

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Instituto de Ciências Exatas  
Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Rodolfo de Souza Rocha

UTILIZAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO  
PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA “PEER INSTRUCTION” NO ENSINO DE  
FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.

Juiz de Fora  
2017

Rodolfo de Souza Rocha

UTILIZAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E  
COMUNICAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA “PEER  
INSTRUCTION” NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.

Dissertação apresentada ao Programa de  
mestrado Nacional Profissional em Ensino de  
Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz  
de Fora e Instituto de Federal do Sudeste de  
Minas Gerais – como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de Mestre em  
Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Giovana Trevisan  
Nogueira – UFJF

Juiz de Fora

Fevereiro de 2017

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rocha, Rodolfo de Souza.

UTILIZAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA "PEER INSTRUCTION" NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO. /

Rodolfo de Souza Rocha. -- 2017.

135 f.

Orientadora: Giovana Trevisan Nogueira

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

1. Instrução pelos Colegas (IpC). 2. Ensino de Física. 3. Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). 4. Sistema de Votação. I. Nogueira, Giovana Trevisan, orient. II. Título.

UTILIZAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO  
PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA “PEER INSTRUCTION” NO ENSINO DE  
FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.

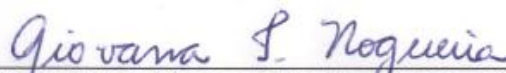
RODOLFO DE SOUZA ROCHA

Orientadora:

Giovana Trevisan Nogueira

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 13 de fevereiro de 2017 por:



---

Profa. Dra. Giovana Trevisan Nogueira – UFJF  
Orientadora



---

Prof. Dr. Rickson Coelho Mesquita – UNICAMP



---

Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle – UFJF

JUIZ DE FORA – MINAS GERAIS – BRASIL.

ANO 2017

## **DEDICATÓRIA**

A Emilly Medeiros Rocha, Maria Costa de Souza Pereira Rocha e Mariana Costa  
Souza Pereira, as mulheres da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, José Alberto e Sônia, pelo apoio, pelo esforço na minha educação e o exemplo de vida que são.

A todos os meus amigos, pela compreensão de minha ausência nesses anos de dedicação ao mestrado. Em especial ao meu amigo Rodolfo de Moura Marques, pelo seu apoio em todos os momentos.

À minha orientadora, Giovana Trevisan Nogueira, por toda a sua dedicação e por tudo que me ensinou.

À minha esposa, Mariana, por seu apoio incondicional, sua dedicação à nossa família, seu companheirismo.

À CAPES e à Fapemig pelo apoio financeiro, sem ele esse trabalho não seria possível.

## RESUMO

ROCHA, Rodolfo de Souza, Universidade Federal de Juiz de Fora, fevereiro de 2017. Sistema de votação automatizado e de baixo custo para aplicação da metodologia de instrução pelos colegas. Orientadora: Giovana Trevisan Nogueira.

A metodologia *Peer Instruction* (PI), conhecida no Brasil também como Instrução pelos Colegas (IpC), é uma metodologia de ensino ativo originalmente pensada para salas de aula com um grande número de alunos e que se baseia no aprendizado pela interação entre os estudantes. Esta metodologia exige um estudo prévio dos alunos no tema a ser abordado, para reduzir as aulas expositivas pelo professor. Durante a aula, após uma breve explicação do conteúdo, são apresentadas questões conceituais de múltipla escolha para que os alunos votem na resposta correta, inicialmente sem interação com outros alunos. Dependendo da porcentagem de acertos o professor pode colocar a questão em discussão entre os alunos e realizar uma nova votação. Essa metodologia proporciona uma melhor interação entre os estudantes, onde os estudantes podem explicar os conceitos aprendidos uns para os outros e diminuir o tempo de aula expositiva. O processo de votação pode ser feito por placas de votação, também chamados de *flashcards*, por gestos ou por *clickers*, que são pontos eletrônicos que armazenam as respostas em um computador de forma automatizada. Apesar da metodologia não exigir o uso de *clickers*, esse sistema de votação apresenta algumas vantagens em relação aos outros, como por exemplo, ele dificulta o plágio das respostas entre os estudantes durante o processo de votação, a aquisição de dados é mais rápida e facilita o armazenamento de dados para o professor. Contudo, os *clickers* são dispositivos relativamente caros, o que não corresponde à realidade da maioria das escolas públicas de ensino médio do Brasil. O objetivo desse trabalho foi desenvolver um sistema de votação eletrônico mais barato que os *clickers* comerciais no qual os alunos utilizam seus dispositivos móveis que possuem acesso à rede Wi-fi como uma alternativa para substituir os *clickers*. Esse sistema foi desenvolvido em linguagem HTML e PHP e é, basicamente, um website que funciona localmente no computador do professor. Para a sua implementação é necessário um computador, um roteador Wi-fi, que não necessita estar conectado à internet, e os dispositivos dos alunos. O sistema foi implementado na Escola Estadual de Ensino Médio “Monsenhor Miguel de Sanctis”, localizada na cidade de Guaçuí no estado do Espírito Santo, em um total de 155 alunos e foi abordado como tema as Leis de Newton. O sistema funcionou de maneira adequada durante as aulas, criou um ambiente de aula diferenciado e curioso para os

alunos e também permitiu o registro das respostas individuais dos alunos em cada questão, permitindo uma análise posterior sobre as questões com maiores índices de erros e acertos, bem como o comportamento dos alunos em termos da participação nas discussões.

Palavras-chave: Instrução pelos Colegas (IpC), Ensino de Física, Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), Sistema de Votação.



## ABSTRACT

ROCHA, Rodolfo de Souza, Universidade Federal de Juiz de Fora, february of 2017.

**Use of new information and communication technologies for the implementation of peer instruction methodology for teaching physics in high school.** Advisor: Giovana Trevisan Nogueira.

The *Peer Instruction* technique (PI), known in Brazil as “*introdução pelos colegas*” (IPC), is an active teaching methodology originally designed for classrooms with a large number of students. It is based on active learning through the interactions among students. This methodology requires a prior study of students in the topic to be addressed in the classroom to reduce the long lectures by the teacher. During class, after a brief explanation of the content, conceptual multiple choice questions are presented to students. After one or two minutes initially without interaction with other students, the students report their answer to the teacher through a voting system. Depending on the percentage of correct answers the teacher can put the question under discussion among the students and hold a new round of voting. This methodology provides a better interaction between students, where students can explain the concepts learned one to the other and reduces the time of lecture. The voting process can be done by voting cards, also called flashcard, gesture or clickers, which are electronic points that store the answers in a computer in an automated fashion. Although the methodology does not require the use of clickers, this voting system has some advantages over other. For example, it minimizes plagiarized responses among students during the voting process, the data acquisition is faster and it facilitates data storage for further analyzes. However, the clickers are relatively expensive devices, which does not correspond to the reality of most public high schools in Brazil. The aim of this study was to develop a cheaper electronic voting system that commercial clickers, which students use their mobile devices with access to the Wi-Fi network as an alternative to replace clickers. This system was developed in HTML and PHP language and is, basically, a website that runs locally on the teacher's computer. For its implementation a computer is required, a Wi-Fi router without connection to the internet, and the students' mobile devices. The system was implemented in school E. E. E. M. "Monsignor Miguel de Sanctis", located in Guaçuí in the state of Espírito Santo, in a total of 155 students. The system worked properly during class, created a distinctive and curious class environment for students and registered individual students' responses to each question, allowing further analysis of the voting results and the student's participation during the discussions.

Keywords: Peer Instruction (PI), Physics teaching, Information and Communication Technologies, Voting System.

## Sumário

LISTA DE TABELAS .....	XIV
LISTA DE FIGURAS .....	XV
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XVII
1 – INTRODUÇÃO.....	18
2 – REVISÃO DA LITERATURA .....	22
2.1 – A INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (PEER INSTRUCTION).....	22
2.2 – LEV VYGOTSKY.....	25
2.3 – AS LEIS DE NEWTON E A HISTÓRIA DO MOVIMENTO.....	28
2.3.1 – O MOVIMENTO SEGUNDO ARISTÓTELES.....	29
2.3.2 – O MOVIMENTO SEGUNDO GALILEU GALILEI.....	32
2.3.3 – O MOVIMENTO SEGUNDO ISAAC NEWTON.....	35
3 – O PRODUTO .....	39
3.1 – INTRODUÇÃO .....	39
3.2 – MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO .....	40
3.3 – CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO .....	41
3.4 – CONSTRUÇÃO DO PRODUTO.....	42
4 – APLICAÇÃO EM SALA DE AULA .....	44
4.1 – ESTRUTURA DA ESCOLA.....	44
4.2 – METODOLOGIA .....	45
4.3 – CARACTERIZAÇÃO DAS TURMAS .....	47
4.3.1 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA A .....	48
4.3.2 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA B.....	49
4.3.3 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA C.....	50
4.3.4 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA D .....	51
4.4 – VIABILIDADE DO PRODUTO.....	52
4.4.1 – VIABILIDADE DE APLICAÇÃO NA TURMA A.....	53
4.4.2 – VIABILIDADE DE APLICAÇÃO NA TURMA B.....	54
4.4.3 – VIABILIDADE DE APLICAÇÃO NA TURMA C.....	54
4.4.4 – VIABILIDADE DA APLICAÇÃO NA TURMA D.....	56
4.4.5 – CONCLUSÃO SOBRE A VIABILIDADE DA APLICAÇÃO .....	57
4.5 – ELABORAÇÃO DA AULA .....	57
5 – ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS PELO SISTEMA DURANTE AS VOTAÇÕES.....	59

5.1 – SELEÇÃO DAS QUESTÕES .....	59
5.2 – QUESTÃO 1 .....	61
5.2.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 1.....	62
5.2.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A .....	63
5.2.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B.....	63
5.2.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C.....	64
5.2.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D .....	64
5.2.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 1 .....	65
5.3 – QUESTÃO 2.....	66
5.3.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 2.....	67
5.3.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A .....	68
5.3.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B.....	68
5.3.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C.....	68
5.3.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D .....	68
5.3.5 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 2 .....	69
5.4 – QUESTÃO 3.....	70
5.4.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 3.....	71
5.4.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A .....	72
5.4.3 – DADOS DA VOTAÇÃO DA TURMA B.....	72
5.4.4 – DADOS DA VOTAÇÃO DA TURMA C.....	72
5.4.5 – DADOS DA VOTAÇÃO DA TURMA D.....	72
5.4.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 3 .....	73
5.5 – QUESTÃO 4.....	73
5.5.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 4.....	75
5.5.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A .....	76
5.5.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B.....	76
5.5.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C.....	76
5.5.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D .....	77
5.5.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 4 .....	77
5.6 – QUESTÃO 5.....	78
5.6.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 5.....	79
5.6.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A .....	80
5.6.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B.....	80
5.6.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C.....	81
5.6.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D .....	81

5.6.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 5 .....	82
5.7 – QUESTÃO 6.....	82
5.7.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 6.....	84
5.7.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A .....	85
5.7.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B.....	85
5.7.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C.....	85
5.7.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D .....	86
5.7.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 6.....	86
5.8 – QUESTÃO 7.....	87
5.8.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 7.....	88
5.8.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A .....	89
5.8.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B.....	89
5.8.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C.....	89
5.8.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D .....	90
5.8.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 7 .....	90
5.9 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS VOTAÇÕES .....	91
5.10 – AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS ALUNOS DURANTE AS VOTAÇÕES .....	92
6 – CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	94
REFERÊNCIAS .....	96
APÊNDICE A: MANUAL DE INSTALAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE VOTAÇÃO.....	99
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO SOCIOCULTURAL .....	127
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO PÓS-VÍDEOS .....	128
ANEXO A: FRAGMENTO DO LIVRO “O ESPÍRITO DAS LEIS”, DE MONTESQUIEU .....	129
ANEXO B: QUESTÕES APLICADAS AO PRÉ-TESTE DO SISTEMA DE VOTAÇÃO .....	130
ANEXO C: QUESTÕES CONCEITUAIS, 1ª E 3ª LEIS DE NEWTON .....	133

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking de eficiência dos trinta países analisados. Tabela retirada do relatório The Efficiency Index. O Efficiency Score traz informações sobre a eficiência do sistema educacional, levando em consideração o resultado da prova Pisa e os recursos utilizados no sistema educacional. ....	19
Tabela 2 – Resultados da metodologia PI ao longo de dez anos (CROUCH, C. H.; MAZUR, E., Am. J. Phys. 69 (9), September 2001). Significado das colunas: a – ano de aplicação; b – método utilizado; c – pré-teste sobre FCI (Force Concept Inventory); d – pós-teste sobre FCI (Force Concept Inventory); e – ganho absoluto (pós – pré); f – ganho normalizado; g – teste sobre Mechanics Baseline Test (MBT); h – número de questões sobre Mechanics Baseline Test (MBT); i – número de alunos pesquisados. ....	25
Tabela 3 - Informações sobre as turmas que foram aplicadas e as datas de aplicação...	46
Tabela 4 – Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 1.....	61
Tabela 5 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 2.....	66
Tabela 6 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 3.....	70
Tabela 7 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 4.....	74
Tabela 8 – Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 5.....	78
Tabela 9 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 6.....	83
Tabela 10 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 7.....	87
<i>Tabela 11- Porcentagem de respostas corretas (RC) para sete perguntas aplicadas para cada grupo. <b>Com asterísco:</b> situações onde a RC diminuiu na segunda votação;<b>com sublinhado</b> : aplicação de apenas uma votação, devido RC &lt; 30%. <b>com contorno:</b> aplicação de apenas uma votação, pois o índice de RC &gt; 70%.....</i>	91
Tabela 12 - Comportamento dos alunos ao longo do processo de votação.....	93

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sugestão do relatório The Efficiency Index 2014, para o Brasil. ....	20
Figura 2- Fluxograma da metodologia Instrução pelos Colegas, adaptado de Lasry, 2008. .....	23
Figura 3 - As camadas concêntricas dos elementos terra, água, ar e fogo. ....	30
Figura 4 - Representação da ANTIPERISTASIS.....	31
Figura 5 - O lançamento de um projétil segundo Aristóteles. ....	31
Figura 6 - Movimento de esferas sobre planos. Adaptado de Paul G. Hewitt, 9ª Edição. .....	33
Figura 7 - A esfera ao rolar de um plano inclinado para outro tende a atingir a mesma altura. Com uma inclinação menor ela atinge uma distância maior. Figura adaptada de Paul G. H., 9ª Edição. ....	34
Figura 8- Esquema de como é feita a conexão entre o roteador, o computador do professor e os dispositivos dos alunos.....	41
Figura 9- Zona em que reside, levantamento de dados de todos os alunos que responderam o questionário. ....	47
Figura 10- Possui algum dispositivo com acesso à rede wi-fi, levantamento de dados de todos os alunos que responderam ao questionário. ....	47
Figura 11- Alunos que possuem acesso à internet em casa, levantamento de dados de todos os alunos que responderam ao questionário. ....	48
Figura 12- Porcentagem onde reside os alunos da TURMA A .....	49
Figura 13 - Porcentagem de alunos que possui internet em casa. TURMA A. ....	49
Figura 14- Porcentagem de alunos que na zona urbana e rural, TURMA B.....	50
Figura 15 - Porcentagem dos alunos que possuem internet em casa. TURMA B.....	50
Figura 16 - Porcentagem de alunos que reside na zona urbana e rural, TURMA C. ....	51
Figura 17 - Porcentagem dos alunos que possuem internet em casa. TURMA C.....	51
Figura 18 – Porcentagem de alunos que residem na zona urbana e rural – TURMA D	52
Figura 19 - Porcentagem de alunos que possuem internet em casa - TURMA D.....	52
Figura 20 - Porcentagem dos alunos que possuem algum tipo de dispositivo. TURMA A. .....	53
Figura 21 - Dispositivos que os alunos possuem. TURMA A. ....	53
Figura 22 - Porcentagem dos alunos que possuem algum dispositivo. TURMA B. ....	54
Figura 23 - Dispositivos que o aluno possui. TURMA B. ....	54
Figura 24 - Porcentagem dos alunos que possui algum dispositivo. TURMA C.....	55
Figura 25 - Dispositivos que os alunos possuem. TURMA C. ....	55
Figura 26 - Porcentagem dos alunos que possuem algum dispositivo. TURMA D. ....	56
Figura 27 - Dispositivos que os alunos possuem. TURMA D. ....	56
Figura 28 - Porcentagem das respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 1, nas turmas aplicadas. ....	62
Figura 29 – Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 1. ....	65
Figura 30 - Porcentagem das respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 2, nas turmas aplicadas. ....	67
Figura 31 - Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 2. ....	69

Figura 32 - Porcentagem de acerto para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 3, nas turmas aplicadas. ....	71
Figura 33 - Porcentagem das alternativas escolhidas por todos os alunos, questão 1 - 1ª votação.....	73
Figura 34 - Porcentagem de acerto para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 4, nas turmas aplicadas. ....	75
Figura 35 - Porcentagem das alternativas escolhidas por todos os alunos, questão 4 - 1ª votação.....	78
Figura 36 - Porcentagem de acerto para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 5, nas turmas aplicadas. ....	79
Figura 37 -Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 5. ....	82
Figura 38 - Porcentagem das respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 6, nas turmas aplicadas. ....	84
Figura 39 - Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 6. ....	86
Figura 40 - Porcentagem de respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 7, nas turmas aplicadas. ....	88
Figura 41 - Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 7. ....	91



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

E.E.E.M.: Escola Estadual de Ensino Médio

ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio

FAU.S.J.CAMPOS: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São José dos Campos

HTML: Hyper Text Markup Language

IpC: Instução pelos Colegas

MNPEF: Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física

PHP: Personal Home Page

PI: Peer Instruction

PISA: Programme for International Student Assessment

SBF: Sociedade Brasileira de Física

TICs: Tecnologias de Informação e Comunicação

UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora

WampServer: Windows Apache MySQL PHP Server

ZDP: Zona de Desenvolvimento Proximal

## 1 – INTRODUÇÃO

A tecnologia é cada vez mais utilizada para facilitar e integrar a vida dos indivíduos da sociedade. As pessoas já nascem imersas em um ambiente tecnológico e de interação digital. Além disso, a tecnologia é cada vez mais incorporada nas profissões facilitando e otimizando o trabalho. Um cirurgião, por exemplo, que operava seus pacientes a vinte anos atrás se entrar em uma sala de cirurgia, hoje, encontrará seu ambiente de trabalho muito modificado, muito mais tecnológico. Por outro lado, nas salas de aula o ambiente e as práticas sofreram poucas modificações, mantendo-se o estilo de aula tradicional expositiva há vários séculos.

As poucas mudanças nas aulas que incorporam de novas tecnologias na prática docente utilizam computadores, softwares, vídeos, animações, simulações, dentre outras, ainda dentro do estilo de aula tradicional expositiva. A mudança na prática é uma necessidade e não apenas modismo. De acordo com o relatório The Efficiency Index<sup>1</sup> de 2014 (esse relatório aborda como é a eficiência dos sistemas educacionais de diversos países levando em consideração os recursos utilizados e a pontuação da prova Pisa<sup>2</sup>) o Brasil ocupa o penúltimo lugar na pontuação da prova Pisa, o vigésimo nono lugar, e possui o pior índice de eficiência, ocupando o trigésimo lugar, conforme mostra a tabela 1.

Além da preocupação de estar em último lugar, existe uma preocupação ainda maior: ao se observar a tabela 1 nota-se que a eficiência do Brasil foi de apenas 25,45%, muito inferior à pontuação do 29º (vigésimo nono), Indonésia, que foi de 51,13%. Essa eficiência, dada em porcentagem, é a relação entre o resultado da prova Pisa e os recursos gastos na educação.

O relatório The Efficiency Index traz, ainda, sugestões para que os países analisados melhorem seus índices e proporcionem uma educação mais eficiente. Para o Brasil são sugeridos aumentar o salário dos professores e diminuir o número de alunos na sala de aula, a figura 1 mostra as sugestões e um comentário sobre o resultado obtido pelo Brasil.

---

<sup>1</sup> Esse artigo está disponível em <<http://www.edefficiencyindex.com/book/>> Acesso em 22/11/2015.

<sup>2</sup> O *Programme for International Student Assessment* (Pisa) - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes - é uma avaliação comparada aplicada a estudantes de 15 anos. Os temas abordados pela prova Pisa são leitura, matemática e ciências.

<b>Ranking</b>	<b>Country</b>	<b>Efficiency Scores</b>	<b>PISA rank (2012 Maths)</b>
1	Finland	87.81 %	5
2	Korea	86.66 %	1
3	Czech Republic	84.38 %	14
4	Hungary	84.08 %	24
5	Japan	83.30 %	2
6	New Zealand	83.30 %	12
7	Slovenia	83.28 %	10
8	Australia	81.23 %	9
9	Sweden	80.58 %	23
10	Iceland	79.39 %	17
11	UK	78.71 %	16
12	France	78.69 %	15
13	Israel	77.84 %	25
14	Netherlands	76.80 %	4
15	Ireland	74.68 %	11
16	Austria	74.68 %	8
17	Norway	74.05 %	18
18	Belgium	73.52 %	6
19	USA	72.66 %	22
20	Chile	71.44 %	28
21	Turkey	71.44 %	27
22	Denmark	70.60 %	13
23	Italy	69.81 %	20
24	Portugal	68.29 %	19
25	Germany	67.01 %	7
26	Spain	63.09 %	21
27	Greece	60.64 %	26
28	Switzerland	59.71 %	3
29	Indonesia	51.13 %	30
30	Brazil	25.45 %	29

*Tabela 1 - Ranking de eficiência dos trinta países analisados. Tabela retirada do relatório The Efficiency Index. O Efficiency Score traz informações sobre a eficiência do sistema educacional, levando em consideração o resultado da prova Pisa e os recursos utilizados no sistema educacional.*

Evidentemente o que o relatório traz não é uma surpresa para aqueles que trabalham na área da educação. É conhecido que os professores mal remunerados, salas superlotadas, má formação da docência e escolas sem infraestrutura mínima para funcionamento são, infelizmente, uma realidade no Brasil. Entretanto, existe ainda

aqueles que tentam proporcionar uma educação de qualidade mesmo tendo poucos recursos em mãos.

BRASIL		
Índice de Eficiência		
25,45%		
Salário dos Professores	Relação entre Número de Alunos e Professores	Pontuação PISA
Salário Atual U\$ 14,610	Relação Real Aluno/Professor 32,1	Nota da Prova PISA em Matemática 391
Sálario Sugerido U\$ 41,610	Relação de Aluno/Professor sugerida 5.3	Nota da Prova PISA em Leitura 410
Mudança Para Chegar ao Sálario Sugerido 180,40%	Mudança Para Chegar a Relação sugerida -83,50%	Nota da Prova PISA em Ciências 405
<b>O Brasil ocupa o ponto mais baixo do Índice de Eficiência, com uma pontuação de 25,45%, significativamente abaixo dos demais países do Índice</b>		
Nossos resultados sugerem que o Brasil deve considerar a possibilidade de tratar os salários dos professores para melhorar a eficiência da educação		
O sistema educacional brasileiro é ineficiente e ineficaz. Maior eficiência correlaciona-se com maiores resultados educacionais		

Figura 1 - Sugestão do relatório *The Efficiency Index 2014*, para o Brasil.

Tentando reverter esse quadro, há esforços para tentar promover uma aprendizagem mais significativa<sup>3</sup>. Em várias áreas há propostas de pesquisa e abordagem para tentar melhorar a situação da educação brasileira, na área do ensino de Física temos como exemplo a proposta do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que visa melhorar as práticas no ensino de Física na educação básica.

Apesar do pouco investimento em ensino por parte do governo, existem alternativas de ensino que podem melhorar a qualidade das aulas e promover uma aprendizagem significativa, mesmo com poucos recursos, reduzindo as aulas tradicionais e implementando aulas ativas, como, por exemplo, aprendizados por projetos, instrução por pares ou mesmo utilizando a gamificação da sala de aula.

Promover uma aprendizagem significativa não é tarefa fácil. De acordo com Moreira:

Essencialmente, são duas as condições para a aprendizagem significativa: 1) *o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo* e 2) *o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender*.

<sup>3</sup> Considera-se aqui aprendizagem significativa segundo a visão de Ausubel.

*A primeira condição implica 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não arbitrária e não-litera a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e 2) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não-litera. (Moreira, 2012).*

Dentro deste contexto, desenvolvemos um produto que utiliza as novas tecnologias de informação e comunicação (TICs) para auxiliar a implementação da metodologia *Peer Instruction (PI)*, conhecida no Brasil, também, como Instrução pelos Colegas (IpC).

Essa metodologia foi desenvolvida por Eric Mazur, da University of Harvard, e é uma metodologia ativa, na qual os colegas interagem uns com os outros diminuindo significativamente o tempo de aula expositiva. Um outro atrativo dessa metodologia é que ela foi desenvolvida para o ensino em salas de aulas com grande quantidade de alunos, uma realidade da grande maioria das escolas públicas do Brasil. Os detalhes da metodologia serão apresentados no capítulo 2 (seção 2.1).

O produto apresentado aqui consiste em um sistema de votação eletrônico mais barato que os sistemas comerciais, e é basicamente um website que funciona localmente no computador do professor, no qual os alunos acessam através de seus próprios dispositivos móveis (tablets, celulares, laptops etc). Para a sua implementação são necessários um computador (que os professores normalmente possuem), um roteador Wi-fi, que não necessita estar conectado à internet, e os dispositivos dos alunos.

Será apresentado no final dessa dissertação, mais especificamente nos capítulos 5 e 6, os resultados obtidos com a aplicação do produto juntamente com a metodologia IpC sobre a matéria 1ª e 3ª Leis de Newton.

## **2 – REVISÃO DA LITERATURA**

Neste capítulo será apresentado uma breve descrição da literatura utilizada como referência para o desenvolvimento desse trabalho.

Na seção 2.1 será abordada a metodologia IpC, na qual se baseia a aplicação do produto. Na seção 2.2 será abordado como referencial teórico a interação social de Lev Vygotsky, já que a IpC se baseia na interação entre os colegas na sala de aula e que a linguagem, que um símbolo que funciona como mediador entre o mundo físico e o pensamento, é um dos pontos centrais na teoria de Vygotsky. Já na seção 2.3 será abordado as Leis de Newton, levando em consideração o processo histórico na qual ela foi construída.

### **2.1 – A INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (PEER INSTRUCTION)**

A metodologia consiste, basicamente, em três etapas: estudo prévio pelos alunos do assunto que será abordado em sala, seja por leitura, vídeo, simuladores, etc., uma exposição breve do assunto pelo professor (15 minutos no máximo) e uma sequência de apresentação e discussão de questões conceituais de múltipla escolha. Esta última fase é dividida nas seguintes partes: apresentação da questão conceitual (até 2 minutos); votação individual na resposta que cada aluno acredita que seja a correta (até 2 minutos, ainda sem interação entre os alunos); análise das respostas. Mediante à porcentagem de acertos o professor apresenta uma nova questão conceitual ou pede que os alunos discutam entre si e votem novamente (até 5 minutos); o professor faz a explanação da questão (até 10 minutos).

Recomenda-se (MAZUR, *E.*, 2015) que se o índice de certos estiver entre 30% e 70% os alunos discutam entre si, tentando convencer seus colegas de sua opção, e votem novamente. Se o índice de acertos for menor que 30% o professor revisa o conceito abordado e aborda uma nova questão conceitual. Se o índice de acerto for maior que 70% o professor faz uma breve explanação da resposta e passa para uma próxima questão da mesma matéria ou para um próximo tópico. A figura 2 mostra o fluxograma da metodologia.

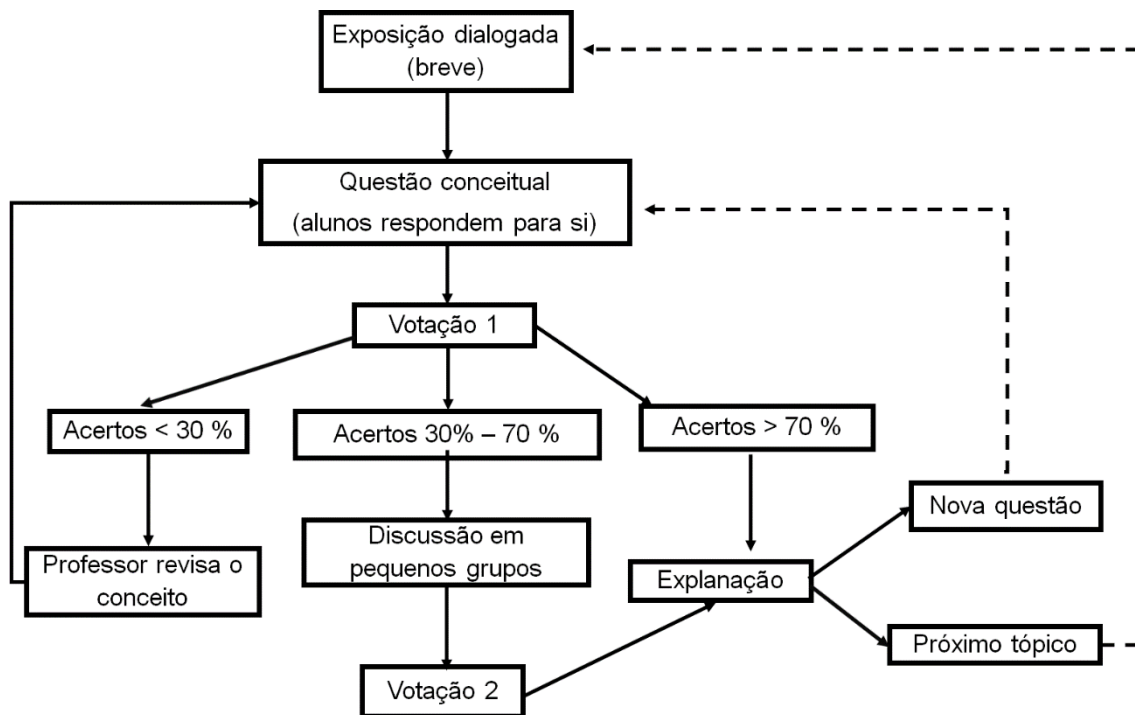


Figura 2- Fluxograma da metodologia Instrução pelos Colegas, adaptado de Lasry, 2008.

A metodologia mostra melhor eficácia quando o índice de acertos na votação fica entre 30% e 70% (MAZUR, E., 2015), pois a discussão é o ponto central da metodologia. Para que a discussão seja mais produtiva deve-se, de acordo com Eric Mazur, evitar o clima de competição (MAZUR, E., 2015). Nas palavras de Mazur: “Na minha opinião, a melhor maneira de desfazer esse clima é tendo uma forma de avaliar absoluta, em que as notas obtidas pelos colegas não interfiram na nota de cada estudante.” (MAZUR, E., 2015).

Outro ponto importante para a aplicação da metodologia é a escolha adequada dos testes conceituais. O sucesso do método depende muito da qualidade e relevância das questões (MAZUR, E., 2015). Os critérios básicos das questões são:

- Devem focar em um único conceito;
- Não devem depender de equações para serem resolvidas;
- Devem conter respostas adequadas de múltipla escolha;
- Devem estar redigidas de forma não ambígua;
- Não devem ser nem fáceis demais nem difíceis demais.

Todos esses critérios afetam diretamente o *feedback* do professor. Deve-se escolher as questões de forma que consiga verificar as dúvidas mais comuns dos alunos e tentar fazer que elas sejam sanadas nas discussões.

À primeira vista, as questões conceituais são aparentemente mais simples que as questões convencionais<sup>4</sup>. Contudo, os testes realizados por Mazur mostram que os estudantes costumam se sair pior nos testes conceituais em relação aos testes convencionais. De acordo com ele:

*Primeiro, é possível que os estudantes se deem bem em problemas convencionais, memorizando algoritmos sem compreender a física subjacente. Segundo, como resultado, é bem possível que um professor, mesmo com muita experiência, possa estar completamente enganado, pensando que seu trabalho de ensinar foi eficiente. Os estudantes estão sujeitos à mesma ideia errônea: eles acreditam que realmente aprenderam a dominar o material ensinado, frustrando-se bastante quando descobrem que suas receitas de resolver problemas não funcionam com problemas diferentes. (MAZUR, E., 2015).*

As questões conceituais utilizadas nas aulas de Instrução pelos Colegas devem mostrar se o aluno realmente compreendeu determinado conceito, enquanto as questões convencionais numéricas podem simplesmente ser resolvidas memorizando fórmulas. É uma questão de compreensão versus memorização.

Os resultados da metodologia IpC apontam que ela é mais eficiente que as metodologias tradicionais. A tabela 2, extraída do artigo Peer Instruction: Ten years of experience and results (CROUCH, C. H.; MAZUR, E., 2001), mostra os resultados obtidos por Mazur com essa metodologia ao longo de dez anos em relação aos testes de FCI (Force Concept Inventory)<sup>5</sup> e Mechanics Baseline Test (MBT)<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> Considera-se, aqui, questões convencionais como sendo as questões que exigem cálculos.

<sup>5</sup> Inventário sobre o conceito de força (FCI).

<sup>6</sup> Teste de linha de base para mecânica (MB).



Force Concept Inventory (FCI) and Mechanics Baseline Test (MBT) results.

Year <sup>a</sup>	Method <sup>b</sup>	FCI <sup>c</sup> pre	FCI <sup>d</sup> post	Absolute gain <sup>e</sup> (post-pre)	Normalized <sup>f</sup> gain (g)	MBT <sup>g</sup>	MBT quant. <sup>h</sup> questions	N <sup>i</sup>
Calculus-based								
1990	Traditional	(70%)	78%	8%	0.25	66%	62%	121
1991	PI	71%	85%	14%	0.49	72%	66%	177
1993	PI	70%	86%	16%	0.55	71%	68%	158
1994	PI	70%	88%	18%	0.59	76%	73%	216
1995	PI	67%	88%	21%	0.64	76%	71%	181
1996	PI	67%	89%	22%	0.68	74%	66%	153
1997	PI	67%	92%	25%	0.74	79%	73%	117
Algebra-based								
1998	PI	50%	83%	33%	0.65	68%	59%	246
1999	Traditional	(48%)	69%	21%	0.40	...	...	129
2000	PI	47%	80%	33%	0.63	66%	69%	126

Tabela 2 – Resultados da metodologia PI ao longo de dez anos (CROUCH, C. H.; MAZUR, E., *Am. J. Phys.* 69 (9), September 2001). Significado das colunas: a – ano de aplicação; b – método utilizado; c – pré-teste sobre FCI (Force Concept Inventory); d – pós-teste sobre FCI (Force Concept Inventory); e – ganho absoluto (pós – pré); f – ganho normalizado; g – teste sobre Mechanics Baseline Test (MBT); h – número de questões sobre Mechanics Baseline Test (MBT); i – número de alunos pesquisados.

Observa-se pela tabela 2 que a metodologia IpC, apesar de em alguns casos não possuir ganho absoluto superior em relação a metodologia tradicional, sempre possui um ganho normalizado maior. O ganho normalizado<sup>7</sup> verifica a evolução do aprendizado do aluno considerando os resultados pré-teste e pós-teste. Esses resultados mostram que o ganho no aprendizado dos alunos foi maior e que a metodologia é confiável, caso seja bem aplicada.

## 2.2 – LEV VYGOTSKY

Lev Semenovitch Vygotsky foi o pioneiro no conceito que o desenvolvimento intelectual do indivíduo ocorre entre as relações de trocas entre parceiros, através de processos de interação e mediação, levando em conta o histórico-cultural do indivíduo. Por essa abordagem, Vygotsky é considerado um autor interacionista. Todo indivíduo nasce imerso em uma sociedade com sua própria cultura, para Vygotsky esse histórico

<sup>7</sup> O cálculo do ganho normalizado <g> é dado por:  $\langle g \rangle = (\langle S_{pós} \rangle - \langle S_{pré} \rangle) / (100\% - \langle S_{pré} \rangle)$  (CROUCH, C. H.; MAZUR, E., 2001)

cultural funciona como um alargador das potencialidades do desenvolvimento intelectual do indivíduo.

Assim, na perspectiva de uma sala de aula, é importante saber que os alunos estão imersos em um meio social e cultural no qual disponibilizam de mecanismos que compõem o seu cotidiano e, nesse sentido, não há como dissociá-los das tecnologias. Ao passo que a sala de aula é um ambiente que está “defasado” para o aluno tornando, muitas das vezes, a aula expositiva entediante.

Na perspectiva de Vygotsky a linguagem<sup>8</sup> é o mediador entre a ação e o pensamento, ou seja, a linguagem faz o intercâmbio entre o mundo físico e o pensamento. Nesse ponto, o papel do outro se torna crucial para o desenvolvimento de sua aprendizagem, pois a linguagem é uma convenção entre os indivíduos da sociedade.

Um ponto importante para entender a aprendizagem do indivíduo, segundo Vygotsky, é entender o que ele já consegue resolver sozinho e o que ele pode vir a aprender. Vygotsky separa essas possibilidades em níveis de desenvolvimento real e potencial e, entre eles, define a zona de desenvolvimento proximal.

O nível de desenvolvimento real é a capacidade de realizar tarefas de forma independente sem a ajuda de um parceiro (Oliveira, 2010). É o que o aluno, na perspectiva da sala de aula, consegue desempenhar sozinho sem a orientação do professor ou de um colega mais experiente.

Define-se como nível de desenvolvimento potencial como sendo o momento do desenvolvimento que é caracterizado por etapas não alcançadas, mas que podem vir a ser realizadas com a ajuda de outras pessoas mais experientes (Oliveira, 210). Nesse ponto a interação social é parte crucial para o desenvolvimento do indivíduo. De acordo com Marta Kohl de Oliveira:

*[...] essa ideia é fundamental na teoria de Vygotsky porque ele atribui importância extrema à interação social no processo de construção das funções psicológicas humanas. O desenvolvimento individual se dá num ambiente social determinado, e a relação com outro, nas diversas esferas e níveis de*

---

<sup>8</sup> Considera-se linguagem não apenas a forma verbal, mas sim qualquer símbolo que possua significado. Para Vygotsky, a linguagem é composta por símbolos que é uma herança cultural da sociedade em que o indivíduo nasce imerso.

*atividade humana, é essencial para o processo de construção do ser psicológico individual. (OLIVEIRA, M. K., 2010, p. 62).*

O conceito central na teoria de Vygotsky é o da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A ZDP está entre o novo conceito, o qual o aprendiz ainda não consegue sozinho (Oliveira, 2010), ou seja, ele consegue realizar com a ajuda de um parceiro mais experiente, e o desenvolvimento real do aprendiz, a etapa do desenvolvimento que ele já sabe e consegue realizar determinada tarefa ou sabe distinguir determinado conceito sozinho (Oliveira, 2010).

Em relação a ZDP, Vygotsky define da seguinte forma:

*Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.*

*(...) A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamados de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, ao invés de “frutos” do desenvolvimento. (VYGOTSKY, 1999, p. 97).*

Então, é na Zona de Desenvolvimento Proximal que a aprendizagem irá ocorrer. Evidentemente, não é tarefa trivial verificar em qual ZDP o aprendiz está, pois de acordo com Oliveira (2010, p. 62): “A zona de desenvolvimento proximal é, pois, um domínio psicológico em constante transformação: aquilo que uma criança é capaz de fazer com a ajuda de alguém hoje, ela conseguirá fazer sozinha amanhã.”. E essa tarefa se torna quase impossível se tratando de uma sala de aula, a qual o professor (que deve facilitar a transição da ZDP para a zona de desenvolvimento real) possui dezenas de alunos e cada aluno se encontra em sua própria ZDP.

Nessa perspectiva, as metodologias ativas, como a IpC, podem ser um grande potencializador na aprendizagem, pois os alunos que já se apropriaram de determinado conhecimento podem orientar os alunos que se encontram na ZDP.

Outra questão que pode ser favorável na metodologia IpC é que os alunos estão cognitivamente mais próximos um do outro, ou seja, aqueles alunos que acabaram de aprender determinado conceito sabem das dificuldades enfrentadas por aqueles que ainda não aprenderam. Muitas das vezes o que é trivial para o mestre não é para o aluno, ou

seja, o mestre esquece das dificuldades enfrentadas para se apropriar de determinado conceito, o que é simples na mente do professor pode ser de difícil compreensão para o aluno que não está familiarizado com aquele conhecimento.

### **2.3 – AS LEIS DE NEWTON E A HISTÓRIA DO MOVIMENTO**

Hoje as Leis de Newton são estudadas por alunos em todo o Brasil, inclusive nos anos finais do ensino fundamental. Contudo, a forma que são abordadas, geralmente, não levam em consideração o processo histórico e a forma com que elas foram desenvolvidas.

Muitas das vezes as Leis de Newton são apresentadas de forma direta, principalmente a 1ª e 3ª Leis, sem ser levado em conta uma investigação mais profunda. Às vezes, da forma que as leis do movimento são abordadas, se assemelha como um decreto sancionado por Isaac Newton.

É necessário fazer uma interferência sobre suas concepções espontâneas e de como o seu mundo funciona para quebrar a sua concepção de mundo por um processo “menos doloroso” e que faça sentido para os educandos. Como descrito por Einstein e Infeld (EINSTEIN, A.; INFELD, L., p. 15, 1980): “Um problema dos mais fundamentais, que permaneceu durante milhares de anos obscurecido por suas complicações, é o do movimento.”.

As influências das leis de movimento de Newton vão além da área das ciências. O determinismo matemático e o método científico, proposto por René Descartes, mudou a forma de se investigar não somente a natureza, mas de se justificar com clareza e coesão as outras áreas de conhecimento, como, por exemplo, Montesquieu, filósofo e estudioso político francês, que justificou em seu livro, *O espírito das leis*<sup>9</sup>, a relação das leis da natureza como parte importante e necessária para a manutenção do universo, e que as leis da sociedade são necessárias para manutenção das relações humanas.

Nas próximas seções será discorrido uma breve história das leis do movimento na perspectiva dos principais pensadores.

---

<sup>9</sup> O fragmento desse livro se encontra em ANEXO A

### 2.3.1 – O MOVIMENTO SEGUNDO ARISTÓTELES

Normalmente, as ideias de movimento de Aristóteles são simplesmente extirpadas no ensino por serem consideradas um amontoado de erros e que não se integram ao currículo básico. Segundo Alexandre Koyré:

*A física de Aristóteles não é um amontoado de incoerências mas, pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui uma base filosófica muito profunda, mas está de acordo, muito mais do que a de Galileu, com o senso comum e a experiência quotidiana. (KOYRÉ, A., 1982, P. 185).*

Aristóteles divide o movimento em dois grupos: o movimento natural e o movimento violento (Paul, G. H., 2008).

Segundo Aristóteles, o movimento natural é aquele que ocorre naturalmente devido a composição dos elementos de cada material. Aristóteles agrupa a composição da matéria devido a quatro elementos e os classifica como sendo úmido, seco, quente e frio (Rabenschlag, S. R., 199?). De acordo com ele a água (úmido e fria), terra (seca e fria), fogo (seco e quente) e ar (úmido e quente) (Rabenschlag, S. R., 199?), são os elementos que constituem a matéria, tenderiam ao seu lugar natural.

Os movimentos naturais são sempre em linha reta, segundo Aristóteles. Então, para ele a tendência de uma pedra, por ser constituída principalmente de terra que é um elemento pesado, tende a ir para seu lugar natural. Inclusive, para Aristóteles, se soltasse duas pedras de tamanhos diferentes da mesma altura e ao mesmo tempo a pedra maior chegaria ao solo primeiro, pois como possui mais terra em sua composição tenderia a chegar ao seu lugar natural com maior rapidez.

A figura 3, extraída de A evolução dos conceitos da Física, Força e Movimento: de Thales a Galileu (PEDUZZI, L. O. Q., 2008), mostra um esboço geral do universo aristotélico.

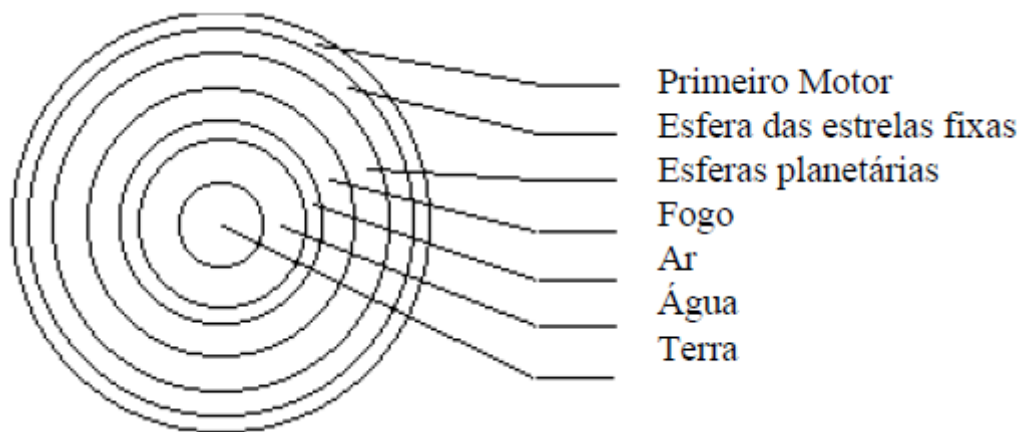


Figura 3 - As camadas concêntricas dos elementos terra, água, ar e fogo.

Além de seu lugar natural, observa-se que após a esfera do fogo estão as esferas planetárias, esfera das estrelas fixas e o primeiro motor. Assim, Aristóteles assume que os corpos celestes possuem o seu lugar próprio e estão em constante movimento (PEDUZZI, L. O. Q. 2008). O movimento circular dos corpos celestes é compatível com a sua natureza, pois são feitos de éter (PEDUZZI, L. O. Q. 2008).

Além dos movimentos naturais, Aristóteles define uma outra categoria: a dos movimentos violentos ou forçados. Esses movimentos seriam aqueles que causados pela ação de um agente, o que em nossa linguagem atual seria utilizado o termo força.

Assim, para ele, qualquer objeto pode ser movido desde que um agente o faça forçadamente. Para Aristóteles um objeto só pode ser movido se houver um motor (força em nossa linguagem) atuando sobre ele, assim que essa “força” cessasse o objeto também pararia o seu movimento.

Como um objeto só poderia ter movimento se um agente o causasse de forma não natural, como se explicaria o fato de uma pedra continuar a se movimentar sem que aquele que a lançou não estivesse mais em contato com ela? Para explicar o lançamento de um projétil, por exemplo, Aristóteles criou um termo denominado antiperistasis.

*Segundo Aristóteles, a continuidade do movimento de um projétil, depois da perda de contato com o arremessador, tem a seguinte explicação: quando se movimenta, o projétil passa a ocupar o lugar preenchido pelo ar que havia à sua frente. Esse mesmo ar, por sua vez, flui em torno da pedra para ocupar o*

'espaço vazio' deixado pela mesma. Com esse movimento, o ar impele a pedra para a frente. Esse processo, denominado antiperistasis, é imperfeito e a força sobre o projétil se extingue gradualmente, e ele para. (PEDUZZI, L. O. Q., 2008, p. 42).

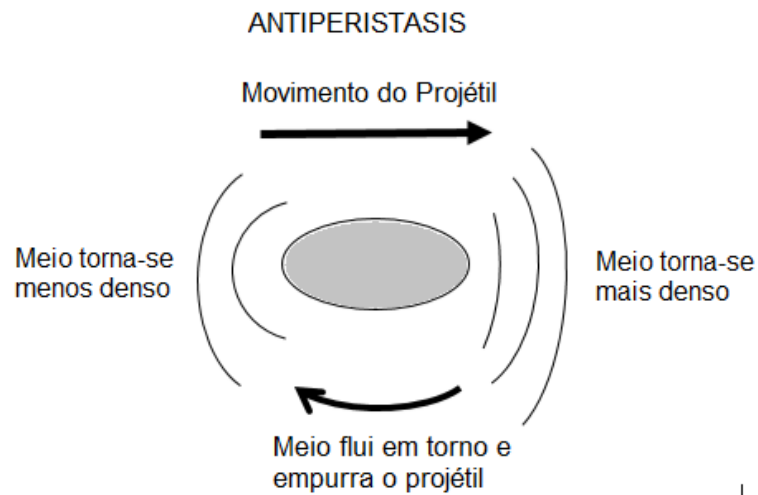


Figura 4 - Representação da ANTIPERISTASIS.

Ao lançar um projétil, Aristóteles dava a seguinte composição ao seu movimento: devido ao antiperistasis o projétil se movia em linha reta até que seu movimento extinguisse. Depois, pela ação do movimento natural, o projétil se movia em linha reta para baixo.

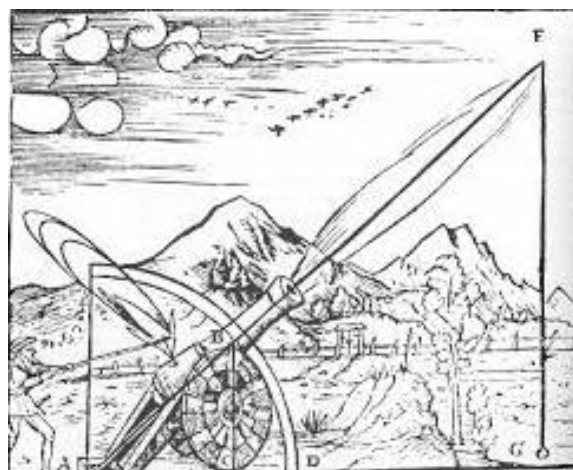


Figura 5 - O lançamento de um projétil segundo Aristóteles.

Entender o pensamento aristotélico acerca do movimento é importante, pois esse pensamento vai de encontro com as concepções alternativas dos alunos. A necessidade da existência uma força para manter um corpo em movimento é algo muito coerente para os alunos do ensino médio, pois, pelas observações que os alunos trazem de seu cotidiano, é aparentemente isso que acontece: se ninguém exerce uma força sobre um objeto ele tende a parar.

*E se muitos estudantes, hoje, apresentam uma concepção aristotélica envolvendo a proporcionalidade força-velocidade, raiz de tantos erros em Dinâmica, por que, então, não apresentar ao estudante, dentro de um contexto simplificado mas objetivo, as ideias básicas de Aristóteles que o levaram a estabelecer esta proporcionalidade? Além de instrutivo, este procedimento pode proporcionar um importante referencial para o aluno repensar algumas das suas ideias. (PEDUZZI, L. O. Q., ARDEN ZYLBERSZTAJN, MOREIRA, M. A., 1992, p. 241).*

É uma dificuldade encontrada pelos alunos, no estudo do movimento, que um corpo tende a permanecer em seu estado de movimento mesmo sem a ação de uma força atuando. Desconstruir esse pensamento não é tarefa trivial. Então, deve-se trabalhar questões que facilitem essa mudança de concepção.

### **2.3.2 – O MOVIMENTO SEGUNDO GALILEU GALILEI**

Galileu foi um dos mais importantes cientistas do século dezessete. As observações de Galileu modificaram a concepção do pensamento sobre o movimento. Como dito por Einstein e Infeld: “A descoberta e o uso do raciocínio científico pôr Galileu foram uma das mais importantes conquistas do pensamento humano e marcaram o começo real da Física.” (EINSTEIN, A.; INFELD, L., 1980, p. 16.)

Para Aristóteles, um corpo só poderia continuar em movimento se houvesse uma força atuando sobre ele. Contudo, os trabalhos de Galileu o levaram a discordar do pensamento de Aristóteles. De acordo com Albert Einstein e Leopold Infeld:

*A nova pista encontrada por Galileu é: se um corpo não é empurrado, puxado ou sujeito a uma ação de qualquer outro modo, ou, mais simplesmente, se*



*nenhuma força externa atua sobre um corpo, ele se desloca uniformemente, isto é, sempre com a mesma velocidade ao longo de uma linha reta. Assim, a velocidade não mostra se forças externas estão ou não agindo sobre um corpo.” (EINSTEIN, A.; INFELD, L., 1980, p. 17)*

Galileu ao estudar o movimento dos corpos fez vários experimentos com planos inclinados, uma vez que a queda livre se dá de forma muito rápida, o que dificultava medidas mais precisas de tempo (PEDUZZI, L. O. Q., 2008). Galileu observou que corpos que desciam o plano inclinado aumentavam a rapidez de seu movimento, a passo que corpos que subiam o plano inclinado diminuíam a sua rapidez. Galileu, então, concluiu que corpos que se movimentavam em um plano horizontal não deveriam aumentar ou diminuir a sua rapidez.

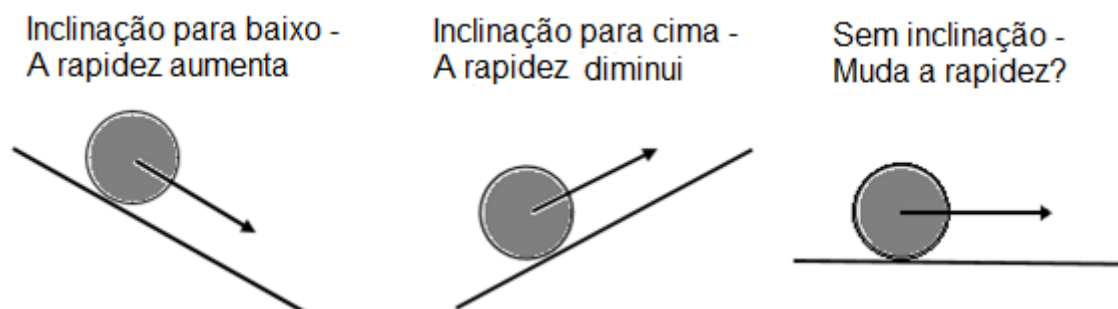


Figura 6 - Movimento de esferas sobre planos. Adaptado de Paul G. Hewitt, 9ª Edição.

Galileu concluiu que a bola atingia o repouso não porque era de sua “natureza”, mas devido a forças opostas.

*Galileu sabia das limitações de seu experimento, isto é, dos efeitos retardadores do meio no deslocamento dos corpos e das medidas aproximadas da variável tempo; por isso não procurava uma proporcionalidade exata entre as variáveis distância e tempo ao quadrado. [...] A queda de um corpo com aceleração constante (equivale a ‘um movimento’ em um plano com 90° de inclinação, como se disse), só ocorre na situação especial (ou ideal) na qual não existe nenhuma resistência ao seu deslocamento [...]. (Luiz, O. Q. Peduzzi, 2008, p 132 – p. 133).*

Inclusive, Galileu realizou experimentos com corpos de massas diferentes sobre os seus planos e verificou que um corpo mais pesado não chegava ao solo primeiro que o mais leve, discordando da teoria da queda dos graves de Aristóteles.

Em uma outra experiência, Galileu colocou dois planos inclinados um em frente ao outro e notou que a altura a qual a esfera era abandonada no primeiro plano era praticamente a mesma que ela alcançava no segundo plano, independentemente da inclinação do segundo. Assim, variando os ângulos Galileu chegou à conclusão de que se a inclinação do plano de subida fosse nula, ou seja, se o plano fosse horizontal, então a esfera continuaria indefinidamente se não houvesse forças opositoras. Foi Galileu que chamou a essa tendência de resistir à mudança de movimento de inércia.

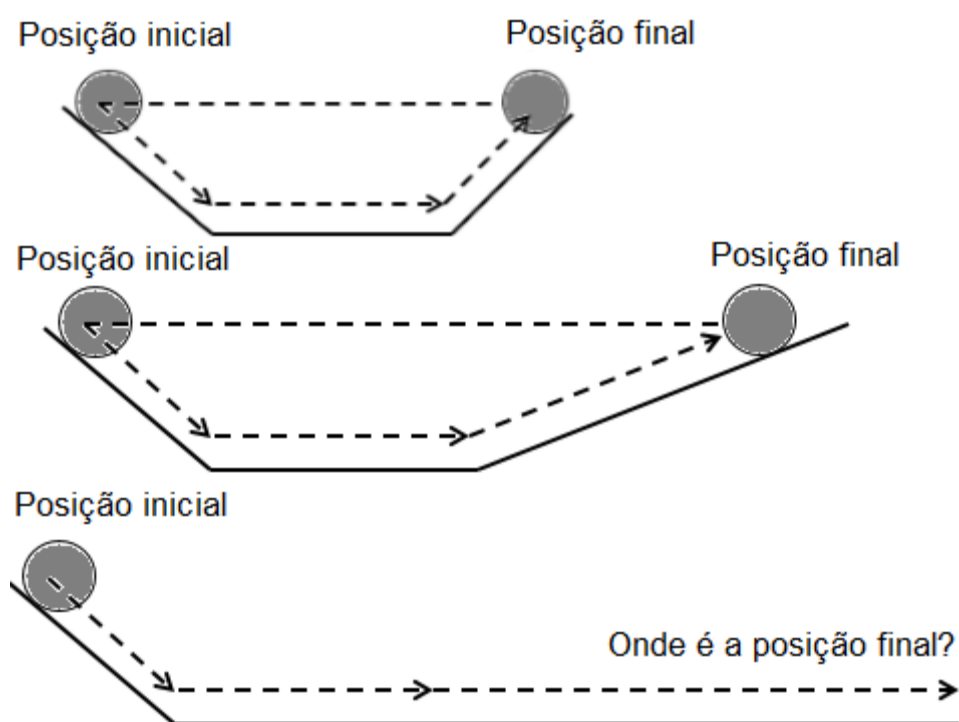


Figura 7 - A esfera ao rolar de um plano inclinado para outro tende a atingir a mesma altura. Com uma inclinação menor ela atinge uma distância maior. Figura adaptada de Paul G. H., 9ª Edição.

Ao resolver a questão que uma força não é necessária para manter o movimento surge uma outra questão inerente ao movimento: se a velocidade não é indicação de força atuando sobre um corpo, então o que será? (EINSTEIN, A.; INFELD, L., 1980). Na verdade, Galileu já respondera essa questão com seus planos inclinados ao observar que ao subir a esfera tinha um movimento retardado, diminuía a sua rapidez, e ao passo que

ao descer ela acelerava, aumentava a sua rapidez, ou seja, a força estava associada à mudança de velocidade e não a velocidade em si.

Apesar da inércia muita das vezes ser pouco discutida em sala pelos professores, por acharem, talvez, que os alunos não possuem dificuldade de assimila-la, entender o conceito que um objeto mesmo sem a atuação de forças externas mantém o seu estado de movimento indefinidamente não é algo trivial, principalmente quando é visto pela primeira vez pelos alunos. Como descrito por Albert Einstein e Leopold Infeld:

*Vimos que essa lei da inércia não pode ser diretamente deduzida da experiência, mas apenas por meio do pensamento especulativo consistente com a observação. A experiência idealizada jamais pode ser realmente levada a efeito, embora conduza a uma profunda compreensão das experiências reais. (EINSTEIN, A.; INFELD, L., 1980, p. 17)*

### **2.3.3 – O MOVIMENTO SEGUNDO ISAAC NEWTON**

Como o próprio Isaac Newton disse: “se enxerguei mais longe que outros homens, foi porque me ergui sobre ombros de gigantes.” (BRENNAN, R. P., 2003). Como dito por Brennan:

*Galileu definira a lei dos corpos em queda e medira com precisão a força da gravidade ao nível do mar. Kepler descrevera as trajetórias elípticas dos planetas e postulara que uma força estranha emanada do Sol impele os planetas em seus cursos. Ademais, Kepler derivara leis precisas para a cinemática do Sol e de seus planetas. Bacon mostrara que a verdadeira base do conhecimento era o mundo natural e a informação que este fornecia através dos sentidos humanos. Descartes ensinara Newton como aplicar métodos matemáticos a problemas físicos. (BRENNAN, R. P., 2003, p. 36).*

Para quantificar as operações de um mundo dinâmico, Newton mostrou-se à altura do desafio: inventou os cálculos diferencial e integral (BRENNAN R. P., 2003).

Galileu deu uma pista importante que forneceu uma compreensão mais profunda do problema do movimento: “A conexão entre força e alteração da velocidade e não a conexão entre força e velocidade em si” (EINSTEIN, A.; INFELD, L., 1980, p. 18).

Em seu livro, *Principia mathematica philosophiae naturalis*, Isaac Newton define as suas três Leis no início de sua obra, pela definição de Newton:

*LEX I*

*Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.*

*LEX II*

*Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

*LEX III*

*Actioni contrariam semper et aequalam esse reactionem: sive corporum uorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.*  
(NEWTON, ISAAC, 1962).

Em português escreve-se:

*LEI I*

*Todo o corpo permanece no seu estado de repouso, ou de movimento uniforme retilíneo, a não ser que seja compelido a mudar esse estado devido à ação de forças aplicadas.*

*LEI II*

*A variação de movimento é proporcional à força motriz aplicada; e dá-se na direção da reta segundo a qual a força está aplicada.*

*LEI III*

*A toda a ação sempre se opõe uma reação igual; ou, as ações mútuas de dois corpos são sempre iguais e dirigidas às partes contrárias.*

(SILVA, Mário, s/data, apud AUGUSTO J. S. F., 1996, p. 5 – 6).

Além de definir as três leis do movimento, Newton teve de definir alguns corolários, o corolário V estabelece em que condições essas leis eram válidas. Nas palavras de Newton:

*Corporum dato spatio inclusorum iidem sunt motus inter se, sive spatium illud quiescat, sive moveatur idem uniformiter in directum sine motu circulari.*  
<sup>10</sup>(NEWTON, ISAAC, 1962).

O que Newton definiu é que as suas leis são válidas para referenciais inerciais.

Newton refinou a lei da inércia definindo uma grandeza que caracterizava a quantidade de inércia de um corpo, essa grandeza foi denominada, por ele, como sendo a quantidade de matéria que é dada pelo produto da densidade e volume (Bassalo J. M. F., 2016) (o que hoje poderia ser traduzido pela expressão:  $m = d.V$ ). Mais tarde foi apresentado pelo matemático suíço Leonhard Euler o conceito de ponto material, que é caracterizado por uma massa (Bassalo J. M. F., 2016).

Newton estabeleceu, ainda, que o produto da quantidade de matéria pela mudança na quantidade de movimento (momento linear) era proporcional à força aplicada ao corpo. A relação que conhecemos hoje como segunda Lei de Newton foi apresentada de forma analítica por Euler (Bassalo J. M. F., 2016), o que em notação atual é dado por:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Em sua terceira lei Newton acrescenta uma característica nova ao conceito de força: o seu aspecto dual (AUGUSTO J. S. F., 1996), ou seja, a existência de uma ação e uma reação mútua e instantânea. Assim, Isaac Newton revela que as forças gravitacionais são mútuas (BRENNAN, R. P., 2003, p. 47), assim como a Terra atrai a Lua, ou uma maçã, estes também atraem a Terra com mesma intensidade e sentidos opostos.

Ao estabelecer as suas leis do movimento e conseguir aplicá-las a sistemas de corpos que vão desde ao movimento de uma maçã até ao movimento dos planetas, Newton deu à raça humana uma ferramenta sem igual, como dito por Brennan:

*A mecânica newtoniana tornou-se o alicerce da estrutura sobre a qual se erguem todas as chamadas das ciências físicas e da tecnologia. A física newtoniana foi, acima de tudo, um triunfo do reducionismo – o ato de tomar*

---

<sup>10</sup> Em tradução livre lê-se: “São movimentos do corpo em um determinado espaço são os mesmos entre si, quer que o espaço está em repouso, ou se move de maneira uniforme para a frente em uma linha reta sem qualquer movimento circular.” (Tradução: <<http://translate.google.com.br>> acesso em 02/10/2016).

*um fenômeno complexo, neste caso o cosmo, e explicá-lo mediante a análise dos mecanismos físicos mais simples, mais básicos que estão em operação durante o fenômeno. Ademais, representou uma mudança na perspectiva do pensamento humano, uma transição de uma sociedade estática que espera que alguma coisa aconteça para uma sociedade dinâmica que busca compreender, pois compreensão implica controle. (BRENNAN, R. P., 2003, p. 48).*

Newton deu uma ascensão ao conceito mecânico sem igual. Suas ideias mudaram não somente o rumo da ciência como todo o pensamento da humanidade. Suas leis conseguiram, com êxito, descrever nosso universo por quase trezentos anos, até que foi necessário outro gênio, de igual estatura, para voltar ao problema inicial do movimento, como mencionado por Einstein e Infeld:

*Em nossa grande história de mistério não há problemas totalmente resolvidos e solucionados para sempre. Após trezentos anos tivemos de voltar ao problema inicial do movimento, para rever o procedimento da investigação, para encontrar novas pistas que haviam sido descuidadas, chegando, assim, a um novo quadro do universo. (EINSTEIN, A.; INFELD, L., 1980, p. 39).*

## 3 – O PRODUTO

### 3.1 – INTRODUÇÃO

Ao se aplicar a metodologia IpC, a votação pode ser realizada de várias formas, tais como: utilizando *clickers*, que são pontos de votação eletrônico que registram as respostas fornecidas pelos alunos no computador do professor, *flashcards*, que são placas de votação na qual os alunos sinalizam a opção escolhida ou por gestos, no qual os alunos sinalizam a opção escolhida fazendo gestos com as mãos.

Apesar de Lasry (2008) em seu artigo intitulado “*Clickers vs flashcards: existe realmente alguma diferença?*” ter salientado que não foi observada diferença estatística significativa nos resultados obtidos por um e outro método, podemos ver algumas vantagens inerentes que os *clickers* possuem em comparação aos *flashcards*. A primeira é que os *clickers* facilitam o trabalho do professor no armazenamento de dados e que ele pode analisar posteriormente ao processo de votação em sala de aula. A segunda é que otimiza o tempo em sala de aula, pois o professor não precisaria contar o número de respostas fornecidas pelos alunos. A terceira está relacionada com a maior dificuldade dos alunos de observarem as respostas de seus colegas e serem influenciados, o que poderia dar como resultado uma resposta que não corresponderia à realidade comprometendo o processo.

Apesar das vantagens que os *clickers* apresentam, esse material não corresponde à realidade das instituições de ensino brasileiras, pois é uma opção relativamente cara. O preço pode variar entre US \$ 30,00 a US \$ 40,00 por unidade<sup>11</sup>. O sistema desenvolvido neste trabalho possui a finalidade de automatizar a aquisição de dados como sistema de votação, substituindo os *clickers* por um sistema de votação de valor mais acessível.

Além de cumprir o papel dos *clickers*, esse produto possui um atrativo a mais que é o armazenamento individual das respostas de cada aluno. Assim, é possível verificar a opção votada por cada aluno, para uma análise pós-aula.

---

<sup>11</sup> Dados retirados de <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/newyorktimes/43714-aparelho-substitui-o-quotlevante-a-maoquot.shtml>> acesso em 20/10/2016. Em uma pesquisa de compra no site: <<http://crosstrade.alibaba.com/order/mht/mhtPoPost.htm?key=ba418671149fb6e2d3a8af7c9a3d3535>> o valor para 40 dispositivos da marca QOMO, modelo qrf300 Mestre key o preço total sairia em US \$ 5.273,95, acesso em 20/10/2016.

### 3.2 – MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO

Para a utilização do produto será necessário:

- um computador ou notebook;
- um roteador wi-fi;
- data show (opcional);
- dispositivos com acesso wi-fi ou placas de votação.
- Softwares: WAMPSEVER e alguma planilha eletrônica.

Todos os materiais para a aplicação desse produto são de fácil aquisição e, a maioria, já fazem parte do cotidiano do professor e dos alunos.

O computador é necessário para o registro das respostas. Pode ser o notebook pessoal do professor.

O roteador será necessário para estabelecer a conexão entre os dispositivos com acesso à rede wi-fi com o computador do professor. Apesar do roteador wi-fi fazer parte do sistema, deve-se deixar bem claro que não é necessário uma conexão com internet.

O data show será utilizado para a exposição das questões a serem apresentadas. Esses equipamentos já estão bem difundidos nas escolas brasileiras, mas na ausência dessa ferramenta o professor poderá utilizar uma TV, exibindo as questões como figuras em sua tela ou utilizando cartazes para a apresentação das questões. Na verdade, o professor poderá expor suas questões da forma que achar mais prático, poderia até mesmo fazer perguntas sobre alguma demonstração em sala de aula.

Os dispositivos com acesso wi-fi (smartphones, tablets, notebooks) que serão utilizados são os aparelhos dos próprios alunos. Esses dispositivos já estão imersos no cotidiano dos alunos. Aqueles alunos que não possuem nenhum desses aparelhos podem utilizar os *flashcards*, pois este sistema também permite a inserção de dados manualmente.

Os softwares a serem utilizados são o wampserver e algum software de planilha eletrônica (pode ser o Excel, a Planilha\_Calc do LibreOffice ou qualquer planilha que execute as mesmas funções). O wampserver é um software gratuito e está disponível para download em <https://wamp-server-wamp5.br.uptodown.com/windows><sup>12</sup>, os passos de

---

<sup>12</sup> Acesso em 15/02/2015.



como realizar o download, instalar e utilizá-lo está descrito na seção 3.4 – Construção do produto.

### 3.3 – CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

O produto é, basicamente, um website que funciona localmente no computador do professor, assim os alunos acessam esse site local e suas respostas ficam armazenadas no banco de dados do wampserver, que é consultado em tempo real (Figura 8). Esse sistema foi desenvolvido utilizando como base as linguagens HTML (HyperText Markup Language) e PHP (Personal Home Page).

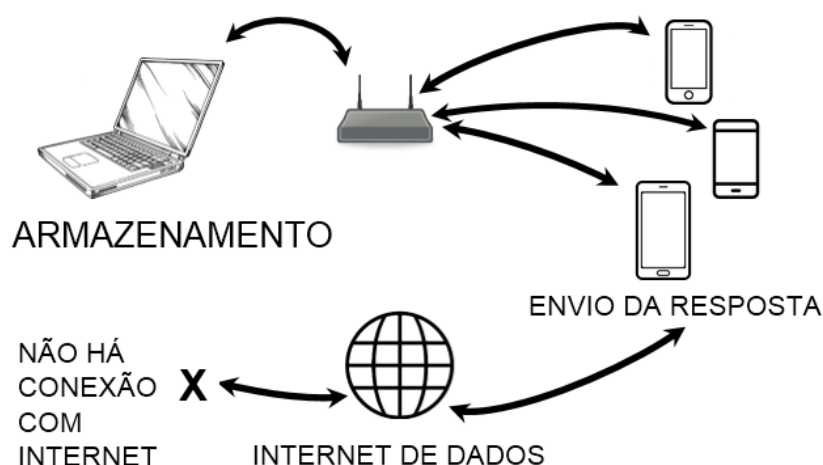


Figura 8- Esquema de como é feita a conexão entre o roteador, o computador do professor e os dispositivos dos alunos.

A opção por um sistema que se comporta como site local está relacionado à facilidade de qualquer dispositivo que possui acesso à uma rede wi-fi poder se conectar. Assim, qualquer que seja o sistema operacional (Windows Phone, Android, iOS, dentre outras) do smartphone, este conseguirá se conectar com o servidor local sem a necessidade de fazer o download de aplicativos ou de criar um aplicativo específico para cada plataforma. Além disso, o fato do site ser local não exige uma conexão com a internet e sim apenas estabelecer uma conexão wi-fi com o servidor local.

Após os alunos responderem as questões, as informações coletadas ficam armazenadas no banco de dados do Wampserver e esses dados são exportados para uma planilha previamente configurada. Ao inserir os dados na planilha, ela mostra a porcentagem de acertos e erros, além de mostrar, também, a porcentagem de cada

alternativa votada. Pode-se fazer muito mais, mas isso vai da criatividade de quem configura a planilha.

O produto possui ainda uma vantagem sobre a utilização do dispositivo wi-fi dos alunos, pois não permite que os alunos utilizem outra rede wi-fi para se conectar a internet e nem a internet de dados das operadoras. Assim, os alunos não são distraídos com fatos exteriores à aula, como as redes sociais. Essa vantagem se deve ao fato do computador do professor não estar conectado à internet, isso faz com que somente os alunos que estejam conectados ao mesmo roteador consigam acessar o site local e responder as questões. Se a internet de dados estiver ligada, o dispositivo do aluno verifica que não há conexão com a internet pelo wi-fi, assim o aparelho redireciona para a internet de dados, como o computador do professor não está on-line o dispositivo não encontra o IP do computador na rede, assim não é estabelecida a conexão.

### **3.4 – CONSTRUÇÃO DO PRODUTO**

Para a construção desse produto foi utilizada a linguagem HTML (Hyper Text Markup Language) , nessa linguagem estrutura-se a página que o usuário irá acessar. Para a construção da página de acesso pode-se utilizar qualquer editor de texto, contudo foi utilizado o software Notepad++ por facilitar a visualização de erros nas linhas de códigos. Então na linguagem HTML estrutura-se a página que será visualizada pelo usuário.

Já a linguagem PHP não é exibida, a menos que se deseje, para os usuários. Nela apenas o host (expressão em inglês designada ao administrador do site) verifica e faz as modificações. Essa linguagem faz a conexão entre os dados enviados pelo usuário e o banco de dados no qual ficam armazenados.

Para o PHP é necessário um software para a hospedagem do banco de dados. Foi utilizado o wampserver. Esse software é gratuito e está disponível para download no site: <http://www.wampserver.com/en/>, foi utilizada a versão 2 desse software.

Além dos softwares já mencionados, para agilizar a construção do site local foi utilizado o Adobe Dreamweaver CS6. Esse software não é gratuito, mas pode ser utilizado em modo de teste por 3 meses. Depois de construído, o site continua funcionando sem nenhum problema mesmo que a licença tenha expirado.

Depois do sistema ter sido construído, um último software utilizado é uma planilha eletrônica (Excel, LibreOffice\_Cal ou qualquer outra). A planilha é pré-

configurada antes da aula, para que ela importe diretamente os dados do Wampserver e forneça os gráficos da votação de forma instantânea.

## **4- APLICAÇÃO EM SALA DE AULA**

Nesse capítulo será discorrido sobre a aplicação do produto em sala de aula. Na seção 4.1 iremos descrever o ambiente escolar em que este sistema foi utilizado. Na seção 4.2 descreveremos a metodologia. Na seção 4.3 descrevemos as turmas em que o sistema de votação e a metodologia foram aplicadas. Na seção 4.4 descrevemos a viabilidade do produto nas turmas. Na seção 4.5 descrevemos como foi elaborada a aula.

### **4.1 – ESTRUTURA DA ESCOLA**

Este sistema, completo, foi aplicado na escola pública estadual de Ensino Médio “Monsenhor Miguel de Sanctis”. Localizada no endereço Rodovia Prefeito Norival Couzi - KM 96, na cidade de Guaçuí, no estado do Espírito Santo, entre os dias 25 de Abril de 2016 e 02 Maio de 2016.

A escola possui uma boa estrutura física. Cada sala de aula possui uma TV, quadro branco, 13 salas possuem aparelho de ar-condicionado, de um total de 15, um laboratório de informática com 20 computadores e acesso à internet. A escola conta com quatro Datashow e um quadro digital.

Apesar de possuir um laboratório de informática, o número de computadores é insuficiente para que cada aluno utilize um único computador. Além do número insuficiente de computadores, a internet no laboratório possui uma velocidade de 2 Mb para todos os computadores, o que a torna lenta. Por esse motivo a necessidade de um sistema que não necessite de uma conexão com a internet.

O período de cada aula é de 55 minutos para a disciplina de Física em cada série do Ensino Médio, possuindo uma carga horária semanal de duas aulas por semana.

O sistema também foi utilizado em aulas no segundo semestre do ano de 2015 na seguintes escolas particulares: Colégio Portal do Saber, situado na cidade de Espera Feliz – Minas Gerais e no cursinho Contexto, situado na cidade de Carangola – Minas Gerais. Nessas escolas o sistema foi aplicado nas turmas do terceiro ano do ensino médio e a

matéria abordada foi circuitos elétricos<sup>13</sup>. Não houve, pelo que se observou, prejuízo de tempo ao montar o sistema de votação nas turmas. Os alunos receberam bem a metodologia e gostaram da alternativa em sala de aula. Nessa ocasião, entretanto, o armazenamento de dados das respostas individuais dos alunos ainda não estava implementado. Como o sistema não estava completo, nesta dissertação daremos enfoque nos resultados apresentados para a implementação na escola de Guaçuí.

## 4.2 – METODOLOGIA

O produto foi aplicado em um total de 155 alunos. A aplicação a esse número de alunos possui como finalidade: primeiro, testar o produto em salas com o número razoavelmente grande de alunos para verificar a sua performance. Segundo, verificar se os alunos gostam da metodologia e se essa metodologia incentiva a participação em uma turma com um grande número de alunos sem perder o objetivo. Terceiro, verificar em um grupo maior de amostragem qual ou quais conceitos são mais difíceis dos alunos compreenderem e, por último, fazer um levantamento de dados para verificar a viabilidade do produto em sala de aula, uma vez que o produto necessita de dispositivos pertencentes a alunos com acesso à rede wi-fi.

Para a aplicação e análises dos dados coletados, seguimos os seguintes passos:

### 1- Caracterização da turma:

Nessa etapa foi feito um levantamento de dados com a aplicação de um questionário<sup>14</sup> para identificar o número de alunos que possuem dispositivos com acesso à rede wi-fi e que possuem acesso à internet e como acessam a internet.

### 2- Escolha e preparação da aula:

Foi escolhido como tema das aulas a 1ª e 3ª Leis de Newton. A escolha desse tema foi, em primeiro lugar, para verificar as concepções espontâneas dos alunos acerca do movimento e, em segundo, a facilidade de se encontrar questões<sup>15</sup> conceituais já testadas desse tema e com essa metodologia.

---

<sup>13</sup> As questões utilizadas nesse pré-teste estão em ANEXO B.

<sup>14</sup> Esse questionário se encontra em APÊNDICE B.

<sup>15</sup> Essas questões se encontram em ANEXO C.

As aulas foram elaboradas com atividades prévias que incluíam vídeo<sup>16</sup>, questionários<sup>17</sup>, discussões em sala e uma leitura do livro texto<sup>18</sup> feita pelos alunos fora da sala de aula.

3- Aplicação da metodologia IpC nas turmas de primeiro ano, utilizando o sistema aqui desenvolvido:

O sistema foi utilizado em uma aula de Instrução pelos Colegas em quatro turmas do primeiro ano do ensino médio, essas turmas estão designadas, aqui, como sendo as turmas A, B, C e D, contudo não corresponde ao real nomeação das turmas. O número de alunos por turma e os dias de aplicação encontram-se na tabela 3, os procedimentos e dados obtidos serão detalhadas nas próximas seções.

<b>TURMA</b>	<b>Número de alunos matriculados</b>	<b>Dias de aplicação das aulas aqui descritas</b>
<b>A</b>	32	25-04-2016 e 02-05-2016
<b>B</b>	41	25-04-2016 e 26-04-2016
<b>D</b>	42	25-04-2016 e 26-04-2016
<b>E</b>	40	25-04-2016 e 26-04-2016

*Tabela 3 - Informações sobre as turmas que foram aplicadas e as datas de aplicação.*

---

<sup>16</sup> Esse vídeo se encontra em <<https://www.youtube.com/watch?v=BptZoZAZiLo>> acesso em 03-03-2016.

<sup>17</sup> Este questionário pós-vídeo se encontra em APÊNDICE C.

<sup>18</sup> O livro texto adotado na escola é o livro: Ser Protagonista, Física 1 Ensino Médio (Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM, editora SM, São Paulo, segunda edição 2013).

### 4.3 – CARACTERIZAÇÃO DAS TURMAS

Nessa seção será feita uma breve caracterização das turmas as quais o produto foi aplicado em 2016, realizada através de questionário respondido por 137 alunos durante uma aula regular. Esta caracterização permitiu avaliar o acesso de alunos a dispositivos móveis, como também o seu acesso à internet em casa, para estudo de vídeos e materiais on-line como preparação para a aula.

Com este questionário, foi verificado que o número de alunos residentes na zona rural é alto (31 %, como mostrado na figura 9) o que pode dificultar o acesso residencial à internet.

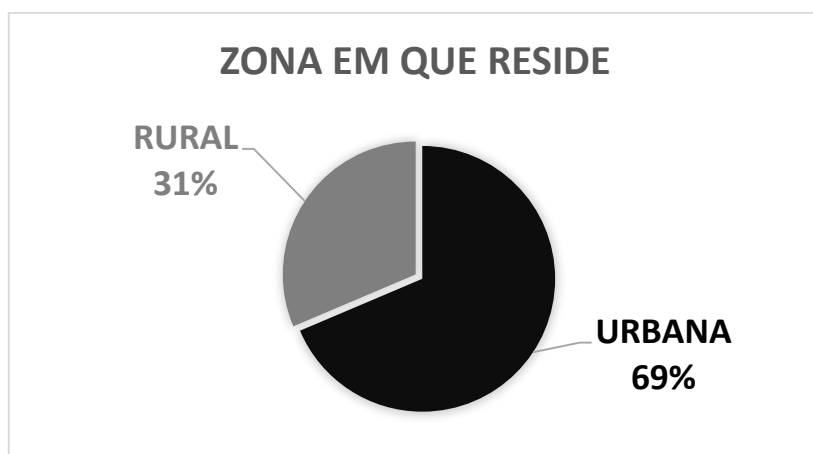


Figura 9- Zona em que reside, levantamento de dados de todos os alunos que responderam o questionário.

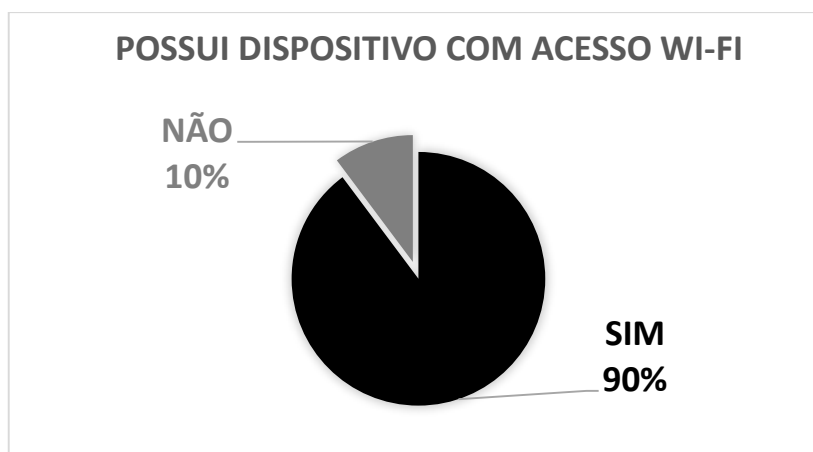


Figura 10- Possui algum dispositivo com acesso à rede wi-fi, levantamento de dados de todos os alunos que responderam ao questionário.

Entretanto, pelo que pode-se observar na Figura 10, 90% dos alunos possuem algum dispositivo com acesso à rede wi-fi, o que viabiliza a utilização do produto.

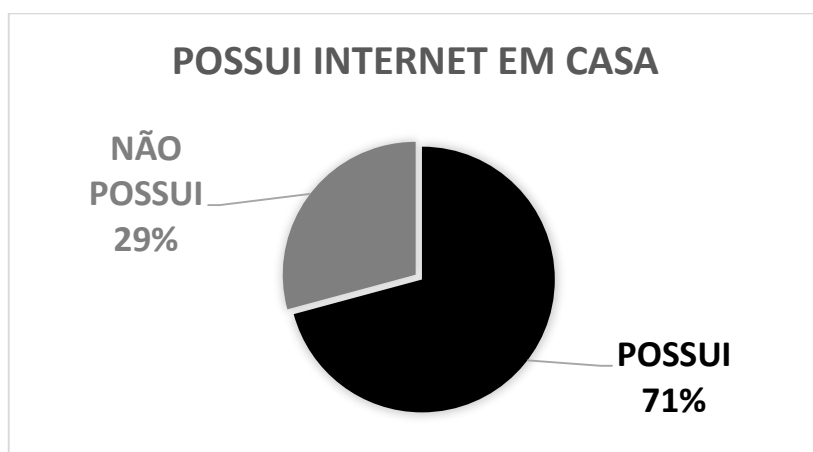


Figura 11- Alunos que possuem acesso à internet em casa, levantamento de dados de todos os alunos que responderam ao questionário.

A Figura 11 mostra que 71% dos alunos que responderam ao questionário possuem internet em casa. Dos 29% dos alunos que não possuem internet em casa, todos acessam essa ferramenta em outros locais, como: praças digitais, casa de terceiros, lan-houses e na própria escola.

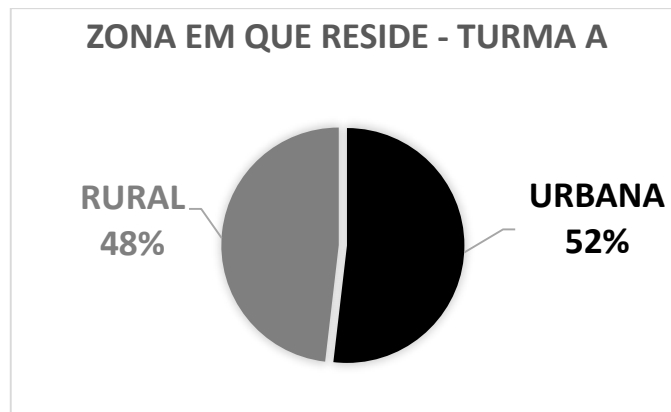
Esses dados mostram que, mesmo em uma escola com um número expressivo de alunos que vivem na zona rural, a internet pode ser utilizada como ferramenta nas aulas que antecedem a aplicação das questões, e que existe uma quantidade suficiente de alunos (90 %) que possuem dispositivos móveis para a aplicação do produto.

#### 4.3.1 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA A

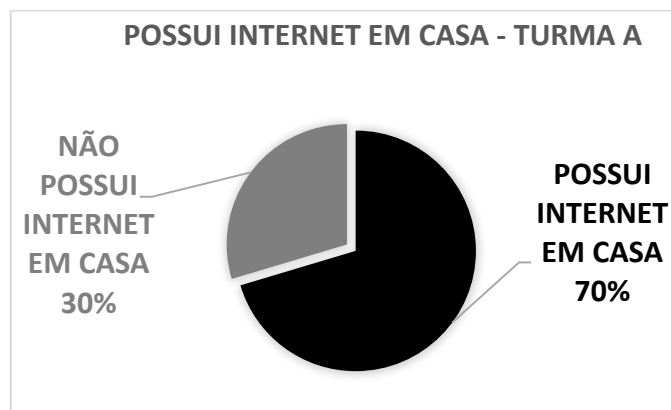
Essa turma é composta por 32 alunos matriculados. Entretanto, os dados apresentados aqui corresponde à respostas fornecidas por apenas 27 alunos presentes no dia em questão. Do total de alunos, cerca de 9 alunos costumam faltar à aula com regularidade. A maioria é, em geral, bem comportada, mas também apática, com pouca participação espontânea ou mesmo induzida em aula.

As Figuras 12 e 13 mostram algumas características sociais e geográficas dessa turma.





*Figura 12- Porcentagem onde reside os alunos da TURMA A*



*Figura 13 - Porcentagem de alunos que possui internet em casa. TURMA A.*

#### **4.3.2 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA B**

Essa turma é composta por 38 frequentes, com a maioria residindo na zona rural. A turma possui um perfil apático e não possui, em geral, problemas de comportamento.

No dia do levantamento de dados 37 alunos estavam presentes.

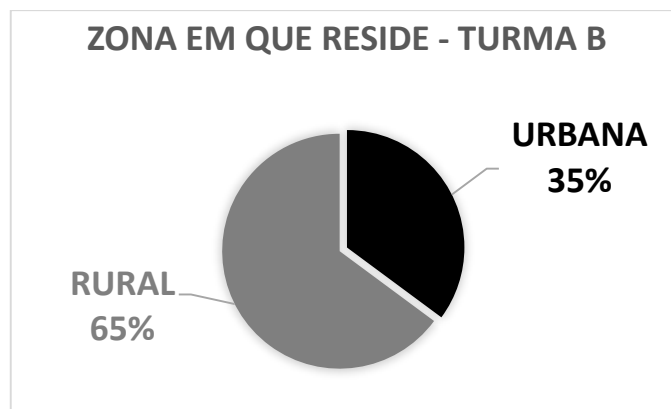


Figura 14- Porcentagem de alunos que na zona urbana e rural, TURMA B

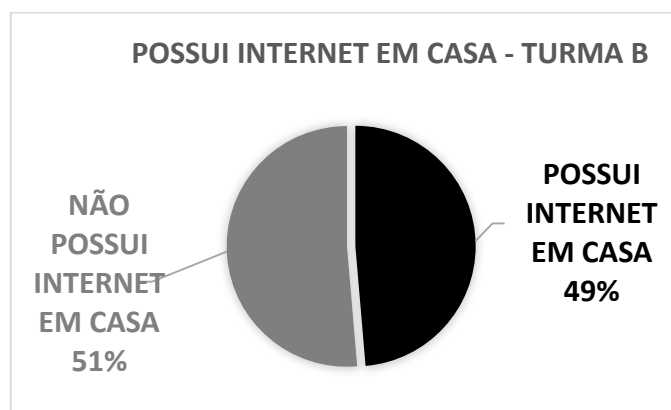


Figura 15 - Porcentagem dos alunos que possuem internet em casa. TURMA B.

### 4.3.3 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA C

Essa é uma das turmas do ensino médio técnico integrado. Essa modalidade de ensino possui como finalidade, além da formação com as matérias regulares, uma formação em técnico administrativo.

Essa turma possui 40 alunos matriculados e frequentes. A maioria dos alunos são residentes da zona urbana, que também tem aulas nas terças e quintas à tarde em contra turno. Os alunos da zona rural possuem maior dificuldade de frequentar essa modalidade de ensino, devido à falta de transporte público escolar para o turno vespertino.

O levantamento de dados foi realizado no dia em que estavam presentes 36 alunos.

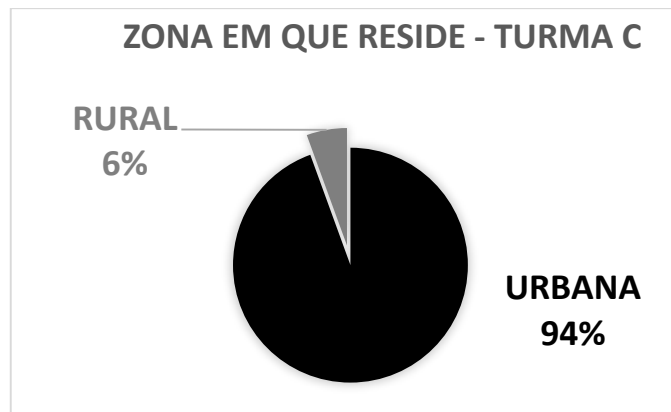


Figura 16 - Porcentagem de alunos que reside na zona urbana e rural, TURMA C.

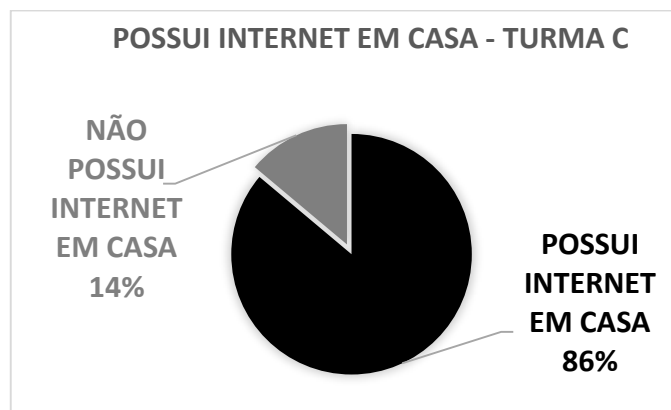


Figura 17 - Porcentagem dos alunos que possuem internet em casa. TURMA C.

#### 4.3.4 – CARACTERIZAÇÃO DA TURMA D

Essa turma é composta por 40 alunos. Responderam ao questionários 37 alunos. Essa turma é um pouco agitada, mas os alunos demonstram interesse nos estudos, em comparação às outras turmas, e são mais participativos e questionadores.

Essa turma, assim como a turma C, também faz parte da modalidade de ensino médio técnico integrado em que os alunos precisam frequentar a escola em contra turno em dois dias na semana para cumprir a grade do curso técnico.

A turma é composta pela maioria de alunos que reside na zona urbana. As figuras 18 e 19 mostram a porcentagem dos alunos que residem na zona rural e urbana, os alunos que possuem internet em casa

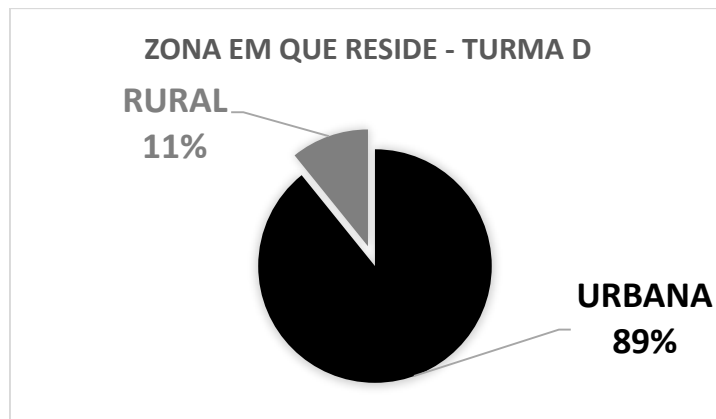


Figura 18 – Porcentagem de alunos que residem na zona urbana e rural – TURMA D

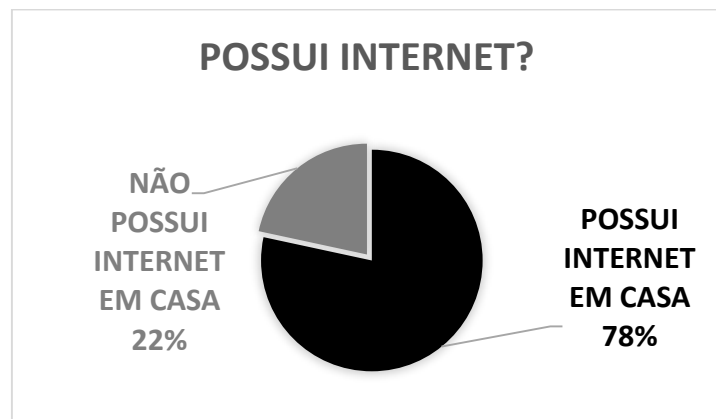


Figura 19 - Porcentagem de alunos que possuem internet em casa - TURMA D

#### 4.4 – VIABILIDADE DO PRODUTO

Nessa seção apresentaremos o levantamento dos dados sobre o acesso dos alunos à dispositivos móveis pelos alunos para discutirmos a real viabilidade da aplicação desse produto nas turmas.

A situação ideal seria que todos os alunos tenham seu próprio dispositivo. Entretanto, se o número de alunos sem o dispositivos for pequeno estes alunos podem responder às perguntas utilizando cartões ou mesmo com gestos com a mão e as alternativas poderem ser lançadas no sistema manualmente pelo professor.

#### 4.4.1 – VIABILIDADE DE APLICAÇÃO NA TURMA A

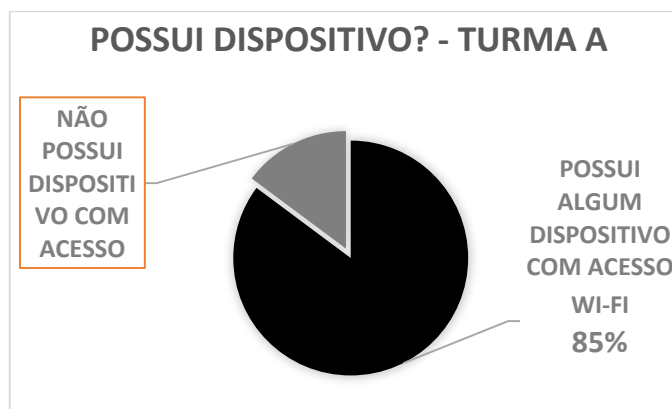


Figura 20 - Porcentagem dos alunos que possuem algum tipo de dispositivo. TURMA A.

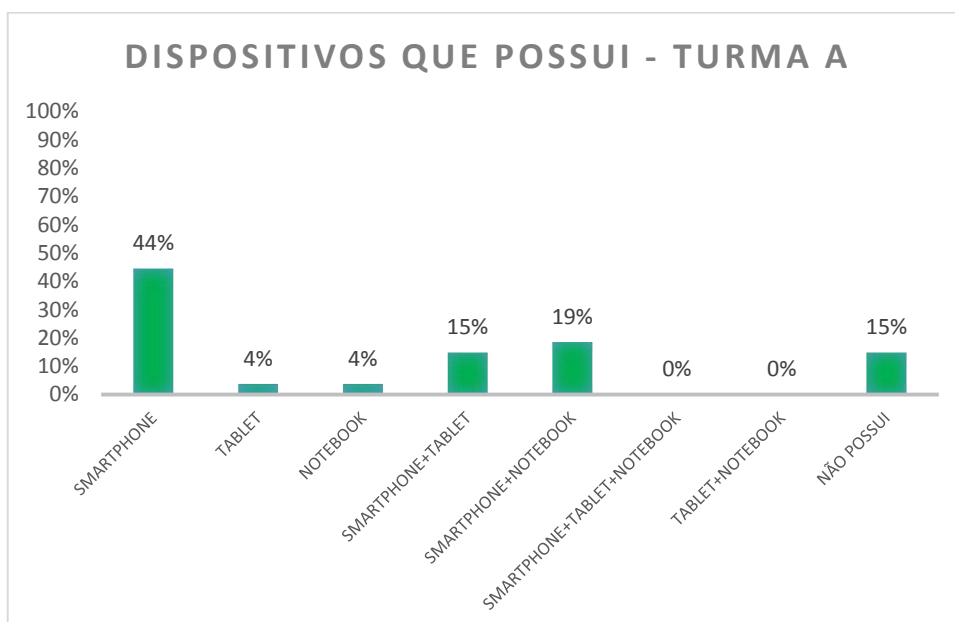


Figura 21 - Dispositivos que os alunos possuem. TURMA A.

Pelo levantamento de dados, nas figuras 20 e 21, pode-se observar que apenas 15% (4 alunos de 27) dos alunos dessa turma não possuem nenhum dispositivo com acesso wi-fi. Outro dado interessante é que 33% desses alunos possuem mais de um desses dispositivos, permitindo que no dia de aplicação, pode-se pedir que os alunos que puderem levar mais de um aparelho para emprestar ao colega.

#### 4.4.2 – VIABILIDADE DE APLICAÇÃO NA TURMA B.

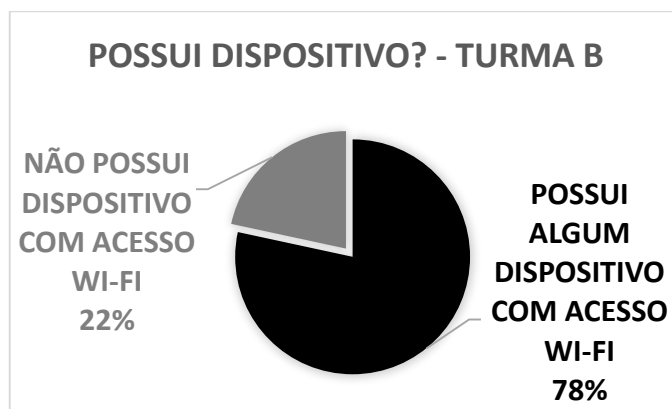


Figura 22 - Porcentagem dos alunos que possuem algum dispositivo. TURMA B.

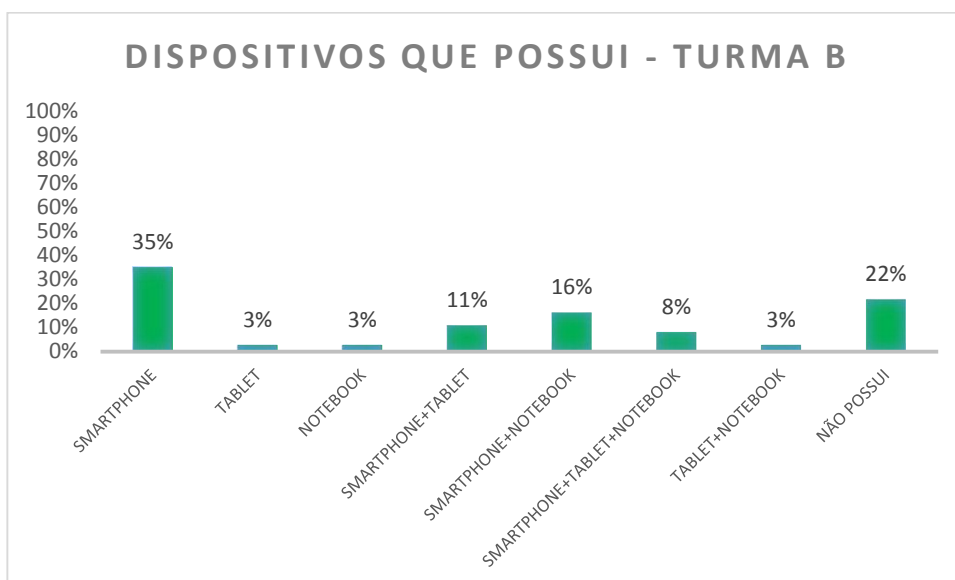


Figura 23 - Dispositivos que o aluno possui. TURMA B.

Pelo levantamento de dados, observa-se que cerca de 22% dos alunos (8 alunos em 37) não possuem nenhum dispositivo com acesso à rede wi-fi. Contudo, 38% possuem mais de um desses dispositivos, o que corresponde a 14 alunos. Novamente, o produto pode ser aplicado nessa turma, através do empréstimo de aparelhos entre os alunos.

#### 4.4.3 – VIABILIDADE DE APLICAÇÃO NA TURMA C

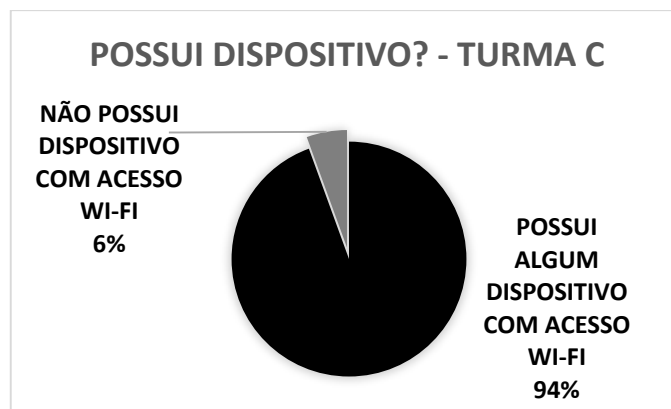


Figura 24 - Porcentagem dos alunos que possui algum dispositivo. TURMA C.

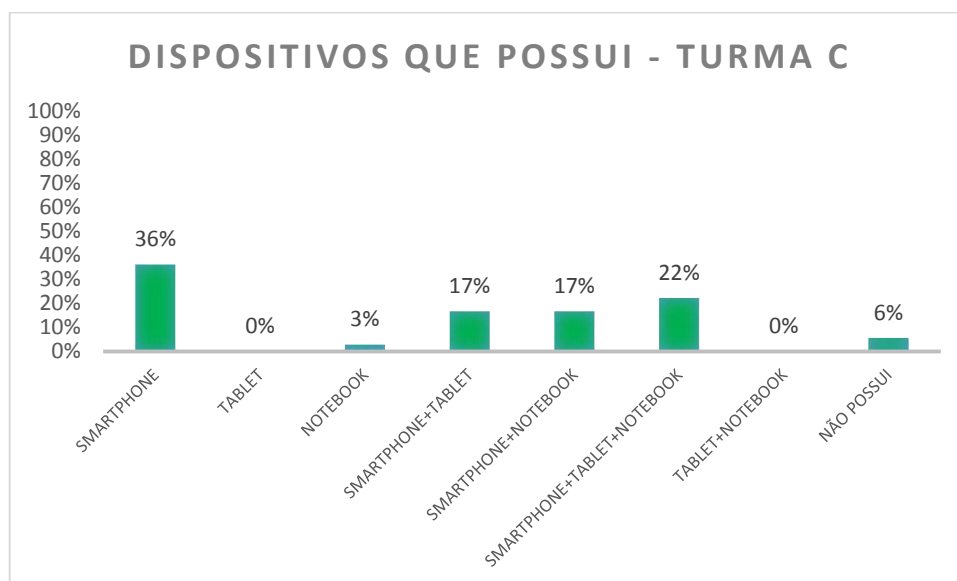


Figura 25 - Dispositivos que os alunos possuem. TURMA C.

Apenas 6% dos alunos dessa turma (2 alunos dos 36 pesquisados), não possui nenhum dispositivo. Estes dois alunos são da zona urbana e não correspondem aos dois alunos da zona rural apresentado na Figura 16.

#### 4.4.4 – VIABILIDADE DA APLICAÇÃO NA TURMA D



Figura 26 - Porcentagem dos alunos que possuem algum dispositivo. TURMA D.

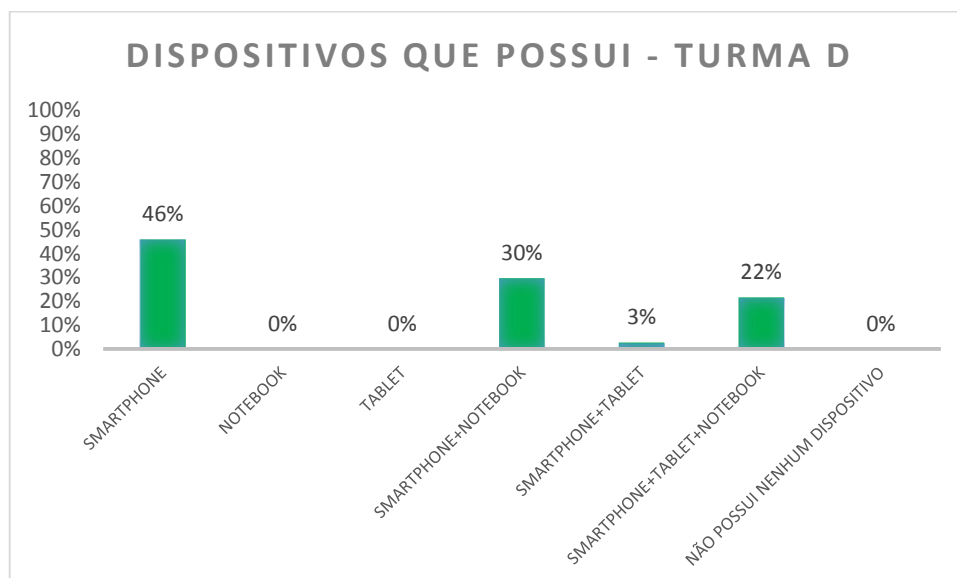


Figura 27 - Dispositivos que os alunos possuem. TURMA D.

Observa-se, pela figura 26, que todos os alunos possuem algum tipo de dispositivo com acesso à rede wi-fi. A figura 27 mostra qual o tipo de dispositivo e a porcentagem de alunos que possui mais de um desses dispositivos.

Por esse levantamento de dados, verifica-se que nessa turma pode-se aplicar o produto desenvolvido sem nenhum problema, tendo somente que pedir para que os alunos levem seus aparelhos devidamente carregados no dia em questão.



#### **4.4.5 – CONCLUSÃO SOBRE A VIABILIDADE DA APLICAÇÃO**

Pelo levantamento de dados mostrado na secção 4.4, nota-se que a maioria (em torno de 90%) dos alunos das turmas pesquisadas possuem algum tipo de dispositivo com acesso à rede wi-fi. O crescimento no mercado dos smartphones mostra que mesmo os alunos que residem na zona rural possuem esse dispositivo e a tendência é que nos próximos anos o número desses dispositivos aumente ainda mais.

Mesmo os alunos que não possuem nenhum tipo de dispositivo podem pegar emprestado com um colega da própria turma, pois o número de alunos que possuem mais de um dispositivo supera o número de alunos que não possuem dispositivo algum. Além dessa possibilidade, se na turma poucos alunos não possuem dispositivo algum o professor pode inserir manualmente os dados na planilha

Pelo levantamento de dados, observa-se que a turma que possui a maior porcentagem dos alunos que não possui nenhum dispositivo, o TURMA B, o índice alcançou 22%, o que totalizou 8 alunos. Em testes realizados em sala verificou-se que os alunos que não possuíam dispositivos e que responderam com meios tradicionais (gestos ou cartões) o processo não sofreu prejuízo de tempo.

#### **4.5 – ELABORAÇÃO DA AULA**

Para a aplicação do produto, foi utilizado a mesma abordagem em todas as turmas aplicadas na escola “Monsenhor Miguel de Sanctis”, situada na cidade de Guaçuí no estado do Espírito Santo.

A matéria escolhida para a aplicação do produto foi a 1ª e 3ª Leis de Newton.

Foi pedido aos alunos na semana anterior à aplicação da metodologia que eles lessem em casa as páginas 103 à 107 e de 115 à 116 do livro Ser Protagonista, Física 1 Ensino Médio (Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM, editora SM, São Paulo, 2ª edição 2013), que é o livro texto adotado pela escola.

Primeiramente em uma aula de 55 minutos, foi feita uma exibição de um vídeo do telecurso 2000 sobre as Leis de Newton, esse vídeo está disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=TYFD-xOUGYA> (acesso em: 03/03/2016).

Após o vídeo, que teve uma duração de aproximadamente 15 minutos, foram feitas algumas perguntas<sup>19</sup> pós-vídeos sobre a 1ª e 3ª Leis de Newton. Essas perguntas foram discutidas, ainda na primeira aula de forma dialogada entre os alunos e o professor, essa etapa teve uma duração aproximada de 15 minutos.

Depois o professor explicou e enunciou a 1ª e 3ª Leis de Newton, a duração dessa etapa foi de aproximadamente 15 minutos.

Na aula seguinte, foram apresentadas as questões conceituais com a metodologia IpC e o uso do sistema de votação aqui desenvolvido. Essas questões foram escolhidas de forma a não deixar ambiguidades. Cada questão tratava de um único conceito, pois caso o estudante erre se possa saber em qual conceito ele errou. Foram realizadas um total de 07 questões em 02 aulas de 55 minutos.

Apresentaremos na próxima seção uma descrição das questões de do comportamento dos alunos durante o processo de votação.

---

<sup>19</sup> Essas perguntas pós-vídeo se encontram no APÊNDICE C.

## 5 – ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS PELO SISTEMA DURANTE AS VOTAÇÕES

Nesse capítulo serão analisadas as questões apresentadas em cada turma. Serão mostrados os gráficos obtidos em cada turma sobre a questão e algumas análises acerca dessas questões.

### 5.1 – SELEÇÃO DAS QUESTÕES

As questões utilizadas na aplicação do produto foram selecionadas para verificar as concepções espontâneas, ou alternativas, dos alunos afim de tentar desconstruir essas concepções e substituí-las pelo conhecimento formal, ou científico, de forma mais construtivista.

As discussões devem possibilitar que os alunos verifiquem que suas concepções espontâneas, apesar de aparentemente funcionarem relativamente bem em algumas situações de seu dia a dia, são limitadas para explicar algumas situações e que o conhecimento formal possui maior grau de explicação. Como mencionado por Villani, Pacca, Kishinami e Housome:

*Na realidade há um confronto entre a Física ensinada (oficial) e a 'espontânea' e sem dúvida o objetivo do ensino é a aprendizagem da oficial; este confronto muitas vezes se realiza de forma pouco harmoniosa e seu resultado não é uma visão conceitual coerente e rica, mas a superposição e justaposição de conceitos de diferentes origens e alcance, que prejudica qualquer pretensão de aprofundamento teórico do aluno. (A. VILLAN.et al., 1982, p. 23)*

As questões<sup>20</sup> 1, 4 e 5 foram escolhidas afim de verificar se ficou entendido, para o aluno, que a força está relacionada à mudança de velocidade e não na velocidade em si, ou seja, essas questões tratam da inércia e que na ausência de forças externas um corpo

---

<sup>20</sup> Essas questões se encontram em ANEXO C.

continua em movimento, sem a necessidade de uma força atuando para manter esse movimento.

Essa concepção está fortemente ligada aos alunos, em seu estudo com as concepções espontâneas de alunos franceses Viennot conclui que:

*Estes experimentos semelhantes sugerem que, para muitos estudantes, é uma 'lei' intuitiva, que pode ser expressa como uma pseudo relação linear entre força e velocidade,  $F = aV$ , como segue:*

*(1) se  $v = 0$ , então  $F = 0$ , mesmo se a aceleração não é zero. (...)*

*(2) se  $v \neq 0$ , então  $F \neq 0$ , mesmo se  $a = 0$ . (...)*

*(3) se as velocidades são diferentes, as forças também são diferentes, mesmo se as acelerações são iguais. Esta 'lei' foi apoiada por comentários do tipo: 'os movimentos não são os mesmos, então as forças são diferentes'; 'As velocidades são diferentes, então as forças são diferentes das demais.' (L. VIENNOT, 1979)<sup>21</sup>*

As questões 3 e 6 trazem como tema a terceira Lei de Newton. Procurou-se nessas questões trabalhar outra concepção espontânea comum aos alunos: que um corpo maior exerce maior força sobre o menor e, também, que a ação e reação sempre ocorrem em pares, independente de que está tomando a iniciativa. Como dito por Zylbersztajn:

*Tais resultados sugerem que muitos alunos aplicam espontaneamente um pseudo princípio de ação e reação que poderia ser parafraseado como:*

*'Se dois corpos estão interagindo para gerar um estado de movimento, então um deles deve estar exercendo uma força maior sobre o outro.'* (Zylbersztajn, A. p. 7, 1983).

As questões 2 e 7 também trazem como tema a primeira Lei de Newton, porém, nesse caso, quer verificar se os alunos compreenderam que um corpo só muda a direção e o sentido de sua trajetória se for impressa uma força sobre ele, assim como para mudar o módulo de sua velocidade.

---

<sup>21</sup> Em uma tradução livre.

Nas próximas seções será feita uma análise por questão e por turma com todos os dados da votação.

## 5.2 – QUESTÃO 1

A questão 1 refere-se sobre a 1ª Lei de Newton. Essa questão possui a finalidade de verificar, principalmente, se os alunos entenderam que a força resultante é necessária para mudar o estado de movimento de um corpo e não para mantê-lo em movimento.

A tabela 4 informa o que se espera em cada alternativa votada e as concepções espontâneas que se espera observar.

<b>Alternativa A</b>	Resposta correta.
<b>Alternativa B</b>	Associa força a movimento, mesmo aquele com velocidade constante.
<b>Alternativa C</b>	Associa que um corpo só pode se mover se houver força atuando sobre ele.
<b>Alternativa D</b>	Associa que inércia e massa não estão relacionados.
<b>Alternativa E</b>	Associa movimento à aceleração constante.

*Tabela 4 – Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 1.*

## 5.2.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 1

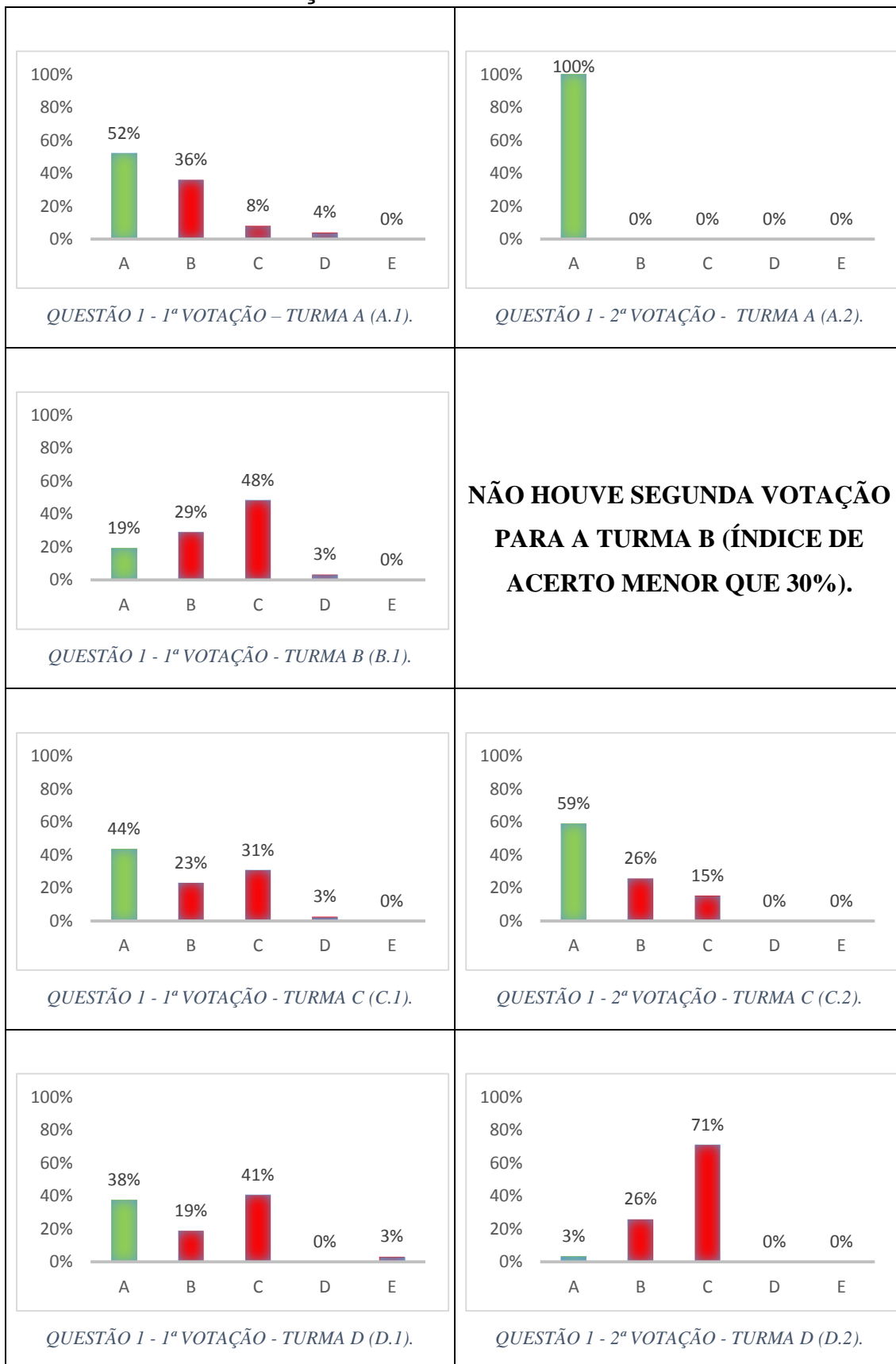


Figura 28 - Porcentagem das respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 1, nas turmas aplicadas.

A figura 28 mostra o resultado das votações em todas as turmas na questão 1. Nas próximas seções será feita uma breve análise para cada turma.

### **5.2.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A**

Observa-se, pela figura 28 (A.1), que na 1ª votação 36% dos alunos ainda viam a necessidade de força para um corpo se manter em movimento, considerando que se não houvesse força nenhuma atuando sobre o corpo ele não poderia estar se movimentando, pois a alternativa “B” e a alternativa “C” foram a segunda e terceira mais votadas.

Após a discussão, os alunos se convenceram da alternativa “A”. Essa mudança não significa, evidentemente, que todos os alunos aprenderam a diferenciar esse conceito, contudo percebe-se que os alunos foram levados a pensar e discutir sobre o tema. A mudança de opinião mostra que eles estavam dispostos a discutir sobre o tema.

### **5.2.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B**

Nessa turma não houve discussão e uma segunda votação, pois o índice de acerto foi muito baixo (apenas 19%).

Pela figura 28 (B.1), verifica-se que, na grande maioria, os alunos consideram que um corpo só pode se mover se existir uma força atuando sobre ele e que se a resultante das forças for zero ele só pode estar em repouso, pois a opção mais votada foi a alternativa “C” que expressa que se nenhuma força resultante estiver atuando sobre o corpo ele só pode estar em repouso.

Esse resultado mostra que para essa turma as concepções espontâneas acerca de força e movimento ainda estão fortemente presentes.

#### **5.2.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C**

Observa-se pela figura 28 (C.1) que mais da metade dos alunos (56%) dessa turma associam a necessidade de uma força atuando para que um corpo permaneça em movimento e se não houver força atuando sobre o corpo ele somente pode estar em repouso.

Nessa questão, após a discussão 8% dos alunos (3 alunos), que passaram da alternativa correta para a incorreta trocaram a alternativa “A” pela alternativa “B”, 23% optou pela opção correta passando de incorreto para correto.

Apesar do aumento do índice de acerto na segunda votação, passando para 59%, verifica-se que muitos alunos (41%) ainda mantiveram a sua alternativa. Isso demonstra que essa concepção espontânea ainda está fortemente presente na relação entre força e movimento.

#### **5.2.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D**

Nessa turma houve um diferencial das demais. Uma aluna assumiu a postura de “líder da turma” e em cada votação ela fazia um levantamento de dados para verificar qual foi a opção mais votada e porque seus colegas a escolheram e, depois, ela explicava a opção que ela considerava a correta para toda a turma.

Essa abordagem feita por essa turma deixou a discussão entre os próprios alunos um pouco limitada e a “líder de turma”, em alguns momentos, assumiu uma postura de professora. A forma com que a “líder de turma” conduziu as discussões, aparentemente não foi um bom método para a metodologia.

Pela figura 28 (D.1) observa-se que na primeira votação houve 37% de acerto. Quando foi aberta a discussão, após o levantamento das questões votadas pela “líder de turma” os alunos, em sua maioria, optaram em ir pela maioria, sem discussão. Isso fez com que 34% dos alunos que votaram na alternativa “A” migrassem para a alternativa “C”, alternativa escolhida pela “líder de turma”. Apenas um aluno manteve a sua opção.

Esse resultado, que deveria ter sido trágico, foi bom, pois isso inibiu a “líder de turma” e fez com que os alunos ficassem mais críticos em relação às outras votações.



Apesar dos levantamentos de opções terem continuado, os alunos começaram a discutir mais seriamente a respeito das opções para não cometerem o mesmo erro da primeira questão.

## 5.2.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 1

Analisando a resposta de todos os alunos, foi obtido as seguintes figuras:

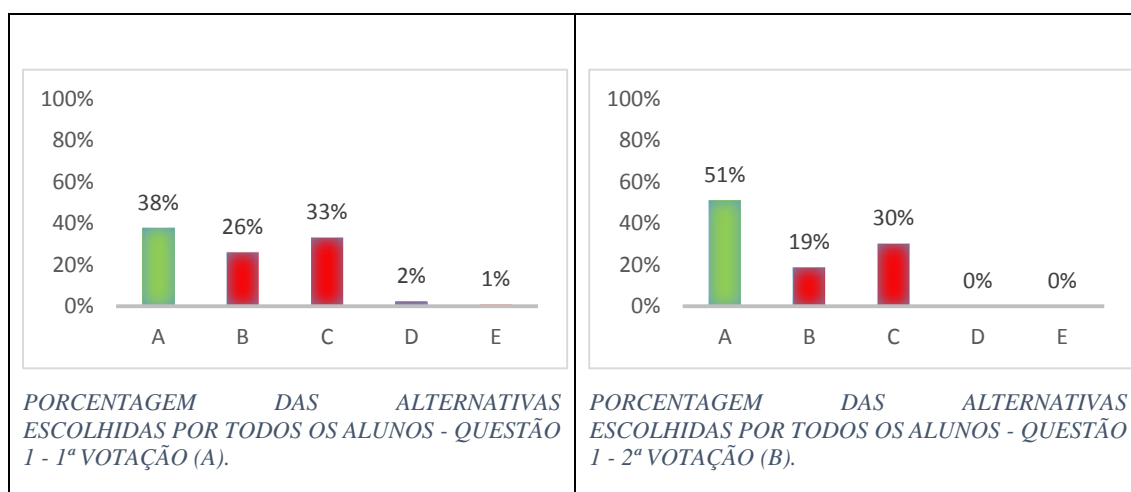


Figura 29 – Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 1.

Um resumo do comportamento dos alunos de todas as turmas é mostrado na figura 29.

Observa-se que apesar da alternativa correta (opção “A”) ter sido a mais votada nota-se que mais da metade dos alunos votaram nas opções “B” e “C”, totalizando 59%. Isso mostra, em um primeiro momento, que os alunos ainda estão com suas concepções espontâneas ainda muito enraizadas, pois as opções “B” e “C” relacionam que é necessário uma força para que haja movimento, mesmo à velocidade constante. As opções “D” e “E” tiveram uma porcentagem de escolha baixa, o que leva a acreditar que foi uma opção “aleatória” que alguns alunos escolheram, contudo verifica-se que na segunda votação nenhum aluno, em todas as turmas, optou pelas alternativas “D” e “E”.

A figura 29 (B) mostra que, após a discussão, 51% dos alunos mudaram para a opção “A”. Deve-se observar que, das quatro turmas, uma turma (o turma B) não teve a discussão por não ter atingido um índice maior que 30% de acerto, e que na turma turma

D o resultado da segunda votação foi de 71 % na opção “C” e de 26 % na opção “B”, o que refletiu diretamente nesse resultado.

Talvez a falta da explicação da 2ª Lei de Newton tenha corroborado para esse resultado. Foi evidenciado que a maioria dos alunos acham que é necessário uma força para que o corpo mantenha o seu movimento, mesmo à velocidade constante. Esse pensamento ainda está fortemente enraizado nesses alunos.

### 5.3 – QUESTÃO 2

A questão 2 tem como finalidade averiguar se os alunos entenderam que na ausência de uma força resultante atuando sobre um corpo ele tende a realizar um movimento retilíneo. Essa questão também trata da 1ª Lei de Newton.

A tabela 5 informa o que se espera para cada opção votada.

<b>Alternativa A</b>	Associa que um corpo permanece em sua trajetória curvilínea, mesmo na ausência de uma força resultante atuando sobre ele.
<b>Alternativa B</b>	Resposta correta.
<b>Alternativa C</b>	Associa que um corpo muda a sua trajetória curvilínea, mesmo sem uma força resultante atuando sobre ele.
<b>Alternativa D</b>	Associa que um corpo muda a sua trajetória curvilínea, mesmo sem uma força resultante atuando sobre ele.
<b>Alternativa E</b>	Associa que um corpo muda a sua trajetória curvilínea, mesmo sem uma força resultante atuando sobre ele.

*Tabela 5 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 2.*

Observa-se que as alternativas “C”, “D” e “E” são similares em relação à trajetória, o que mudaria seria a intensidade da força que deveria atuar para promover essa mudança de trajetória.

### 5.3.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 2

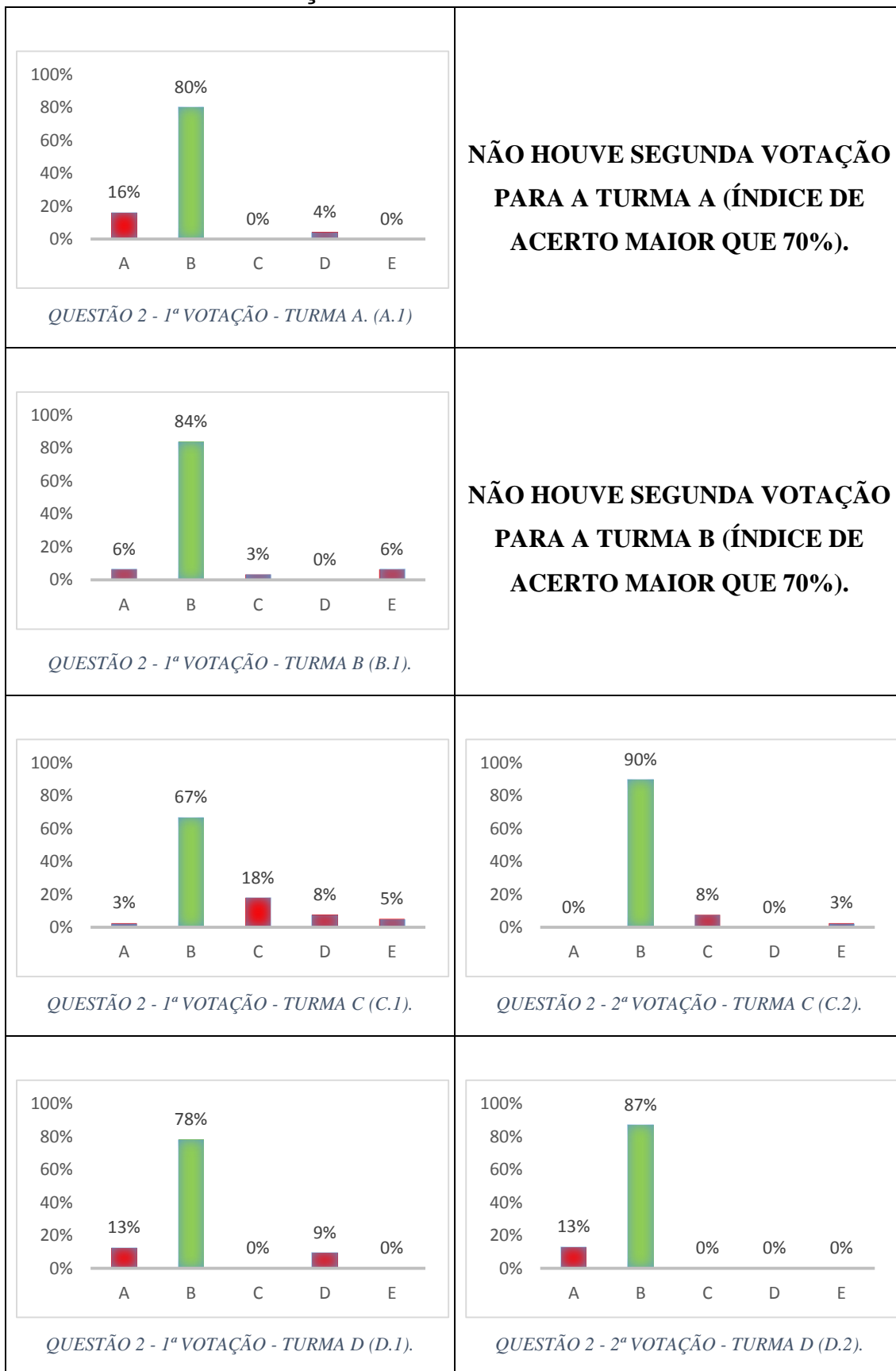


Figura 30 - Porcentagem das respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 2, nas turmas aplicadas.

### **5.3.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A**

Observa-se que o índice de acerto na questão 2 foi maior que 70%, portanto não houve discussão e uma segunda votação. Aparentemente os alunos entenderam, em sua maioria, que se não houver força resultante atuando sobre o corpo ele tende a manter um movimento retilíneo. Pela figura 30 (A.1), observa-se que 16% ainda persistiram que a esfera faria a curva, mesmo sem uma força atuando. Apenas um aluno, o que corresponde a 4%, optou pela alternativa “D”, o que pode ser interpretado como uma opção “aleatória”.

### **5.3.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B**

Na segunda questão os alunos tiveram 84% de acerto, por isso não houve uma segunda votação.

É interessante notar que os alunos, aparentemente, não entenderam que um corpo continua em movimento se não houver força resultante sobre ele, mas que ele só muda a direção se houver uma força sobre ele. É claro que é uma suposição, pois não foi feito um levantamento para verificar essa questão mais a fundo.

### **5.3.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C**

Observa-se, pela figura 30 (C.1), que já na primeira votação cerca de 67% dos alunos optaram pela alternativa correta. Após a segunda votação o índice de acerto subiu para 90%. É interessante notar que a opção “A”, que aparentemente é mais coerente que as opções “C”, “D” e “E”, foi a menos votada entre as alternativas erradas.

### **5.3.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D**

Verifica-se que o índice de acerto na primeira votação foi de 78%, assim não deveria ter sido aberta a discussão e outra votação. Isso ocorreu porque depois da votação analisando os dados inseridos na planilha, verificou-se que dois alunos fizeram mais de

um cadastro, esses dois alunos erraram na primeira votação, assim o índice de acerto que foi exibido na primeira votação para o professor foi de 66%, o que fez com que ele iniciasse a segunda votação.

O que se verifica com a figura 30 (D.2) é que após a discussão 87% dos alunos passaram para a opção correta e 13% mantiveram a alternativa “A”.

### 5.3.5 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 2

O objetivo da questão 2 era verificar se os alunos compreenderam que na ausência de uma força resultante a tendência do corpo que já está em movimento é continuar em movimento retilíneo e uniforme. As figuras abaixo mostram a porcentagem geral das alternativas escolhidas pelos alunos.

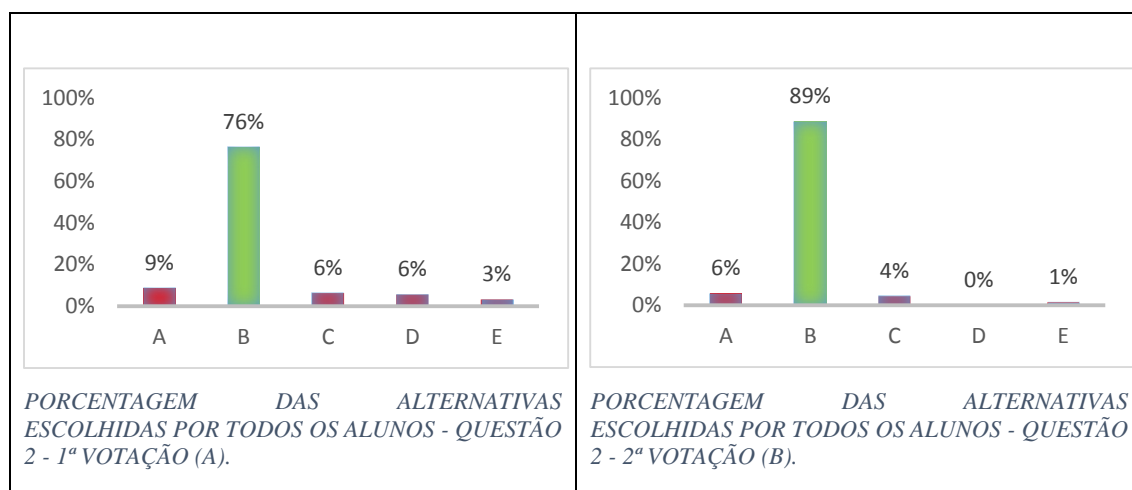


Figura 31 - Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 2.

Verifica-se que os alunos, em sua maioria, associaram que sem uma força resultante atuando o corpo tende a manter um movimento retilíneo. Mediante esses resultados, pode-se fazer as seguintes inferências: ou os alunos, aparentemente, associaram mais facilmente que para que um corpo mude a sua trajetória é necessário uma força atuando, ou houve um aprendizado entre a questão 1 e a questão 2.

## 5.4 – QUESTÃO 3

A questão 3 é a primeira questão, das apresentadas até o momento, que se refere à 3ª Lei de Newton. Essa foi selecionada com o objetivo de verificar se os alunos assimilaram que a força de ação e reação possuem o mesmo módulo, independentemente do tamanho dos corpos envolvidos e verificar uma das concepções espontâneas dos alunos de que corpos maiores fazem mais força que corpos menores, quando ambos estão interagindo

A tabela 6 mostra o que se espera em cada uma das alternativas escolhidas pelos alunos.

<b>Alternativa A</b>	Associa que um corpo maior exerce uma força maior sobre um corpo menor.
<b>Alternativa B</b>	Associa que um corpo menor exerce uma maior força sobre um corpo maior.
<b>Alternativa C</b>	Associa que em uma colisão não há força associada, possivelmente por ser uma interação relativamente rápida.
<b>Alternativa D</b>	Associa que apenas um dos agentes exerce força o outro é passivo a essa força.
<b>Alternativa E</b>	Resposta correta.

Tabela 6 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 3.

### 5.4.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 3

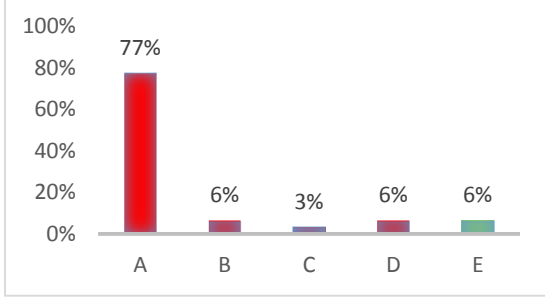
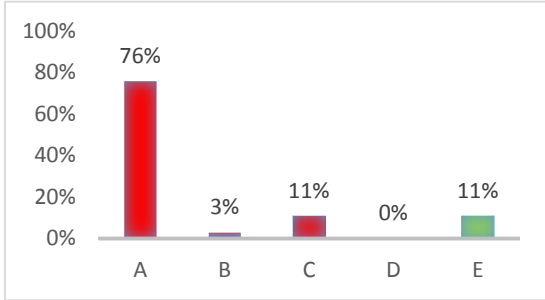
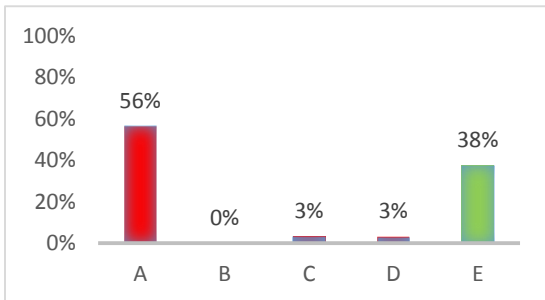
 <p>QUESTÃO 3 - 1ª VOTAÇÃO - TURMA A (A.1).</p>	<p><b>NÃO HOUE SEGUNDA VOTAÇÃO PARA A TURMA A (ÍNDICE DE ACERTO MENOR QUE 30%).</b></p>
 <p>QUESTÃO 3 - 1ª VOTAÇÃO - TURMA B (B.1).</p>	<p><b>NÃO HOUE SEGUNDA VOTAÇÃO PARA A TURMA B (ÍNDICE DE ACERTO MENOR QUE 30%).</b></p>
 <p>QUESTÃO 3 - 1ª VOTAÇÃO – TURMA C (C.1).</p>	<p><b>NÃO HOUE SEGUNDA VOTAÇÃO PARA A TURMA C (ÍNDICE DE ACERTO MENOR QUE 30%).</b></p>
 <p>QUESTÃO 3 - 1ª VOTAÇÃO - TURMA D (D.1).</p>	 <p>QUESTÃO 3 - 2ª VOTAÇÃO - TURMA D (D.2).</p>

Figura 32 - Porcentagem de acerto para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 3, nas turmas aplicadas.

#### **5.4.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A**

Observa-se na figura 32 (A.1) que o índice de acerto foi menor que 30%, não ocorrendo, portanto, uma segunda votação.

A figura 32 (A.1) mostra que muitos alunos ainda estavam “apegados” ao pensamento que o corpo maior ao colidir com um menor exerce força maior, evidenciando uma concepção espontânea muito comum dos alunos sobre o conceito de ação e reação.

Após a votação, o professor explicou que isso é um erro comum sobre a 3ª Lei de Newton e que eles deveriam ficar atentos com isso.

#### **5.4.3 – DADOS DA VOTAÇÃO DA TURMA B**

Os alunos, em uma grande maioria, associam na 3ª Lei que o corpo (objeto, pessoa) maior exerce maior força sobre o corpo (objeto, pessoa) menor, por isso o alto índice de opções na alternativa “A”.

Por ter atingido apenas 6% de acerto, o que corresponde a 2 alunos, não foi aberta uma segunda votação. Após o resultado o professor mostrou qual a alternativa correta e explicou o erro, tentando desconstruir essa concepção espontânea.

#### **5.4.4 – DADOS DA VOTAÇÃO DA TURMA C**

Como mostra a figura (C.1), nessa questão não houve uma segunda votação, pois o índice de acerto foi de, aproximadamente, 11%.

#### **5.4.5 – DADOS DA VOTAÇÃO DA TURMA D**

Analisando as figuras 32 (D.1) e (D.2), verifica-se que na primeira votação apenas 38% dos alunos selecionaram a alternativa correta. Após a discussão, na segunda votação o índice de acertos foi para 53%. Contudo, muitos alunos mantiveram a opção “A”, quase a metade da turma. Esse fato evidencia que essa concepção espontânea está muito forte,



ainda, na estrutura cognitiva dos alunos, pois mesmo após à discussão 47% mantiveram a alternativa “A”, relacionando que um corpo maior exerce maior força que um corpo menor, quando ambos estão interagindo.

#### 5.4.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 3

Pelos resultados da questão 3, nota-se que a grande maioria dos alunos acreditavam que um corpo maior exerce mais força sobre um corpo menor, quando ambos estão interagindo. Essa visão mostra algo que parece ser do senso comum dos alunos, uma visão aristotélica. A figura 33 mostra que na primeira votação 68% dos alunos possuíam essa concepção.

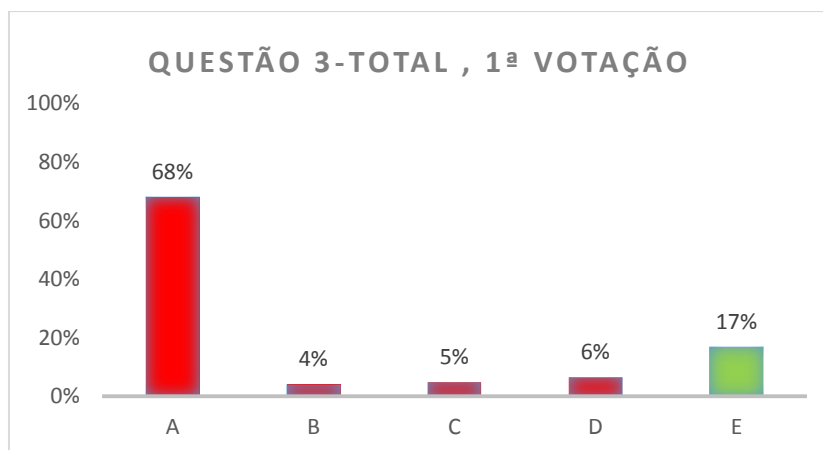


Figura 33 - Porcentagem das alternativas escolhidas por todos os alunos, questão 1 - 1ª votação.

#### 5.5 – QUESTÃO 4

O propósito da questão 4 foi verificar se ficou entendido aos alunos que na ausência de forças externas o corpo continua em movimento, ou seja, depois que um corpo está em movimento não é necessário uma força para mantê-lo no estado de movimento.

Uma possível modificação dessa questão poderia ser alterar o seu enunciado para um vocabulário mais acessível para os alunos, pois na parte “... sobre um plano horizontal que imagina tão polido como para não oferecer nenhuma oposição ao movimento...” os

alunos tiveram um pouco de dificuldade para entender do que se tratava. Assim, o professor entrevistou e explicou que o que queria ser dito nessa parte é que a superfície possuía atrito desprezível.

A tabela 7 relaciona cada alternativa e o que se espera quando o aluno seleciona a opção correspondente.

<b>Alternativa A</b>	Associa que um corpo só permanece em movimento se houver uma força atuando sobre ele e que essa força, provavelmente, desaparece se não houver contato.
<b>Alternativa B</b>	Associa que um corpo só permanece em movimento se houver uma força atuando sobre ele e que essa força, provavelmente, permanece atuando mesmo perdendo o contato com o corpo e vai se degradando até desaparecer por completo.
<b>Alternativa C</b>	Resposta correta.
<b>Alternativa D</b>	Associa que um corpo só permanece em movimento se houver uma força atuando sobre ele e que essa força, provavelmente, desaparece se não houver contato.
<b>Alternativa E</b>	Não concorda com nenhuma das situações anteriores.

*Tabela 7 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 4.*

### 5.5.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 4

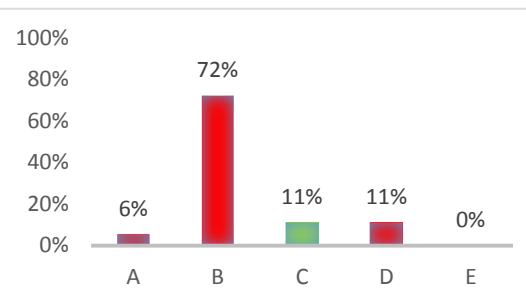
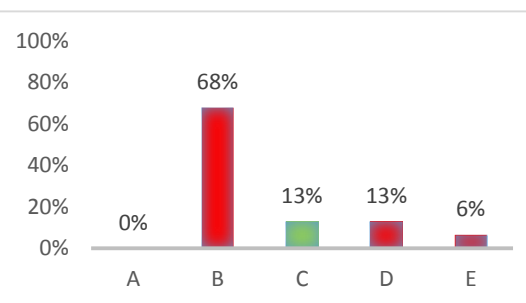
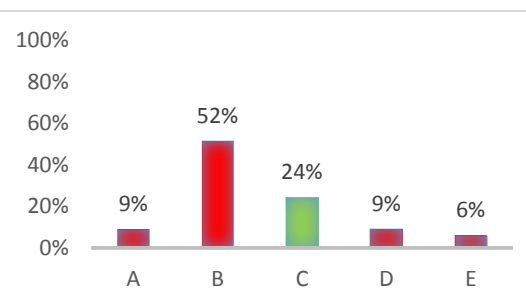
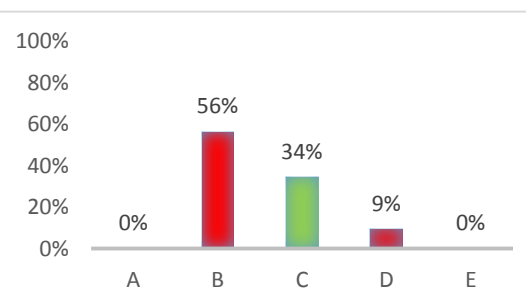
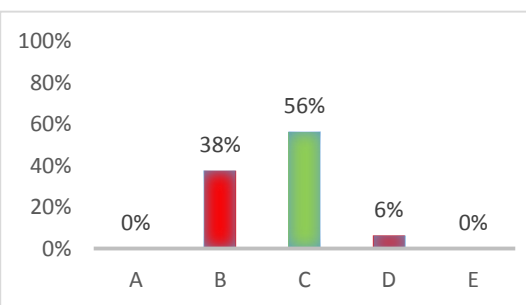
 <p>QUESTÃO 4 – 1ª VOTAÇÃO – TURMA A (A.1).</p>	<p><b>NÃO HOUE SEGUNDA VOTAÇÃO PARA A TURMA A (ÍNDICE DE ACERTO MENOR QUE 30%).</b></p>
 <p>QUESTÃO 4 – 1ª VOTAÇÃO – TURMA B (B.1).</p>	<p><b>NÃO HOUE SEGUNDA VOTAÇÃO PARA A TURMA B (ÍNDICE DE ACERTO MENOR QUE 30%).</b></p>
 <p>QUESTÃO 4 – 1ª VOTAÇÃO – TURMA C (C.1).</p>	<p><b>NÃO HOUE SEGUNDA VOTAÇÃO PARA A TURMA C (ÍNDICE DE ACERTO MENOR QUE 30%).</b></p>
 <p>QUESTÃO 4 – 1ª VOTAÇÃO – TURMA D (D.1).</p>	 <p>QUESTÃO 4 – 1ª VOTAÇÃO – TURMA D (D.2).</p>

Figura 34 - Porcentagem de acerto para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 4, nas turmas aplicadas.

### **5.5.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A**

Devido à falta de tempo na primeira aplicação, a aplicação dessa questão foi realizada uma semana depois, no dia 02-05-2016. No começo da aula o professor retomou o assunto de forma expositiva e dialogada, utilizando cerca de 15 minutos da aula. Após a retomada da matéria foram aplicadas mais algumas questões conceituais.

Observa-se que a opção “B” foi muito mais escolhida que as outras alternativas. Isso mostra que os alunos dessa turma ainda estão, na maioria esmagadora, associando que para um corpo continuar em movimento é necessário a existência de uma força atuando.

Como o índice de acerto ficou em 11%, não foi aberta uma discussão e uma 2ª votação.

### **5.5.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B**

É interessante observar que mesmo sendo no mesmo dia que as três primeiras questões, o índice das alternativas escolhidas estão próximas ao da turma A, a qual essa questão foi apresentada uma semana depois.

Nessa turma a maioria dos alunos associavam que se não houver força atuando sobre um corpo ele irá parar depois de algum tempo, pois a alternativa “B” foi a mais votada (68%). Isso mostra que essa concepção espontânea está muito presente no cognitivo dos alunos, os alunos ainda não entenderam o que é um mundo sem atrito.

### **5.5.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C**

Observa-se na figura 34 (C.1) que a porcentagem de acerto está em 24%, bem próximo dos 30% (o que em números são apenas dois alunos para chegar aos 30%) o que poderia abrir uma nova votação. Talvez nesse caso fosse produtivo abrir uma nova votação, pois a alternativa correta ficou sendo a segunda mais votada, entre as alternativas “A”, “D” e “E” os alunos poderiam estar confusos ou até mesmo “chutado” nessas questões, mas existe a possibilidade desses alunos optarem pela alternativa “B”.

Novamente, essa concepção espontânea se mostra fortemente associada ao movimento.

### **5.5.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D**

Essa foi a única turma, nessa questão, que foi aberta uma discussão e uma segunda votação.

Observa-se, pela figura 32 (D.1), que o índice de acerto na 1ª votação foi de 34%, o segundo mais votado. Contudo, a opção “B” (56%) foi a mais votada. Após a discussão, na segunda votação o índice de acertos passou para 56%. Contudo a alternativa “B” permaneceu com um índice de 38% mesmo após a discussão. Isso demonstra o fato dessa concepção ser muito persistente para os alunos, pois mesmo discutindo, muitos alunos não se convenceram da alternativa correta.

### **5.5.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 4**

Os resultados obtidos nessa questão mostram que os alunos não assimilaram, ainda, que a força é necessária para a mudança do vetor velocidade, pois das quatro turmas analisadas apenas uma entrou na segunda votação. A figura 35 mostra a porcentagem de todos os alunos que votaram na primeira votação. Isso mostra que a concepção espontânea sobre a relação entre força e velocidade ainda está fortemente presente para esses alunos.

Além disso, a opção “B”, que seria a opção se o atrito estivesse presente, foi massivamente mais votada que as outras. Isso, muito provavelmente, está relacionado com as experiências cotidianas dos alunos, pois eles vivem em um mundo em que não pode-se simplesmente “desconsiderar” o atrito. A essas experiências são responsáveis por esse senso comum.

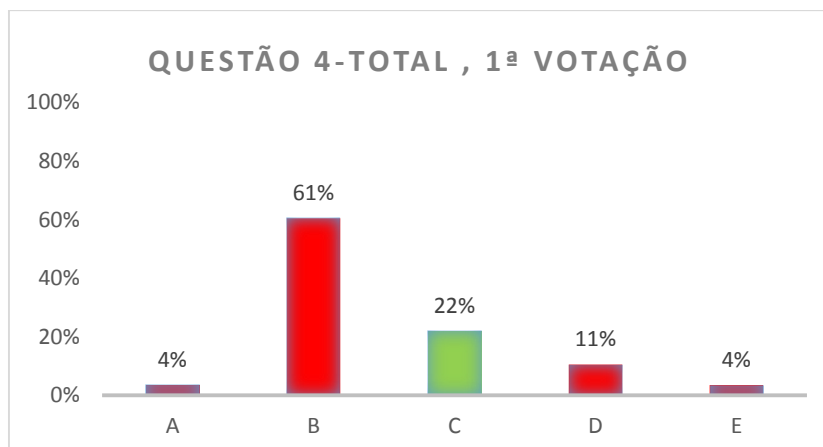


Figura 35 - Porcentagem das alternativas escolhidas por todos os alunos, questão 4 - 1ª votação.

## 5.6 – QUESTÃO 5

A questão 5 é uma questão de “backup” referente à 1ª Lei de Newton. O objetivo dessas questões de “backup” é verificar se a porcentagem de acertos aumenta mediante uma questão similar a uma já votada. Isso permite verificar se os alunos estão prestando atenção e se as discussões estão sendo produtivas.

<b>Alternativa A</b>	Associa que não é necessária uma força resultante para que um mude o seu estado de movimento.
<b>Alternativa B</b>	Resposta correta.
<b>Alternativa C</b>	Associa que não é necessária uma força resultante para que um corpo realize um movimento circular e uniforme.
<b>Alternativa D</b>	Associa que não é necessária uma força resultante para mudar a direção de um corpo desde que o módulo de sua velocidade permaneça constante.
<b>Alternativa E</b>	Não concorda com nenhum dos casos acima.

Tabela 8 – Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 5.

### 5.6.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 5

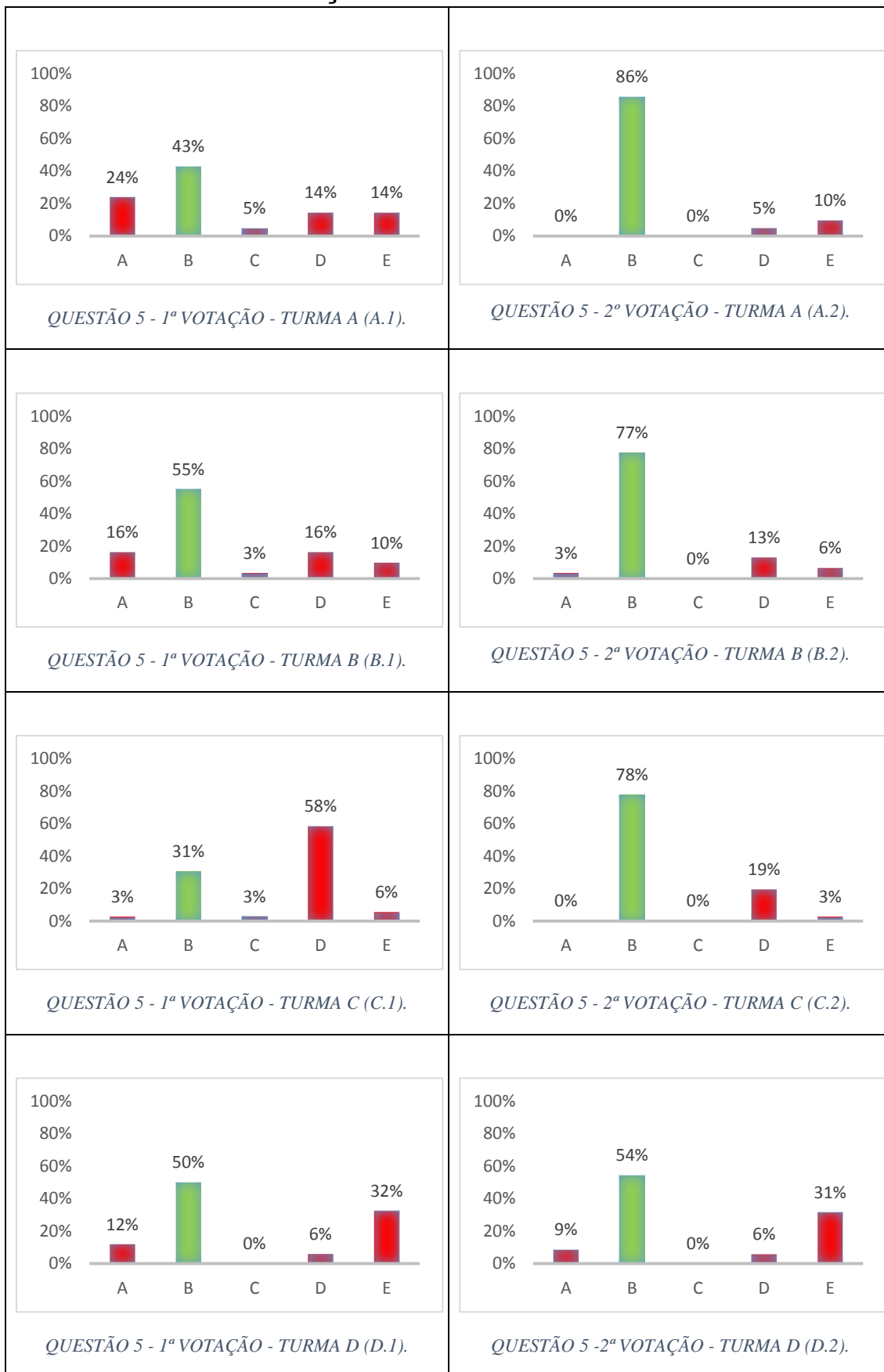


Figura 36 - Porcentagem de acerto para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 5, nas turmas aplicadas.

### **5.6.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A**

Essa questão foi apresentada a essa turma uma semana após à primeira votação. Entretanto, como ela foi apresentada no mesmo dia que a questão 4, pode-se dizer que ainda estava funcionando como uma questão de “backup”.

Mesmo depois da explicação do professor sobre a questão 4, que não é necessário uma força para que um corpo mantenha seu movimento, muitos alunos, 57%, ainda votaram na opção errada.

Contudo, verifica-se que após a discussão o índice de acerto subiu substancialmente. Na discussão, os alunos após argumentarem, corretamente, sobre a alternativa “B” muitos alunos concordaram, como se eles tivessem votado sem se concentrar muito, pois a alternativa “A” pode ter confundido os alunos na parte em que diz: “estado de repouso ao de movimento uniforme” eles podem ter associado que não é necessária força resultante para manter o corpo em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. Um aluno, depois da discussão disse: “é mesmo, dei mole”.

### **5.6.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B**

Para essa turma, a questão 5 foi aplicada no primeiro dia, pois como para essa turma não houve discussão nas quatro primeiras questões eles avançaram até essa questão. A expectativa era que para essa questão, por se tratar de uma questão de “backup”, ocorresse uma discussão entre eles, e conseqüentemente uma segunda votação.

Pela figura 36 (B.1) observa-se que o índice de acerto na primeira votação foi de 55%. Isso pode estar relacionado ao fato que essa questão foi aplicada logo em seguida à explicação da questão 4 pelo professor. Pelo índice de acerto nas outras alternativas aparentemente revela que havia uma certa confusão, pois os alunos distribuíram-se entre as outras alternativas.

Após a discussão, na segunda votação o índice de acerto subiu para 77%. A segunda alternativa mais votada na segunda votação foi a alternativa “D” (13%), o que corresponde a aproximadamente quatro alunos. Isso pode ser atribuído à frase: “sem alterar o módulo da velocidade”. As outras alternativas, alternativas “A” e “E” parece que foram escolhas “aleatórias”.



Aparentemente os alunos estão começando a entender que não é necessário uma força para que se mantenha o movimento. É claro que afirmar que eles estão começando a entender esse conceito pode ser “perigoso”, mas a melhora na porcentagem dos acertos começa a ser um resultado satisfatório.

### **5.6.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C**

Para essa turma, essa questão foi realizada em uma segunda aplicação, um dia depois da primeira.

Como o intervalo de aplicação foi de apenas de um dia, pode-se dizer que a questão 5 ainda deveria funcionar como uma questão de “backup”.

Pela figura 36 (C.1) nota-se que na primeira votação o índice de acertos foi de 31% contra 58% para a alternativa “D”. A escolha pela alternativa “D” pode estar associada ao fato de falar: “sem alterar o módulo da velocidade”.

Após a discussão, na segunda votação o índice subiu, substancialmente, para 78%, como se observa pela figura 36 (C.2). Isso demonstra que a discussão foi produtiva.

Os resultados dessa votação foram animadores, pois se tratando de uma questão de “backup”, mostrou que os alunos, aparentemente, estavam começando a entender que não é necessário força para se manter o movimento e que a primeira opção ter sido a alternativa “D” foi, ao menos o que parece, uma confusão.

### **5.6.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D**

Nessa turma a questão 5 foi aplicada em um segundo dia, um dia após a primeira aplicação. Como o tempo entre uma aplicação e outra foi de apenas um dia, acredita-se que essa questão ainda cumpriu o papel de questão de “backup”.

Observa-se que na primeira votação, figura 36 (D.1), o índice de acerto foi de 50%. Após a discussão na segunda votação o índice subiu, de forma modesta, para 54%.

É interessante notar que a alternativa “E”, que indica que os alunos não concordam com nenhuma das alternativas anteriores, foi a segunda mais votada (32%).

Outro fato interessante é que a mudança das alternativas foi muito pequena, em relação às outras votações, indicando que a discussão não surtiu muito efeito. Isso pode ter ocorrido por dois motivos: o primeiro é que os alunos não se convenceram ou foram convencidos pelos seus colegas, o segundo é que os alunos não estavam abertos a uma discussão sobre o tema.

### 5.6.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 5

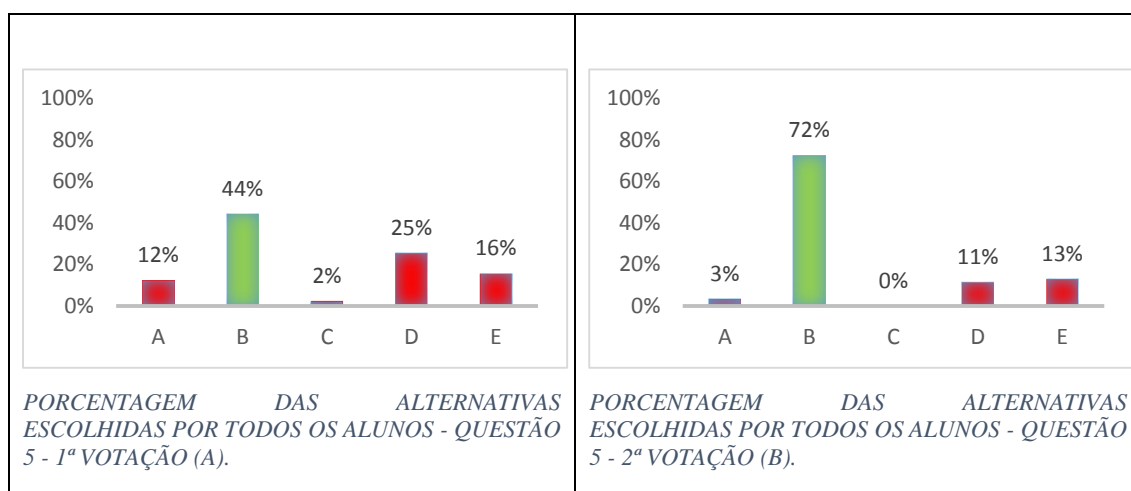


Figura 37 -Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 5.

As figuras 37 (A) e (B) mostram o total das alternativas votadas na primeira e segunda votações, respectivamente. Observa-se que a alternativa “B”, que é a correta, foi a mais votada. A distribuição entre as alternativas “A”, “D” e “E” mostra uma possível confusão por parte dos alunos.

Foi observado que as questões de “backup” geram discussões mais produtivas e reforçam o conceito que se quer trabalhar.

### 5.7 – QUESTÃO 6

A questão 6 também é uma questão de “backup” referente à 3ª Lei de Newton e similar à questão 3. O objetivo dessa questão é averiguar se os alunos compreenderam que a ação e reação possuem módulos iguais, mesmo sendo os corpos envolvidos de dimensões diferentes.

<b>Alternativa A</b>	Associa que nenhum corpo exerce força sobre o outro, mesmo tendo contato entre eles.
<b>Alternativa B</b>	Associa que aquele que toma a iniciativa exerce força e que aquele que é passivo não exerce força.
<b>Alternativa C</b>	Associa que há um caráter dual entre a ação e reação, mas o agente que recebe exerce uma força de maior intensidade.
<b>Alternativa D</b>	Associa que há um caráter dual entre a ação e reação, mas o agente que toma iniciativa e maior exerce maior força que aquele que a recebe e é menor.
<b>Alternativa E</b>	Resposta correta.

*Tabela 9 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 6.*

### 5.7.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 6



Figura 38 - Porcentagem das respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 6, nas turmas aplicadas.

### **5.7.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A**

Essa questão foi apresentada a essa turma uma semana após a 1ª aplicação, no dia 02-04-2016.

Observa-se, pela figura 38 (A.1), que a maioria dos estudantes, aproximadamente 62%, ainda pensavam que o corpo maior, exerce maior força que o corpo menor. Apenas um aluno (5%) votou na alternativa “B”, que relaciona que o corpo passivo da ação não exerce força.

A figura 38 (A.2) mostra que, após a discussão, o índice de acerto subiu para 57%, contudo a opção “D”, que se refere que o estudante A exerce maior força sobre a estudante B, continuou sendo bem votada mesmo após a discussão atingindo uma porcentagem de 43%. Isso mostra que essa concepção espontânea ainda resiste ou está resistente à mudança.

### **5.7.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B**

Pela figura 38 (B.1) observa-se que 58% optaram pela alternativa correta. As alternativas “B” e “D” tiveram um índice de 19%, cada uma, mostrando que 38% dos alunos estavam com essas concepções espontâneas.

Após a discussão, na segunda votação o índice de acerto subiu para 74%. Contudo 16% dos alunos mantiveram a alternativa “B” e 10% mantiveram a alternativa “D”. Isso representa que 26% dos alunos não se convenceram e permaneceram com suas concepções alternativas para a terceira Lei de Newton.

### **5.7.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C**

As figuras 38 (C.1) e (C.2) revelam que os alunos ainda não se convenceram sobre a 3ª Lei de Newton, que as forças, independentemente do tamanho dos corpos envolvidos, possuem o mesmo módulo. A diminuição no índice de acerto, de 44% na primeira votação

para 39% na segunda votação, demonstra, aparentemente, que as concepções espontâneas dos alunos estão se sobressaindo sobre o conhecimento formal.

### 5.7.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D

Pelos dados da figura 38 (D.1) verifica-se que 43% dos estudantes votaram na alternativa correta. A distribuição das alternativas incorretas votadas mostra que ainda existia uma certa confusão por parte dos alunos, sendo que a alternativa “A” possivelmente foi uma escolha aleatória.

Observa-se que na primeira votação a opção “D” foi a segunda mais votada, o que remete à concepção espontânea que o corpo maior exerce maior força sobre o menor.

Pela figura 38 (D.2) observa-se que após a discussão a maioria dos alunos (80%) escolheram a alternativa correta, a alternativa “E”. Isso indica que os estudantes discutiram e convenceram os seus colegas, mostrando que a discussão foi produtiva.

### 5.7.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 6

Os dados abaixo são de todas as turmas para essa questão.

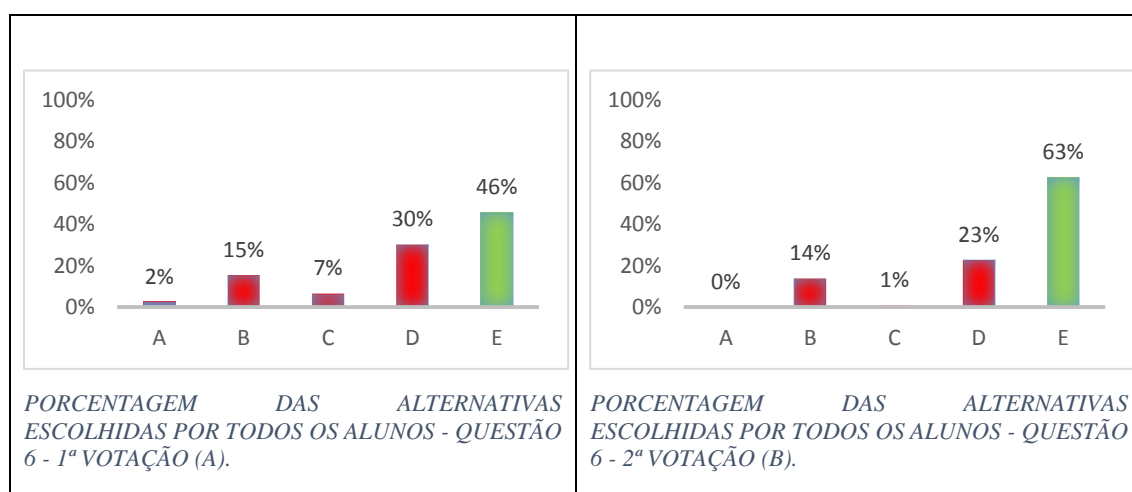


Figura 39 - Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 6.

A figura 39 (A) mostra que a alternativa correta obteve o maior índice de escolha na primeira votação. Entretanto, muitos alunos ainda associavam que um corpo maior exerce maior força, mostrando o alto índice da alternativa “D” (30%), ou que apenas um

dos agentes exerce força e o outro apenas recebe, demonstrado pelo índice de 15% de escolha na alternativa “B”. O índice de escolha das alternativas “B” e “D” demonstra que essas concepções espontâneas estão, ainda, fortemente presentes no pensamento dos alunos.

A figura 39 (B) mostra que após a discussão o índice de acerto subiu substancialmente. Isso mostra que as discussões foram produtivas, na maioria das turmas, apenas na turma C que o índice regrediu. Isso mostra que essa questão de “backup” favorece discussões produtivas sobre o tema abordado.

Outro fator que pode ter contribuído para um índice melhor de acertos em relação à questão 3 pode estar relacionado com o enunciado. Possivelmente por ser um enunciado relativamente mais simples e por trazer uma informação visual.

## 5.8 – QUESTÃO 7

A questão 7 também é uma questão de “backup” referente à questão 2. O objetivo dessa questão era averiguar se os alunos compreenderam que, na ausência de uma força externa, um corpo que já se encontrava em movimento tende a permanecer em movimento retilíneo.

<b>Alternativa A</b>	Associa que um corpo permanece em sua trajetória curvilínea, mesmo na ausência de uma força resultante atuando sobre ele.
<b>Alternativa B</b>	Resposta correta.
<b>Alternativa C</b>	Associa que um corpo passa a se mover em uma trajetória retilínea se não houver força resultante atuando sobre ele, mas essa trajetória não é tangente à curva que ele estava descrevendo.
<b>Alternativa D</b>	Associa que um corpo muda a sua trajetória curvilínea, mesmo sem uma força resultante atuando sobre ele.
<b>Alternativa E</b>	Associa que um corpo passa a se mover em uma trajetória retilínea se não houver força resultante atuando sobre ele, mas essa trajetória não é tangente à curva que ele estava descrevendo.

Tabela 10 - Alternativas e o que espera-se em cada uma – questão 7.

### 5.8.1 – DADOS DA VOTAÇÃO DE TODAS AS TURMAS – QUESTÃO 7

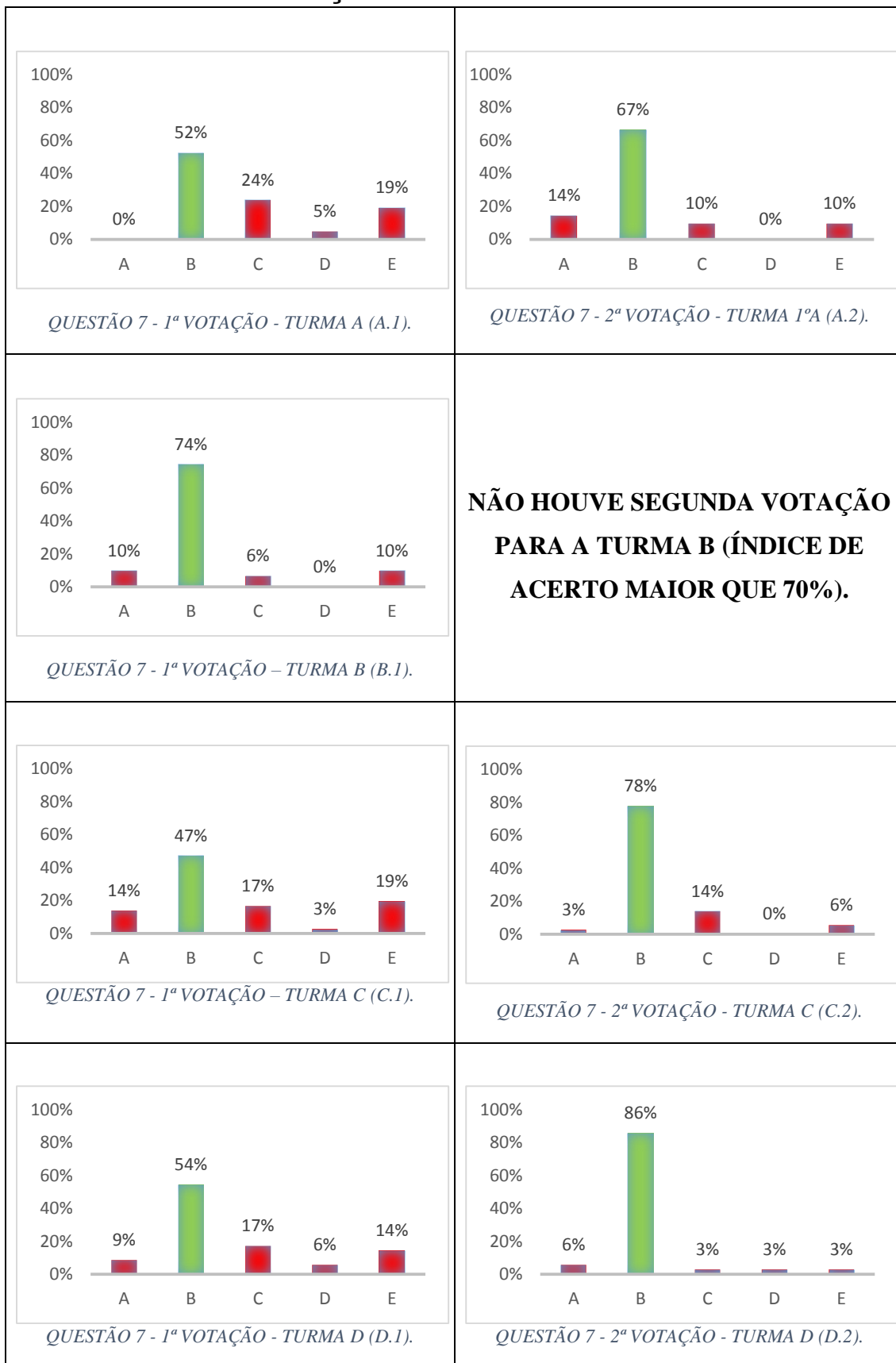


Figura 40 - Porcentagem de respostas para a primeira votação (primeira coluna) e segunda votação (segunda coluna) da questão 7, nas turmas aplicadas.



### **5.8.2 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA A**

Essa questão foi apresentada a essa turma uma semana após a primeira aplicação.

A figura 40 (A.1) revela algo curioso: nenhum aluno votou na opção “A”, sendo que na questão 2, que é uma questão muito similar, a opção equivalente a essa foi a segunda mais votada, com 16% de escolha. Isso mostra que os alunos estão associando que a tendência do corpo é continuar em linha reta, mas ainda com uma certa confusão em relação a trajetória ser tangente à curva.

A figura 40 (A.2) mostra que, apesar de nenhum aluno ter votado na alternativa “A” na primeira votação, após a discussão aproximadamente 14% dos alunos votaram na alternativa “A”. Possivelmente, sabiam que a alternativa “A” não era a correta, por causa das discussões que tiveram sobre a questão 2, mas não estavam realmente convencidos disso. Então, alguns alunos ao verem que na primeira votação o índice não foi o ideal resolveram recorrer às suas concepções espontâneas.

### **5.8.3 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA B**

Nessa turma essa questão foi aplicada no segundo dia, um dia após a primeira aplicação.

Como o índice de acerto, visto na figura 40 (B.2), foi superior a 70% não foi aberta outra votação. A distribuição do índice de escolhas entre as alternativas “A”, “C” e “E” possivelmente sugere escolhas aleatórias.

Observa-se que o índice de acerto foi menor em relação à questão 2, que atingiu 84%.

### **5.8.4 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA C**

O interessante é que na primeira votação da questão 2 teve-se um índice de acerto de 67%, contra 47% na primeira votação da questão 7.

Na segunda votação da questão 2 o índice subiu para 90%, enquanto na segunda votação da questão 7 o índice tenha subido para 78%.

Observa-se que na primeira votação, da questão 7, nas três alternativas mais votadas as trajetórias são retilíneas. Pode-se então supor que os alunos entenderam que um corpo tende a permanecer em um movimento retilíneo. Contudo os alunos se confundiram em relação às trajetórias.

Na segunda votação apenas um aluno permaneceu com a alternativa “A”, os outros migraram para alguma alternativa com trajetória retilínea.

### **5.8.5 – ANÁLISE DA VOTAÇÃO DA TURMA D**

A figura 40 (D.1) mostra que as alternativas “C” e “E” foram a 2ª e 3ª mais votadas, respectivamente, na primeira votação. Isso revela que os alunos, aparentemente, compreenderam que um corpo na ausência de forças continua o seu movimento de forma retilínea, contudo eles não assimilaram que ao sair da trajetória o corpo sai tangente à curva.

### **5.8.6 – ANÁLISE GERAL DA QUESTÃO 7**

A figura 41 (A) mostra a porcentagem das alternativas escolhidas na primeira votação em todas as turmas analisadas. Observa-se que a questão 7, uma questão de “backup”, teve um índice de acerto menor que a questão 2, que foi de 76% na primeira votação para a questão 2, enquanto para a questão 7 o índice de acerto foi de 57%.

O índice votado nas questões “C” e “E” mostra que os alunos estão associando que na ausência de uma força resultante a trajetória é retilínea, contudo existe, ainda, uma certa confusão em relação de como essa trajetória se dá após o corpo sair do movimento curvilíneo.

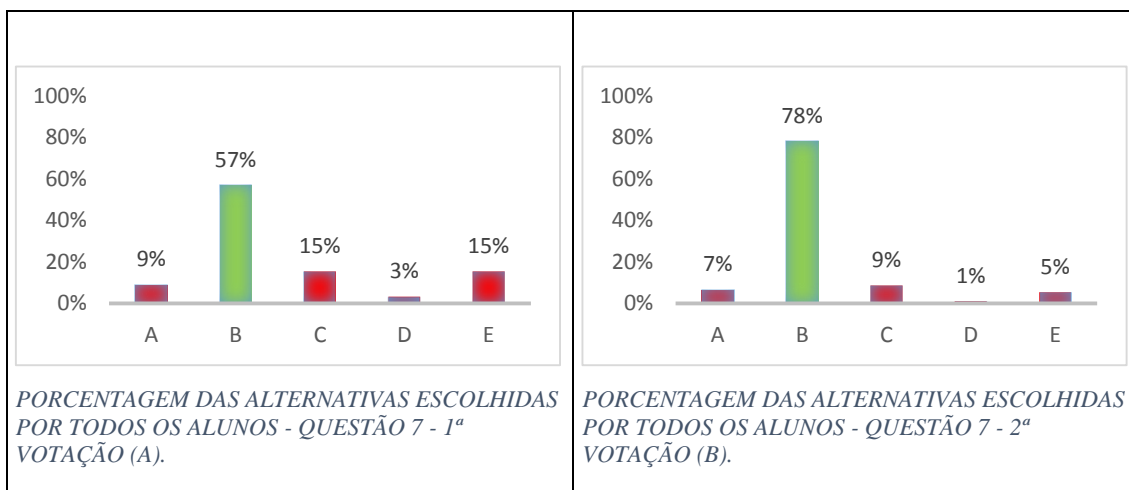


Figura 41 - Total das opções votadas na 1ª (A) e 2ª (B) votação em todas as turmas – QUESTÃO 7.

## 5.9 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS VOTAÇÕES

A tabela 22 dá uma visão geral dos dados obtidos de todas as turmas durante o processo de votação das questões.

TURMAS	PORCENTAGEM DE RESPOSTAS CORRETAS													
	Questão 1		Questão 2		Questão 3		Questão 4		Questão 5		Questão 6		Questão 7	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
A	48	100	<del>80</del>	-	<u>12</u>	-	<u>11</u>	-	43	86	33	60	52	67
B	<u>19</u>	-	<del>84</del>	-	<u>6</u>	-	<u>13</u>	-	55	77	58	74	<del>74</del>	-
C	44	59	67	89	<u>11</u>	-	24	80	31	78	<b>44*</b>	<b>39*</b>	47	78
D	<b>37*</b>	<b>3*</b>	78	87	37	53	34	56	50	54	43	80	54	86

Tabela 11- Porcentagem de respostas corretas (RC) para sete perguntas aplicadas para cada grupo. **Com asterisco:** situações onde a RC diminuiu na segunda votação; **com sublinhado** : aplicação de apenas uma votação, devido RC < 30%. **com contorno:** aplicação de apenas uma votação, pois o índice de RC > 70%.

O sistema provou ser rápido e eficiente, agilizando o processo de votação e contribuindo para tornar a lição mais atraente e interessante para os alunos. O sistema, possibilitou, ainda, uma melhor interação dos alunos mais introspectivos, pois eles não se expunham na hora da votação.

Este sistema permitiu o armazenamento das respostas individuais, permitiu analisar as classes e o comportamento dos estudantes. Em nossa aplicação, notamos:

1 – QUESTÃO 1: evidenciou a percepção de muitos alunos sobre a necessidade de força para se ter movimento, mesmo em velocidade constante e uma certa resistência dos alunos a mudarem este pensamento.

2 – QUESTÃO 2: foi fácil para todas as turmas e não induzia discussão entre os alunos.

3 – QUESTÕES 3 e 4: era difícil para todo o grupo de alunos e também não induziu a discussão entre os alunos.

Estas questões, questões 3 e 4, devem ser reavaliados em futuras aplicações. Contudo, nota-se que as QUESTÕES 5 e 6, que são questões de “backup” referentes às QUESTÕES 3 e 4, respectivamente, tiveram discussões mais produtivas, evidenciando que o pensamento inicial de que é necessário uma força resultante para modificar o estado de movimento de um corpo e não para manter o seu estado de movimento inalterado e que a ação e reação possuem o mesmo módulo independentemente do tamanho dos corpos envolvidos.

4 – QUESTÃO 7: evidenciou que havia um problema sobre a concepção espontânea sobre a trajetória de um corpo na ausência de força resultante, mas que, em princípio, foram modificados para as concepções científicas.

Verificamos também que o comportamento de cada turma para cada questão varia muito. A turma B teve maior dificuldade em relação às outras turmas o que possibilitou apenas dois momentos de discussão entre eles, enquanto a turma D teve, mesmo não sendo necessário na questão 2, discussões em todas as questões. A turma D teve um diferencial, em relação às outras turmas, nas discussões devido ao posicionamento da “líder de turma” que em alguns momentos limitou um pouco a discussão entre os colegas.

## **5.10 – AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS ALUNOS DURANTE AS VOTAÇÕES**

A tabela 11 mostra um outro exemplo de possibilidade de aplicação e análise dos dados coletados com o sistema desenvolvido aqui. Ela mostra o percentual dos alunos que mudaram ou não de opinião ao longo do processo. Essa tabela possui por finalidade verificar a participação dos alunos ao longo do processo e verificar se a metodologia induz os alunos a passarem das alternativas incorretas para as alternativas corretas.

MUDANÇA DE OPINIÃO						MANTEVE A RESPOSTA					
TURMA	NÚMERO DE ALUNOS	TOTAL DE RESPOSTAS	% DE MUDANÇA DE OPINIÃO	% QUE MUDOU PARA OPINIÃO CORRETA	% QUE MUDOU PARA OPINIÃO ERRADA	TURMA	NÚMERO DE ALUNOS	TOTAL DE RESPOSTAS	% QUE MANTEVE A OPINIÃO	% QUE MANTEVE E ERROU	% QUE MANTEVE E ACERTOU
1º A	27	76	47	89	11	1º A	27	76	53	25	75
1º B	40	64	31	80	20	1º B	40	64	69	25	75
1º D	46	185	43	68	32	1º D	46	185	57	32	68
1º E	42	231	29	67	33	1º E	42	231	71	42	58
TOTAL	155	556	36	73	27	TOTAL	155	556	64	35	65

*Tabela 12 - Comportamento dos alunos ao longo do processo de votação.*

Vemos que quando os estudantes mudaram suas respostas após a discussão, geralmente, (73% no total) acertaram a resposta na segunda votação. Mas quando eles mantiveram a sua resposta houve um percentual menor de respostas corretas (65% no total). Por outro lado, um índice alto de quem manteve a opinião correta.

Observou-se que as melhores questões são aquelas que possibilitam discussões sobre determinado conceito, para isso é necessário que exista um grupo de alunos com opinião sólida e correta que possa influenciar os demais. Deve-se, também, evitar o clima de competição durante as discussões para produzir uma melhor interação entre os alunos, uma forma encontrada para induzir esse clima de cooperação foi dar uma nota coletiva durante à aplicação da metodologia.

Pode-se também analisar as respostas individuais e ver se um estudante mantém respostas erradas constantemente, indicando uma não participação nas discussões. Isso não aconteceu com nenhum estudantes nesta aplicação.

## 6 – CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema desenvolvido nesse trabalho possibilitou a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação (TICs) como uma ferramenta para aplicação da metodologia ativa Instrução pelos Colegas (IpC), automatizando o processo de votação e substituindo os *clickers* por equipamentos relativamente mais baratos e/ou que já fazem parte do cotidiano do professor e dos alunos. Este sistema consiste, basicamente, em um website local que funciona no computador do professor e que os alunos acessam através de seus dispositivos que possuem conexão com a rede Wi-fi.

A comunicação entre os dispositivos e o computador ocorreu de forma instantânea. O fato de poder armazenar os dados na planilha facilita muito a estruturação de dados e podem ser analisados muito mais dados que somente o índice de acertos ou qual foi a opção mais votada. Isso possibilita ao professor verificar quais são as opções mais votadas, quais foram as migrações das opções durante as votações. O sistema possibilita, também, prever escolhas aleatórias que os alunos fazem no decorrer da votação.

Durante a aplicação da metodologia na escola E.E.E.M. “Monsenhor Miguel de Sanctis”, situada na cidade de Guaçuí no estado do Espírito Santo, o produto funcionou como esperado. Os dados dos alunos foram registrados e armazenados sem problemas. A importação dos dados para a planilha ocorreu de forma rápida e prática, além dos alunos que não possuíam algum dispositivo as respostas foram inseridas pelo próprio professor e não houve perda de informação ou prejuízo de tempo.

Como o sistema relaciona o aluno à sua resposta, pode-se verificar se determinado aluno que estava inicialmente com maior dificuldade melhorou o seu entendimento sobre o assunto. Além disso, o professor começa a observar melhor os alunos menos participativos que estão em sua aula, pois verifica que os alunos mais introspectivos também participaram das discussões, mesmo de forma mais comedida.

No caso da aplicação do produto na escola “Monsenhor Miguel de Sanctis”, observou-se uma forte tendência ao pensamento de que força estava associada a movimento, mesmo aqueles que ocorrem com velocidade constante. Observou-se que as concepções espontâneas dos alunos ainda estavam fortemente presentes em seu cognitivo. Após a discussão, observou-se que essas concepções, se não foram totalmente trocadas

pelo conhecimento formal, sofreram ao menos uma perturbação, pois nas segundas votações o índice de acertos, na maioria das vezes, aumentou mostrando que os alunos estavam, pelo menos em um primeiro momento, dispostos a alterar as suas concepções espontâneas pelo conhecimento formal.

A metodologia de IpC associada a este sistema de votação proporcionou uma coisa interessante: alguns alunos muito introspectivos passavam a impressão ao professor que não estavam entendendo a matéria e, possivelmente, não tinham perguntas ou questionamentos sobre a mesma. Contudo, ao verificar as opções votadas por esses alunos foi possível verificar que a personalidade deles era mais introspectiva naturalmente, eles não apresentavam dificuldades cognitivas.

Foi observado ao longo do processo de votação que a metodologia quebrou a monotonia de uma aula puramente expositiva, deixando a aula mais dinâmica e atraente para os alunos.

Os alunos entenderam bem a abordagem da metodologia e participaram efetivamente das discussões, mesmo na turma B que, em relação às outras, os alunos se demonstraram mais apáticos, quando incentivados a discutir participaram efetivamente.

Foi observado nas discussões que mesmo os alunos que não interagem muito, talvez por timidez, em uma aula tradicional participaram e contribuíram para a aprendizagem dos colegas.

Algo interessante observado foi o fato dos alunos vibrarem quando acertavam a resposta, como se estivessem em um programa de auditório, isso tornava as discussões mais produtivas e a aula, aparentemente, mais agradável para eles.

## REFERÊNCIAS

**A. VILLAN. et al.** Analisando o ensino de física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes, IFUSP, 1982. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol04a02.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

**AUGUSTO J. S. F.**, Os principia de Newton, alguns comentários (Primeira parte, a Axiomática), 1996.

**AUSUBEL, D.P.**, *The acquisition and retention of knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

**BASSALO, J. M. F.**, Afinal: O que é massa?. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 2, p. 433 – 461, agosto de 2016.

**BRENNAN, R. P.**, Gigantes da física: uma história da física moderna através de oito biografias, Jorge Zahar Ed., 2003.

**CROUCH, C. H.; MAZUR, E.**, Peer Instruction: Ten years of experience and results, Am. J. Phys. 69 (9), September (2001).

**EINSTEIN, A.; INFELD, L.**, *The Evolution of Physics, Copyright © 1938*; A Evolução da Física, 4ª Ed., ZAHAR EDITORES, 1980.

**I. S. ARAUJO, MAZUR, E.**, Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física (*Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre – RS, Harvard University, Cambridge – Massachusetts, EUA, 2013*).

**KOYRÉ, A.**, Estudos de história do pensamento científico. Brasília, Universidade de Brasília, 1982.

**L. VIENNOT**, *University of Paris VII, France*, Changes of reference systems have been studied by Saltiel, 1978.

**LASRY, N.** Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference? **The Physics Teacher**, v.46, n 4. p.242 – 244, 2008.



**LASRY, N.; MAZUR, E; WATKINS, J** Peer instruction: from Harvard to the two-year college (American Journal of Physics, 2008)

**M. A. MOREIRA**, Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas (*Instituto de Física – UFRGS, 2013*).

**M. A. MOREIRA**, Linguagem e aprendizagem significativa, versão revisada e ampliada de participação em mesa redonda sobre linguagem e cognição na sala de aula de ciências, realizada durante o II encontro internacional linguagem, cultura e cognição, Belo Horizonte, MG, Brasil, 16 a 18 de julho de 2003. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

**M. A. MOREIRA**, O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?, Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

**MARIA CECÍLIA RAFAEL DE GÓES**, A formação do indivíduo nas relações sociais: Contribuições teóricas de Lev Vigotski e Pierre Janet, 2000, Educação & Sociedade, ano XXI, nº 71, Julho.

**MAZUR, E.**, *Peer Instruction: A User's Manual*, 1st Edition, Pearsin Education, Portuguese language edition published by Penso Editora Ltda., a Grupo A Educação S.A. company, Copyright © 2015.

**NEWTON, ISAAC**, Principia mathematica philosophiae naturalis, ed. Cajori, T.I, University of California Press, 1962.

**OLIVEIRA, M. K.**, Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 2010.

**PAUL G. H.**, Física conceitual, 9ª Edição, Editora Moderna, 2008.

**PEDUZZI, L. O. Q., ARDEN ZYLBERSZTAJN, MOREIRA, M. A.**, As concepções espontâneas, a resolução de problemas e 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 vol. 14 no. 4, 1992, p. 239 – p. 246.

**PEDUZZI, L. O. Q.**, Evolução dos conceitos da Física Força e movimento: de Thales a Galileu, 2008. Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos\\_Peduzzi/For%E7a%20e%20movimento%20-%20de%20Thales%20a%20Galileu.pdf](https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/For%E7a%20e%20movimento%20-%20de%20Thales%20a%20Galileu.pdf)>. Acesso: 11 abr. 2016.

**PEDUZZI, L. O. Q.**, Física aristotélica: porque não considera-la no ensino da mecânica?. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 13, n1: p.48 – 63, abril de 1996.

**RABENSCHLAG, S. R.**, Matéria e Movimento na Física de Aristóteles, 199?. Disponível em: <<http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh3/trabalhos/Ricardo%20Seara%20Rabenschlag.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

**THE EFFICIENCY INDEX**, 2014 - Disponível em: <<http://www.edefficiencyindex.com/book/>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

**VYGOTSKI, L. S.**, A formação social da mente. Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1999.

**ZYLBERSZTAJN, A.** Concepções espontâneas em física: exemplo em dinâmica e implicações para o ensino. Revista de Ensino de Física, 5 (2): 3 – 16, 1983.