



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA-LICENCIATURA

ROGERIO DIAS PIMENTEL

O ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE NEWTON: Análise de metodologias e conteúdos no ensino médio

Caruaru
2018

ROGERIO DIAS PIMENTEL

O ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE NEWTON: Análise de metodologias e conteúdos no ensino médio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Física- Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof^o. D. Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez

Caruaru
2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

P644e Pimentel, Rogério Dias.
O ensino da primeira Lei de Newton: análise de metodologias e conteúdos no ensino médio. / Rogério Dias Pimentel. – 2018.
51 f. : 30 cm.

Orientador: Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em física 2018.
Inclui Referências.

1. Didática. 2. Inércia. 3. Física – Estudo e ensino. I. Valdés Rodriguez, Ernesto Arcenio (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2018-412)

ROGÉRIO DIAS PIMENTEL

O ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE NEWTON: Análise de metodologias e conteúdos no ensino médio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Física- Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovado em: 21/12/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Willian Artiles Roqueta (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Ma. Thathawanna Tenório Aires (Examinadora externa)
Rede Municipal - Caruaru

Dedico este trabalho a Deus razão de minha existência, dedico também minha esposa Joselma Vitorino da Silva a quem amo muito e aos meus pais Manoel Mariano Pimentel e Rosilene Maria Dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre estar ao meu lado me dando forças para nunca desistir e sempre seguir em frente. Sem ele nada do que conquistei teria conquistado.

A minha esposa Joselma, por sempre me apoiar e pelas palavras de incentivo que sempre me deu.

Aos meus pais, os primeiros professores da minha vida que me ensinaram a ser quem eu sou.

Ao meu orientador, pela paciência e pelos ensinamentos que me proporcionou.

Aos amigos que construí dentro da universidade em especial: Thiago Edvaldo, Thiago Tabosa, Joclebson Gilvan, Delson Figueroa, Benedito Bráulio, Jackson de Melo. E a todos que passaram junto comigo por uma dessas salas de aula do CAA.

Aos meus companheiros do ônibus que enfrentaram muitas aventuras junto comigo nesta jornada.

“O grande desafio da física é usar as ferramentas matemáticas para mergulhar no mais íntimo dos mistérios da natureza”.

Ernesto Rodriguez

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

Filipense 4:13

RESUMO

O princípio de inércia é uma das leis mais importantes da natureza, sua compreensão é fundamental para se entender fenômenos físicos que ocorrem a nossa volta. Com base na teoria da transposição didática de Yves Chevallard, o presente trabalho foi realizado com o propósito de investigar, a forma como ocorre a transposição externa da primeira lei de Newton em manuais didáticos, e a transposição interna presente nas metodologias adotadas pelos docentes do ensino médio. Para se investigar tais conteúdos e metodologias, foi realizada uma análise direta em 14 livros didáticos do ensino médio, também foi aplicado um questionário com 40 alunos, estudantes do primeiro ano do ensino médio e entrevistas com dois docentes, responsáveis pela disciplina de física também no primeiro ano. Tanto os discentes quanto os docentes, fazem parte da rede pública estadual de ensino, em escolas de referências situadas nas cidades de Passira e Cumaru, no estado de Pernambuco. Os dados coletados apontaram para um ensino da primeira lei de Newton de forma superficial, onde o contexto histórico não é abordado nas aulas, os exemplos presentes nos livros e utilizados pelos docentes estão muitas vezes limitados a um único fenômeno e os recursos didáticos utilizados pelos professores acaba sendo unicamente o livro.

Palavras-Chaves: Transposição didática; Ensino de Física; Princípio de inércia.

ABSTRACT

The principle of inertia is one of the most important laws of nature, its understanding is fundamental to understand physical phenomena that occur around us. Based on the didactic transposition theory of Yves Chevallard, the present work was carried out with the purpose of investigating the external transposition of Newton's first law in didactic manuals, and the internal transposition present in the methodologies adopted by teaching teachers medium. In order to investigate such contents and methodologies, a direct analysis was carried out in 14 high school textbooks, a questionnaire was also applied with 40 students, first year high school students and interviews with two teachers, responsible for the discipline of physics also in the first year. Both students and teachers are part of the state public school system, in reference schools located in the cities of Passira and Cumaru, in the state of Pernambuco. The data collected pointed to a teaching of Newton's first law superficially, where the historical context is not addressed in the lessons, the examples present in the books and used by teachers are often limited to a single phenomenon and the didactic resources used by teachers ends up being only the book.

Keywords: Didactic transposition; Physics Teaching; Principle of inertia.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Fotografias de buracos no asfalto da Universidade Federal de Pernambuco Centro Acadêmico do Agreste..... | 24 |
| Figura 2 - Movimento das massas de ar na direção de um ponto de baixa pressão | 26 |
| Figura 3 – Trajetórias de uma partícula em movimento circular uniforme..... | 27 |
| Figura 4 – Trajetória de uma partícula em direção radial, afastando-se do centro sobre um disco girando com velocidade angular constante. | 29 |
| Figura 5 - Contexto histórico presente em um dos livros analisados. | 34 |
| Figura 6 - Exemplo encontrado em um dos livros analisados. Veículo acelerando e os passageiros sendo arremessados..... | 35 |
| Figura 7 - Exemplo encontrado em um dos livros analisados. Carro fazendo uma curva. | 36 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Exemplos referentes ao princípio de inércia encontrados nos livros analisados... | 35 |
| Gráfico 2 – Quantitativo de exercícios acerca da primeira lei de Newton encontrados nos livros analisados. | 37 |
| Gráfico 3 – Tempo dedicado pelos alunos do 1º ano para estudarem o princípio de Inércia... | 38 |
| Gráfico 4 – Cientistas e filósofos mencionados pelos docentes em suas aulas acerca das Leis de Newton..... | 38 |
| Gráfico 5 – O que os alunos acham do conteúdo da primeira Lei de Newton expresso no livro didático. | 39 |
| Gráfico 6 – Instrumentos didáticos utilizados pelos docentes para ensinar a primeira Lei de Newton. | 40 |
| Gráfico 7 – Formas de avaliação dos professores sobre as três leis de Newton..... | 41 |
| Gráfico 8 – Fenômenos que os alunos conseguem relacionar com o princípio de inércia..... | 42 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Contexto histórico, exemplo e exercícios contidos nos livros analisados. | 33 |
| Tabela 2 – Quadro de respostas dos docentes nas entrevistas realizadas. | 43 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | ALGUNS PROBLEMAS ENCONTRADOS NO ENSINO DE FÍSICA | 15 |
| 1.1.1 | Distância entre ensino e realidade | 15 |
| 1.1.2 | Ensino tradicional e mecânico | 16 |
| 1.1.3 | Falta de contexto histórico nas aulas | 16 |
| 1.1.4 | Uso exclusivo do livro didático | 17 |
| 1.1.5 | Falta de aulas dinâmicas e experimentais | 17 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 18 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 18 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 18 |
| 2 | REFERÊNCIAL TEÓRICO | 19 |
| 2.1 | A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA | 19 |
| 2.2 | O PRINCÍPIO DE INÉRCIA | 20 |
| 2.3 | FENÔMENOS FÍSICOS RELACIONADOS AO PRINCÍPIO DE INÉRCIA .. | 23 |
| 2.3.1 | Esburacamentos próximos de curvas, paradas de ônibus e lombadas | 23 |
| 2.3.2 | Gravidade artificial | 25 |
| 2.3.3 | Movimentos planetários | 25 |
| 2.3.4 | Formação de furacões | 26 |
| 2.4 | CÁLCULOS DAS ACELERAÇÕES CENTRÍPETA E DE CORIOLIS A PARTIR DO PRINCÍPIO DE INÉRCIA | 27 |
| 2.4.1 | Aceleração centrípeta | 27 |
| 2.4.2 | Aceleração de Coriolis | 29 |
| 3 | METODOLÓGIA | 31 |
| 3.1 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 31 |
| 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS | 33 |
| 4.1 | ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO | 33 |
| 4.2 | ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS ALUNOS | 37 |
| 4.3 | ANÁLISE DAS ENTREVISTAS REALIZADAS COM OS DOCENTES | 42 |
| 5 | CONCLUSÃO | 45 |
| | REFERÊNCIAS | 48 |
| | ANEXO A: REFERÊNCIAS DOS LIVROS DIDÁTICOS UTILIZADOS | 49 |

| | |
|---|-----------|
| APÊNDICE A: PERGUNTAS NORTEADORAS DAS ENTREVISTAS COM OS DOCENTES | 50 |
| APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS DO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO | 51 |

1 INTRODUÇÃO

Quando o assunto abordado pelos professores de física são as leis de Newton, muitos dedicam a maior parte do tempo resolvendo questões referentes à segunda e a terceira lei, dedicando pouquíssimo tempo a primeira lei devido a sua pouca aplicabilidade matemática. É comum a primeira lei ser apresentada apenas comentando a sua definição. Pereira (2011, p. 1) afirma que “Tradicionalmente, o professor adota uma didática enraizada no “formulismo” e na discussão puramente matemática. Frequentemente, o conteúdo das leis é colocado de forma pouco instigante, excessivamente pragmático e tedioso”.

O modelo de ensino de Física que temos hoje ainda é um modelo tradicional, no qual predomina a matematização da disciplina, onde na maioria das vezes as aulas são ministradas sem vínculo com a realidade dos alunos e sem da importância para o entendimento conceitual de suas leis. Isto foi discutido nas aulas da disciplina metodologia do ensino de física 2 do curso de licenciatura em física, na Universidade Federal de Pernambuco, no campus acadêmico do agreste em Caruaru, onde foi questionado a forma como ocorre o ensino da primeira lei de Newton e foi o ocasionou a realização deste trabalho.

Um dos temas centrais das discussões em sala de aula, foi acerca do ensino da primeira lei de Newton a partir da explicação de fenômenos físicos. Embora a primeira lei não apresente uma fórmula matemática para lhe expressar, ela é sem dúvida uma das mais importantes leis da natureza, e pode proporcionar a explicação de vários fenômenos físicos, que sem a qual não compreenderíamos.

Infelizmente o que percebemos hoje é uma falta de interesse muito grande dos alunos pela disciplina de Física, isso pode ser um reflexo referente à forma como os conteúdos são trabalhados em sala de aula pelos docentes, que muitas vezes pouco saem do tradicional e acabam seguindo à risca os manuais didáticos, deixando as aulas pouco dinâmicas e mais exaustivas para os alunos.

As leis de Newton na forma como é apresentada hoje, parece-nos terem sido desenvolvidas da noite para o dia, porém não aconteceu dessa forma. Um conhecimento construído através de um processo histórico pode e deve ser explorado junto aos alunos no ensino destas leis. “O estudo histórico sobre as leis de Newton revela que o desenvolvimento destas leis esteve atrelado a uma série de fatores extra-científicos, ou seja, longe da “matematização” comumente propagada nos currículos atuais”. (PEREIRA, 2011, p. 1).

Neste trabalho iremos adentrar em uma pesquisa que visa compreender a forma como o ensino do princípio de inércia é apresentado em materiais didáticos e como ocorre a transposição deste saber pelos docentes de física no ensino médio.

1.1 ALGUNS PROBLEMAS ENCONTRADOS NO ENSINO DE FÍSICA

Infelizmente o atual ensino de Física nas escolas ainda não é o que se deseja. “A forma é inadequada por que passa a ilusão do conhecimento absoluto e eternamente estabelecido, não procurando mostrar a relatividade dos fatos e a correlação entre eles” (NASCIMENTO, 2010, p. 5). Não basta que o docente tenha o domínio da Física; é preciso também que o mesmo possa ensina-la de forma menos mecânica e com um pouco mais de reflexão, encontrando maneiras mais eficazes de transmitir o conteúdo.

O que é observado nas escolas de nível médio é uma pratica de educação formal, tradicional e opressora exercitada diariamente nas salas de aula pelos educadores que impõem a física como disciplina difícil. Aqui serão destacados alguns dos problemas encontrados no ensino da física, que pode influenciar na não compreensão do princípio de inércia pelos alunos do ensino médio.

1.1.1 Distância entre ensino e realidade

A Ciência física é uma ciência que tem por objetivo entender o funcionamento da natureza, porém muitas vezes é apresentada tendo pouco vínculo com a realidade dos alunos. Esse problema vem se agravando deixando os alunos com a seguinte pergunta sem resposta, pra quê eu irei estudar isso afinal?

O professor deve levar em consideração que devido o avanço das tecnologias os alunos convivem diariamente com situações que envolvem a física, porém essas situações que poderiam ser trabalhadas em sala de aula acabam sendo deixadas de lado para se trabalhar questões encontradas no livro didático que se mostram bem distantes do cotidiano do aluno. “Muitas vezes, os alunos acabam por identificar uma ciência ativa, moderna, e que está presente no mundo real, todavia, distante e sem vínculos explícitos com uma física que só “funciona” na escola“. (CARVALHO, RICARDO, *et al.*, 2010, p. 29).

Logo o que é ensinado em sala de aula deveria ter uma maior interação com os conhecimentos cotidianos dos alunos, havendo um elo entre o que observado e o que é ensinado. Através destas interações os conhecimentos científicos deverão fazer sentido e adquirir um significado real no mundo dos alunos.

1.1.2 Ensino tradicional e mecânico

Um dos maiores desafios quando se fala em educação é chegar a um ensino de qualidade. Embora os tempos sejam outros, pouco mudou em relação à forma de ensinar. O ensino mecânico ainda está enraizado dentro das escolas e vem sendo priorizados por alguns professores, esta forma de ensino não traz resultados satisfatório quando se quer formar um cidadão crítico e atuante na sociedade. Nascimento (2010) afirma que:

A prática da educação tradicional não traz avanços qualitativos ao pensamento humano, pois em tais condições as mentes jovens perdem suas aptidões naturais para contextualizar os saberes e integrá-los em seus conjuntos. A forma de transmissão do conteúdo, apelando quase que exclusivamente para a memorização não somente da ciência física como qualquer outro, faz com que os alunos adquiram características de “máquinas” de respostas prontas sem conseguir atribuir sentido” (NASCIMENTO, 2010, p. 12).

Quando o objetivo do professor é um ensino de física que priorize a formação do cidadão capaz de participar, atuar e viver na sociedade deve-se considerar que embora ele já possua uma relação com os saberes disciplinares daquilo que se pretende ensinar, o aluno não possui a mesma relação, e que o conhecimento que o aluno traz consigo muitas vezes é um conhecimento baseado no senso comum. Cabe ao professor construir juntos aos alunos o conhecimento científico de forma menos mecânica e mais dinâmica, para que os alunos não adquiram características de máquinas, mas sim de seres pensantes.

1.1.3 Falta de contexto histórico nas aulas

Outro problema que pode ser destacado quando o assunto é o ensino de física é que os alunos muitas vezes encontram a sua disposição uma Física pronta, já formada, que não considera os processos históricos que envolvem cada uma de suas áreas de estudo, como é o caso das Leis de Newton.

O desprezo apontado pelos alunos com relação à ciência Física é notável quando comparada com outras disciplinas da grade curricular. Logo é possível minimizar esse efeito

ensinando a Física por meio de abordagens históricas mostrando aos alunos que Física não é apenas cálculos e fórmulas. Infelizmente essa prática não é utilizada por muitos docentes que acabam se preocupando mais com a forma de ensino tradicional sem dar atenção a como os conceitos e as leis físicas foram construídos.

Segundo Pereira (2011, p. 1) “uma abordagem histórica das Leis de Newton em sala de aula pode trazer uma visão diferenciada da Ciência e dos processos ligados ao desenvolvimento do conhecimento científico”. Logo se essa estratégia for utilizada em sala de aula de uma forma concisa, a mesma pode estimular no aluno um aprendizado mais significativo, diferentemente do ensino mecânico onde muitas vezes o aluno acaba acreditando que Física é um simples conjunto de fórmulas.

1.1.4 Uso exclusivo do livro didático

Muitos professores utilizam o livro didático como o material essencial em suas aulas. É incontestável a importância do livro didático nas aulas de Física, porém o professor não deveria se apegar a uma única fonte de consulta e a uma única ferramenta de trabalho. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) aponta que:

Os livros didáticos disponíveis no mercado, além de apresentarem deficiências já apontadas em vários trabalhos de pesquisa, estão organizados seguindo sequências rígidas de informações e atividades. Têm sido usados como único material didático pelos professores, impondo um ritmo uniforme e a memorização como prática rotineira nas escolas. Sobretudo, servem como verdadeiras “muletas”, minimizando a necessidade do professor de decidir sobre sua prática na sala de aula e preparar seu material didático. (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2007, p. 293).

“Na maioria das vezes, os materiais didáticos trazem uma concepção de ensino bastante tradicional e limitam-se, quase na totalidade, à informação e a transmissão de conteúdo aos estudantes”. (CARVALHO, RICARDO, *et al.*, 2010, p. 3). Muitas vezes esses livros já vêm com os conteúdos fragmentados onde cada assunto é trabalhado separadamente e não fazem nenhuma relação aos assuntos que já foram trabalhados ou que serão trabalhados mais adiante.

1.1.5 Falta de aulas dinâmicas e experimentais

Segundo Nascimento (2010, p. 18) “mais um problema é a ausência de atividades experimentais bem planejadas. Os alunos quase nunca têm oportunidade de vivenciar alguma situação de investigação”. Isso pode ocasionar no aluno uma grande falta de interesse nas aulas de Física, onde na cabeça do aluno ele nem sequer queria estar ali.

Poucos alunos se interessam e encaram a disciplina de Física como algo prazeroso, na verdade muitos já despertam certa resistência antes mesmo de conhecer a disciplina. Tudo isso fica claro quando observamos o alto índice de reprovação na disciplina. A culpa nem sempre é do professor às vezes o mesmo possui uma carga horária muito extensa ou não disponibiliza nem mesmo de um laboratório para elaborar suas atividades e quando disponibiliza não tem recursos para elaborar o material necessário as suas aulas.

Embora seja difícil para o professor elaborar certos materiais didáticos, ele precisa compreender que cada aluno apresenta uma forma diferenciada de aprender determinados conteúdos, e que o professor não deve manter a mesma forma de ensinar, se os alunos não estão aprendendo. As aulas experimentais podem despertar no aluno um interesse maior pela disciplina levando-o a um real aprendizado dos conteúdos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral, investigar como ocorre o processo de transposição didática referente a primeira Lei de Newton, através de análises de conteúdos presentes em livros didáticos e de metodologias adotadas por professores do ensino médio.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que norteiam este trabalho são:

- Verificar se princípio de inércia é tratado em materiais didáticos e por professores com o devido potencial que lhe é merecido.
- Identificar se os problemas citados acima estão presentes na forma como o princípio de inércia é direcionado aos alunos do ensino médio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, o leitor encontrará elementos acerca da teoria da transposição didática segundo as ideias de Yves Chevallard e uma análise sobre o princípio da inercia e o contexto histórico referente a esta lei.

2.1 A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Todo saber para que possa ser ensinado acaba passando por uma transformação, isto quer dizer que ele sofre uma série de adaptações para alcançar um público desejado. “O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática”. (Chevallard, 1991, p.39). Essas adaptações devem ser tal que o saber não venha perder sua essência e nem modificar o seu sentido. Chevallard (1991) também afirma que podemos classificar o saber em três tipos, conhecidos como: saber sábio, saber a ser ensinado e saber ensinado.

De acordo com a teoria de Chevallard cada um dos saberes classificados é desenvolvido e executado em um meio social específico onde eles serão modelados até chegar ao seu destino final. O saber que é estudado e desenvolvido na comunidade científica, recebe o nome de saber sábio, o saber a ser ensinado, por sua vez, é desenvolvido por representantes do sistema de ensino e o saber ensinado, é o saber destinado a comunidade escolar.

O saber sábio se origina na comunidade científica, este é desenvolvido por pesquisadores da área. Este tipo de saber deve ser validado através de experimentos testes rigorosos que possam atestar sua veracidade. É importante perceber que esse tipo de saber não é o mesmo compartilhado no meio escolar, por possuir elementos de maior abstração e muitas vezes necessitar de conhecimentos prévios que os alunos não possuem. Para Chevallard (1988, 1991):

A transposição didática envolve mais especificamente a transposição interna e a transposição externa. A transposição interna ocorre em sala de aula, em um contexto de estreita relação entre professor/aluno/saber, em que esses elementos interagem a partir de mecanismos que lhe são próprios, denominados pelo autor como “funcionamento didático”. (CHEVALLARD, 1988, 1991 apud OLIVEIRA, 2014).

O saber a ser ensinado é o resultado da primeira transposição didática, esse saber surge através de adaptações do saber sábio. Este novo saber pode ser verificado nos livros e manuais didáticos. O saber a ser ensinado, é a parte da transposição didática conhecida como transposição didática externa, que é a transformação do saber sábio em um novo, visando a comunidade que é externa à escola.

A transposição didática externa é realizada visando um saber que de fato possa ser ensinado nas escolas, ou seja as propostas pedagógicas, os livros didáticos que serão produzidos, tudo isso que diz respeito a escola, mas que muitas vezes já são debatidos, estruturados e produzidos fora dela por profissionais da educação, com o objetivo de adaptar o saber de forma que os alunos possam compreendê-lo.

Por fim chegamos ao terceiro saber, classificado por Chevallard como saber ensinado, este é resultado da transposição didática interna, realizada por professores através de práticas pedagógicas utilizando recursos e elementos que devem ir além do livro didático. O professor é o principal ator da transposição interna ele é o responsável por transformar o saber a ser ensinado em saber ensinado.

Logo, o saber a ser ensinado nas mãos do professor sofrerá uma série de adaptações, adaptações essas que visam facilitar o entendimento dos estudantes. O docente realizará ações como investigar e trazer novos elementos para a sala de aula, procurar exemplos que condizem com a realidade dos alunos entre outros.

2.2 O PRINCÍPIO DE INÉRCIA

Entender a dinâmica dos corpos da forma que compreendemos hoje não foi um processo simples. Aristóteles (324-322 a.C) acreditava que um tipo de ser ou objeto já tinham em si o princípio do movimento. Para ele todo corpo tinha um estado de movimento que lhe era natural, para ele tudo era formado de quatro elementos básicos: o fogo, o ar, a terra e a água.

Segundo Aristóteles o fogo por ser leve tinha uma tendência natural de ir para cima, a terra por ser pesada teria a tendência de ir para baixo, os outros elementos por sua vez eram elementos intermediários. Ou seja se uma pessoa atirasse uma pedra (feita a partir do elemento terra) para o ar e a mesma retornasse a sua mão, existia aí dois tipos de movimentos, um movimento forçado, quando a pedra subia e um movimento natural, quando ela descia. Certa vez Aristóteles disse a seguinte frase:

Ninguém pode dizer que um objeto uma vez colocado em movimento deveria parar em algum lugar; pois por que ele deveria parar aqui e não ali? Assim um objeto estará em repouso ou então se movera até o infinito, a menos que alguma coisa mais poderosa o impeça de assim o fazer (PIRES, 2008, P. 41).

A frase dita por Aristóteles à primeira vista nos parece o princípio de inércia, porém essa frase só foi dita por que ele não acreditava que pudesse existir um movimento perpétuo, já que para o mesmo o vácuo não existia, pois ele acreditava na existência de um quinto elemento básico conhecido como éter que estava presente em todo o universo.

Segundo Aristóteles para que houvesse movimento de um objeto que não possuía movimento próprio o mesmo necessitaria estar em contato constante com um motor (objeto que possuía movimento próprio). Mas se um corpo ou objeto necessitava estar em um constante contato com o motor, sendo empurrado ou puxado por ele para poder permanecer em movimento, como Aristóteles poderia explicar o fato, de um objeto quando arremessado horizontalmente, continuar em movimento mesmo após o motor não estar mais em contato com ele?

Ele sugeriu que o ar foçado para os lados, pela ponta do projétil, escorria para a parte traseira do mesmo para encher o vácuo e manter o projétil em movimento. O ato de arremessar o projétil dava início a este processo, que uma vez começado, continuava por si só (PIRES, 2008, P. 44-45).

Porém, o próprio Aristóteles não ficou muito convencido dessa teoria, que mais tarde também foi fortemente refutada por outros filósofos como: John Philoponus (490-570), filósofo neoplatônico de Alexandria, Guilherme de Ockham (1285-1347), frade franciscano inglês e Jean Buridan (1300-1358), filósofo e professor na universidade de Paris e discípulo de Ockham. Para Ockham se o movimento não era um efeito desvinculado do corpo, este por sua vez não precisaria necessariamente de uma causa para existir.

Já Philoponus afirmava que o meio não poderia sustentar o movimento e ao mesmo tempo resisti-lo, isso seria improvável. Buridan por sua vez dizia que se o ar fosse o responsável pelo movimento do projétil, seria mais fácil colocar uma pena em movimento do que uma pedra, porém não conseguimos arremessar uma pena tão longe quanto conseguimos arremessar uma pedra. Philoponus, estipulou uma teoria de força motora interna, Buridan a teoria do impetus, porém tanto uma como a outra se diferem conceitualmente do princípio da inércia pelo fato de em ambas as teorias, ser necessário a existência de algo agindo sobre o corpo para que movimento seja contínuo.

Avicena (980-1037) foi outro que também deu sua contribuição para entender o movimento dos corpos, ele acreditava na ideia de uma força impressa a qual dependia da massa do corpo que era colocado em movimento. Avicena afirmava que essa força iria resistir a mudança no estado de movimento e persistir indefinidamente no vácuo, mas como não se podia observar um movimento que durasse para sempre, ele concluiu que o vácuo não existia. Em 1320 essa teoria foi reformada por Francisco de Marchia que afirmou que a força impressa seria uma força temporária e auto-dissipativa.

Galileu Galilei (1564-1642) se apoiava muito nas ideias de Philoponus e rejeitava as teorias aristotélicas acerca do movimento, ele também não acreditava que o meio pudesse sustentar o movimento de um projétil, para ele nenhuma força seria necessária para mover um objeto em uma superfície perfeitamente polida, porém sua explicação ficou por aí, e nada acrescentou sobre o que aconteceria se colocasse um objeto em movimento em tal superfície. Galileu foi o primeiro a introduzir o conceito de atrito e também o primeiro a fazer experimentos referente a este.

Galileu acreditava que o movimento em linha reta, dava origem ao movimento circular e este por sua vez, poderia ser perpétuo e com velocidade uniforme. Ele possuía ideias referente ao movimento inercial e natural que eram praticamente idênticas ao conceito de inércia que seria imposto por Newton anos mais tarde. Embora Galileu acreditasse que o movimento poderia ser perpétuo, ele apenas se restringiu ao movimento circular, dizia que o movimento na terra poderia ser eterno devido ao fato da terra ser esférica, e nada falou sobre o movimento retilíneo.

Mais tarde baseado nas ideias de Galileu, René Descartes (1596-1650) afirmou que “se um corpo está em repouso, não começará a se mover por si mesmo, a menos que seja impelido por uma causa externa” (PIRES 2008, pg. 172). Para ele tanto o repouso como o movimento retilíneo uniforme, eram um estado fundamental do movimento, dizia que se um objeto fosse colocado em movimento, este movimento nunca cessaria por si mesmo. Ele foi um dos primeiros a observar e a mencionar a tendência dos objetos em movimento circular de se afastarem do centro do círculo.

Descartes chegou a enunciar duas leis, a primeira que dizia que cada coisa permanece no estado que está se nada vier a muda-lo, e uma segunda que dizia que todo corpo que se move tende a continuar seu movimento em uma linha reta. Como podemos perceber ele chegou a descrever o princípio de inércia, e expos em um tratado chamado *Le Monde*, porém quando soube da condenação de Galileu pela inquisição resolveu não publicar. Mais tarde, o filósofo

francês padre Pierre Gassendi (1592-1655), publicou o princípio descrito por Descartes em um de seus trabalhos antes mesmo que o próprio Descartes o apresenta-se em seu livro.

O físico, matemático e astrônomo holandês, Christiaan Huygens (1629-1695) também chegou há conclusão da tendência natural de um corpo de se mover em linha reta, pelo que ele observou em seus experimentos de arremessar pedras por meio de uma funda, uma arma de arremesso, constituída por uma correia ou corda, onde se girava uma pedra utilizada como projétil que era arremessada ao soltar uma das pontas da correia. Ele também atentou-se para o esforço que a pedra tinha de se afastar do centro de rotação ao girar a funda, a esse fenômeno ele chamou de “força centrífuga”.

Finalmente Isaac Newton (1643-1727) para explicar o movimento dos corpos celestes, se apoiou no que fora dito por Galileu Galilei e René Descartes, sobre a tendência que um corpo em movimento tem de manter-se neste estado de movimento, ele criou o termo “força inata” que mais tarde ele mudou para princípio da inércia. Newton finalmente formulou sua primeira lei que diz “todo corpo continua em seu estado de repouso, ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja compelido a mudar esse estado por forças aplicadas sobre ele”. (PIRES, 2008, p.200). Assim surgiu o Princípio de Inércia através de um longo processo histórico, foram séculos de estudos e observações, para que finalmente pudéssemos entender a forma como um corpo mantém-se em movimento.

2.3 FENÔMENOS FÍSICOS RELACIONADOS AO PRINCIPIO DE INÉRCIA

A primeira lei de Newton está presente em várias situações do nosso cotidiano, essas situações podem ser exploradas, pelos docentes em suas aulas no ensino médio. Nesta sessão será abordado a forma como o princípio de inércia está presente em alguns fenômenos físicos que podem ser utilizados pelos docentes em suas aulas acerca desta lei.

2.3.1 Esburacamentos próximos de curvas, paradas de ônibus e lombadas.

Quando um carro freia por inércia ele tende a continuar seu movimento, com isso o pneu se agarra no asfalto que inicialmente está parado, esse por sua vez sofre sobre si uma força que é equivalente ao produto da massa pela aceleração negativa que tem a ver com a diminuição da velocidade do veículo. Quanto maior o veículo, maior a sua massa, maior a força e maior o

efeito sobre o asfalto. Geralmente os carros freiam antes de em uma curva, pois se assim não fosse eles seriam colocados para fora devido a força centrífuga.

Além das curvas isso também acontece nas paradas de ônibus ou antes das lombadas. Geralmente os veículos freiam alguns metros antes da curva, lombadas ou paradas de ônibus, com um tempo isso vai formando buracos no asfalto no local das freadas, com a formação de um buraco os carros passam a frear alguns metros antes do buraco e com o tempo se forma um novo buraco, assim por diante, até a estrada está completamente esburacada.



Figura 1 – Fotografias de buracos no asfalto da Universidade Federal de Pernambuco Centro Acadêmico do Agreste.

Na figura 1 temos imagens do asfalto da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, local onde existe uma parada de ônibus e algumas curvas. Na figura 1 – A, onde existe uma parada de ônibus, pode-se perceber que o asfalto foi reformado na figura 1 – B e C, poucos metros antes da mesma parada podemos observar rachaduras no asfalto indicando a futura formação de novos buracos.

Na figura 1 – D pode-se observar esburacamentos em pontos próximos de curvas. Na figura 1 – E pode-se perceber um novo buraco se formando, a aproximadamente 3 metros antes do primeiro. A figura 1 – F mostra o buraco da figura E mais de perto onde pode-se observar as marcas de pneus de um veículo. Todas essas imagens servem para identificar a ação do princípio de inércia e com isso pode-se chegar a uma solução, que seria um reforço do asfalto nas áreas próximas as curvas e as paradas de ônibus.

Os professores podem fazer uso desse fenômeno, para elaborar aulas práticas de campo, onde os alunos farão parte de um processo investigativo, tirando fotografias de pontos próximos

a paradas de ônibus, lombadas e curvas, identificando e comprovando a existência deste problema. Também poderão ser discutidas com os alunos forma para minimizar esses acontecimentos. Com isso o docente pode quebrar a rotina de suas aulas mostrando aos alunos que física também se faz por meio de observações e práticas experimentais.

2.3.2 Gravidade artificial

Gravidade artificial é um tema que vem sendo estudado por muitos pesquisadores. Para se conseguir um efeito de gravidade similar ao que existe em nosso planeta, eles fazem uso da força centrífuga (uma força inercial). Neste processo, pessoas são colocadas dentro de uma câmara cilíndrica giratória, que deve girar com uma velocidade constante, velocidade que dependerá do raio dessa câmara, pois como sabemos o módulo da força centrífuga é igual ao módulo da força centrípeta, logo sua aceleração é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade e inversamente proporcional ao seu raio.

Este tema pode ser explorado pelos docentes em suas aulas acerca da primeira lei de Newton, mostrando assim um pouco de sua importância para os alunos. A utilização de recursos midiáticos como filmes e vídeos podem ser uma forte ferramenta para levar os alunos a entenderem o princípio de inércia como uma lei fundamental da natureza.

Alguns filmes indicados para abordar o uso da gravidade artificial por meio da ação do princípio de inércia no ensino médio são: Uma Odisséia no Espaço, lançado em 2001, Elysium, lançado em 2013, Interestelar lançado em 2014 e Perdido em Marte, lançado em 2015. Todos esses filmes mostram o uso de gravidade artificial, devido a um movimento giratório, reproduzindo assim efeitos similares a gravidade terrestre, devido a força centrífuga gerada neste movimento.

2.3.3 Movimentos planetários

Como visto anteriormente Newton desenvolveu suas três leis afim de explicar os movimentos planetários. Se o princípio de inércia não existisse, os movimentos planetários provavelmente não aconteceriam da forma que conhecemos hoje. Os movimentos que os planetas realizam em torno do sol, seguindo uma trajetória curvilínea, só acontece devido a tendência natural de um corpo em movimento retilíneo uniforme se manter neste estado de

movimento, devido a essa tendência surge uma força inercial que é conhecida como força centrífuga e que tem módulo igual ao da força centrípeta, força que atrai os objetos para o centro da curvatura.

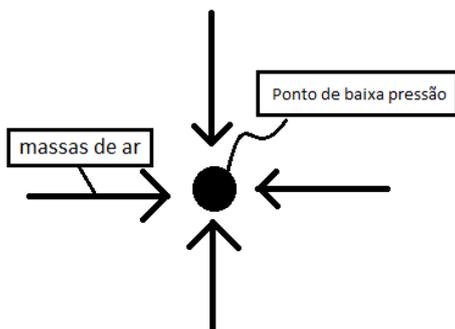
Como explicado por Newton, os corpos celestes impõem um sobre o outro uma força que é diretamente proporcional as massas desses corpos e inversamente proporcional a distância entre eles ao quadrado. Logo, devido essa força, os corpos deveriam ser atraídos e conseqüentemente se chocarem, mas isso não ocorre por que há um equilíbrio entre a força gravitacional descrita por Newton e a força centrífuga que atua sobre o corpo. Os cálculos para determinar a aceleração centrípeta (e centrífuga) a partir da primeira lei de Newton estão localizados no tópico 2.4.1 deste trabalho.

2.3.4 Formação de furacões.

O furacão é um dos fenômenos mais incríveis da natureza, e sem dúvidas um dos mais devastadores também, entender sua origem é um dos temas que podem ser explorados pelos docentes em suas aulas acerca do princípio de inércia. Aliás é através de uma força inercial chamada de Força de Coriolis que os furacões se formam.

Sabendo que as grandes massas de ar se deslocam das regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão, como pode ser observado na figura 2, muitas vezes esse movimento ocorre em grandes velocidades. Devido ao movimento giratório da terra, essas massas de ar sofrem sobre si a ação de uma força, isto é conhecido como efeito Coriolis. Por causa do efeito Coriolis as massas de ar acabam tendo uma mudança em suas trajetórias, o que acaba formando enormes círculos em torno deste ponto de baixa pressão, formando assim os furacões.

Movimentos das massas de ar sem a influência da força de Coriolis.



Movimento das massas de ar sobre a influência da força de Coriolis.

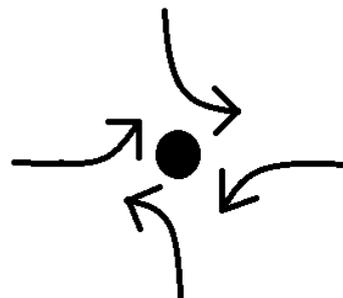


Figura 2 - Movimento das massas de ar na direção de um ponto de baixa pressão

Além de influenciar no movimento das massas de ar a força de Coriolis também desvia a trajetória de projéteis de longo alcance e causa modificações no plano do movimento de um pêndulo com comprimento muito grande, que é o caso do experimento realizado por Jean Bernard Léon Foucault em 1951. Os cálculos para determinar a aceleração de Coriolis a parti do princípio de inércia estão localizados no tópico 2.4.2 deste trabalho.

2.4 CALCULOS DAS ACELERAÇÕES CENTRÍPETA E DE CORIOLIS A PARTIR DO PRINCÍPIO DE INÉRCIA.

Embora a primeira lei de Newton não esteja atrelada a uma fórmula matemática, podemos fazer uso da mesma para calcularmos as acelerações existentes nas forças conhecidas como inerciais. Neste tópico serão expressos os cálculos referente as acelerações existentes na força centrípeta e na força de Coriolis. Os cálculos foram extraídos das notas de aula da disciplina mecânica clássica, ministradas pelo professor Ernesto Valdés, orientador deste trabalho.

2.4.1 Aceleração centrípeta

A figura 3 mostra as trajetórias de uma partícula com uma velocidade v , em um movimento circular uniforme seguindo a trajetória 1 – 2.

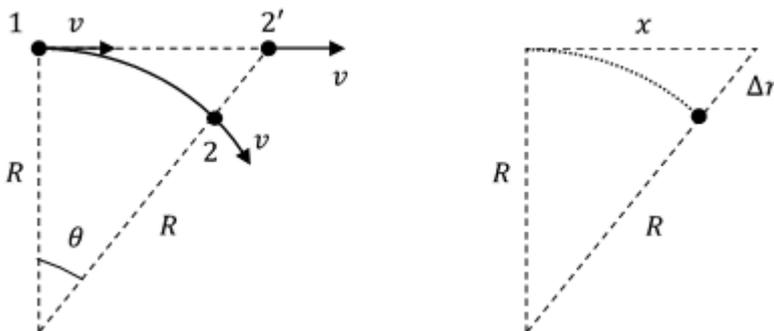


Figura 3 – Trajetórias de uma partícula em movimento circular uniforme.

Toda partícula com velocidade constante tende naturalmente a realizar um movimento retilíneo uniforme, que na figura está representado pela trajetória 1 – 2'. Uma força transversal

a esta trajetória, neste caso uma força constante e centrípeta, obriga a partícula a realizar um movimento curvilíneo. A trajetória $2' - 2$ é o movimento “virtual” da partícula do ponto onde “estaria por inércia” e o ponto aonde “está pelo efeito da força centrípeta”. Esse movimento “virtual” é acelerado com velocidade inicial nula. Então, essas atuações mútuas do princípio da inércia e da força centrípeta originam o movimento circular.

Cinematicamente temos:

$$\begin{aligned} \Delta S_{1-2'} = x &\Rightarrow \Delta S_{1-2'} = v t &\Rightarrow x = v t \\ \Delta S_{2'-2} = \Delta r &\Rightarrow \Delta S_{2'-2} = \frac{a t^2}{2} &\Rightarrow \Delta r = \frac{a t^2}{2} \end{aligned}$$

Geometricamente temos:

$$R^2 + x^2 = (R + \Delta r)^2 \Rightarrow R^2 + x^2 = R^2 + 2 R \Delta r + \Delta r^2$$

Para θ pequeno $\Delta r^2 \rightarrow 0$, assim

$$\begin{aligned} R^2 + x^2 = R^2 + 2 R \Delta r &\Rightarrow x^2 = R^2 + 2 R \Delta r - R^2 &\Rightarrow x^2 = 2 R \Delta r \\ x = v t &\Rightarrow x^2 = v^2 t^2 \end{aligned}$$

Igualando o x^2 das duas últimas equações:

$$v^2 t^2 = 2 R \underbrace{\Delta r}_{\frac{a t^2}{2}} \Rightarrow v^2 t^2 = 2 R \frac{a t^2}{2} \Rightarrow a = \frac{v^2 \cancel{t^2}}{R \cancel{t^2}} \Rightarrow$$

$$a = \frac{\overbrace{v^2}^{w^2 R^2}}{R} \Rightarrow a = \frac{w^2 R^2}{R} \Rightarrow a = w^2 R \Rightarrow$$

$$\underbrace{a = \dot{\theta}^2 R \leftrightarrow \vec{a} = -\dot{\theta}^2 R \hat{r}}_{\text{aceleração centrípeta (módulo e vetor)}}$$

2.4.2 Aceleração de Coriolis

Vamos imaginar uma partícula se deslocando sobre um disco, como o da figura 4,

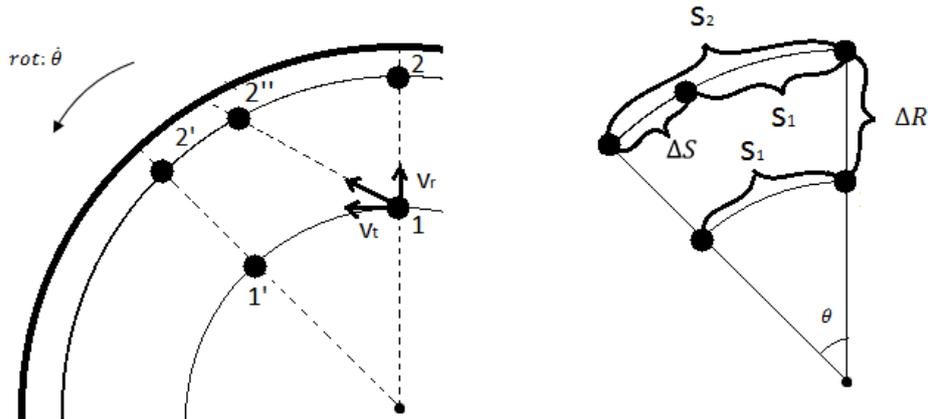


Figura 4 – Trajetória de uma partícula em direção radial, afastando-se do centro sobre um disco girando com velocidade angular constante.

Trajetória 1 – 2 é a trajetória prevista inicialmente no sistema do disco em movimento. O ponto 2 passa para 2' durante o tempo do percurso da partícula do círculo menor para o círculo maior. O ponto 2' não é atingido porque a partícula tem uma velocidade tangencial v_{T_1} enquanto o ponto 2 tem uma velocidade tangencial v_{T_2} .

$$v_{T_2} = \dot{\theta} R_2 \quad , \quad v_{T_1} = \dot{\theta} R_1 \quad \Rightarrow \quad v_{T_2} > v_{T_1}$$

A partícula fica “mais lenta” que o disco no ponto 2 e é “empurrada” para “trás” em relação ao ponto 2', desta forma a partícula faz um movimento virtual acelerado de 2' para 2''.

A trajetória 2' - 2'' é um movimento uniforme acelerado com velocidade inicial nula.

Cinematicamente temos:

$$\Delta R = R_2 - R_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta R = v_r t$$

$$\Delta S = \frac{a t^2}{2}$$

Geometricamente temos:

$$\Delta S = S_2 - S_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta S = (v_{T_2} - v_{T_1}) t \quad \Rightarrow \quad \Delta S = \dot{\theta} (R_2 - R_1) t$$

Igualando o ΔS das duas últimas equações:

$$\frac{a t^2}{2} = \dot{\theta} (R_2 - R_1) t \quad \Rightarrow \quad a = \dot{\theta} (R_2 - R_1) \frac{2}{t} \quad \Rightarrow \quad a = 2 \dot{\theta} \frac{R_2 - R_1}{t} \quad \Rightarrow$$

$$\underbrace{a = 2 \dot{\theta} v_r \quad \leftrightarrow \quad \vec{a} = 2 \dot{\theta} v_r \hat{\theta}}_{\text{aceleração de Coriolis (módulo e vetor)}}$$

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para a coleta dos dados que fazem parte desta pesquisa.

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para se compreender a forma como acontece a transposição do saber referente ao princípio de inércia no ensino médio, foram realizadas pesquisas de cunho qualitativo visando entender como o assunto é trabalhado em livros didáticos e por professores. É preciso identificar se de fato o princípio de inércia vem sendo explorado com toda sua potencialidade ou pelo menos com a merecida atenção que esta lei fundamental merece.

Essa pesquisa teve por critério alguns pontos relevantes no que diz respeito a um bom ensino da primeira Lei de Newton, esses pontos foram: Existência de um bom contexto histórico, qualidade dos exemplos apresentados nos livros didáticos e pelos docentes, quantidade de exercícios existentes nos livros didáticos, instrumentos de ensino utilizados pelos docentes, exploração de temas que condizem com cotidiano dos alunos e a forma avaliativa utilizadas pelos docentes.

Para este trabalho foi realizada uma análise da apresentação da Lei da Inércia em 14 livros didáticos do ensino médio. Os livros utilizados nesta pesquisa foram livros adotados pela rede estadual de ensino no decorrer de alguns anos letivos, esses livros também foram selecionados devido a facilidade de se obtê-los. Embora os livros não sejam atuais, ainda assim podemos verificar como tem sido tratado o princípio de Inércia nestes materiais.

Também foi aplicado um questionário, respondido por alguns alunos do primeiro ano do ensino médio de duas escolas da rede estadual de ensino, estudantes da modalidade integral, com a intenção de verificar a forma como o aluno tem dedicado seu tempo no estudo da primeira de Newton e a forma como está lei é apresentada a eles pelos docentes e pelos livros didáticos. Também foi objetivo deste questionário verificar se o aluno consegue identificar a presença da Lei da Inércia em alguns fenômenos apresentados.

Também foram realizadas duas entrevistas com professores que atuam no ensino médio na rede estadual de ensino e que estavam responsáveis pela disciplina de física no primeiro ano. Os professores escolhidos eram professores dos alunos entrevistados, onde um era formado em

matemática, mas possuía bastante experiência no ensino de física, por lecionar a disciplina a mais de dez anos. O outro professor era formado em física e também possuía uma vasta experiência no ensino desta disciplina. Para a elaboração das perguntas foram levados em consideração os mesmos critérios da pesquisa realizadas nos livros didáticos e nos questionários respondidos pelos discentes, critérios referentes aos recursos didáticos utilizados, a presença do contexto histórico nas aulas, etc.

Os dados coletados na análise dos livros foram expostos em uma tabela e dois gráficos, afim de uma melhor visualização e compreensão da forma como o princípio de inércia é trabalhado neles. Os critérios utilizados para essa pesquisa foram os mesmos já citados nesta sessão.

Todas as questões que fazem parte do questionário aplicado, pode ser visualizado no apêndice B deste trabalho. A pesquisa foi feita por amostragem com alunos de duas escolas e em 4 primeiros anos. De posse dessas informações foram construídos alguns gráficos para uma melhor visualização das respostas.

As perguntas norteadoras da entrevista podem ser acessadas no apêndice A deste trabalho. As entrevistas foram gravadas e depois transcritas, as respostas foram colocadas em uma tabela para facilitar sua visualização sua análise.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos na pesquisa, acerca de como é tratado o princípio de inércia por professores e em materiais didáticos destinados ao ensino médio.

4.1 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO.

O livro didático ainda é o recurso mais utilizado por professores em todas as áreas de ensino. É crescente o estudo acerca de como os conteúdos são expressos no livro didático e a forma como este é explorado pelos professores. Partindo deste ponto, foram realizadas análises acerca de como primeira lei de Newton é apresentada em 14 livros de Física do ensino médio. Os dados referentes a presença de contexto histórico, exemplos e exercícios encontrados nestes livros estão expressos na tabela 1.

Tabela 1 – Contexto histórico, exemplo e exercícios contidos nos livros analisados.

| Livros | Possui contexto histórico | Possui exemplos | Possui exercícios |
|-----------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Livro 1 | Sim | Sim | Sim |
| Livro 2 | Não | Sim | Sim |
| Livro 3 | Não | Sim | Sim |
| Livro 4 | Não | Sim | Sim |
| Livro 5 | Não | Sim | Sim |
| Livro 6 | Sim | Sim | Sim |
| Livro 7 | Sim | Sim | Sim |
| Livro 8 | Não | Sim | Sim |
| Livro 9 | Sim | Sim | Sim |
| Livro 10 | Não | Sim | Sim |
| Livro 11 | Sim | Sim | Sim |
| Livro 12 | Não | Sim | Sim |
| Livro 13 | Não | Sim | Sim |
| Livro 14 | Não | Não | Não |

Se analisarmos a tabela, temos um resultado aparentemente positivo e satisfatório ao percebemos que apenas 1 livro não apresentou nenhum dos três objetos analisados. Porém também podemos destacar como um ponto negativo o fato de infelizmente nesta pesquisa encontrarmos poucos livros que abordam um bom contexto histórico. A presença de contexto histórico como o observado na figura 5, apareceu em apenas 5 dos 14 livros, quase um terço dos livros analisados, um número relativamente baixo dado a sua importância e o enriquecimento que um bom contexto histórico pode trazer as aulas de Física.

Primeira Lei de Newton: o Princípio da Inércia

Aristóteles atribuía a origem dos movimentos ao fato de os objetos procurarem seu "lugar natural de repouso". Se quando abandonada pelas mãos uma bola cai, é porque o seu lugar natural é o solo, em "estado de repouso". Assim, o movimento de um corpo seria um estado não natural ou não espontâneo, colocado ou mantido nessa condição pela atuação de uma força.

Descartes e Galileu Galilei introduziram a ideia de que o estado natural de um corpo não era apenas o repouso. Para eles, um objeto em movimento retilíneo uniforme também estava em estado natural, sem que houvesse uma força agindo sobre ele.

Tanto para Aristóteles quanto para nós, parece "natural" acreditar que o movimento de um corpo se efetiva à custa da aplicação de uma ou mais forças. A dificuldade advém do fato de que o movimento uniforme é uma abstração. O artifício de desconsiderar certas características para poder compreender outras é uma conquista relativamente recente, e é por esse motivo que os resultados de Galileu são tão importantes: ele não conseguia reunir as condições necessárias para produzir movimentos uniformes em que a atuação de forças estivesse ausente, mas ainda assim ele sabia que isso era algo verdadeiro e, de alguma maneira, realizável.

E foi a partir desse ponto que Newton elaborou o Princípio da Inércia, enunciado a seguir.



Aristóteles de Estagira (384 a.C. - 322 a.C.) foi discípulo de Platão e mestre de Alexandre, rei da Macedônia. É um dos filósofos mais estudados e debatidos, por ser dos primeiros a construir o corpus filosófico ocidental. O pensamento aristotélico influenciou profundamente a ciência.

Figura 5 - Contexto histórico presente em um dos livros analisados.

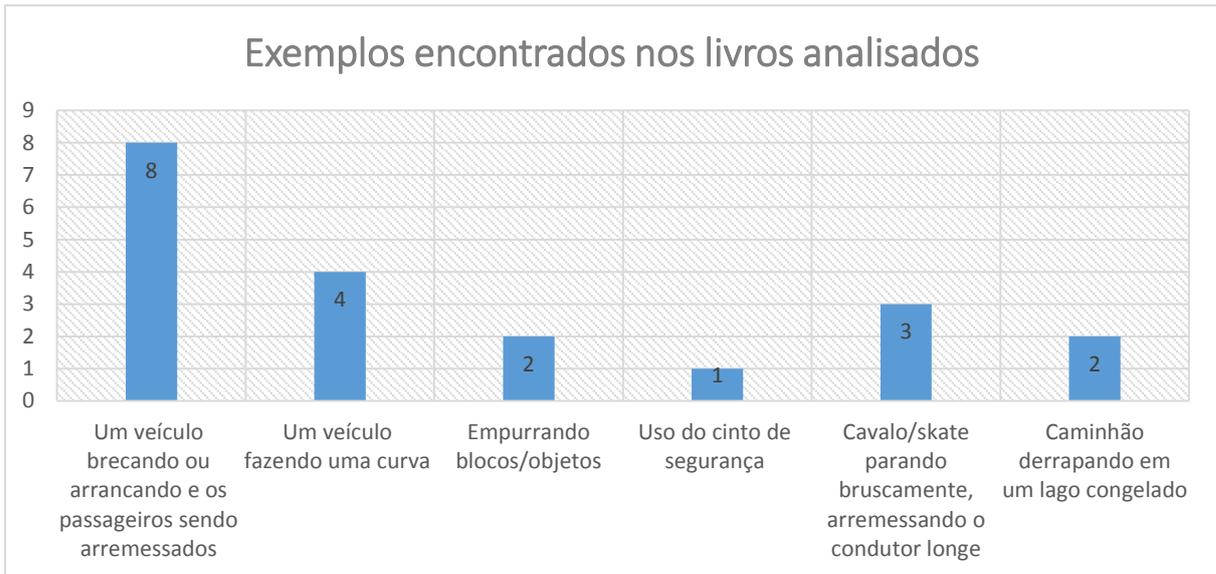


Gráfico 1 – Exemplos referentes ao princípio de inércia encontrados nos livros analisados.

Embora a tabela 1 nos mostre um valor relativamente alto para o quantitativo de livros que apresentaram exemplos e exercícios, se analisarmos o gráfico 1 que se refere aos exemplos que foram encontrados nestes livros, percebemos que, os exemplos que predominam ainda são exemplos como o observado na figura 6, o exemplo clássico de um veículo freando ou arrancando e os passageiros sendo arremessados, fato esse encontrado em 8 dos 13 livros que possuem exemplos. Podemos observar que a necessidade do uso do cinto de segurança só foi citada em um único livro, uma pena, pois isso faz parte da realidade de muitos alunos e poderia ser abordado como uma interdisciplinaridade dos conteúdos.

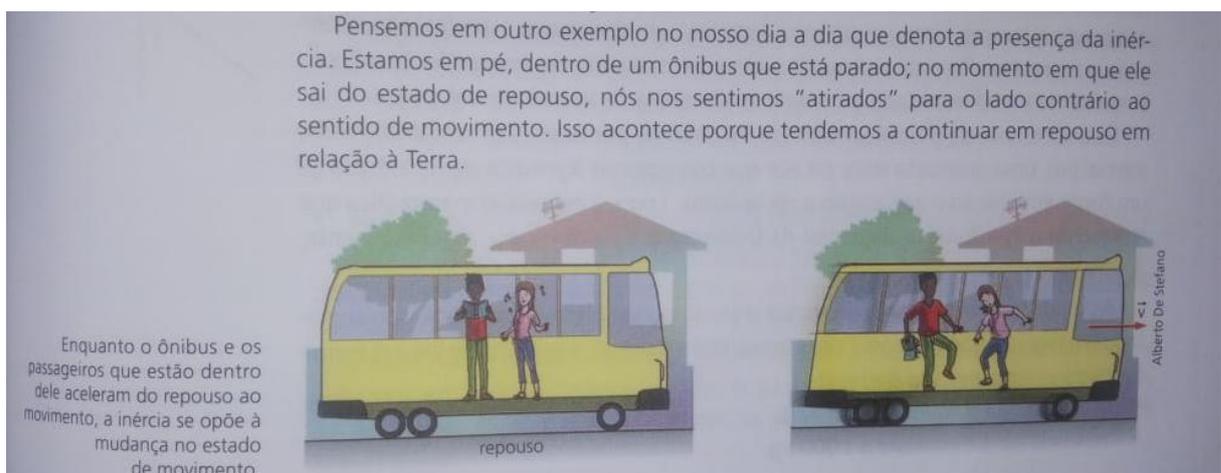


Figura 6 - Exemplo encontrado em um dos livros analisados. Veículo acelerando e os passageiros sendo arremessados.

Outros exemplos encontrados foram: um veículo fazendo uma curva, este pode ser observado na figura 7, e apareceu em 4 dos livros analisados, o exemplo de um cavalo ou skate

parando e arremessando o condutor, este apareceu em 3 livros e os exemplos de uma pessoa empurrando blocos e de um caminhão derrapando em um lago congelado apareceram em 2 dos livros analisados.

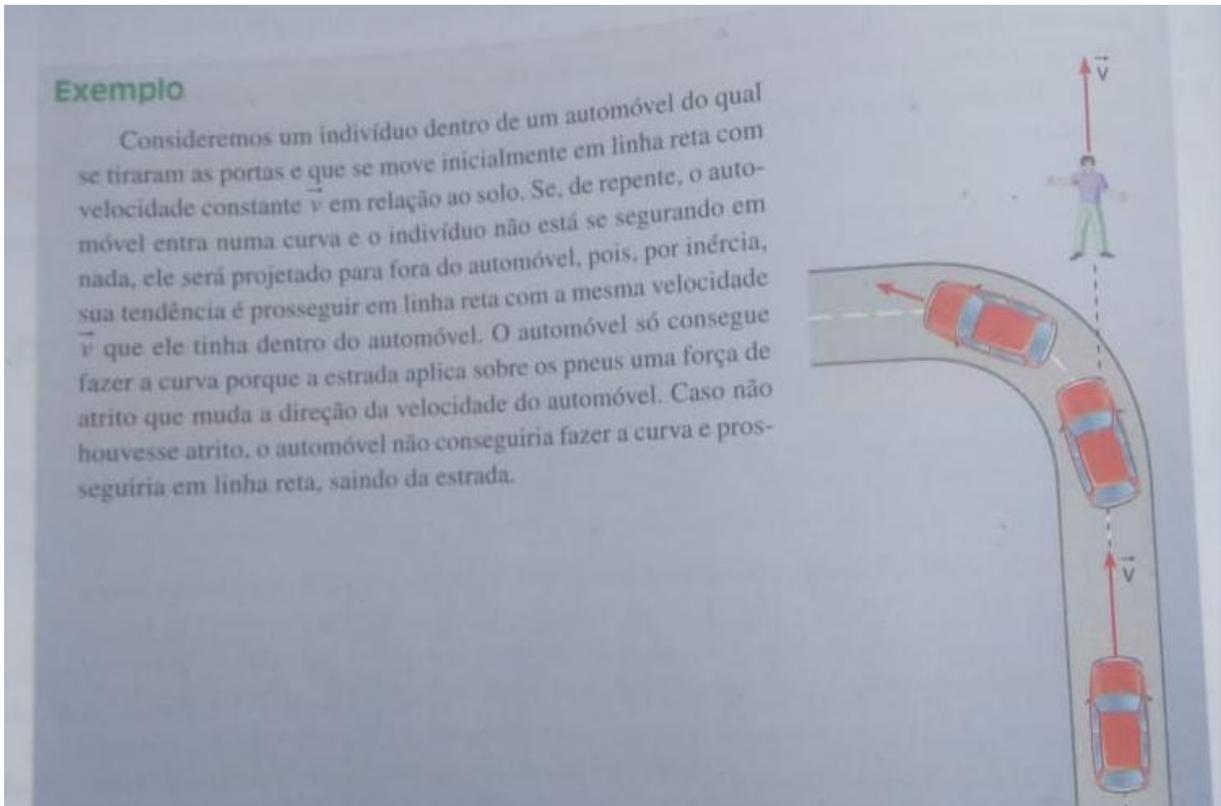


Figura 7 - Exemplo encontrado em um dos livros analisados. Carro fazendo uma curva.

O gráfico mostrou que os exemplos utilizados nestes livros além de serem em poucas quantidades estão limitados e repetitivos, se analisarmos mais a fundo, iremos encontrar casos em que livros do mesmo autor, mas de diferentes edições trazem em si a repetição dos exemplos e dos exercícios, praticamente nada muda como é o caso dos livros que trouxeram o exemplo do caminhão derrapando em um lago congelado.

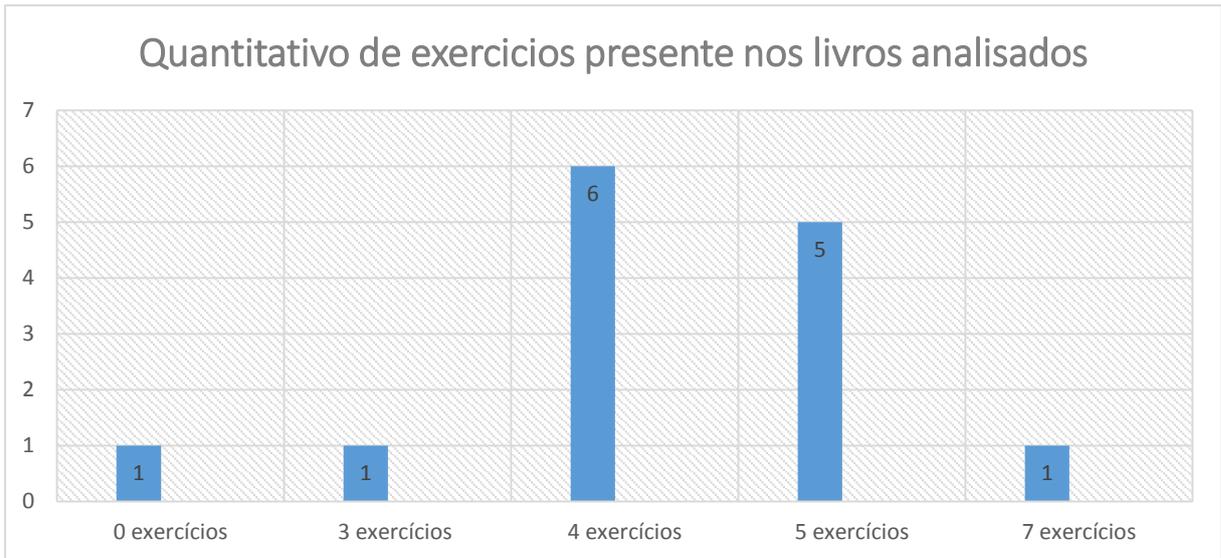


Gráfico 2 – Quantitativo de exercícios acerca da primeira lei de Newton encontrados nos livros analisados.

Ao analisar a quantidade de exercícios presentes nos livros didáticos expostos no gráfico 2, encontramos um quantitativo de questões relativamente baixo se comparado com o quantitativo encontrados em outros assuntos abordados nos mesmos livros. Embora a maioria, quase unânime, apresentem questões referentes a primeira lei de Newton, as quantidades de questões encontradas nestes livros raramente ultrapassaram 5 questões, ficando com uma média de 4 questões por livro, enquanto outros assuntos como por exemplo a segunda Lei de Newton, trazem uma média de 20 questões em cada livro.

4.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS ALUNOS.

Foi aplicado um questionário onde participaram 40 alunos do primeiro ano do ensino médio, referente a leis de newton, mais precisamente sobre a primeira lei. As questões foram elaboradas com o intuito de verificar a metodologia utilizada pelos docentes, a forma como a Lei é expressa nos livros didáticos e como se dá a avaliação dos professores acerca do princípio de inércia.

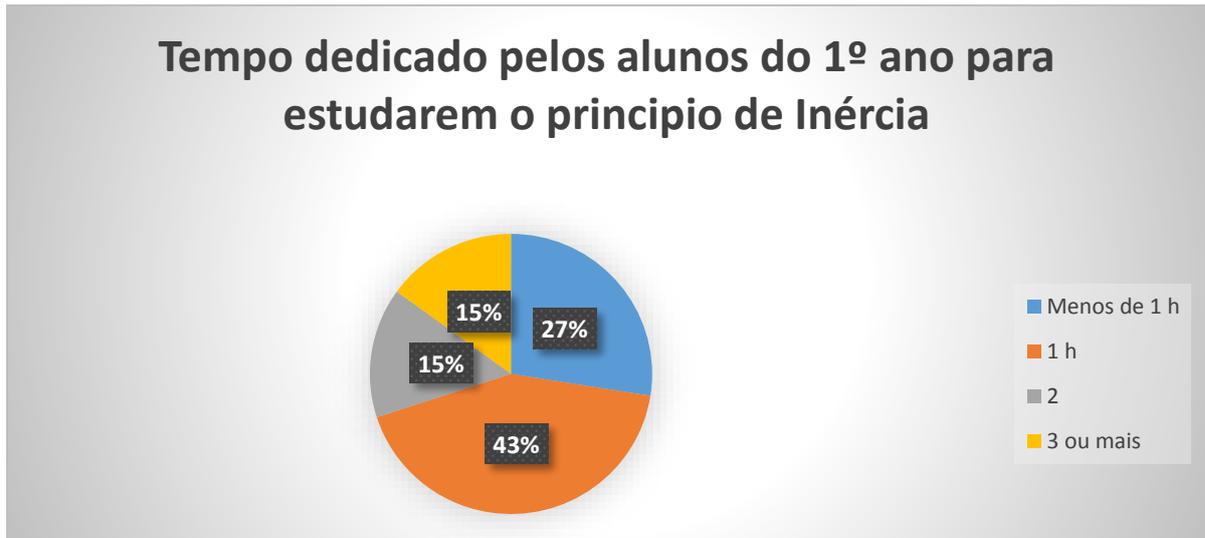


Gráfico 3 – Tempo dedicado pelos alunos do 1º ano para estudarem o princípio de Inércia.

No gráfico 3 pode-se observar as respostas encontradas nos questionários, referente ao tempo de estudo dedicado pelos alunos a estudar a Primeira Lei de Newton. Como podemos verificar a grande maioria dos alunos dedicaram uma hora ou menos para estudar a primeira Lei de Newton, apenas 30% dos alunos dedicaram 2 horas ou mais que isso. Isto pode indicar que o assunto foi de fácil compreensão para os alunos ou que simplesmente não foi dada a importância necessária para essa temática.

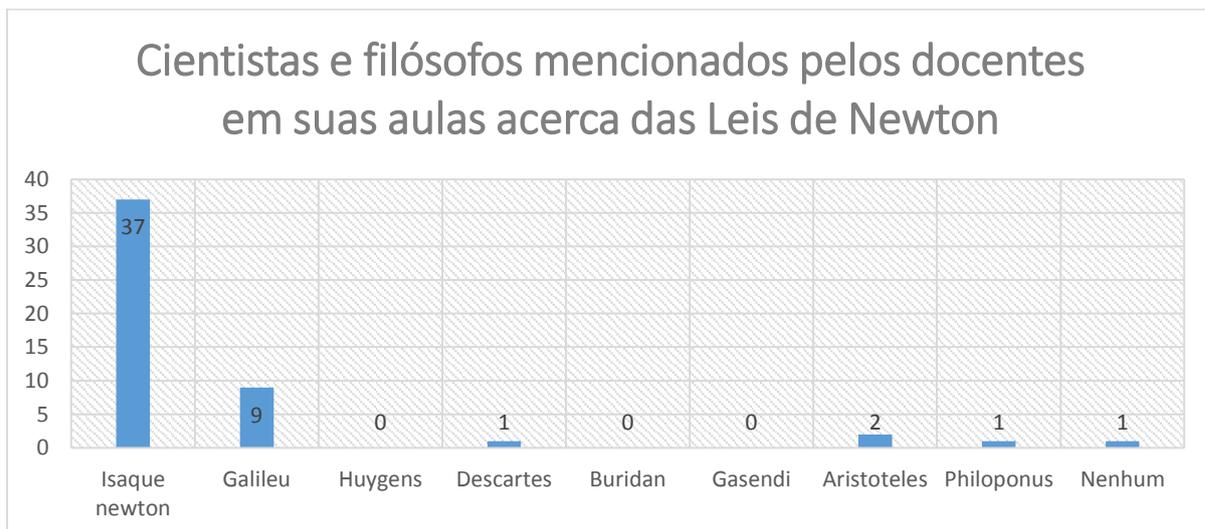


Gráfico 4 – Cientistas e filósofos mencionados pelos docentes em suas aulas acerca das Leis de Newton.

No gráfico 4 se encontram as respostas dos alunos referente ao contexto histórico apresentado pelos docentes. Podemos perceber por este gráfico a presença de um contexto histórico muito pobre, onde os cientistas e filósofos são abandonados da fala dos professores.

O mais destacado pelos alunos foi Newton que foi assinalado por 37 alunos, isto já era de se esperar afinal não existiria leis de Newton sem a presença dele.

Os outros cientistas e filósofo que fizeram parte da construção da lei da inércia não aparecem ou quase não aparecem nas respostas dos alunos. Galileu Galilei foi apontado por apenas 9 alunos, Aristóteles por 2, Descartes e Philoponus por apenas um aluno cada, Huygens, Buridan e Gasendi nem foram mencionados e por fim um aluno afirmou que o professor não mencionou nenhum autor. Logo, segundo os alunos, pouco foi explorado da parte histórica.

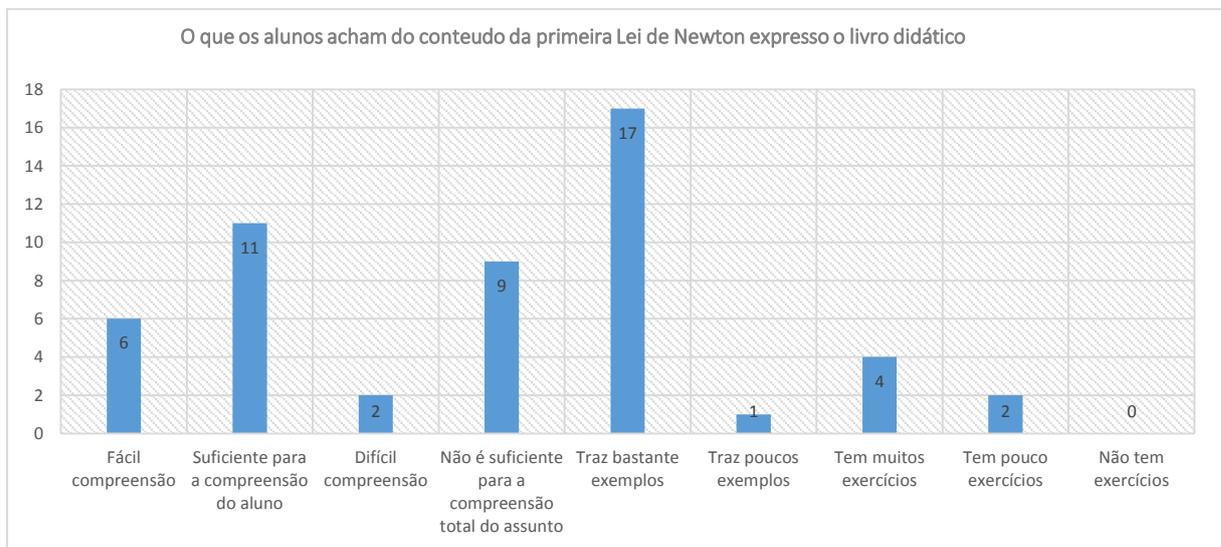


Gráfico 5 – O que os alunos acham do conteúdo da primeira Lei de Newton expresso no livro didático.

No gráfico 5, encontramos as respostas dos alunos referentes ao conteúdo da primeira Lei de Newton expressa no livro didático. 6 alunos afirmaram que o conteúdo foi de fácil compreensão enquanto 2 acharam difícil. 11 alunos afirmaram que o conteúdo expresso no livro didático era suficiente para sua compreensão, porém 9 afirmaram não ser suficiente para sua compreensão total. 17 alunos afirmaram que o livro trouxe bastante exemplos, enquanto apenas 1 afirmou que o livro traz pouco exemplos. 4 afirmaram ter muitos exercícios nos livros, porém 2 afirmaram ter poucos exercícios.

Os dados apresentados no gráfico são bem satisfatório, o único ponto negativo de destaque, foi a quantidade de alunos que acharam o conteúdo exposto no livro didático não ser o suficiente para a compreensão total do assunto. Isto já era de se esperar, afinal, os livros são apenas ferramentas didáticas, também cabe ao professor explorar outras fontes para suas aulas ficarem melhores e mais completas, além é claro de promover estratégias para melhorar essa compreensão.

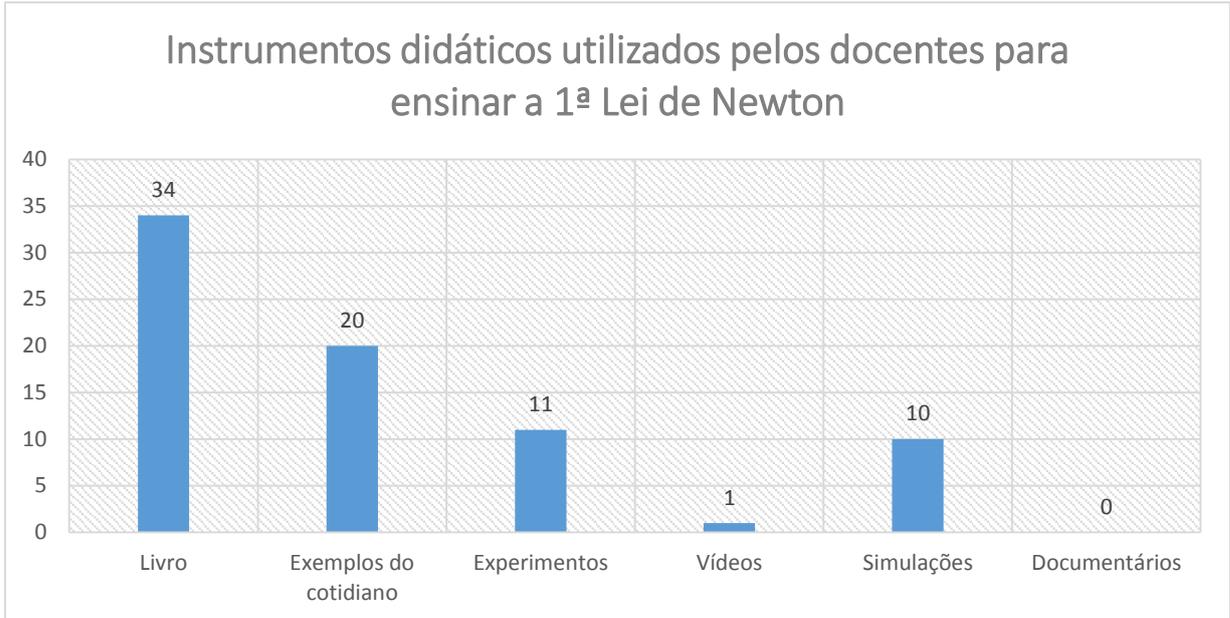


Gráfico 6 – Instrumentos didáticos utilizados pelos docentes para ensinar a primeira Lei de Newton.

O gráfico 6 traz os recursos didáticos utilizados pelos docentes em suas aulas de física sobre o princípio de inércia. Podemos perceber que foi quase unânime a utilização do livro didático pelos professores, onde 34 alunos afirmaram ter sido utilizado pelo docente. Esse dado mostra a força que o livro didático ainda exerce nas aulas, onde os docentes não deixam de fazer uso dele, porém ele não ser o único recurso utilizado.

Além do livro didático metade dos alunos responderam que o professor também utilizou exemplos do cotidiano, 11 afirmaram que o docente utilizou experimentos, 10 disseram que o professor utilizou simulações e 1 afirmou que o professor utilizou vídeos. Esses dados apontam que os professores estão começando a utilizar recursos diversos na apresentação do princípio de inércia fazendo uso de experimentos, vídeos e simulações que tratam do assunto trabalhado.

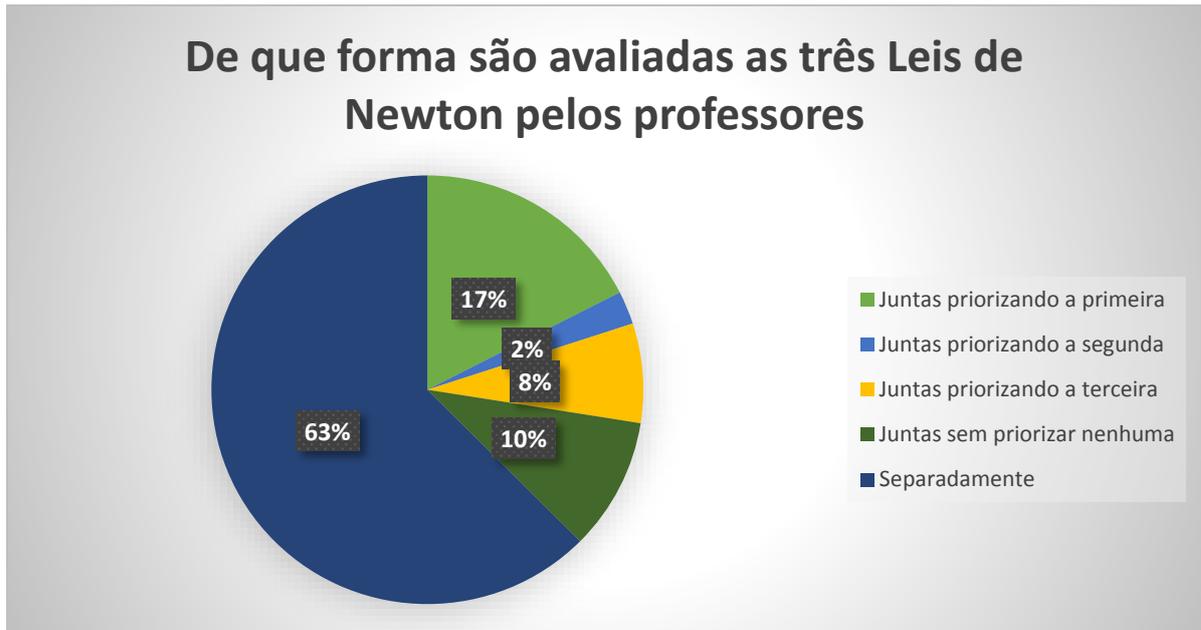


Gráfico 7 – Formas de avaliação dos professores sobre as três leis de Newton.

No gráfico 7 referente a forma de avaliação das leis de Newton realizada pelos professores, podemos analisar a forma como eles costumam elaborar seus testes escritos. 63% dos alunos afirmaram que o professor cobrou as três leis separadamente, 17% afirmaram que o docente avaliou as três leis juntas dando uma importância maior para primeira, 10% afirmaram que o docente realizou a avaliação das três leis também juntas porém sem priorizar nenhuma das três, 8% disseram que a avaliação também foi junta mas foi dado um destaque maior para a terceira e 2% afirmaram que o docente também fez a avaliação das três leis juntas, porém deu um destaque maior para a segunda lei.

A maioria dos alunos afirmaram que o professor cobrou as três leis separadamente em seus testes escritos, o que é bom, pois ele pode analisar o aprendizado individual dos alunos, para cada uma das leis dando-lhes o destaque merecido a cada uma delas, tendo em vista que todas têm uma enorme importância no aprendizado.

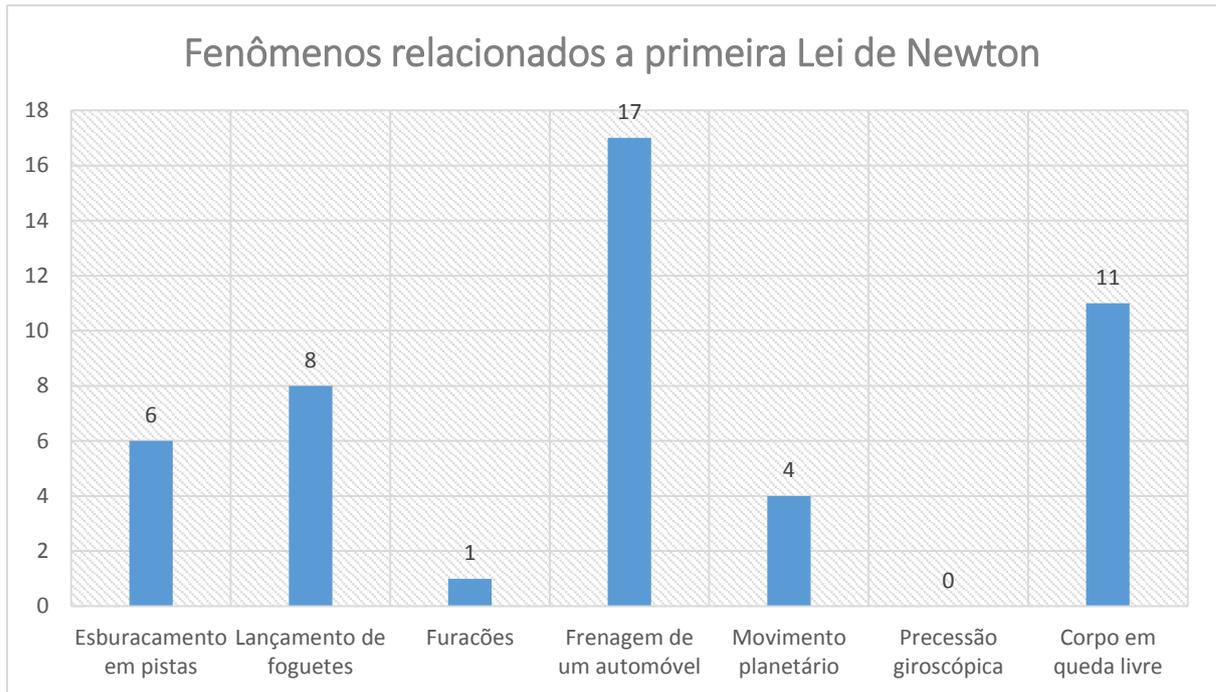


Gráfico 8 – Fenômenos que os alunos conseguem relacionar com o princípio de inércia.

No gráfico 8 onde podemos ver as respostas dos alunos para os fenômenos que eles conseguem relacionar com a primeira lei de Newton, percebemos que 17 alunos fazem relação da primeira Lei de Newton com a frenagem de um automóvel, 11 fazem relação com um corpo em queda livre, 8 com lançamentos de foguetes, 6 com esburacamento em pistas, 4 conseguem relacionar com movimentos planetários e 1 aluno afirmou conseguir relacionar a primeira lei com os fenômenos dos furacões.

Podemos perceber que as respostas da maioria dos alunos foram bem básicas, se restringindo a exemplos que muitas vezes são encontrados nos livros didáticos, isto pode apontar para uma falta de aprofundamento no conteúdo por parte dos exemplos utilizados pelos docentes. Nenhum aluno marcou em suas respostas precessão giroscópica, isto pode indicar que eles não conseguem relacionar o princípio de inércia com movimentos circulares, já que apenas um afirmou conseguir relacionar a primeira lei com os fenômenos dos furacões.

4.3 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS REALIZADAS COM OS DOCENTES

Nesta seção estão expostas as respostas dos dois docentes entrevistados, as respostas foram colocadas em um quadro, exposto na tabela 2, onde podemos observar e comparar a forma como os docentes abordaram cada tópico.

Tabela 2 – Quadro de respostas dos docentes nas entrevistas realizadas.

| Qual a sua formação? | |
|---|--|
| Matemática – Licenciatura | Física - Licenciatura |
| Quais os recursos didáticos utilizados em suas aulas para ensinar as leis de Newton? | |
| “Data show, livro didático, sala de informática, robótica e aulas práticas com experimentos”. | “Bem eu usei o livro, o quadro branco com marcadores e o data show com alguns slides, também trabalhei com eles um projeto de lançamento de foguetes”. |
| Você utiliza as leis de Newton na explicação de fenômenos físicos ou de forma interdisciplinar? | |
| “Sim na explicação de alguns fenômenos físicos do dia a dia deles”. | “Sim, trabalhei as leis de newton na aplicação de alguns fenômenos como, na situação em que os alunos estão dentro do ônibus e sentem a aceleração imposta pelo motorista, daí eles são arremessados para frente quando a aceleração diminui e para trás quando a aceleração aumenta”. |
| Qual a sua opinião sobre a forma como é apresentada a primeira lei de Newton nos livros didáticos? | |
| “Na minha opinião era pra ter bastante experimentos, ter mais questões de ENEM e de Vestibular”. | “Para mim os livros poderiam trazer mais exemplos e mais exercícios”. |
| Você utilizou contexto histórico em suas aulas acerca das leis de Newton? | |
| “Sim trabalhei com eles o contexto histórico que havia no livro didático”. | “Sim, usei o que estava no livro deles, que falava de Galileu Galilei, Aristóteles e é claro de Newton”. |
| Quais os instrumentos de avaliação você utilizou para verificar o aprendizado da primeira lei de Newton? | |
| “Exercícios avaliativo, questões do livro didático, questões de vestibular, ENEM e apresentações de trabalhos explorando as três leis separadamente”. | “Trabalhos e prova escrita, Fiz uma avaliação para cada uma das três leis”. |

Ao analisar a tabela pode-se notar que os professores utilizaram basicamente os mesmos recursos. O docente formado em matemática teve em suas aulas a presença de experimentos referentes ao princípio de inércia enquanto o docente formado em física realizou praticas experimentais trabalhando o projeto de lançamento de foguetes. Isto é bom dada a importância

e ao enriquecimento que aulas experimentais podem proporcionar para o aprendizado dos alunos.

Ambos os docentes afirmaram terem trabalhados a primeira lei de Newton na explicação de fenômenos físicos, porém o docente formado em física que detalhou sua prática, deixa claro que os problemas trabalhados foram os mesmos que estão presentes no livro didático, o velho e clássico exemplo do ônibus.

Os docentes também afirmaram que o livro didático ainda precisa de melhorias, segundo eles os livros trazem poucos exemplos e poucos exercícios. Como já havia sido apontado antes os livros abordam poucos exercícios referente a primeira lei de Newton e os exemplos geralmente são obsoletos, não condizem com os avanços tecnológicos e científicos.

No quesito contexto histórico podemos perceber que os docentes ainda se prendem ao livro, que embora para eles precise ser melhorado ainda é a maior referência utilizada em suas aulas. Nenhum dos docentes afirmaram terem utilizado outra fonte de consulta, isto é preocupante, afinal se o livro tem mostrado défices no que diz respeito aos exercícios e aos exemplos, seria de se esperar que o docente, buscasse utilizar também outros materiais para se trabalhar com seus alunos.

A forma avaliativa apresentada pelos docentes também é bem parecida, onde eles procuraram diversificar suas avaliações sem se prender ao teste escrito, que é o tradicional e mais comum nas escolas. Além de trabalhos em suas formas de avaliação os docentes afirmaram terem trabalhado as leis de Newton separadas, isto é bom, pois assim eles puderam identificar se os alunos aprenderam de fato o que vem a ser o princípio de inércia.

5 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa pôde-se notar uma certa convergência na forma como o princípio de inércia é tratado nos livros didáticos e a importância como ele é trabalhado. Onde o contexto histórico tem sido deixado de lado e os exemplos expostos nos livros estão muitas vezes limitados, repetitivos e poucas vezes são inovadores.

Tais livros acabam impondo uma certa rotina aos professores e alunos, rotina essa que muitas vezes está fundamentada em uma forma de ensino mecânico, que prioriza a matematização e o uso de fórmulas, deixando de fora as abordagens históricas, o cotidiano dos alunos e as inovações tecnológicas.

Os resultados obtidos na análise dos livros indicaram que o princípio de inércia tem sido tratado com pouca importância o objetivo desta pesquisa não é comparar os conteúdos, porém podemos notar que a primeira lei de Newton não é bem explorada assim como outros assuntos trabalhados nos mesmos livros, a quantidade de exercícios são bem precárias e se resume a exemplos que embora rotineiros do dia-a-dia dos alunos são repetitivos e podem fazer com que os mesmos não consigam utilizar-se desta lei fundamental para explicar outros fenômenos diferentes da clássica freada de ônibus.

Ainda sobre o livro didático, ele traz tudo praticamente pronto, como se Newton em um momento de inspiração profunda formulasse suas três leis do nada, ou seja, não apresenta aos alunos um contexto histórico aprofundado, como se a ciência fosse imutável e estática, o que não é.

Como vimos, o princípio de inércia além de ter sido entendido ao longo do tempo devido a um grande processo histórico, foi reformulado por Newton com um propósito fundamental que era explicar o movimento dos corpos celestes. Hoje muitos alunos ainda não conseguem relacionar o princípio de inércia com o movimento planetário como foi visto nos resultados. Isto nos mostra que o conhecimento dos alunos ainda está bem limitado e presos a exemplos sem a profundidade ideal para essa relação

O questionário aplicado mostrou que a primeira Lei de Newton vem sendo encarada pelos discentes com pouca importância, e que os docentes não têm explorado todo o potencial desta lei em suas aulas. Embora os professores tenham utilizados algumas estratégias diversificadas, elas ainda são superficiais, sem a devida exploração e aprofundamento dos conceitos.

Um dado preocupante é falta de compreensão dos alunos do assunto, onde eles apenas conseguem identificar a presença do princípio de inércia, em exemplos clássicos que muitas

vezes estão presentes nos livros didáticos. Isto pode apontar para uma falta de aprofundamento do conteúdo por parte dos docentes. Infelizmente sabemos que o professor muitas vezes tem poucas aulas e bastante conteúdo, por isso acaba deixando de falar pontos importantes para que o aluno possa compreender o mundo em sua volta.

Embora o foco deste trabalho não seja investigar a forma como os professores avaliam as leis de Newton é importante entender qual a importância que o docente tem dado para a primeira lei em suas avaliações. Com base no que foi coletado vimos que os docentes têm procurado avaliar as leis de Newton de forma individual, isto é bom, pois assim ele pode entender melhor os défices que os alunos tiveram no processo de aprendizagem e com isso procurar sanar esses problemas, proporcionando uma aprendizagem mais significativa.

A transposição do saber a ser ensinado em saber ensinado faz parte da realidade dos docentes, que deve procurar formas, estratégias e recursos que possam facilitar a transposição deste saber. Embora os dados coletados com o questionário tenham mostrados uma aula pouco dinâmica por parte dos docentes, as entrevistas apontaram para dados mais satisfatório para a transposição da primeira lei de Newton. Ambos os docentes afirmaram terem utilizado de práticas experimentais em suas aulas, isto coloca os alunos em contatos diretos com o fenômeno e com sua explicação.

Embora a pesquisa realizada com os alunos tenha apontado para mais pontos positivos do que negativos no que diz respeito aos livros didáticos, os docentes entrevistados deixaram claro que o livro didático está longe de ser uma excelente ferramenta, ao contrário os mesmos apontaram para problemas como poucos exemplos e poucos exercícios, problemas que já haviam sido detectados na análise dos livros didáticos realizada nesta pesquisa.

Mesmo os docentes afirmando, que os livros didáticos precisem de ajustes e melhorias, ainda assim foi utilizado por eles, como a única ferramenta de consulta para falar sobre o surgimento do princípio de inércia, não podemos afirmar se o contexto histórico presente nos livros utilizados pelos docentes é um bom ou um péssimo contexto histórico, pois não temos dados referentes aos livros utilizados pelos docentes (talvez isso faça parte de uma pesquisa futura), porém é bem contraditório essa ação do docente em utilizar o contexto de um livro que o mesmo afirmou precisar de melhorias.

O ensino da primeira lei de Newton pode e deve ser explorado de uma forma mais completa, para que isso aconteça os professores devem aproximar o ensino de física com a realidade dos alunos utilizando exemplos pertinentes do cotidiano dos mesmos, fazer uso de um contexto histórico aprofundado, dar mais ênfase a compreensão conceitual do assunto (no caso das leis de Newton) sem se prender as formulas e a matemática, a utilização de

experimentos e recursos audiovisuais também podem enriquecer ainda mais as aulas sobre o princípio de inércia.

Infelizmente os dados encontrados nesta pesquisa apontaram para um ensino da primeira lei de Newton que ainda precisa ser melhorado, os problemas apresentados no início deste trabalho foram detectados em boa parte da pesquisa e se mostraram bem marcante e nítida principalmente nas análises dos livros e dos questionários. Para se minimizar os problemas apresentados no ensino desta lei, é preciso que aja uma mudança positiva na forma como ela é apresentada nos materiais didáticos, e na forma como é enxergada por professores e por pesquisadores da área.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. M. P. D. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 2ª. ed. São Paulo: Cortez editora, 2007.

NASCIMENTO, T. L. D. **Repensando o ensino da física no ensino médio**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - Ceará. 2010.

OLIVEIRA, M. D. L. Trabalho docente: a transposição didática, como fazê-la? **Dialogia**, São Paulo, jul./dez. 2014. 167-190.

PEREIRA, V. G. **As Leis de Newton: Uma abordagem histórica**. Universidade Federal de Alfenas. Alfenas - MG. 2011.

PIRES, A. S. T. **Evolução das Idéias da Física**. São Paulo: Livraria da física, 2008.

ANEXO A: REFERÊNCIAS DOS LIVROS DIDÁTICOS UTILIZADOS

| Livros | Referencias |
|--------|---|
| 1 | GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física (Ensino médio) . São Paulo: Ática, v.1, 1ª edição, 2013. |
| 2 | GASPAR, Alberto. Física , volume único. 1ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2005. |
| 3 | CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. As faces da física : Volume único. 2ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2002. |
| 4 | FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Aulas de física – vol. 1. 7ª ed. São Paulo: Editora Atual, 1991. |
| 5 | DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Vilas. Física 1 . 2ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2013. |
| 6 | FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. Física para o Ensino Médio . São Paulo: Saraiva, v.1, 1ª edição, 2010. |
| 7 | LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Curso de física – volume 1. 3ª ed. São Paulo: Editora Habra, 1992. |
| 8 | BONJORNO, José Roberto. et al. Física – vol 1. 2ª ed. São Paulo: Editora FTD, 2013. |
| 9 | JUNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da física – vol. 1. 7ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 1999. |
| 10 | DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Vilas. Física 1 . 3ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016. |
| 11 | LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Física: de olho no mundo do trabalho . 1ª ed. São Paulo: Editora Scipione, 2003. |
| 12 | SANT'ANNA, Blaidi. et al. Conexões com a física . 1ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2010. |
| 13 | CALÇADA, Caio Sergio; SAMPAIO, José Luiz. Física : volume único / Caio Sergio Calçada, José Luiz Sampaio – 2. ed. – São Paulo : Atual, 2005. – (coleção ensino médio atual). |
| 14 | GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. Física: interação e tecnologia , volume 1 / Aurelio Gonçalves Filho, Carlos Toscano – 1. ed. – São Paulo: Leya, 2013. |

