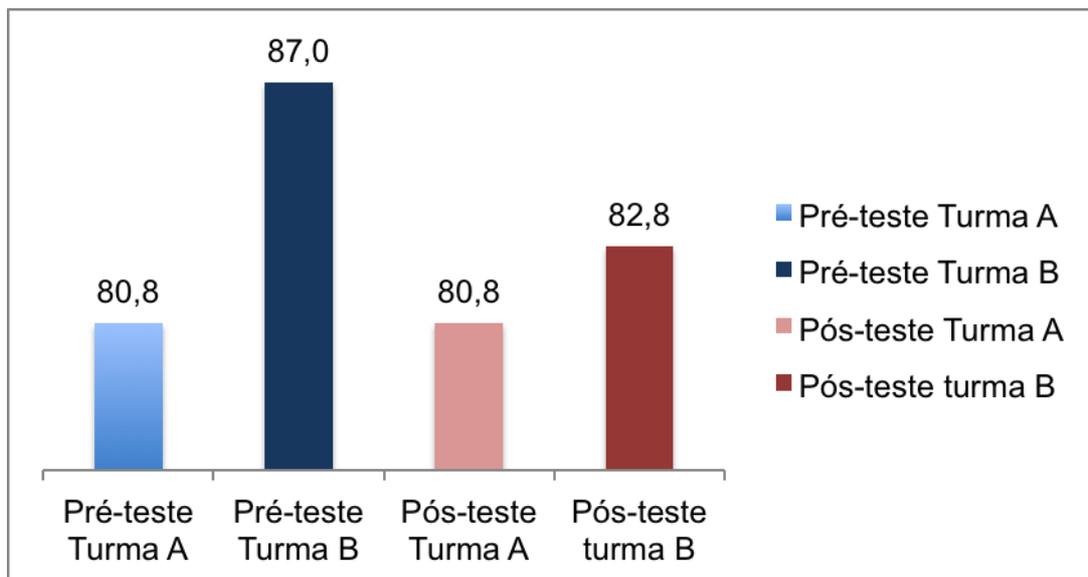
As informações do gráfico 15 denotam um índice abaixo de 50% de acerto no pré-teste, entretanto, apesar de evidenciar uma melhora, ela não foi tão expressiva quanto se imaginava.

Uma possível explicação é que durante a aplicação do pré-teste o professor pesquisador percebeu que a alternativa acabou se tornando uma espécie de “pegadinha”, pois muitos alunos chamavam o professor em suas carteiras e afirmavam que havia um erro de repetição de alternativas no teste, que a alternativa **d** e **e** eram iguais. Esse fato ocorreu nas duas turmas tanto no pré-teste quanto no pós-teste. Para futuras utilizações deste teste, sugere-se a reelaboração desta alternativa, pois a avaliação e inferências ficam comprometidas.

**Alternativa e: A borracha desce com velocidade cada vez maior.**

Correta. A alternativa também avalia a diferenciação do estudante entre velocidade e aceleração. A força aplicada sobre o objeto é constante, logo a aceleração também é constante o que faz a velocidade variar tanto na subida quanto na descida, sendo que na descida há um aumento no valor da velocidade. Devido a presença da alternativa **d** desta mesma questão, esperava-se um número alto de respostas corretas tanto no pré-teste quanto no pós-teste.

**Gráfico 16 – Comparação do percentual de acerto da alternativa E.**



Fonte: Elaboração própria

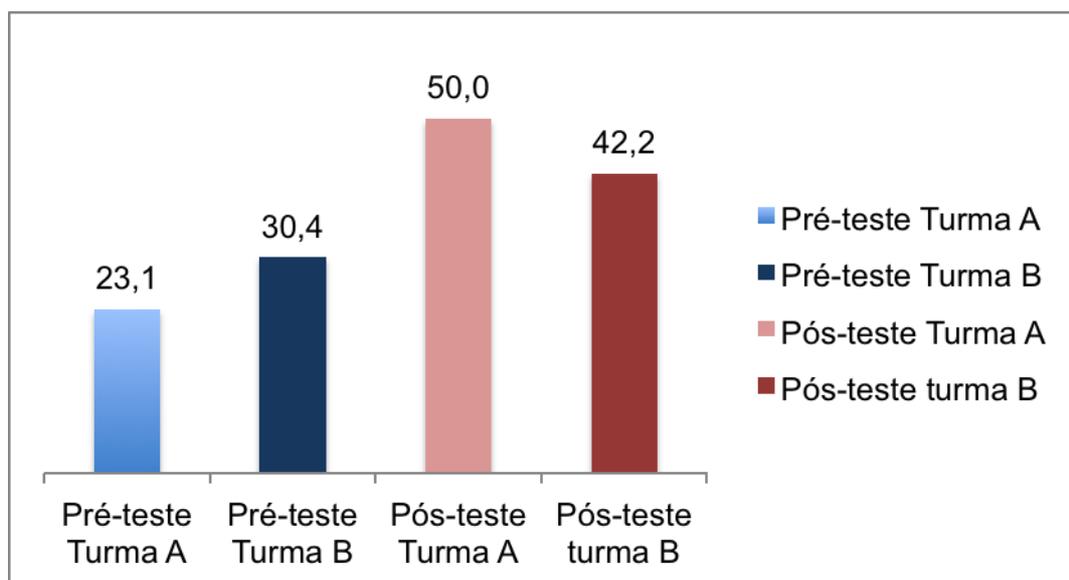
Após a constatação do que ocorreu com a alternativa **d** dessa mesma questão, pode-se inferir que o presente item também perde um pouco seu valor avaliativo. Não seria surpreendente que houvesse um contraste entre a quantidade de acertos nas alternativas **d** e **e**, afinal os estudantes, por pensarem se tratar da mesma questão, marcaram ambas como verdadeiras.

Para futuros testes, recomenda-se um ajuste entre essas duas alternativas para que os dados obtidos a partir delas sejam mais relevantes para uma avaliação e inferências.

**Alternativa f: No ponto mais alto, a borracha para porque não existe força atuando nela nesse instante.**

Errada. A alternativa é bastante semelhante a alternativa **a** dessa mesma questão, porém uma maior generalidade ao utilizar o termo “força” sem especificar qual, torna o item mais próximo do senso comum, aumentando a probabilidade de ser marcado como correto no pré-teste. Porém, espera-se uma diminuição desse erro no pós-teste, auxiliando nos indicativos de ocorrência de aprendizagem significativa do conceito de Inércia.

**Gráfico 17 – Comparação do percentual de acerto da alternativa F.**



Fonte: Elaboração própria

Os aumentos no percentual de acerto indicados pelo gráfico 17 e ainda comparados com o gráfico 12 sustentam a ideia de que houve mudança no pensamento dos estudantes desvinculando a necessidade de haver uma força para que haja movimento.

**Questão 3: Um automóvel com dois passageiros trafega ao longo de uma reta em uma rodovia com velocidade constante. Inesperadamente, uma vaca invade a pista e o motorista freia bruscamente até parar. Dessa forma, foi possível evitar um acidente. Sobre esta situação, julgue os itens em certo ( C ) ou errado (E).**

- O automóvel está em equilíbrio apenas quando para. [Errado]**
- No momento da freada, uma força chamada inércia empurra os passageiros para frente. [Errado]**
- No momento da freada, os passageiros são lançados para frente, pois tendem a permanecer em movimento. [Certo]**
- Em caso de colisão, a força que o carro faria sobre a vaca seria maior do que a força que a vaca faria sobre o carro. [Errado]**
- Após ficar em repouso, não há mais inércia atuando sobre o automóvel. [Errado]**

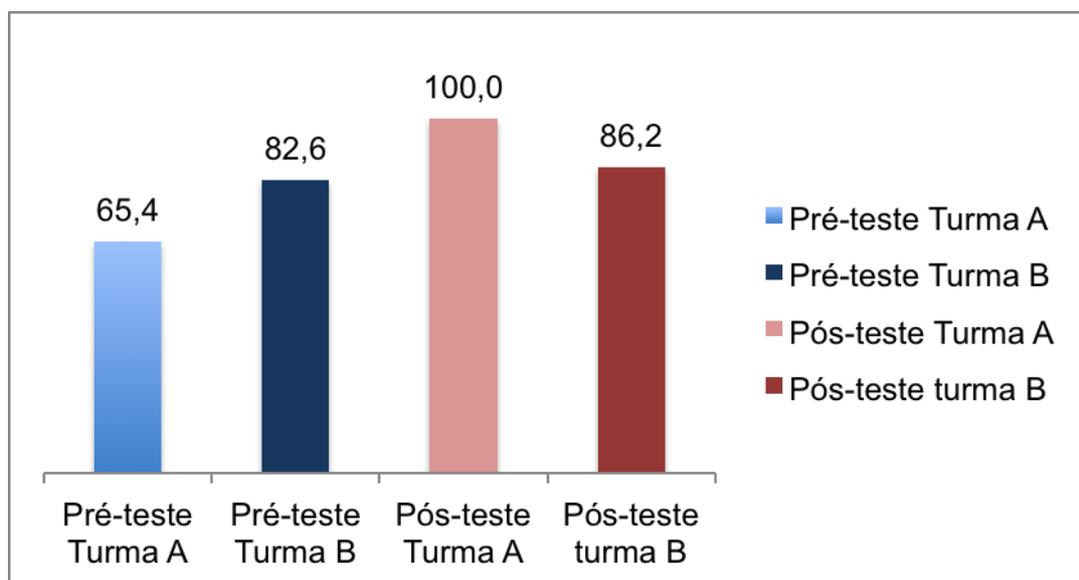
Trata-se de uma questão do tipo Certo ou Errado em que uma situação é apresentada no enunciado e várias proposições sobre a situação e assuntos correlatos são dispostas para serem julgadas.

Novamente uma questão que aborda as Leis de Newton com uma situação-problema buscando indícios de uma aprendizagem significativa dessas Leis do movimento. A questão é uma releitura da questão clássica e bastante presente em livros consagrados de Ensino Médio que analisa o movimento de passageiros que estão em um ônibus em movimento e este freia bruscamente.

**Alternativa a: O automóvel está em equilíbrio apenas quando para.**

Errada. A alternativa avalia o conhecimento do estudante sobre equilíbrio dos corpos. O objetivo é verificar se o estudante associa o equilíbrio à Primeira Lei de Newton, sendo esta condição necessária tanto para o repouso quanto para o MRU e não apenas para o repouso. É esperado um baixo índice de acerto no pré-teste e uma melhora significativa desse índice no pós-teste.

**Gráfico 18 – Comparação do percentual de acerto da alternativa A.**



Fonte: Elaboração própria

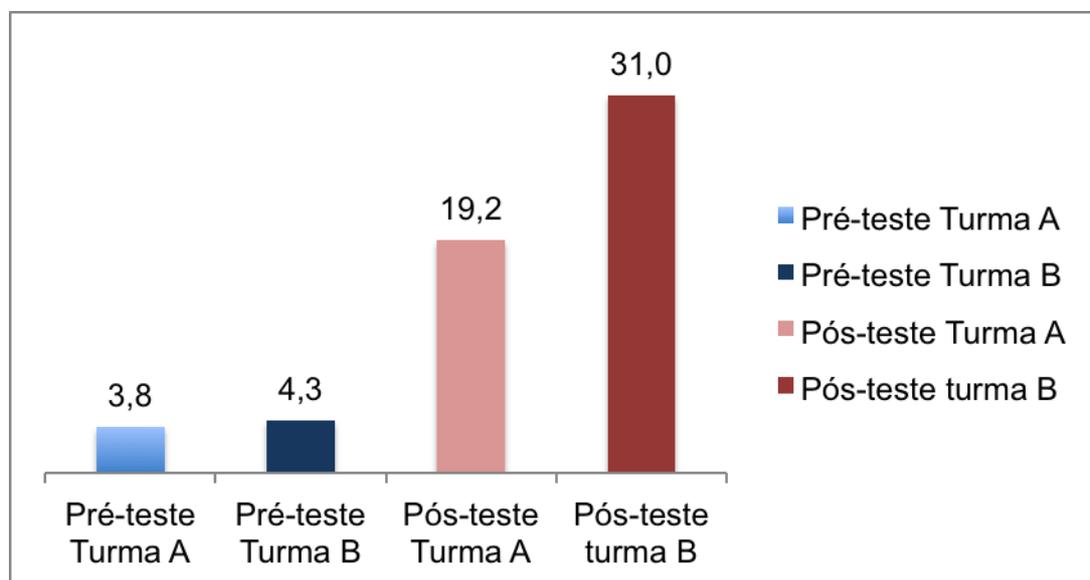
O que foi observado com auxílio do gráfico 18 é que mesmo no pré-teste o índice de acerto foi consideravelmente alto. Isso pode ser explicado relacionando-o às respostas dadas na questão 5 em que vários estudantes associaram o termo equilíbrio às situações que envolvem o torque e não ao fato de existir o equilíbrio estático e o dinâmico.

O índice de 100% de acerto em uma das turmas é animador e reforça os indícios de aprendizagem significativa dos conceitos de equilíbrio ao serem associados ao repouso e ao MRU na Primeira Lei de Newton.

**Alternativa b: No momento da freada, uma força chamada inércia empurra os passageiros para frente.**

Errada. A alternativa associa a Inércia a uma força. A intenção era identificar estudantes que associam força ao movimento, tendo ou não o conhecimento do conceito de Inércia. Espera-se um baixo número de acertos no pré-teste, visto que o senso comum associa a existência de uma força para que haja movimento, mesmo que o nome da força (inércia) seja desconhecido, somente a ideia de ser uma força atuando parece ser suficiente para marcar a alternativa como verdadeira. Já no pós-teste, espera-se um aumento significativo no acerto dessa alternativa, indicando que os estudantes desvincularam a necessidade de força para haver movimento.

**Gráfico 19 – Comparação do percentual de acerto da alternativa B.**



Fonte: Elaboração própria

Apesar de o gráfico 19 evidenciar um aumento na quantidade de estudantes que acertaram essa alternativa no pós-teste, o número de acertos foi baixo, mesmo após a aplicação da metodologia.

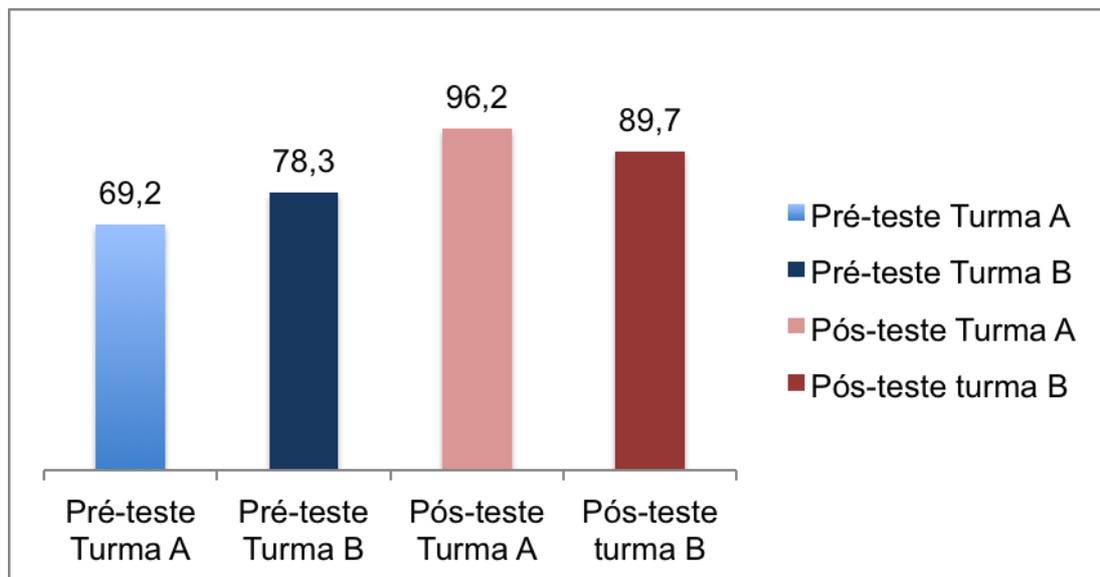
O professor pesquisador, ao analisar os resultados do pré-teste, identificou a associação incorreta de que a Inércia seria uma força e elaborou parte do plano de aula com ênfase nesta questão.

Porém os dados obtidos após a aplicação da metodologia indicam que a abordagem parece não ter sido suficiente para um aumento expressivo na quantidade de acertos.

Entretanto, durante a correção da avaliação, que também faz parte do processo de ensino-aprendizagem, a questão foi discutida em sala, na tentativa de mudar essa forma de pensar da maioria dos estudantes avaliados, mas seria necessária outra avaliação com item similar para verificar a eficácia dessa abordagem.

**Alternativa c: No momento da freada, os passageiros são lançados para frente, pois tendem a permanecer em movimento.**

Correta. De acordo com a Primeira Lei de Newton, corpos em Movimento Retilíneo e Uniforme tendem a permanecer neste movimento a não ser que uma força resultante diferente de zero atue sobre ele. O objetivo do item foi de avaliar os conhecimentos sobre a Inércia em uma aplicação direta da Primeira Lei de Newton como a justificativa correta para o aparente lançamento dos corpos de dentro do carro (referencial carro, visto que de um referencial da terra, os passageiros apenas continuaram em MRU). Nesse item esperava-se um número baixo de respostas corretas no pré-teste e um aumento desse índice no pós-teste.

**Gráfico 20 – Comparação do percentual de acerto da alternativa C.**

Fonte: Elaboração própria

Entretanto, o elevado percentual registrado no pós-teste pelo gráfico 20 realça a hipótese de que a aprendizagem do conceito de Inércia e a tendência do MRU sem aplicação de força ocorreu de forma satisfatória, entretanto os índices obtido com o pré-teste também foram altos, indo de encontro ao que se esperava.

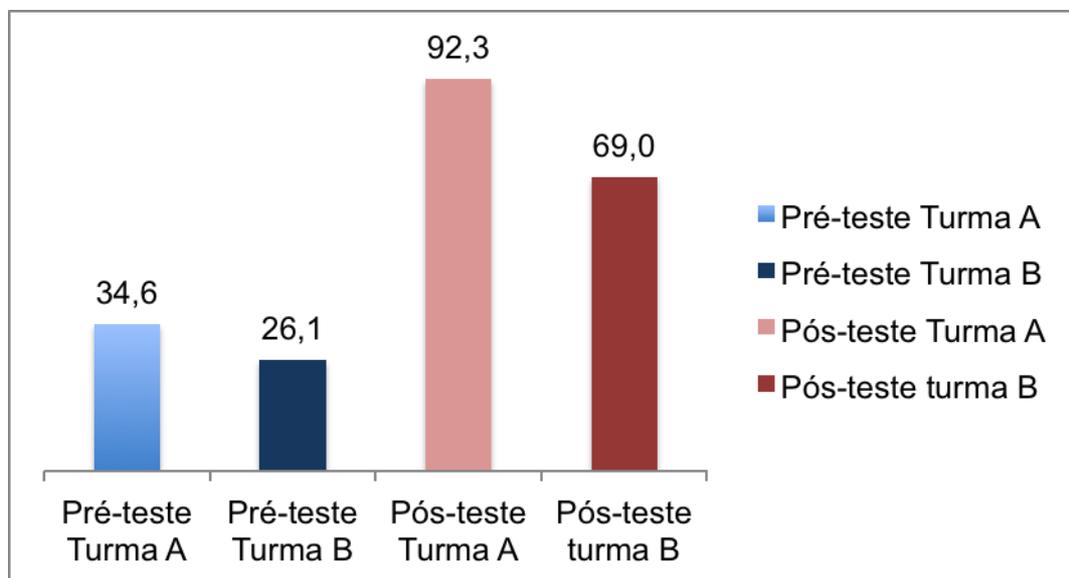
Com os dados obtidos do pré-teste não se pode inferir que os estudantes sabiam razoavelmente conceitos correlatos à Inércia, visto que as informações obtidas com os demais itens e questões, suportam a ideia de que esse conhecimento era bastante limitado.

**Alternativa d: Em caso de colisão, a força que o carro faria sobre a vaca seria maior do que a força que a vaca faria sobre o carro.**

Errada. O item associou a ideia de que em uma colisão, a massa maior exerceria maior força na massa menor, similar a noção do senso comum de que a força com que a Terra atrai uma pessoa é maior do que a força com que a pessoa atrai a Terra. Tal pensamento parece estar associado a aceleração que será adquirida por cada corpo. Na verdade a força é a mesma em intensidade conforme afirma a Terceira Lei de Newton. Espera-se que a quantidade de acertos seja pequena no pré-teste e que haja um aumento da quantidade de acertos no pós-teste, desvinculando o pensamento de associação direta entre a intensidade das forças trocadas entre os corpos e suas massas. Isso seria um indício de que o estudante

compreende a diferença entre massa e aceleração e sabe interpretar, de maneira correta, situações em que ambos os conceitos estão envolvidos.

**Gráfico 21 – Comparação do percentual de acerto da alternativa D.**

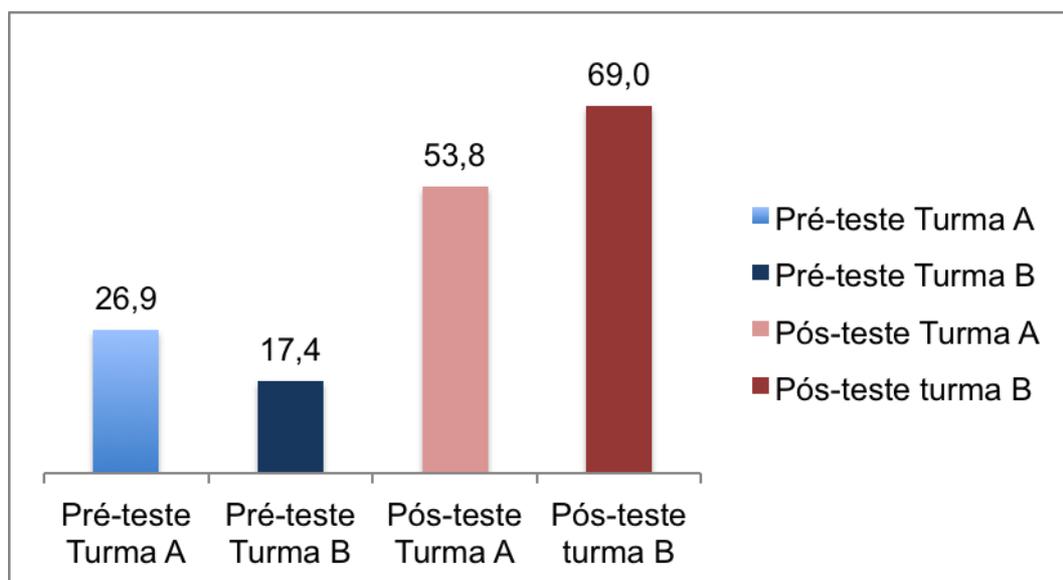


Fonte: Elaboração própria

Conforme o esperado, o índice de acerto no pré-teste foi pequeno quando comparado ao mesmo índice no pós-teste, conforme elucida o gráfico 21. Aliás, o alto índice de acerto no pós-teste indica que os estudantes compreenderam melhor a diferença entre massa e aceleração que a alternativa exige.

**Alternativa e: Após ficar em repouso, não há mais inércia atuando sobre o automóvel.**

Errada. A alternativa faz duas conexões associadas ao senso comum. A primeira afirma que a inércia seria uma força. E a segunda relaciona força ao movimento e ausência de força ao estado de repouso. O correto é que, após o repouso os objetos tendem a permanecer em repouso por inércia (Primeira Lei de Newton). Para o pré-teste a quantidade de acertos deve ser pequena, visto que a alternativa traz duas ideias do senso comum associadas de maneira aparentemente lógica, dando maior suporte para o tipo de pensamento sugerido. Já no pós-teste, espera-se que a quantidade de acertos aumente significativamente, visto que as duas ideias propostas pela alternativa serão bem trabalhadas na metodologia aplicada.

**Gráfico 22 – Comparação do percentual de acerto da alternativa E.**

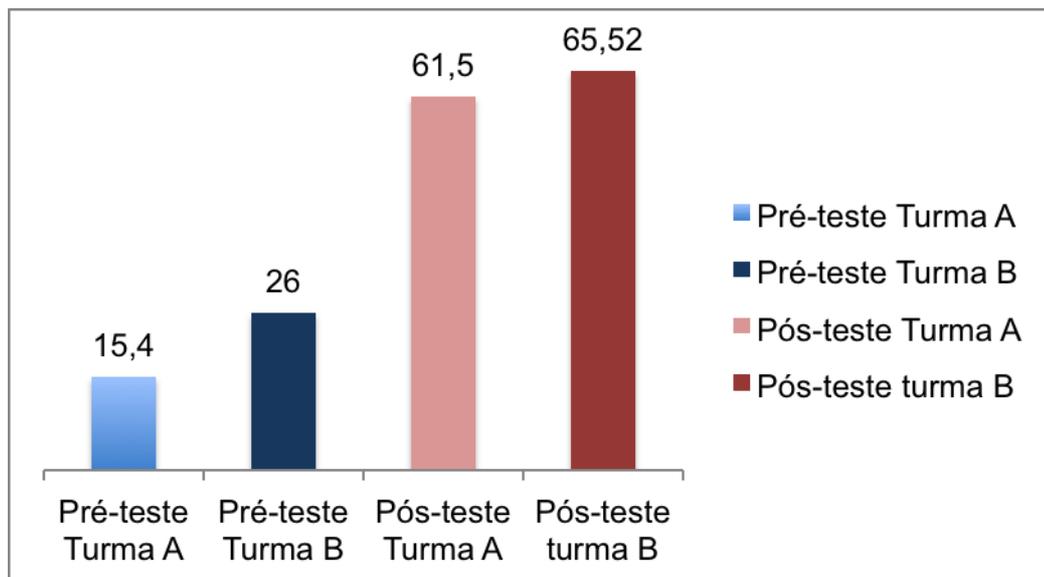
Fonte: Elaboração própria

Pelas informações obtidas do gráfico 22, a metodologia utilizada parece ter sido eficiente visto ter auxiliado na dissociação da força como necessária ao movimento. Do gráfico também se pode inferir que a ideia da Inércia ser uma força parece ter diminuído, auxiliando também em uma melhor análise positiva dos dados do gráfico 19.

As três questões a seguir são do tipo discursivas. Nelas o avaliador tem uma amplitude maior de respostas e pode verificar alguma tendência de respostas similares e conhecer melhor quais são as concepções prévias dos estudantes sobre um determinado assunto.

#### **Questão 4: Um objeto parado está em equilíbrio?**

Ao serem questionados no pré-teste se um objeto parado está em equilíbrio, pretendia-se verificar se os estudantes associavam equilíbrio ao repouso. O professor imaginou que uma boa parte dos estudantes poderia ter esse conhecimento prévio, pois a palavra equilíbrio é bastante presente no cotidiano, sendo utilizada em diversas situações. Já no pós-teste, esperava-se que os estudantes respondessem com base nos conhecimentos adquiridos sobre equilíbrio estático e que o número de respostas corretas aumentasse significativamente.

**Gráfico 23 – Comparação do percentual de acerto da questão 4.**

Fonte: Elaboração própria

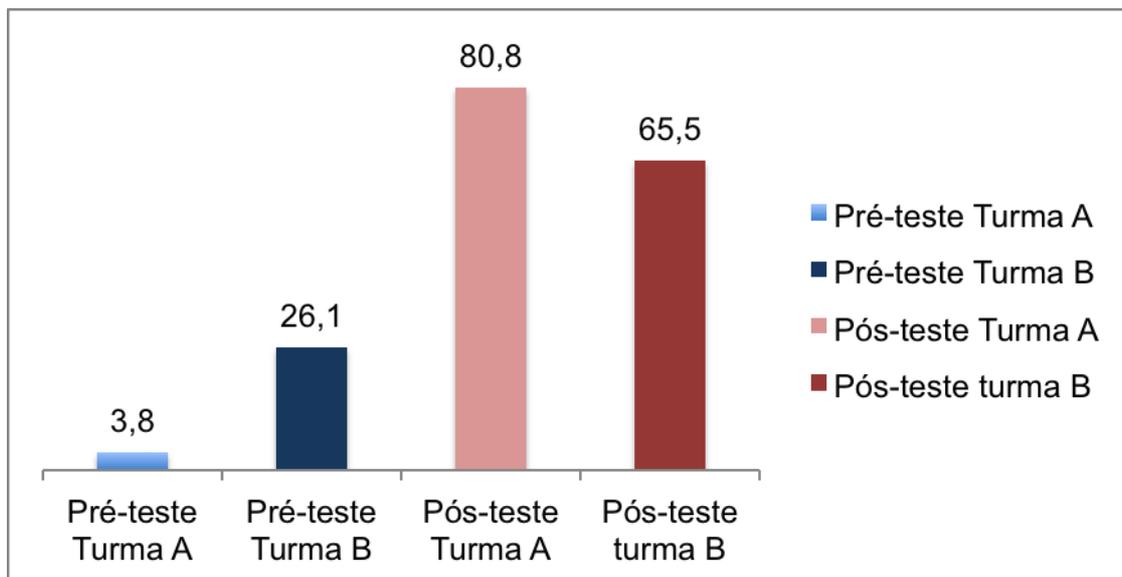
Ao contrário do que se imaginava a quantidade de estudantes conhecedores da relação entre movimento e equilíbrio foi pequena no pré-teste (gráfico 23), gerando modificações no plano de aulas antes de ser aplicado para que essa relação pudesse ser compreendida corretamente pelos aprendizes. As informações do pós-testes propõem uma boa aprendizagem do que é equilíbrio estático.

### **Questão 5: Um objeto em movimento pode estar em equilíbrio?**

Gabarito: Sim. Se o objeto estiver em movimento retilíneo e uniforme (MRU), estará em equilíbrio dinâmico, pois a força resultante será nula, portanto não haverá aceleração.

Essa questão avaliou os conhecimentos sobre o equilíbrio dinâmico de maneira indireta. Para o pré-teste supôs-se um baixo índice de acerto, visto que o senso comum costuma associar o equilíbrio apenas ao estado de repouso. Respostas que afirmavam que era possível o equilíbrio no movimento e justificavam-na com base no MRU, ou ao menos com a ideia de velocidade constante foram aceitas como corretas no pré-teste. Já no pós-teste era esperado um alto índice de acerto, visto que os dois tipos de equilíbrio seriam estudados e que uma das partes mais importantes da metodologia era a capacidade de o estudante compreender a Primeira Lei de Newton com os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico. Caso contrário a metodologia não terá sido eficiente neste quesito e deverá ser revista.

**Gráfico 24 – Comparação do percentual de acerto da questão 5.**



Fonte: Elaboração própria

A discrepância entre os dados do pré-teste e do pós-teste elucidadas pelo gráfico 24 possibilita a inferência de que, após as aulas utilizando a metodologia proposta, o pensamento dos estudantes sobre os tipos de equilíbrio e a relação deles com a Primeira Lei de Newton ficou mais sedimentado nos processos cognitivos de suas mentes. Isso dá maior suporte a eficácia da metodologia utilizada e seus benefícios para os estudantes.

**Questão 6: O que significa dizer que uma pessoa ou um objeto está em equilíbrio?**

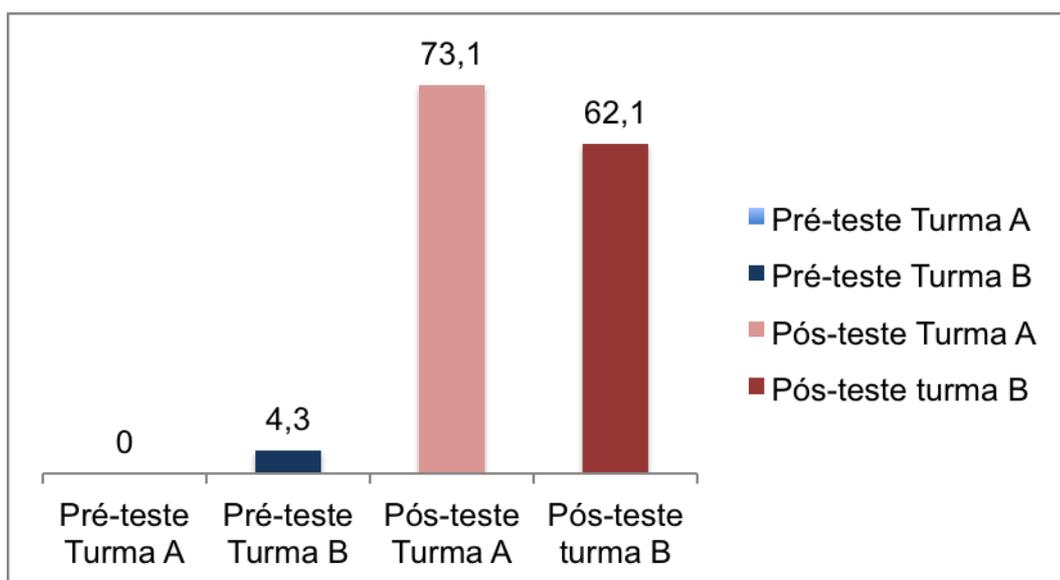
Gabarito: Significa dizer que a força resultante que atua sobre a pessoa ou objeto é nula. Significa que o corpo está em repouso ou em Movimento Retilíneo e Uniforme, ou seja, a velocidade da pessoa ou do objeto não está variando.

Essa questão teve o papel de medir a capacidade de manifestação pessoal, a partir do ponto de vista de cada estudante, do significado de um corpo estar em equilíbrio.

Para o pré-teste esperava-se um baixo índice de acerto, pois o professor já imaginava que os estudantes teriam algumas noções do conceito de equilíbrio principalmente baseadas em exemplos do cotidiano porém uma maior carência de conhecimentos cientificamente corretos gerariam insegurança nos estudantes para

transcrever as ideias no papel. Já no pós-teste, um alto índice de acerto era esperado pelo professor pesquisador ao confiar no fato que a metodologia aplicada seria eficiente na aprendizagem desse conceito e que escrever sobre o mesmo seria mais fácil, portanto.

**Gráfico 25 – Comparação do percentual de acerto da questão 6.**



Fonte: Elaboração própria

Em uma primeira análise os dados do gráfico 25 se mostram promissores e bem de acordo com as previsões do professor pesquisador, sendo um bom suporte para a eficácia da metodologia.

Contudo, após uma reflexão e análise mais apurada o professor pesquisador percebeu que uma quantidade razoável de educandos havia respondido de maneira parcialmente correta a essa questão no pré-teste ao relacionar o conceito de equilíbrio à ideia de momento da força (torque). E mais interessante ainda, nas respostas do pós-teste nenhum aluno fez menção a ideias relacionadas ao torque. O que, em princípio pareceu bom, pois os alunos haviam respondido, em sua maioria, corretamente a questão, depois foi lamentado pelo próprio pesquisador, pois os estudantes pareciam ter respondido o que era esperado pelo professor, evidenciando uma aprendizagem mecânica e com perda de algumas boas relações entre noções de torque e noções de equilíbrio.

Para o pós-teste, houve um grande crescimento de respostas corretas, o que poderia ser um bom indício de aprendizagem do conceito de equilíbrio, porém o parágrafo anterior altera um pouco essa percepção, deixando dúvidas quanto ao aprendizado significativo do conceito de equilíbrio, que parecia ter ocorrido ao se observar as análises das questões **4** e **5**, assim como a alternativa **a** da questão **3**.

Após a verificação de todas essas informações e a ocorrência de poucos indicadores negativos, nota-se uma ampla ocorrência de indicadores positivos quanto a aprendizagem significativa das Leis de Newton ao se utilizar a metodologia proposta no capítulo 4, em especial à Primeira Lei de Newton e sua conexão e reestruturação com base nos conceitos de equilíbrio de pontos materiais.

## **CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de um pré-teste como forma de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes foi fundamental para este trabalho, pois auxiliou na identificação de conceitos errados do ponto de vista científico e mostrou fortes indícios de que os conceitos de Inércia e equilíbrio dos corpos assim como noções de movimento associado necessariamente a aplicação de forças estava bastante presente no pensamento dos estudantes.

A apropriação destas informações permitiu a elaboração de um plano de aula com ênfase nessas ideias a fim de confrontá-las com o conhecimento cientificamente correto e aumentar a eficácia da aprendizagem da Primeira Lei de Newton, comprovando a hipótese proposta neste trabalho.

A utilização do pós-teste e a comparação dos resultados propiciaram a constatação de indícios de que a metodologia utilizada foi capaz de provocar mudanças positivas no pensamento dos alunos. Os tipos de questões utilizadas para verificação da assimilação de ideias por parte dos estudantes mostrou que os mesmos foram capazes de elaborar raciocínios que vão além da simples memorização, indicando que a aprendizagem dos conceitos estudados não foi arbitrária e sim significativa.

O fato de muitos estudantes serem capazes de relacionar os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico com o repouso e o MRU, respectivamente, também podem ser vistos como um bom motivo para a implementação da metodologia proposta.

Sendo assim, os objetivos desta pesquisa foram alcançados, visto que os conhecimentos prévios foram identificados e utilizados para a elaboração de um plano de aula voltado para dificuldades apontadas por eles, assim como a aplicação desse plano de aula apontou indícios de que a aprendizagem foi significativa.

O plano de aula, assim como o roteiro da atividade experimental desenvolvidos neste trabalho são uma proposta diferente da abordagem usual das Leis de Newton, especialmente em relação à Primeira Lei de Newton no Ensino Médio.

Espera-se que esta pesquisa também auxilie na compreensão de outros temas estudados na Física no Primeiro Ano do Ensino Médio como trabalho de uma

força, conservação da energia e no aprofundamento do estudo de equilíbrio de ponto material e de corpos extensos.

Como perspectivas futuras espera-se que este trabalho permita o desenvolvimento de pesquisas semelhantes, seja utilizando o mesmo formato aplicado para outros conteúdos, seja por uma pesquisa mais aprofundada sobre conhecimento prévios acerca das Leis de Newton ou mesmo em elaborar novas atividades experimentais para melhorar a eficácia no processo de ensino-aprendizagem da Primeira Lei de Newton no Ensino Médio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JÚNIOR, Orlando Gomes de; FREITAS, Erico Tadeu Fraga. Atividades de elaboração conceitual por estudantes na sala de aula de física na EJA. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 12, n. 1, p. 43, 2010.

ANDRADE, Jéssika Silva de. Ensinando as leis de Newton por meio de oficina. 29 p. Trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Ciências Naturais. Universidade de Brasília. Brasília. 2012.

ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. Física. Curitiba: Positivo, 2013. v.1.

AUSUBEL, D.P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Paralelo: Lisboa, 2000.

BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. de F. S. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. de P.; CASEMIRO, R. Física: mecânica. 2.ed. São Paulo: FTD, 2013. v. 1.

BRASIL, MEC. SENTEC. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

COZENDEY, Sabrina Gomes; DA COSTA, Maria da Piedade Resende; PESSANHA, Márlon Caetano Ramos. Ensino de física e educação inclusiva: o ensino da primeira Lei de Newton. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, v. 8, n. 2, 2014.

DE PAULA, G.M.C. A importância da aprendizagem significativa. Programa de desenvolvimento Educacional, Universidade de Ponta Grossa, Paraná. Castro, 2008.

DOCA, R. H.; BISCOULA, G. J.; VILLAS BÔAS, N. Física 1. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2013. v. 1.

FERNANDES, B. C.; SANTOS, W.M.S.; DIAS, M. C. Onde está o atrito. Discussão de dois experimentos que exemplificariam a Lei da Inércia. Física na Escola, v. 6, n. 2, p. 17-19, 2005.

FILHO, B. B.; SILVA, C. X. da. Física aula por aula: mecânica. 2.ed. São Paulo: FTD, 2013. v. 1.

GOMES, Andréia Patrícia et al. Ensino de ciências: dialogando com David Ausubel. Revista Ciência e Ideias. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.23-31, 2009.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física: interação e tecnologia. São Paulo: Leya, 2013. v. 1.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física. São Paulo: Ática, 2013. v. 1.

HELOU, R. D. GUALTER, J. B. NEWTON, V. B. Física: Ensino Médio Volume 1. 1 Ed. São Paulo. Saraiva, 2010. 448 p.

HESSEL, Roberto; CANOLA, Saulo Ricardo; VOLLET, Dimas Roberto. An experimental verification of Newton's second law. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 1-5, jun. 2013.

LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Artmed; UFMG, 1999.

LUZ, A. M. R. da; ALVARENGA, B. Física: contexto & aplicações. São Paulo: Scipione, 2011. v. 1.

MOREIRA, M.A Teorias da Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999. 195p.

\_\_\_\_\_. O que é afinal aprendizagem significativa?. Porto Alegre: UFRGS, 2012. 27 p.

\_\_\_\_\_. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Teoria da aprendizagem significativa. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 17 p.

\_\_\_\_\_. M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: UnB, 2006.

NAPOLITANO, H. B.; LARIUCCI, C. Alternativa para o ensino da cinemática. Revista Inter Ação, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 119-129, ago 2007.

OLIVEIRA, M. P. P. de; POGIBIN, A.; OLIVEIRA, R. C. de A.; ROMERO, T. R. L. Física: conceitos e contextos: pessoal, social, histórico: movimento, força, astronomia. São Paulo: FTD, 2013. v. 1.

PACCA, J. L. de A. O ensino da Lei da Inércia: Dificuldades do planejamento. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 8, n. 2, p. 99-105, 1991.

PEDUZZI, Luiz O. Q.; ZYLBERSZTAJN, Arden; MOREIRA, Marco Antônio. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 14, n. 4, p. 239-246, 1992.

PEREIRA, V. G. As Leis de Newton: uma abordagem histórica na sala de aula. Alfenas. 2011.

PIMENTEL, Jorge Roberto. Laboratório caseiro: O princípio da inércia usando um disco flutuador. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 12, n. 2, p. 150-151, 1995.

PORTO, C.M. A física de Aristóteles: uma construção ingênua?. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4602-4609, dez. 2009.

SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H. C.; SPINELLI, W. Conexões com a Física. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2013. v. 1.

SETLIK, J.; HILGA, I. Leitura e produção escrita no ensino de Física como meio de

produção de conhecimentos. Revista Experiências em Ensino de Ciências. Cuiabá, V. 9, n. 3, p 83-95, 2014.

STEFANOVITS, A., ed. Ser protagonista: Física, 1º ano. 2.ed. São Paulo: Edições SM, 2013. v. 1.

TESTONI, Leonardo André; DOS SANTOS ABIB, Maria Lúcia Vital. Histórias em Quadrinhos e o Ensino de Física: uma proposta para o ensino sobre inércia. Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2004.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T.; PENTEADO, P. C. M. Física: ciência e tecnologia. 3.ed. São Paulo: Moderna, 2013. v. 1.

UIBSON, J. As TIC como facilitadoras da aprendizagem significativa no ensino de Física. 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática)–Universidade Federal de Sergipe. 2012.

VILA, J.; SIERRA, C. J. Explicación con experimentos sencillos y al alcance de todos de la primera ley de Newton (la ley de la inercia), así como la diferencia entre inercia e inercialidad. Latin-American Journal of Physics Education, v. 2, n. 3, p. 16, 2008.

## APÊNDICE A

### Pré-teste/Pós-teste

1. Um homem empurra um carrinho de supermercado e este se movimenta com velocidade constante. O que acontece com o carrinho de supermercado um certo tempo depois que o homem para de empurrá-lo? Marque a única alternativa correta.

- a) Continua em movimento indefinidamente por inércia.
- b) Continua em movimento pois acumulou a força do homem.
- c) Para porque não existe nenhuma força atuando sobre ele.
- d) Para porque o repouso é o estado natural do carrinho.
- e) Para porque uma força o faz parar.

2. Ao jogar uma borracha para cima, um estudante observa que ela sobe até uma certa altura, para e retorna até a mão dele. Sobre esta situação, julgue os itens abaixo em certo ( C ) ou errado (E).

- a. ( ) A borracha sobe, pois não há atuação da força da gravidade.
- b. ( ) A borracha sobe, pois a força da mão do estudante continua atuando sobre ela.
- c. ( ) A borracha para, pois no ponto mais alto a gravidade é nula.
- d. ( ) A borracha desce com aceleração cada vez maior.
- e. ( ) A borracha desce com velocidade cada vez maior.
- f. ( ) No ponto mais alto, a borracha para porque não existe força atuando nela nesse instante.

3. Um automóvel com dois passageiros trafega ao longo de uma reta em uma rodovia com velocidade constante. Inesperadamente, uma vaca invade a pista e o motorista freia bruscamente até parar. Dessa forma, foi possível evitar um acidente. Sobre esta situação, julgue os itens em certo ( C ) ou errado (E).

- a. ( ) O automóvel está em equilíbrio apenas quando para.
- b. ( ) No momento da freada, uma força chamada inércia empurra os passageiros para frente.
- c. ( ) No momento da freada, os passageiros são lançados para frente, pois tendem a permanecer em movimento.
- d. ( ) Em caso de colisão, a força que o carro faria sobre a vaca seria maior do que a força que a vaca faria sobre o carro.
- e. ( ) Após ficar em repouso, não há mais inércia atuando sobre o automóvel.

4. Um objeto parado está em equilíbrio?

---

---

---

5. Um objeto em movimento pode estar em equilíbrio?

---

---

---

6. O que significa dizer que uma pessoa ou um objeto está em equilíbrio?

---

---

---

## APÊNDICE B

### TÍTULO: INÉRCIA

#### MATERIAL NECESSÁRIO

- Disco de madeira com um furo central e um pedaço de seringa colado sobre o furo.
- Bexigas de festa coloridas.
- Talco.

#### PROCEDIMENTO

Com o material fornecido monte um dispositivo que seja capaz de se locomover flutuando.

#### ANÁLISE EXPERIMENTAL

1. Explique como funciona o dispositivo, descreva o seu funcionamento.

---

---

---

---

2. O disco está inicialmente parado sobre a bancada (mesa). O que é preciso fazer para que o disco se movimente com o balão vazio?

---

---

---

3. O que é preciso fazer para que o disco se movimente **em uma direção específica, (em linha reta)** com o balão cheio?

---

---

---

4. É preciso continuar aplicando uma força no disco para que ele continue se movendo **em uma direção específica** com a bexiga cheia? Explique.

---

---

---

---

5. Por que o disco para (fica em repouso) após um tempo sem ser empurrado?

---

---

---

---

---

---

6. Se não houvesse **nenhuma resistência** o disco iria parar? Por que?

---

---

---

---

7. Então, realmente é preciso uma força para que um objeto, já estando em movimento, continue em movimento? Justifique.

---

---

---

---

8. Crie, invente uma maneira de utilizar o princípio deste dispositivo no dia a dia, ou seja, uma aplicação tecnológica.

---

---

---

---

9. Analise sua invenção descrevendo as vantagens e desvantagens em relação a locomoção, impactos sociais e impactos ambientais.

Vantagens:

---

---

---

---

Desvantagens:

---

---

---

---

## APÊNDICE C



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**Material de apoio para aplicação do produto Desenvolvido a partir do tema:  
PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DA INÉRCIA NO  
ENSINO MÉDIO UTILIZANDO OS CONCEITOS DE EQUILÍBRIO DOS CORPOS.**

Frederico Jordão Montijo da Silva

BRASÍLIA - DF  
2015

## INTRODUÇÃO

O planejamento das aulas é uma das etapas mais importantes no processo de ensino e aprendizagem, principalmente para o professor. Mesmo que ele tenha segurança do conteúdo que será abordado, é importante que esteja sempre atualizado e que revise suas práticas. Nem sempre as turmas têm o mesmo andamento ou o mesmo interesse. É preciso sempre estar atento às especificidades de cada uma delas.

O plano de aula é um instrumento que auxilia na organização e sistematização dos conteúdos, auxiliando e facilitando a implementação de novas metodologias e maneiras de avaliar os estudantes.

É importante lembrar que o plano de aula não é nem pode ser imutável. Cabe ao professor alterá-lo a medida em que percebe situações ou pequenos detalhes durante as aulas que facilitam ou dificultam a aprendizagem dos estudantes, buscando o aumento na qualidade e eficiência das aulas.

O presente plano de aula foi elaborado como parte do produto educacional desenvolvido durante uma pesquisa de mestrado. O plano foi desenvolvido para ser aplicado para os estudantes do primeiro ano do Ensino Médio e prevê a utilização de 10 aulas de cinquenta minutos cada, sendo importante ter ao menos duas dessas aulas condensadas para uma aula de 100 minutos a fim de otimizar o desenvolvimento da atividade experimental prevista na aula 03.

Conforme citado anteriormente, este produto serve como norteador para futuras aulas, podendo ser adaptado conforme as especificidades locais possam exigir.

Para dar suporte a essa pesquisa, optou-se pela utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel, dada a significância de suas ideias para a idealização, desenvolvimento e aplicação deste trabalho.

Em resumo, a aprendizagem significativa é um conceito que, segundo Ausubel (2000), relaciona a aprendizagem de novos conceitos conectando-os a conceitos previamente estabelecidos na mente do indivíduo. O fator mais importante

no processo de aprendizagem é aquilo que o sujeito já sabe e que a aprendizagem se utilize desse conhecimento prévio. A aprendizagem de um sujeito é significativa se o novo conhecimento se enraíza na estrutura cognitiva do ser de maneira não-arbitrária, isto é, plausível, não-aleatória, que possibilita uma relação lógica com outros conceitos e ideias. Sendo assim, esse processo se torna único para cada indivíduo, pois cada um tem um sistema cognitivo único.

## PLANO DE AULA

### Aula 01

Assunto: Aplicação de pré-teste

Objetivo: Coletar informações sobre os conhecimentos prévios dos estudantes para utilizá-las na elaboração das aulas seguintes.

Tempo: 50 minutos.

Recursos didáticos: Pré-testes impressos ou utilizar programas de computador que auxiliem na realização e, principalmente, na correção do teste com correções automáticas para gerar dados como a quantidade de respostas por alternativa.

Procedimentos: Tranquilizar os estudantes para que o teste seja realizado de maneira honesta e tranquila. Uma avaliação não requer, necessariamente uma nota. O objetivo é verificar o que os estudantes sabem sobre o assunto a ser abordado nas próximas aulas, por isso também é importante pedir para que eles evitem escolhas aleatórias para as respostas, mas que estas sejam fruto da reflexão sobre cada assunto abordado.

Caso o pré-teste seja aplicado em mais de uma turma, o melhor a fazer é obter o apoio da coordenação da escola e aplicá-lo simultaneamente em todas as turmas para evitar algum tipo de compartilhamento de informações.

Incentivar os estudantes a não deixar perguntas sem respostas. Que o importante é conhecer o pensamento dos estudantes, mesmo que ele ache que está errado, deve escrever uma resposta.

### Aula 02: Inércia

Assunto: Introdução à Inércia

Objetivos: Identificar a existência de diferentes tipos de resistências e relacioná-las a diferentes alterações no movimento.

Inferir que a ausência de resistências resultaria em um movimento contínuo.

Compreender o conceito de Inércia associado ao repouso e ao movimento retilíneo e uniforme.

Tempo: 100 minutos

Recursos didáticos: Quadro-branco, pincéis para quadro-branco, projetor e computador.

Procedimentos: A aula deve ser iniciada com pequenos experimentos demonstrativos: empurrar uma cadeira e uma mesa, lançar uma caneta verticalmente para cima deixando-a cair no chão e lançar uma caneta obliquamente deixando-a cair no chão.

Questionar e provocar a turma escrevendo no quadro a pergunta: “O que todos esses movimentos tem em comum?” Após a participação de vários indivíduos concluir que é o estado de repouso ao final de cada movimento.

Continuar a questionar a turma com outras três perguntas: “Será que é sempre assim? Os corpos sempre param? Por que os objetos param um pouco depois de terem sido empurrados?”

A intenção é que haja uma troca de ideias entre os estudantes e também com o professor. Caso isso não ocorra, mesmo com a motivação do professor, o mesmo deve fornecer algumas alternativas.

Criar uma questão de múltipla escolha no quadro, utilizando as respostas dos estudantes (reformuladas com o auxílio do professor) como alternativas, no mesmo estilo da primeira questão do pré-teste, já respondido por eles. Caso uma das alternativas não seja o gabarito o professor deve acrescentar o gabarito como uma das alternativas. Sugere-se que isso seja feito de forma descontraída para não causar a impressão de que a alternativa do professor deve ser a correta.

Perguntar novamente a turma sobre o motivo de os objetos tenderem ao repouso e registrar as respostas dadas pelos aprendizes. A questão fica anotada no quadro para ser feita novamente aos estudantes nos minutos finais da mesma aula.

As respostas dadas servem como uma valiosa informação sobre o modo de

pensar da turma sobre o assunto e devem ser utilizadas como guia para as abordagens seguintes.

Em seguida propor um experimento mental em que a resistência ao movimento diminua cada vez mais. Os estudantes devem imaginar uma pista bem grande, plana e horizontal feita de areia e que uma esfera (uma bola de boliche) seja jogada sempre com a mesma força nessa pista. Após a explicação questionar: “O que acontece após o lançamento da esfera?” Os estudantes costumam responder que ela irá parar rapidamente. Elaborar um desenho no quadro representando a trajetória da esfera com um segmento de reta curto. Em seguida pedir para os estudantes trocarem a pista de areia por uma pista de terra e repetir o restante do procedimento. Novamente trocar a pista de terra por uma de asfalto, o asfalto por madeira, a madeira por madeira encerada e esta última por madeira encerada e com óleo. Ao desenhar as trajetórias no quadro, os segmentos de reta vem ficar cada vez maiores.

Questionar por qual motivo a esfera está indo cada vez mais longe. A resposta esperada surge quando os estudantes falar sobre a mudança na resistência.

Para deixar mais evidente para todos que ocorre uma mudança na resistência do solo, perguntar qual pista tem a maior resistência e o que acontece com o movimento da esfera na medida em que a resistência diminui. Espera-se que os estudantes relacionem o aumento na duração (ou alcance) do movimento com a diminuição da resistência da pista, alcançando um dos objetivos da aula.

Definir atrito como uma força de resistência ao movimento. Apesar da definição estar incompleta, ela é suficiente para a compreensão e poderá tratada com mais detalhes em outro momento do curso.

Após a definição de força de atrito utilizar novamente a questão de múltipla escolha sobre o movimento dos corpos que estava anotada no quadro e registrar novamente as respostas. Nesse momento espera-se uma mudança na escolha de vários alunos quanto as respostas.

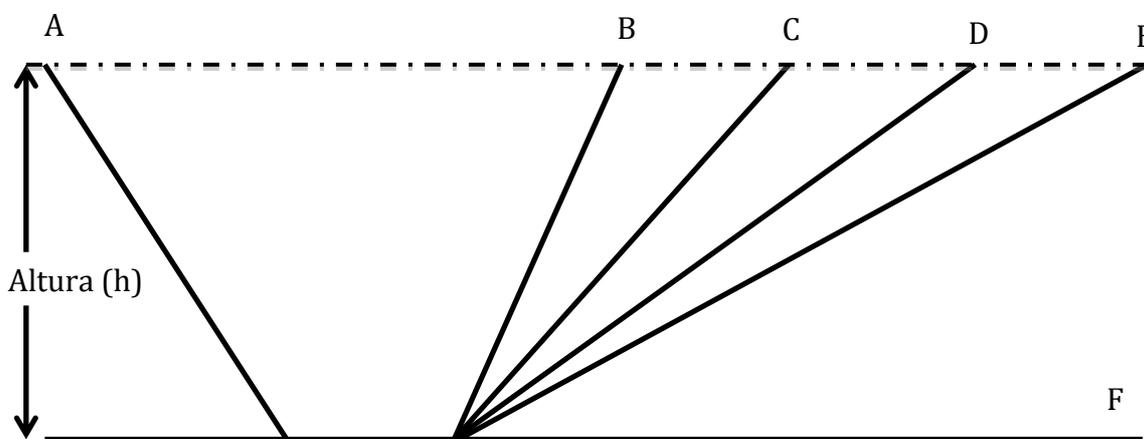
Chega o momento dos questionamentos mais importantes da aula: “E se a

pista não tivesse resistência alguma? O que aconteceria com a esfera se não houvesse atrito entre ela e a pista?”

Mediar a argumentação e o debate entre os estudantes ouvindo suas ideias e, quando estiverem incorretas do ponto de vista científico, auxiliá-los com intermediações para que o raciocínio correto se forme.

Em seguida deve-se apresentar o experimento conhecido como plano inclinado de Galileu utilizando o esquema conforme a figura 1 a seguir:

**Figura 1 – Esquema do experimento do Plano Inclinado de Galileu.**



Fonte: Elaboração própria

Iniciar o desenho apenas com os planos **A** e **B**. Em seguida desenhar uma esfera no alto do plano **A** que será abandonada (mentalmente) e subirá a uma mesma altura no plano inclinado **B**. Em seguida desenhar o plano inclinado **C** e repetir o experimento. Repetir o procedimento para os planos **D** e **E** e argumentar que a ideia é ir diminuindo gradativamente a inclinação até se chegar ao plano horizontal **F**.

Nesse momento deve-se comparar esse experimento com o experimento anterior da pista com diminuição gradativa da resistência dos planos para auxiliar os estudantes a relacionar os dois e compreenderem, ou ao menos visualizarem a ideia de movimento perpétuo quando não houver resistências. Com isso mais um objetivo da aula pode ser alcançado.

Após todas essas informações espera-se que os estudantes consigam

compreender o conceito de Inércia. Sendo assim, esse é o momento para apresentar essa definição. Para isso, escreve-se no quadro: Inércia: É a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.”

Essa definição incompleta é proposital e cabe a pergunta aos estudantes se a definição faz sentido para eles. É esperado que a maioria concorde, mas deve-se incentivá-los escrevendo no quadro: “Inércia é a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme a não ser que...”. Neste momento as opiniões dos estudantes devem ser ouvidas para que se possa completar a frase com o consentimento da turma em uma construção conjunta: “Inércia é a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme a não ser que uma força mude isso.” Assim espera-se alcançar último objetivo da aula.

Uma maneira de verificar a eficácia da aula é avaliar uma terceira vez a questão de múltipla escolha elaborada e escrita no quadro sobre o motivo de um objeto parar após ser empurrado e novamente registrar as respostas. Um aumento significativo no número de respostas corretas é esperado. Caso isso não ocorra, é um bom indício de que os conceitos vistos durante a aula precisam ser revistos para uma melhor compreensão.

Um último recurso a ser utilizado é a exibição de um vídeo em que uma toalha é puxada da mesa sem derrubar os objetos sobre ela. É uma maneira de demonstrar que o experimento é real, incentivar os estudantes a reproduzi-lo com cautela e também para terminar a aula de forma mais descontraída.

### **Aula 03**

Assunto: Atividade experimental sobre a Inércia

Objetivos: Consolidação dos conceitos associados à Inércia.

Aplicar os conceitos relativos à Inércia em diferentes contextos.

Aprender a lidar com as diferenças em uma atividade feita em grupo.

Tempo: 100 minutos

Recursos didáticos: Laboratório de Física com bancadas (na ausência de um, o experimento pode ser executado no chão da sala), aparato experimental contido no roteiro da atividade (Apêndice B), roteiro de atividade impresso (Apêndice B). Essa atividade utilizou o aparato experimental descrito por Pimentel (1995).

Procedimentos: Na aula anterior a esta os estudantes devem ser informados que haverá uma atividade experimental em laboratório e que a mesma será avaliativa e abordará a Primeira Lei de Newton.

No início da aula, divida os estudantes em grupos de 3 a 4 componentes cada (isso pode variar de acordo com o número de estudantes por sala). Feita essa divisão converse um pouco sobre as regras gerais de segurança e postura em um laboratório.

Em seguida distribua para cada grupo um *kit* contendo o dispositivo chamado de disco flutuante, uma bexiga de borracha e um roteiro de atividades. Alerta os estudantes que o roteiro deverá ser devolvido preenchido pois a atividade é avaliativa.

Explique aos estudantes que o roteiro foi elaborado de forma a dar a eles mais autonomia e que, em um primeiro momento, eles deveriam tentar realizar o experimento sem auxílio, mas sempre se disponha a ajudar.

Se for o caso, auxilie alguns grupos na montagem do experimento e mostre que torcer a boca da bexiga após enchê-la facilita sua colocação no tubo.

Por último, derrame talco sobre as bancadas sem mencionar a razão dessa atitude. Deixe que eles pensem sobre tudo.

A medida em que os estudantes forem evoluindo no experimento auxilie com sugestões e indicações de respostas, sempre evitando respostas exatas.

Conforme escrito anteriormente, o roteiro foi elaborado de forma a dar autonomia aos estudantes. Cabe ao professor apenas auxiliar e ser mediador em alguns momentos, sendo o estudante o principal ator nesse tipo de atividade.

## **Aula 04**

Assunto: Entrega e correção dos roteiros de atividade experimental.

Objetivo: Corrigir em sala o roteiro de atividades do laboratório.

Esclarecer dúvidas quanto aos erros cometidos no roteiro.

Tempo: 50 min

Recursos didáticos: Roteiros de laboratório corrigidos, quadro-branco e pincéis para quadro-branco.

Procedimentos: Entregar os roteiros corrigidos e comentar questão por questão para que os estudantes tenham a oportunidade de revisar a nota, assim como compreender o motivo da falha e corrigi-la, tanto no roteiro quanto em seus processos cognitivos.

## **Aulas 05**

Assunto: Segunda Lei de Newton

Objetivos: Compreender as alterações no estado de movimento de um objeto causada por uma força.

Identificar a massa como a medida da inércia dos objetos.

Interpretar o significado de Força Resultante.

Tempo: 100 minutos.

Recursos didáticos: Quadro-branco, pincéis para quadro-branco.

Procedimentos: Iniciar a aula com a retomada do que foi abordado na aula anterior por meio de perguntas do conteúdo visto.

Anotar novamente no quadro a definição de Inércia com a ajuda dos estudantes enunciando-a como a primeira Lei de Newton: “Inércia é a tendência dos corpos em permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme a não ser que uma força altere seu estado.”

Questionar os estudantes para explicar o que está escrito no quadro, ou seja, o que significam aquelas palavras. Uma boa participação de vários indivíduos é esperada neste momento e deve-se interferir no processo resumir as ideias e escrevendo: “Isso significa que se um objeto estiver parado e uma força atuar nele, ele irá entrar em movimento e que, se um objeto estiver em Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU) e uma força atuar nele a velocidade irá se alterar.”

É provável que alguns indivíduos argumentem que se um corpo em movimento recebe uma força ele deveria parar. O exemplo de uma bola rolando em direção ao gol e sendo chutada na mesma direção e mesmo sentido pode auxiliar a modificar essa visão equivocada de alguns. Pretende-se desconectar a ideia de que uma força sempre irá fazer um objeto em movimento parar.

Completar a sentença escrita anteriormente: “Isso significa que se um objeto estiver parado e uma força atuar nele, ele irá entrar em movimento e que, se um objeto estiver em MRU e uma força atuar nele a velocidade irá se alterar, ou seja, se o corpo estiver parado e houver uma força ele entra em movimento e se ele estiver em movimento e houver uma força sua velocidade irá variar, podendo até chegar a parar.” O primeiro objetivo da aula foi alcançado.

Prosseguindo a aula, deve-se perguntar aos estudantes qual grandeza física está implícita na frase anterior escrita no quadro. Respostas variadas são esperadas e provavelmente respostas que contêm força e velocidade irão aparecer. Caso ninguém mencione, cabe ao professor mediar o momento e responder falando sobre a aceleração, pois esta é a taxa de variação da velocidade com o tempo. A intenção é relacionar a Primeira Lei de Newton com a necessidade de relacioná-la às grandezas aceleração e força.

Neste momento deve-se comentar sobre a necessidade de explicar de como a alteração do estado de movimento retilíneo e uniforme ou de repouso ocorre. Se é possível medir a resistência de um objeto a essas mudanças, ou seja, medir a inércia de um objeto.

Observações de aulas em anos anteriores mostraram ao elaborador deste plano de aula que a maioria dos estudantes não acha possível medir a Inércia de um objeto. Independentemente dessa observação uma prática simples ajudará na

compreensão.

Colocar um pincel para quadro branco sobre a mesa e dê um peteleco primeiramente na mesa. Pergunte o que aconteceu com a mesa. A resposta esperada é: nada aconteceu. Então afirmando que o peteleco tem sempre a mesma intensidade, a mesma força, dar um peteleco no pincel de maneira que este se moverá até sair da mesa e cair no chão (caprichar no peteleco). Perguntar a turma se a tendência ao repouso de ambos é a mesma. Espera-se que a maioria concorde que não e constate que a tendência da mesa é maior que a do pincel. Perguntar novamente se é possível medir a Inércia de um objeto. Espera-se que com esse exemplo eles sejam capazes de associar essa medida à massa, que quanto maior a massa, maior é essa tendência ao repouso.

Para evitar uma associação de inércia unicamente ao estado de repouso (o que seria concordar com Aristóteles) recomenda-se a utilização de outro exemplo. Pedir para os estudantes imaginarem uma criança de 4 anos de idade correndo a uma velocidade de 5 km/h e pulando para abraçá-los. A maioria deve concordar que é capaz de segurar a criança e permanecer de pé em repouso. Então utilizar o mesmo exemplo, porém sendo uma pessoa com bastante massa e conhecida dos estudantes no lugar da criança. Espera-se que os estudantes concordem que a tendência da pessoa de maior massa em continuar em movimento é bem maior que a tendência da criança em fazer o mesmo. Nesse ponto o segundo objetivo da aula é alcançado.

Retomar a ideia da importância de explicar como ocorre a mudança no estado de repouso ou de MRU dos objetos e de medir a inércia e defina a Segunda Lei de Newton como: " $F_r = m \cdot a$ ", detalhando que  $m$  se trata da massa, medida em quilogramas, que  $a$  é a aceleração, medida em  $m/s^2$  e que  $F_r$  se tratava da força resultante. Comente que essa lei é conhecida como o princípio fundamental da Dinâmica.

Definir a unidade de medida para a força como sendo  $kg \cdot m/s^2$  utilizando a análise dimensional e que esta unidade de medida pode ser substituída por Newton (N) como uma homenagem às contribuições desse cientista para os estudos da mecânica.

Em seguida explicar que Força resultante é o resultado da soma de todas as forças que atuam em um corpo. Que é possível trocar todas as forças que atuam em um corpo por uma única força equivalente e esta é a força resultante.

Montar alguns exemplos no quadro para melhorar a compreensão de força resultante. No primeiro exemplo colocar duas forças horizontais e no mesmo sentido atuando em um objeto. No segundo, que duas forças estejam na mesma direção, mas em sentidos contrários. Nos demais exemplos apenas aumentara quantidade de forças, mas mantenha o padrão de forças na mesma direção alternando apenas o sentido, pois a preocupação nesse momento não é com operações vetoriais e sim com uma ideia mais simples e prática de força resultante.

A construção de gráficos também deve ser abordada durante a aula. Para essa etapa da aula, é preciso que os estudantes já tenham estudado gráficos e termos próprios como eixos, inclinação, taxa de variação, abscissa e ordenada.

Esboçar um gráfico com uma reta crescente da força resultante vs aceleração no quadro para poder analisar a dependência entre as grandezas dos eixos. Esboçar também no quadro, um gráfico com duas retas de inclinações diferentes em que uma das retas represente a mesa e a outra a caneta (objetos utilizados anteriormente para relacionar a massa com a Inércia). O objetivo deste último gráfico é de relacionara massa com a força e a aceleração.

Espera-se que os estudantes sejam capazes de perceber que a maior inclinação da reta significa uma maior massa do objeto no qual é aplicada a força e que uma mesma intensidade de força tem efeitos diferentes em massas distintas e que esse efeito é a aceleração. Além disso, a relação de proporcionalidade em que, para uma mesma força, a maior aceleração ocorre para a menor massa e que, para uma mesma massa, quanto maior a força maior é a aceleração também deve ser discutida.

Para finalizar a aula, exercícios do livro-texto devem ser indicados para serem resolvidos em sala de aula com o auxílio do professor atendendo aos aprendizes individualmente em suas carteiras.

## **Aula 06**

Assunto: Terceira Lei de Newton.

Objetivos: Compreender a Terceira Lei de Newton em diferentes contextos.

Conhecer a definição de vetor.

Associar a força a um vetor

Conhecer diferentes forças utilizadas na mecânica.

Tempo: 50 minutos

Recursos didáticos: Quadro-branco, pincéis para quadro-branco.

Procedimentos: Iniciar a aula com a correção dos exercícios propostos no final da aula anterior. Ao término da correção vale a pena retomar a Primeira e a Segunda Lei de Newton perguntando o que é Inércia e como é possível alterá-la. Reescrever a formulação matemática da Segunda Lei de Newton também é interessante neste momento.

Feito isto, propor a seguinte pergunta à classe: “ Quando uma força é aplicada a um objeto, apenas o objeto sente essa força ou que a aplicou também sente?” Deixar que os estudantes discutam suas ideias e agir como intermediador quando necessário. Evitar dar a resposta de maneira direta.

Para fornecer mais elementos ao debate pedir para que os aprendizes apertem com os dedos indicadores das mãos a ponta e a parte de trás de um lápis ou de uma caneta sem tampa com o objetivo de os estudantes sentirem maior incômodo no dedo que pressiona a ponta percebendo que, ao exercerem força em um objeto, sentiriam uma força contrária do objeto.

Questionar se é possível exercer uma força e não sentir as consequências dela de volta. Para evitar respostas apenas do tipo sim ou não, pedir um exemplo. Aqui o papel do professor é de sempre contra-argumentar, afinal a Terceira Lei de Newton é sempre válida (em referenciais inerciais).

Finalmente responder aos estudantes enunciando a Terceira Lei de Newton:

“As forças sempre ocorrem ao pares. Se uma força for exercida sobre um objeto, este objeto exercerá uma força contrária em você. Perceba que as forças SEMPRE atuam em corpos diferentes.”

Para avançar no estudo das Leis de Newton, apresentar a definição de vetor: “É uma maneira de representar grandezas vetoriais. Ele é composto de três informações: um módulo (intensidade, magnitude, valor), uma direção (horizontal, vertical) e um sentido (para onde a seta aponta, Norte, Sul, Leste, Oeste, etc).”

Criar um clima de suspense ao dizer que irá ensinar os estudantes a desenhar um vetor. Desenhar um vetor e notar se os estudantes compreenderam a brincadeira.

Colocar algumas grandezas vetoriais no quadro e represente-as com vetores. Ensinar a notação correta para vetor como sendo uma letra com uma pequena seta acima da letra e orientada para a direita. Desenhar vetores verticais tanto para cima quanto para baixo para explicar que a seta sobre a letra não indica o sentido do vetor, mas que é a notação correta a ser usada e que é uma convenção a seta estar sempre para a direita.

Para finalizar a aula, apresentar sem muito formalismo, algumas forças no quadro negro, dentre elas a força de tração, a força normal, a força de atrito e a força peso. O objetivo é fazer com que os estudantes já tenham um primeiro contato com essas forças que serão estudadas de maneira mais aprofundada em outro momento do curso.

## **Aula 07**

Assunto: Força Resultante.

Objetivo: Consolidar o conceito de força resultante.

Aplicar o conceito de força resultante em exercícios de sala de aula.

Tempo: 50 minutos.

Recursos didáticos: Quadro-branco, pincéis para quadro-branco.

Procedimentos: Definir novamente o conceito de força resultante como sendo o resultado (soma) de todas as forças que atuassem em um objeto. O professor explicou que nem sempre a soma seria mesmo uma soma, mas sim uma subtração, sem se preocupar com os rigores das operações vetoriais.

Escrever alguns exercícios no quadro com objetos de massas determinadas tendo diversas forças aplicadas e requisitando a força resultante, com módulo, direção e sentido, assim como a aceleração em cada caso. Os exercícios devem conter exemplos de forças de valores distintos com mesma direção e mesmo sentido, forças distintas em módulo com mesma direção e sentidos contrários tanto na vertical quanto na horizontal, e dois exercícios com duas forças perpendiculares, aproveitando a oportunidade para ensinar o cálculo da força resultante utilizando o Teorema de Pitágoras.

## **Aula 8**

Assunto: Equilíbrio dos corpos

Objetivo: Reelaborar a Primeira Lei de Newton utilizando os conceitos de equilíbrio.

Tempo: 50 minutos.

Recursos didáticos: Quadro-branco, pinceis para quadro-branco.

Procedimentos: Iniciar a aula escrevendo no quadro a definição de ponto material: “Um corpo é considerado um ponto material quando suas dimensões não interferem na análise do problema, ou seja, dimensões desprezíveis.” Em seguida dar alguns exemplos de situações em que os objetos podem ser tratados como pontos materiais, como a localização de um carro em um aparelho de GPS.

Perguntar a turma o que significa afirmar que um objeto está em equilíbrio. Como as ideias já serão conhecidas pelas informações obtidas no pré-teste, a pergunta funciona como motivadora para discussões em sala e trocas de informações e pensamentos.

Após um pequeno debate, escrever a definição de equilíbrio no quadro: “Um

corpo (ponto material) está em equilíbrio quando a força resultante sobre ele é nula (zero).”

Questionar os estudantes se eles já haviam ouvido falar em algo semelhante, sobre a força resultante ser nula. É esperado que ao menos um deles mencione a Segunda Lei de Newton associando a definição de equilíbrio a esta lei de alguma forma. Caso isso não ocorra, cabe ao professor fazê-lo.

Deve-se instigar a turma com mais perguntas. O diálogo a seguir é um exemplo real que ocorreu em uma das aulas em que este plano de aula foi aplicado. Esse diálogo é apenas motivador, para que se saiba qual rumo deve ser tomado nesse momento da aula.

Professor: O que significa dizer que a força resultante é nula?

Estudantes: Que a força resultante é zero.

Professor: E o que significa dizer que a força é zero?

Estudantes: Que não tem nenhuma força.

Professor: Força resultante igual a zero significa que nenhuma força está sendo aplicada?! Lembrem-se do conceito de força resultante. Olhe aí no caderno de vocês.

Estudantes: Sim. Não. Que a soma delas é zero.

Professor: E quando a força é zero, o que mais também vale zero.

Estudantes: A aceleração.

Professor: E se a aceleração é zero como está o objeto?

Estudantes: Parado.

Professor: E o que afirma a Primeira Lei de Newton?

Estudantes: Um corpo tende a permanecer em repouso ou em MRU a não ser que uma força atue sobre ele.

Professor: E se não houver força atuando como o objeto vai ficar.

Estudantes: Parado ou em MRU.

Professor: E o que significa afirmar que um objeto está em equilíbrio?

Estudantes: Que a força resultante é zero.

Professor: E se a força resultante é zero como está o objeto?

Estudantes: Em equilíbrio.

Em seguida deve-se enunciar a Primeira Lei de Newton novamente, porém de maneira completa, diferente das anteriores: “Um objeto em repouso tende a permanecer em repouso e um objeto em movimento retilíneo uniforme tende a permanecer em movimento retilíneo e uniforme a não ser que uma força resultante diferente de zero atue sobre ele.”

Retomar a ideia de que um objeto se encontra em equilíbrio quando a força resultante sobre ele é nula e que, de acordo com a Primeira Lei de Newton, isso significa que o corpo deve estar em repouso ou em MRU.

Utilizando essas informações, definir os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico, associando o repouso ao equilíbrio estático e o MRU ao equilíbrio dinâmico.

Descrever alguns exemplos de situações que abordavam os dois tipos de equilíbrio.

Após essa associação, pedir para os estudantes reescreverem a Primeira Lei de Newton utilizando o conceito de equilíbrio. Após alguns minutos, pedir para que alguns estudantes leiam o que escreveram e argumentar com a turma sobre cada enunciado lido, destacando os pontos corretos e corrigindo os incorretos.

Por fim, enunciar a Primeira Lei de Newton escrevendo no quadro: “Um corpo em equilíbrio permanece em equilíbrio a não ser que uma força resultante diferente de zero atue sobre ele.”

Ao término da aula, avisar as turmas que na aula seguinte será feita uma avaliação e que esta era a mesma que eles já haviam feito anteriormente (o pré-teste). Vale ressaltar que o pré-teste deve ter sido corrigido, mas não deve ser entregue até então.

A intenção desse aviso é de tranquilizá-los com respeito a avaliação, para que esta não seja motivo de grandes preocupações. Entretanto, alguns professores

podem discordar desse aviso. É recomendado que, neste caso, simplesmente avisem as turmas sobre a realização de uma avaliação.

### **Aula 9: Aplicação do pós-teste.**

Assunto: Aplicação do pós-teste.

Objetivo: Coletar informações sobre os conhecimentos adquiridos após as aulas e poder compará-los com os dados obtidos no pré-teste para verificar a evolução das turmas.

Tempo: 50 minutos.

Recursos didáticos: Pós-testes impressos ou utilizar programas de computador que auxiliem na realização e, principalmente, na correção do teste com correções automáticas para gerar dados como a quantidade de respostas por alternativa.

Procedimentos: Tranquilizar os estudantes para que o teste seja realizado de maneira honesta e tranquila e que nele não há pegadinhas, apenas que eles escrevam ou escolham alternativas de acordo com o que sabem.

Caso o pós-teste seja aplicado em mais de uma turma, o melhor a fazer é obter o apoio da coordenação da escola e aplicá-lo simultaneamente em todas as turmas para evitar algum tipo de compartilhamento de informações.

Após a correção dos testes, devolver no mesmo momento tanto o pré-teste quanto o pós-teste para que os estudantes possam comparar suas respostas e tirar conclusões proveitosas desta análise.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AUSUBEL, D.P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Paralelo: Lisboa, 2000.

PIMENTEL, Jorge Roberto. Laboratório caseiro: O princípio da inércia usando um disco flutuador. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 12, n. 2, p. 150-151, 1995.