

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JADER BERNARDES

APLICAÇÃO DO MÉTODO *PEER INSTRUCTION* NA ABORDAGEM DAS
LEIS DE NEWTON NO ENSINO MÉDIO

PORTO ALEGRE

2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO *PEER INSTRUCTION* NA ABORDAGEM DAS
LEIS DE NEWTON NO ENSINO MÉDIO**

JADER BERNARDES

Dissertação realizada sob a orientação dos professores Dr. Ives Solano Araujo e Dra. Eliane Angela Veit e apresentada no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em preenchimento parcial aos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

PORTO ALEGRE

2016

*“Purifica teu coração antes de permitires que o amor entre nele,
pois até o mel mais doce azeda num recipiente sujo.”*

Pitágoras

AGRADECIMENTOS

O maestro Antônio Carlos Jobim, na canção *Wave*, nos diz que “é impossível ser feliz sozinho”. Acredito nesta afirmação e também acredito que é necessário agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, não nos deixaram sozinhos nesta jornada. Felizmente, tenho muito para agradecer.

Ao Instituto de Física da UFRGS, pela oportunidade de vivenciar a educação superior pública, gratuita e de qualidade.

Aos meus orientadores, Dr. Ives Solano Araujo e Dra. Eliane Angela Veit, por acreditarem no meu potencial dando sugestões, reformulando ideias e estarem comigo nesta caminhada.

À minha esposa Marília Mentz, pela parceria, pelo incentivo, pelas reflexões, por todos os dias que passaram e por todos os dias que virão.

À minha família e meus amigos, por entenderem e/ou respeitarem os momentos de ausência e pelo apoio incondicional.

Aos meus colegas do MPEF pela amizade e companheirismo, pelo intercâmbio de ideias e pela ajuda mútua.

Aos meus colegas da Fundação Liberato (Disciplina de Física, CPA, Centro Pedagógico e Coordenação do Curso Técnico de Eletrônica), pelo apoio, pela abertura e pela flexibilização para a aplicação do produto educacional.

Por último e não menos importante, aos alunos do Curso Técnico de Eletrônica, imprescindíveis para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a elaboração de uma sequência didática em nível de Ensino Médio sobre Leis de Newton, para ser utilizada com o método de ensino *Peer Instruction*. (Instrução pelos Colegas). Esta sequência didática foi aplicada em quatro turmas (totalizando 118 alunos) da primeira série do Ensino Médio Técnico de uma escola pública de Novo Hamburgo – RS. A concepção de todo o material elaborado foi alicerçada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel. As aulas foram estruturadas em sete encontros de uma hora e quarenta minutos cada um, sendo que em seis deles foi empregado o método *Peer Instruction* para a aprendizagem conceitual do conteúdo, intercalando-se questões envolvendo cálculos e o último encontro foi destinado à avaliação de todas as etapas do processo. A análise dos dados revela que as turmas obtiveram ganhos significativos de aprendizagem. Observou-se que as discussões entre os colegas foram proveitosas, propiciando a participação dos alunos como protagonistas do seu próprio processo de ensino-aprendizagem e levaram a um aumento do percentual de acertos das questões conceituais propostas. O retorno dado pelos alunos demonstra que a dinâmica da aula os motiva a trabalhar e os mantém envolvidos com o trabalho por mais tempo. Conclui-se que esta sistemática pode se estender a outros conteúdos da Física, aumentando a interação entre os alunos e a reflexão crítica sobre os fenômenos que estão sendo abordados. Para a aplicação desta proposta foram elaboradas: tarefas prévias, os momentos da sequência didática e um banco de questões conceituais.

Palavras-chave: Instrução pelos Colegas, *Peer Instruction*, métodos ativos de ensino, tarefas prévias, questões conceituais, Leis de Newton.

ABSTRACT

This work aimed to develop a high school level didactical sequence about Newton's Laws of motion, suitable for use with Peer Instruction teaching method. This didactical sequence was implemented in four first grade classes (totaling 118 students) of a public technical High School in Novo Hamburgo (Brazil). The conception of all material was based on David Paul Ausubel's Meaningful Learning Theory. The classes were organized in seven meetings of one hour and forty minutes each. The Peer Instruction method was used for conceptual learning during six of these meetings, interspersing questions involving calculations. The last meeting was dedicated to evaluate all the stages of the process. The performance analysis of the data reveals that the students obtained significant learning gains. The discussions among the students were useful, allowing the participation of students as protagonists of their own teaching-learning process and led to an increase in the percentage of correct answers to the proposed conceptual questions. The feedback given by the students demonstrates that the dynamics of the class motivates them to work and keeps them involved with the work. We can conclude that this systematics can be extended to other contents of Physics, stimulating the interaction between the students and the reflection on the phenomena that are being approached. For the application of this proposal were elaborated: previous tasks, a didactical sequence in moments and a bank of conceptual questions.

Keywords: Peer Instruction, active teaching methods, previous tasks, conceptual questions, Newton's Laws of motion.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. ESTUDOS ANTERIORES	15
2.1. <i>Peer Instruction</i> (Instrução pelos Colegas)	15
2.2. Leis de Newton	22
3. REFERENCIAL TEÓRICO	29
3.1. Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel	29
4. METODOLOGIA	33
4.1. Contextualização da escola	33
4.2. Estruturação das aulas	34
4.3. Material elaborado	36
4.3.1. Tarefas prévias	37
4.3.2. Momentos da sequência didática	37
4.3.3. Questões conceituais	38
4.3.4. Sistema de votação: <i>Plickers</i>	38
5. APLICAÇÃO DOS EPISÓDIOS DE ENSINO	39
5.1. Descrição das atividades	39
5.2. Relato dos encontros	41
5.2.1. Primeiro encontro – Inércia	41
5.2.2. Segundo encontro – Inércia	43
5.2.3. Terceiro encontro – Ação e reação	45
5.2.4. Quarto encontro – Força de atrito e resistência do ar	47
5.2.5. Quinto encontro – Princípio Fundamental da Dinâmica	49
5.2.6. Sexto encontro – Princípio Fundamental da Dinâmica	51
5.2.7. Sétimo encontro – Revisão e Avaliação	53
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
6.1. Análise dos resultados do Teste Final	55
6.2. Comparação dos resultados por questão	56
6.3. Relatos e opiniões dos alunos	60
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A – Questionário 1 (aplicado antes dos episódios de ensino)	72

APÊNDICE B – Questionário 2 (aplicado depois dos episódios de ensino)	72
APÊNDICE C – Tarefas prévias	73
APÊNDICE D – Momentos da sequência didática	82
APÊNDICE E – Questões conceituais	88
APÊNDICE F – Passo a passo do aplicativo <i>Plickers</i>.....	101
ANEXO A – Modelo do cartão de votação em tamanho real.....	106
ANEXO B – Teste de concepções sobre movimento e força	107

1. INTRODUÇÃO

Ensinar não é uma tarefa simples, independentemente da disciplina. Para deixar este cenário mais complexo, cada vez se formam menos professores (especialmente na área de Ciências) e cada vez menos alunos têm interesse pela carreira docente (Ratier, Salla, 2015; Prado, 2011; Ramos, 2015).

Mesmo assim, ainda compete à disciplina de Física, foco do presente trabalho, a responsabilidade compartilhada com a Química e a Biologia de dar aos alunos noções de fenômenos da natureza, pensamento científico e evolução tecnológica. De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2012), as ciências fazem parte da formação integral do estudante, abordando a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos relacionando teoria e prática.

Somos testemunhas desse avanço científico e tecnológico cada vez maior e mais veloz. Por conta dessa imersão tecnológica, supõe-se que os alunos se interessem por saber como funcionam os incontáveis dispositivos eletrônicos que tanto utilizam e endeusam. Explorar esse suposto interesse poderia se constituir num meio para cativar a atenção dos alunos. Afinal, estimulando-os a debater acerca de fenômenos físicos possibilita-se que se estabeleçam relações mais estreitas entre os conteúdos abordados em aula e o cotidiano, como norteiam alguns referenciais curriculares. Segundo os PCN+ (Brasil, 2007, p.59),

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos.

Mas não é tão simples assim. Os alunos enfrentam dificuldades para estabelecer relações entre o que é visto em sala de aula e o que vivenciam cotidianamente. A forma de ensinar dita “tradicional” não é totalmente compatível com a sociedade contemporânea. Os avanços da tecnologia estão muitas vezes relacionados a conteúdos que talvez nem sejam estudados no Ensino Médio. Por tudo isso, fazem-se necessárias estratégias diferentes e novas abordagens para o ensino de Física.

Esta dissertação vai ao encontro de algumas das novas metodologias propostas para a reformulação do ensino de Física, tendo como objetivo abordar o estudo das Leis de Newton¹ em sete turmas da primeira série do Ensino Médio (três em 2015 e quatro em 2016) da Fundação Liberato (www.liberato.com.br) adotando o método *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas) (Araujo e Mazur, 2013).

¹ Neste trabalho, a expressão “Leis de Newton” refere-se apenas às leis do movimento estudadas por Isaac Newton, excluindo a Lei do resfriamento.

Por tudo o que foi mencionado anteriormente, não é novidade dizer que a disciplina de Física pretende, entre outras coisas, estabelecer e aprofundar as relações entre os conceitos físicos e o cotidiano. Essa ideia permeia vários tópicos abordados no Ensino Médio: Óptica, Eletromagnetismo, Termodinâmica, etc. Escolhemos as Leis de Newton por se tratar de um dos primeiros tópicos abordados na disciplina de Física que exige dos alunos mais reflexões, mais formalismo e também a re/desconstrução de concepções acerca de fenômenos físicos.

É sabidamente um conteúdo de difícil aprendizagem tendo em vista as concepções alternativas trazidas pelos estudantes, em especial, a associação entre força e velocidade e não força e aceleração, no estudo de movimentos (Cabral; 1984, Peduzzi e Peduzzi; 1985, Peduzzi e Peduzzi; 1988, Pacca; 1991, Valadares; 1995, Talim; 1999, Strieder e Becker; 2010). Por tudo isso, existe uma necessidade de os conteúdos² serem estudados com maior rigor e dedicação no que tange aos conceitos por trás de cada fenômeno.

O produto educacional foi aplicado em turmas da primeira série do Ensino Médio da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. A Fundação Liberato (que será devidamente contextualizada no Capítulo 4) é uma escola técnica que tem a filosofia de formar cidadãos críticos e com formação sólida nas suas áreas de atuação. Em comparação com outras escolas de Ensino Médio, o nível de exigência em todas as disciplinas pode ser considerado alto. Os alunos (provenientes de cerca de 40 municípios dos Vales do Sinos, Caí, Paranhana e Região Metropolitana de Porto Alegre) ingressam na Fundação Liberato por meio de prova de seleção após concluírem o Ensino Fundamental. Em média, há cinco candidatos disputando cada vaga oferecida nos cursos diurnos. Então, de certa forma, ocorre um nivelamento prévio dos alunos que lá estudam, mas ainda assim o índice de reprovação é alto, principalmente nas primeiras séries.

Existe um setor da escola chamado Centro de Planejamento e Avaliação (CPA) que, entre outras atividades, elabora os processos de seleção de alunos, monitora os índices de aprovação e propõe alternativas para melhoria destes índices através do diálogo constante com os coordenadores das disciplinas, direção de ensino, supervisores e orientadores educacionais.

Nos anos letivos de 2011 a 2015, segundo o CPA, os índices de reprovação nas primeiras séries estiveram entre 20% e 25%, concentrando-se nas disciplinas de Física, Matemática e Química (nesta ordem). Dado este contexto, a Fundação Liberato busca diversas alternativas para aumentar os níveis de aprovação sem perdas na qualidade do ensino. Como exemplo de tais alternativas, podemos destacar as *aulas de reforço*, nas quais o professor disponibiliza um período para cada turma fora do horário de aula para dirimir dúvidas, e atividades de *monitoria*, em que os monitores (alunos escolhidos

² A palavra “conteúdo” nesta dissertação é uma forma simplificada de sempre fazer referência a *conteúdos*, *procedimentos*, *instrumentos* e *tecnologias* associadas à disciplina de Física.

por seu bom desempenho em Física e Matemática) ficam à disposição para tirar dúvidas. Por ser uma instituição pública, a Fundação Liberato recebe livros do PNLD (Programa Nacional do Livro Didático). A coleção adotada para a Disciplina de Física no triênio 2015-2017 é “Física: Contexto e Aplicações”, de Beatriz Alvarenga Álvares e Antônio Máximo Luz (Editora Scipione, 2013), autores renomados e com livros amplamente utilizados no Ensino Médio em todo o Território Nacional.

Dado este panorama, pergunta-se: se há prova de seleção, se há aulas de reforço e monitoria (entre outras ações do CPA), se a instituição adota um bom livro didático, por que a reprovação acontece de forma tão pronunciada nas primeiras séries? Talvez isso ocorra por causa das metodologias de ensino adotadas pelos professores. É claro que outros fatores influenciam (maior nível de exigência, em comparação com as escolas que os alunos cursavam anteriormente e falta de hábitos de estudo, por exemplo), mas o foco deste trabalho é um novo método de ensino como estratégia para melhorar os índices de aprovação, mantendo-se a qualidade esperada.

Por este viés, propôs-se a trabalhar as Leis de Newton visando uma maior apropriação conceitual por parte dos alunos e adotando-se o método *Peer Instruction* em função da sua agilidade e maleabilidade ao ser adaptado para outros contextos (Müller *et al.*, 2002, p. 496).

Este trabalho narra, então, o planejamento, a aplicação e a avaliação de uma sequência didática para o ensino de Física, mais especificamente, no estudo das Leis de Newton com um método de ensino diferente, o *Peer Instruction*. O *Peer Instruction* é um método de ensino interativo, baseado em trabalhos de pesquisa, que tem sido adotado em várias disciplinas, em diferentes instituições, e por todo o mundo (Araujo e Mazur, 2013). O método incorpora diversas ideias alinhadas com a maneira com que as pessoas aprendem e também como elas aprendem melhor (Müller *et al.*, 2002).

Neste trabalho o *Peer Instruction* está aliado ao *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob Medida). O *Peer Instruction* está alicerçado no estudo prévio de materiais disponibilizados pelo professor e na resolução de questões conceituais em aula, através da discussão entre os alunos. O *Just-in-Time Teaching*, por sua vez, permite ao professor planejar as suas aulas a partir do que os alunos já sabem e das dificuldades enfrentadas por eles. Desta forma os alunos se engajam em três etapas: tarefas de leitura de conteúdos a serem discutidos em aula, discussões sobre as tarefas de leitura e atividades em grupo sobre os conteúdos das duas etapas anteriores (Araujo e Mazur, 2013).

Nessa metodologia de ensino, o aluno é protagonista do processo de ensino e aprendizagem e passa mais tempo em sala de aula pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo do que meramente assistindo (de forma passiva) a uma aula expositiva (Araujo e Mazur, 2013). Por estar centrado no aluno, o método *Peer Instruction* envolve os estudantes em atividades que devem ser realizadas antes e durante as aulas. Antes de cada aula, os alunos devem realizar uma tarefa de leitura do assunto que vai ser abordado: um texto, uma imagem, um simulador, um trecho do livro didático, etc. Em seguida,

os alunos devem responder a perguntas sobre essa atividade. Dessa forma, o professor já pode mapear previamente qual(is) a(s) maior(es) dificuldade(s) encontrada(s) e, com isso, ajustar seus episódios de ensino para saná-la(s).

O professor inicia cada aula trazendo algumas respostas da atividade prévia (sem citar nomes) e faz comentários sobre ela, com o objetivo de levar os estudantes a refletir sobre o assunto que vai ser tratado. Em seguida, o professor faz uma explanação breve do conteúdo e propõe questões conceituais para avaliar a compreensão dos conceitos por parte dos estudantes. No material que elaboramos, cada questão tem quatro alternativas e os alunos as respondem por meio de cartões de votação (individuais e personalizados) que contêm códigos similares a *QR codes (Quick Response)* passíveis de leitura pela câmera do *smartphone* e que são interpretados pelo aplicativo *Plickers*³.

Por meio deste aplicativo é possível identificar imediatamente a alternativa escolhida por cada aluno. O aplicativo também calcula instantaneamente os percentuais de cada alternativa escolhida. Este retorno fornece ao professor uma visão geral do entendimento, por parte dos alunos, dos conceitos abordados e permite que o professor opte por continuar a aula (se o índice de acertos for elevado), estimular a discussão entre os colegas para auxiliar na melhor compreensão dos conceitos (se o índice de acertos for mediano) ou visitar o conteúdo com outra abordagem (se o índice de acertos for baixo). O detalhamento do sistema de votação está no Capítulo 4.

Os elementos que compõem esta dissertação estão descritos brevemente a seguir. No Capítulo 2 encontram-se trabalhos anteriores utilizando o método *Peer Instruction* e também atividades e projetos sobre o ensino das Leis de Newton no Ensino Médio, incluindo as principais dificuldades enfrentadas pelos alunos no entendimento desse conteúdo assim como estratégias utilizadas para transpor tais obstáculos. Artigos, teses e dissertações que se detiveram a esses tópicos serviram como fonte para esse capítulo.

O Capítulo 3 nos traz a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel – que consiste do referencial teórico do presente trabalho – descrevendo os elementos que a compõem e relacionando-os ao contexto e às etapas do trabalho.

O Capítulo 4 perfaz o traçado das etapas que foram necessárias para o desenvolvimento e aplicação do material instrucional, descrevendo o contexto escolar em que ocorreu a aplicação do produto educacional, bem como a estrutura das aulas e o material elaborado para cada uma destas aulas. O Capítulo 5, por sua vez, narra cada uma das aulas, contendo a descrição da aula, e comentários e observações dos alunos e percepções do professor.

³ O aplicativo *Plickers* está disponível para *download* gratuitamente (bem como os cartões de votação) na página www.plickers.com.

No Capítulo 6 os resultados são analisados, comparando o desempenho dos alunos antes e depois dos episódios de ensino, discutindo de forma mais refinada os resultados obtidos nas questões conceituais propostas e trazendo relatos e opiniões dos alunos acerca do trabalho como um todo. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

2. ESTUDOS ANTERIORES

Este capítulo trata dos fundamentos do método *Peer Instruction* e traz estudos anteriores que julgamos coerentes com a proposta deste trabalho envolvendo o *Peer Instruction* e as Leis de Newton em diferentes instituições do Brasil. As referências aqui apresentadas relatavam seus procedimentos e resultados com níveis de detalhamento bem distintos entre si e, por isso, os recortes realizados para a composição deste capítulo também variam em relação a esses elementos formais da pesquisa. A busca desses trabalhos ocorreu no período de janeiro a outubro de 2016.

2.1. *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas)

Peer Instruction (Instrução pelos pares ou Instrução pelos colegas, em uma tradução livre) é uma proposta interativa de ensino desenvolvida em 1991 pelo professor Eric Mazur da Universidade de Harvard. A intenção inicial do método era aperfeiçoar o aprendizado nos cursos de Física básica da universidade, mas atualmente o método foi disseminado e muitas instituições ao redor do mundo já fazem uso dele em várias outras disciplinas, que não a Física (Araujo e Mazur, 2013). É uma abordagem centrada no aluno que inverte a sala de aula tradicional e modifica a forma como as informações são transmitidas. O modelo *Peer Instruction* pertence a um grupo de metodologias desenvolvidas nas duas últimas décadas visando uma aprendizagem mais significativa com foco no esforço do aluno para obter tal aprendizagem. Elucidando o método *Peer Instruction*, Araujo e Mazur (2013, p. 367) afirmam que:

Sua meta principal é promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo, através da interação entre os estudantes. Em vez de usar o tempo em classe para transmitir em detalhe as informações presentes nos livros-texto, nesse método, as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações orais por parte do professor, focadas nos conceitos principais a serem trabalhados, seguidas pela apresentação de questões conceituais para os alunos responderem primeiro individualmente e então discutirem com os colegas.

Essa prática promove a participação ativa dos alunos, que podem manifestar suas opiniões acerca de determinado tópico, por meio de questionamentos estruturados. Além disso, por meio do sistema de votação, o professor obtém retorno em tempo suficiente para poder auxiliar os alunos nos pontos em que houve mais dificuldades (Oliveira, 2012).

Ao contrário da prática comum de fazer perguntas durante a aula, que normalmente envolve apenas alguns estudantes altamente motivados, o processo de questionamento mais estruturado pelo método *Peer Instruction* promove o envolvimento de todos os alunos da turma (Crouch e Mazur, 2001).

Para que a aplicação do método *Peer Instruction* ocorra de forma satisfatória, é necessário:

1) Estudo prévio do conteúdo por parte dos alunos através de material potencialmente significativo: para liberar tempo de aula para a discussão de questões conceituais e também para que os alunos já cheguem à aula com algum conhecimento do conteúdo a ser trabalhado. Essa tarefa prévia requer a leitura de um texto⁴ sobre o qual os alunos terão que responder algumas questões, para que haja reflexão sobre o material lido. Para proporcionar um incentivo para os alunos realizarem efetivamente a tarefa prévia, os alunos ganham bônus na nota do trimestre para responderem as perguntas destinadas a ajudá-los a pensar sobre o material que leram. São duas ou três perguntas sobre o conteúdo e uma em que os alunos são questionados sobre os pontos do material ele achou mais confuso e quais pontos considerou mais interessantes. Neste trabalho usaram-se perguntas de múltipla escolha sobre o conteúdo, sendo que após a escolha da alternativa considerada correta, os alunos precisavam justificar a sua escolha. As tarefas prévias foram enviadas aos alunos pela plataforma *Google Forms*⁵.

2) Comunicação constante entre alunos e professor para que esse saiba o que os alunos estão entendendo sobre o assunto abordado: antes das aulas, o professor deve ler as respostas da tarefa prévia identificando quais os pontos que apresentaram mais dúvidas e que, conseqüentemente, merecem mais atenção durante as aulas que serão dadas. Essa preparação do professor com base em dados e opiniões reais dos alunos torna a aula mais eficiente. Durante as aulas esse mapeamento do entendimento do conteúdo continua através das respostas das questões conceituais.

3) Interação entre os alunos para discutir as ideias: a base do método *Peer Instruction* é a troca de informações entre os alunos. Por essa razão, é necessário que os alunos estejam abertos ao diálogo, à cooperação e ao trabalho colaborativo.

Uma aula dada com *Peer Instruction* é dividida em curtas apresentações (de no máximo 20 minutos), cada uma focada em um ponto central do conteúdo e é seguida por uma questão conceitual, que investiga a compreensão das ideias apresentadas aos alunos. As questões conceituais são de múltipla escolha, com uma única alternativa correta. Neste trabalho as questões conceituais apresentavam quatro alternativas.

Há várias formas de fazer a votação das questões conceituais. A mais simples delas é a mostra de mãos, onde os alunos levantam as mãos para indicar a alternativa que consideram estar correta. Pode-se também utilizar cartões de resposta (*flashcards*) com cores diferentes ou letras do alfabeto,

⁴ Em vez de um texto, outros recursos didáticos podem ser usados, como um vídeo, um simulador, um gráfico, um aplicativo etc.

⁵ A plataforma *Google Forms* é um serviço gratuito do *Google* que permite a criação de enquetes, formulários, pesquisas e votações de forma simples e rápida. Os resultados do formulário podem ser convertidos em gráficos e exportados para formato de planilha eletrônica.

que permitem ao professor identificar visualmente as respostas dadas pelos alunos. É possível ainda empregar uma tecnologia mais avançada, os *clickers*, aparelhos semelhantes a um controle remoto de televisão (com um teclado numérico e alguns botões de controle), que se comunicam com o computador do professor por meio de *Bluetooth* ou rede sem fio.

Neste trabalho empregamos os cartões de resposta (veja a Figura 1) com códigos passíveis de leitura pelo aplicativo *Plickers*, que será detalhado no Capítulo 4. A Figura 1 mostra o cartão de resposta número 1. Ele será utilizado pelo aluno correspondente ao número 1 da chamada. Cada “lado” do cartão corresponde a uma alternativa de resposta: A, B, C ou D. Se o aluno deseja responder a alternativa B como correta, ele deve mostrar o cartão para o *smartphone* do professor orientando o lado B do cartão para cima. O modelo do cartão de resposta em tamanho real está disponível no Anexo A.

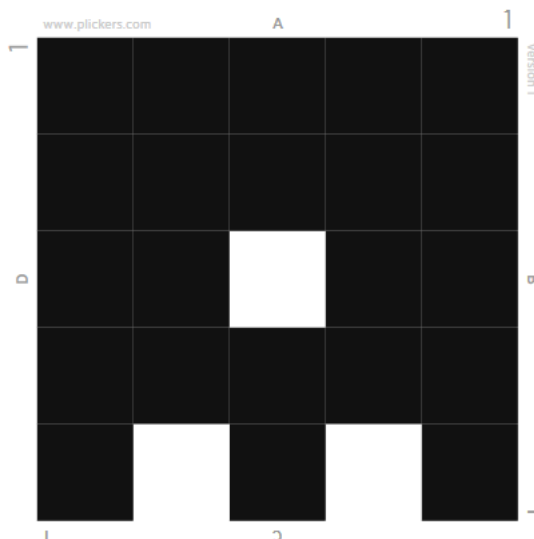


Figura 1 – Cartão utilizado pelos alunos e lidos pelo aplicativo *Plickers*.

Fonte: https://plickers.com/PlickersCards_2up.pdf

Os alunos têm cerca de um minuto para pensar a respeito da questão e mostrar sua resposta para o professor através dos cartões de resposta. De acordo com o percentual de acertos da questão, o professor decide qual estratégia tomar: seguir com o conteúdo (se o índice for superior a 70%), visitar o conteúdo com outra estratégia (se o índice for inferior a 30%) ou promover a discussão entre os colegas (se o índice estiver entre 30% e 70%). A discussão entre os colegas ocorre quando a distribuição de frequências das respostas dos alunos para as questões conceituais está entre 30% e 70%. Nessa discussão está centrada a instrução pelos colegas.

Os alunos discutem suas respostas com os colegas mais próximos, que preferencialmente tenham optado por alternativas diferentes, tentando convencê-los de que sua resposta está correta. A argumentação que ocorre estimula os alunos a refletir sobre seu entendimento acerca do assunto.

Durante a discussão, que dura cerca de dois minutos, o professor se move pela sala de aula, acompanhando e motivando as discussões, mas sem dar respostas. Depois de encerrada a discussão, o professor reapresenta a questão e pede aos alunos que votem novamente através do sistema de votação. Em geral, o índice de acertos aumenta. Por fim, o professor corrige a questão, explicando a alternativa correta e também porque as demais alternativas não estão corretas, e passa para o próximo tópico. (Crouch e Mazur, 2001).

Müller *et al.* (2002, p. 496) salientam que

[...] uma das ideias centrais do método é fazer com que os alunos interajam entre si ao longo das aulas, ensinando uns aos outros os conceitos estudados e tentando aplicá-los na solução das questões conceituais apresentadas. Com isso, o método tenta ao máximo envolver ativamente os alunos na sua própria aprendizagem.

Araujo e Mazur (2013, p. 370) ilustram o método *Peer Instruction* através da Figura 2, onde é salientado que a aula toma diferentes rumos, dependendo do percentual de acertos na primeira votação.

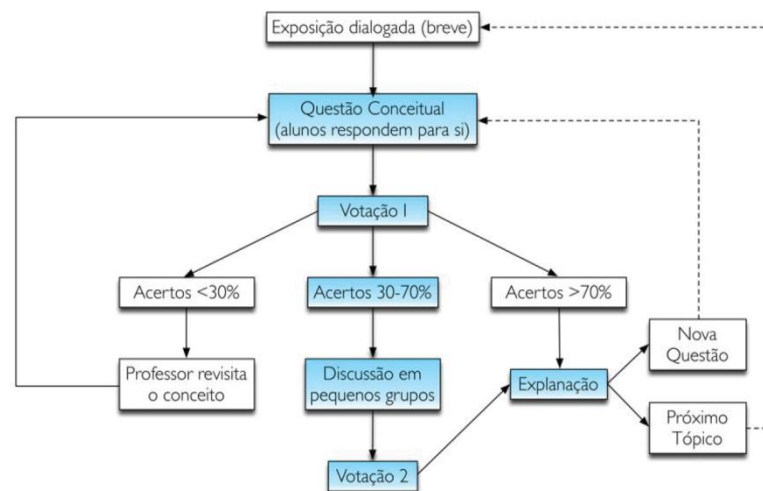


Figura 2 – Esquema de sequência didática utilizando o método *Peer Instruction*. Fonte: ARAUJO; MAZUR, 2013.

Ressaltamos que o foco do presente trabalho é que os alunos se apropriem dos conteúdos, relativos às Leis de Newton, aprofundando as discussões sobre os conceitos subjacentes ao fenômeno. Nesse viés, concordamos com Carvalho Jr. (2002, p. 56):

Saber Física passa a significar ter instrumentos conceituais para dialogar com o mundo em vários níveis, que vão desde um melhor entendimento de notícias científicas veiculadas pela mídia, até a capacidade de prever resultados de situações experimentais complexas, passando pela emissão de juízos de valor a respeito da utilização de uma dada tecnologia que pode agredir o meio ambiente e causar danos à humanidade.

Se considerarmos isso e somarmos ao contexto histórico em que estamos – imersos em uma sociedade que dialoga cada vez menos – incentivar nos alunos a capacidade de trabalhar colaborativamente é mais uma tentativa de estabelecer e fortalecer os vínculos entre eles. O método *Peer Instruction* é uma forma de trabalho que tem base no diálogo, no aprendizado dos conceitos e na

construção de modelos mais elaborados. Seu sucesso justifica que haja cada vez mais trabalhos usando o *Peer Instruction*, dos quais destacamos alguns do contexto nacional. Os trabalhos a seguir foram escolhidos não por apenas utilizarem o método *Peer Instruction*, mas essencialmente por evidenciar suas qualidades: maleabilidade (poder ser adaptado para qualquer área do conhecimento), estímulo à reflexão e à cooperação entre os colegas (por estar centrado no aluno e ser uma forma de aprendizagem colaborativa), melhora na compreensão dos conteúdos e conseqüentemente melhora nos resultados.

Oliveira (2012) construiu uma proposta de ensino de Eletromagnetismo utilizando o método *Peer Instruction* em uma turma da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Pelotas (RS). Os episódios de ensino foram divididos em 12 encontros, sendo que sete deles envolveram diretamente o *Peer Instruction*. A análise dos resultados relativos ao desempenho demonstra que a turma de 30 alunos obteve um ganho de aprendizagem estatisticamente significativo. A análise qualitativa sobre a receptividade dos alunos ao método de ensino mostra resultados bastante positivos.

Müller (2013) utilizou o método *Peer Instruction* também para elaborar uma proposta de ensino de Eletromagnetismo com uma turma (34 alunos) da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública federal de Porto Alegre (RS) que fez parte do projeto UCA (Um Computador por Aluno) e, além desse, um estudo com dois alunos de Licenciatura em Física em fase de estágio curricular. Nas aulas com a turma de Ensino Médio as discussões foram frutíferas, propiciaram a participação ativa dos alunos e levaram à convergência para a resposta correta. Os alunos da Licenciatura em Física apontaram como vantagens do processo a discussão entre os estudantes e o engajamento desses em sua própria aprendizagem.

Lopes (2013) sugere o método *Peer Instruction* como forma de ensino a ser implementada nos cursos de engenharia por possuir um grande impacto no aprendizado e elenca pontos que justificam a escolha do método, além das discussões em si: a divisão da aula em partes, a participação dos alunos para identificar quais são suas dificuldades de aprendizagem, a preparação dos alunos para discutir e argumentar e o *feedback* imediato obtido pelo professor.

Toledo e Lage (2013) utilizaram o método *Peer Instruction* em quatro turmas da disciplina de Direito Processual Civil II em uma universidade particular na cidade de Lorena (SP). As autoras salientaram a importância de os alunos realizarem as tarefas prévias para que as aulas transcorressem de forma mais satisfatória. Elas verificaram que o método *Peer Instruction* é efetivo, pois se observou mais de 80% de acertos para a grande maioria das questões e que nos poucos casos onde isso não ocorreu na primeira tentativa, houve êxito após a discussão dos alunos e nova tentativa.

Rocha e Lemos (2014) relatam o uso do método *Peer Instruction* em uma instituição de ensino superior privada do estado do Rio de Janeiro. O estudo ocorreu durante um ano com quatro turmas (cerca de 230 alunos) da disciplina de Fenômenos de Transporte dos cursos de engenharia. Os alunos realizaram tarefas prévias (responderam um *quiz* em uma plataforma *online*) e responderam às questões conceituais durante as aulas. Os autores relatam que o *quiz* motivou os alunos a se superarem, as questões conceituais criaram um clima desafiador e as discussões entre os colegas auxiliaram na compreensão. Historicamente, apenas 40% dos alunos obtinham notas superiores a 5,0 na disciplina. Com o uso das tarefas prévias e do *Peer Instruction* estes índices diminuíram muito: mesmo antes das discussões, o índice de notas abaixo de 5,0 era de apenas 8% (houve 87% de adesão às tarefas prévias) e depois das discussões esse mesmo índice caiu para zero.

Silva *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa articulando os métodos *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching* em uma turma de nono ano do Ensino Fundamental de um colégio da cidade de Cristina (MG) abordando o tópico Energia. Com a discussão entre os colegas houve uma convergência de mais alunos para a resposta correta. Além disso, os autores relatam que o uso articulado dos métodos fornece subsídios para que os alunos tenham contato com a parte formal dos conteúdos de Física fora da escola, auxilia o professor na preparação de suas aulas e promove o diálogo problematizador em sala de aula.

Campagnolo *et al.* (2014) aplicaram o *Peer Instruction* na forma de um estudo piloto no campus Toledo (PR) da PUC-PR na disciplina de Oceanografia, no sétimo semestre do curso de Ciências Biológicas. O estudo ocorreu com nove alunos durante quatro semanas em encontros semanais de duas horas-aula. Segundo os autores, o *Peer Instruction* pode trazer benefícios imediatos para o processo de aprendizagem: o aumento no acerto das questões conceituais, compreensão do conteúdo, *feedback* instantâneo pelo professor, melhoria da motivação dos alunos, maior participação em aula e cooperação por parte dos estudantes, atualização dos conteúdos e melhoria da qualidade das aulas do professor.

Diniz (2015) aplicou o método *Peer Instruction* em uma turma (28 alunos) da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública federal em Juiz de Fora (MG) abordando Leis de Newton, Energia e Quantidade de Movimento e utilizou como controle duas turmas onde o método não foi aplicado. O autor realizou um teste com 30 questões de múltipla escolha sobre Mecânica antes e depois das aulas. A turma em que foi aplicado o método *Peer Instruction* obteve a menor média de acertos antes da instrução e a maior média de acertos depois da instrução pelos colegas.

Os relatos que seguiram até aqui evidenciam que o uso do método *Peer Instruction* (bem como outras metodologias ativas de ensino) está se expandindo em várias instituições de ensino do Brasil,

em vários níveis, áreas e disciplinas, com boa aceitação por parte dos alunos e dos professores, além do êxito na sua aplicação. Nós, da mesma forma que os autores citados, também desejamos obter esses bons resultados com o método *Peer Instruction*: ganhos de aprendizagem, discussões frutíferas, engajamento e motivação dos alunos, cooperação mútua, identificação rápida de dificuldades de aprendizagem, otimização do uso do tempo em sala de aula, melhor qualidade das aulas e melhora no entendimento dos conceitos abordados. Para isso, também levamos em consideração os trabalhos apresentados e planejamos uma sequência de ações para trabalhar os conteúdos utilizando o *Peer Instruction*, de acordo com o esquema proposto na Figura 3 e detalhado no texto.

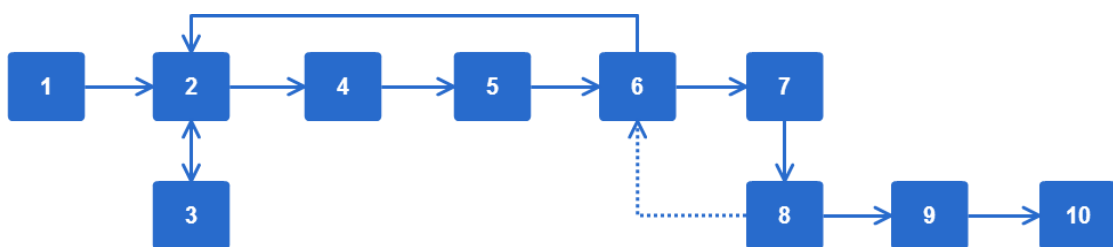


Figura 3 – Esquema de sequência didática proposta utilizando *Peer Instruction*. FONTE: o autor.

1) Um material potencialmente significativo sobre Leis de Newton (parte do conteúdo) é disponibilizado para os alunos realizarem uma leitura prévia, antes da aula. Com vistas ao envolvimento dos alunos na atividade de leitura, há questões no material. Estas questões não objetivam, necessariamente, verificar se a resposta está correta ou não, mas sim obter retorno dos alunos para o professor poder fazer ajustes e adaptações na sua aula, trabalhando essencialmente as dificuldades apontadas pelos alunos.

2) No dia da aula, uma curta apresentação oral sobre os elementos centrais de uma das leis, ou teoria, é feita pelo professor por cerca de 20 minutos. Podem ser utilizados exemplos e exercícios do livro para complementação, simulações ou experimentos, mas essencialmente a aula será dada baseada nas dúvidas que os alunos apresentaram ao responder às questões propostas na tarefa prévia. Se não houver dúvidas, pode-se passar para o passo quatro.

3) Se houver dúvidas, o professor faz uma nova explicação, trazendo outra abordagem ou outros exemplos. Os alunos também podem contribuir.

4) Após a explicação, um Teste Conceitual, de múltipla escolha, é apresentado aos alunos sobre um dos conceitos previamente discutidos na exposição oral.

5) Os alunos terão até dois minutos para pensarem individualmente e em silêncio sobre a questão apresentada. Cada estudante informa ao professor sua resposta, através de cartões. Serão usados cartões de resposta padrão (Figura 1), passíveis de leitura pelo aplicativo *Plickers*, que avalia

visualmente as respostas informadas. De acordo com a distribuição de respostas, o professor precisa rever o conteúdo e voltar ao passo dois (se a frequência de acertos for inferior a 30%), pode passar para o passo sete (quando a frequência de acertos estiver entre 30% e 70%), ou diretamente para o passo dez (quando a frequência de acertos for superior a 70%).

6) No caso de um índice de acertos entre 30% e 70%, os alunos irão discutir a questão com seus colegas por alguns minutos, enquanto o professor circula pela sala interagindo com os grupos, mas sem informar a resposta correta.

7) Será aberto novo processo de votação.

8) O professor, então, discute cada alternativa de resposta para a questão, informando a correta.

9) Na sequência, de acordo com sua avaliação sobre os resultados, o docente pode optar por apresentar um novo Teste Conceitual, ainda sobre o mesmo tema, ou passar para o passo dez.

10) Iniciar um novo tópico com uma curta exposição oral, repetindo o processo.

Na próxima seção estão relatados alguns trabalhos realizados utilizando diferentes estratégias para sanar as dificuldades encontradas na abordagem das Leis de Newton.

2.2. Leis de Newton

Realizamos uma busca em dissertações, teses e artigos encontrados em publicações de renome nacional (Revista Brasileira do Ensino de Física, Caderno Brasileiro do Ensino de Física e Caderno Catarinense do Ensino de Física) com vistas a encontrar na literatura as dificuldades enfrentadas pelos alunos no estudo das Leis de Newton, além das orientações metodológicas do próprio livro didático adotado pela Fundação Liberato.

O Quadro 1 compila as dificuldades enfrentadas pelos alunos e os autores que as diagnosticaram em seus trabalhos. Indicamos também neste quadro as aulas pertencentes à nossa sequência didática, descrita em maiores detalhes no Capítulo 4, em que tais dificuldades foram abordadas.

Quadro 1 – Dificuldades de aprendizagem estudadas por cada autor abordadas em cada uma das aulas.

AULA	LEI DE NEWTON	DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM ENFRENTADAS	AUTORES
1	Primeira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distinguir ausência de forças exercidas de resultante nula das forças; ▪ Generalizar o princípio da inércia: um corpo está em repouso ou em movimento uniforme se a resultante das forças nele exercidas for nula; ▪ Se um movimento ocorrer em mais de uma direção, analisar cada uma delas separadamente. 	Pacca, 1991. Valadares, 1995.
2	Primeira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dissociar a ideia de que é obrigatório exercer uma força para que um objeto se mova; ▪ Reconhecer o princípio da inércia em um objeto em movimento. 	Rezende; Barros, 2001. Valadares, 1995.
3	Terceira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer pares ação e reação como forças de mesma natureza; ▪ Reconhecer que as forças de ação e reação são iguais em módulo, independentemente da massa do corpo; ▪ Reconhecer que as forças de ação e reação são simultâneas; ▪ Identificar as forças de ação e reação em corpos diferentes. 	Luz; Álvares, 2013. Strieder; Becker, 2010. Talim, 1999. Valadares, 1995.
4	Terceira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diferenciar força de atrito e força de resistência do ar; ▪ Reconhecer que o módulo da força de atrito depende da força de contato (normal) entre os corpos; ▪ Ter consciência que o sentido da força de atrito é oposto à tendência de movimento entre as superfícies; ▪ Identificar e diferenciar atrito estático e cinético. 	Abeid, 2010. Caldas; Saltiel, 1999. Valadares, 1995.
5	Segunda	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer a aceleração como efeito dinâmico da resultante das forças (e não do seu aumento); ▪ Reconhecer que a existência de forças não obriga o sistema a estar acelerado; ▪ Ter consciência de que a força causa variação no movimento; ▪ Compreender que a massa depende da relação entre força e aceleração. 	Chibeni, 1999. Luz; Álvares, 2013. Martins, 1998. Valadares, 1995.
6	Segunda	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar as forças de contato e tração em corpos diferentes; ▪ Representar graficamente os vetores em um objeto que se move em um plano inclinado. 	Luz; Álvares, 2013. Peduzzi, 1987. Valadares, 1995.

Como mencionado no Capítulo 1, as Leis de Newton não são um conteúdo de fácil aprendizagem e a lista apresentada comprova isso. A seguir estão trabalhos que empregaram diferentes estratégias e alternativas que visam minimizar essas dificuldades.

Peduzzi e Peduzzi (1985) realizaram testes de múltipla escolha com 28 alunos do curso de Física Básica da UFSC com o objetivo de identificar ideias intuitivas sobre o conceito de força e a influência dessas ideias no aprendizado das duas primeiras leis de Newton. Os autores relatam que é

bastante significativa a frequência de respostas iguais e em desacordo com a mecânica newtoniana, revelando um forte pensamento intuitivo que persiste, mesmo após a instrução inicial que receberam em Dinâmica. Para sanar essa dificuldade de aprendizagem, os autores afirmam que é necessário fornecer exemplos (teóricos e experimentais) que os alunos não consigam explicar com seus modelos gerando, desta forma, uma insatisfação que, por sua vez, torna os alunos mais abertos a aceitar novos conceitos e leis, bem como se questionar a respeito de suas próprias ideias intuitivas.

Os autores também dizem que

Geralmente, em cursos de mecânica, o tratamento da relação força e movimento recai diretamente nas leis de Newton. Espera-se que, com o enunciado destas leis e alguns exemplos de aplicação, o aluno esteja apto para resolver uma série de problemas e questões. Esse procedimento, no entanto, tem-se mostrado deficiente na medida em que se constata que um grande número de estudantes não utiliza o formalismo newtoniano como referencial para as suas respostas. Em detrimento da teoria física aprendida, prevalece o senso comum do aluno e toda uma classe de respostas intuitivas emerge. (Peduzzi; Peduzzi, 1988, p. 146)

O insucesso na sistemática usual dada ao ensino das Leis de Newton exposto por Peduzzi e Peduzzi (1988) já justificava a necessidade de mudança de enfoque e, por isso, os autores propuseram uma alternativa, ilustrada na Figura 4.

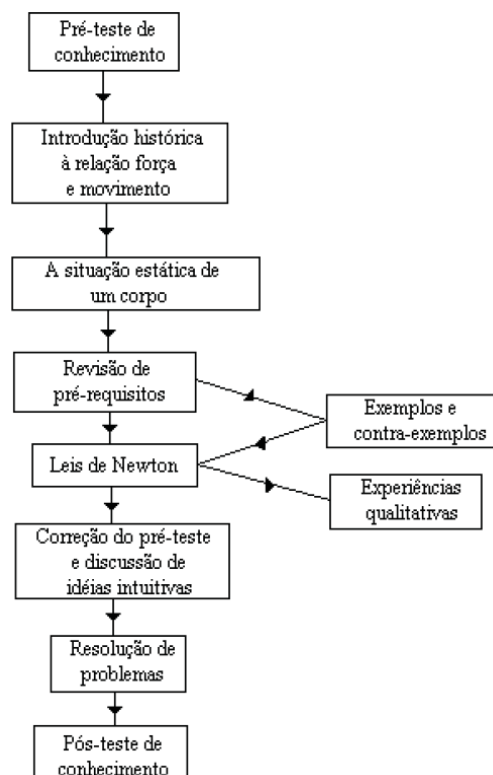


Figura 4 – Esquema de seqüência didática para estudo das Leis de Newton.

FONTE: PEDUZZI; PEDUZZI, 1988.

Talim (1999) realizou um estudo para identificar falhas na compreensão da Terceira Lei de Newton por 91 alunos do Ensino Médio: 62 da primeira série de uma escola particular de Belo Horizonte e 29 da segunda série de uma escola técnica federal da mesma cidade. Foi aplicado um teste de múltipla escolha para detectar a presença de conceitos espontâneos. Por exemplo, para muitos alunos da pesquisa, se há dois corpos em contato, mas um deles possui massa muito maior, a força de contato exercida pelo de maior massa também será maior. Outra situação verificada ocorre quando um corpo de grande massa é empurrado por uma pessoa que não consegue movê-lo: os alunos não reconheceram a força de reação. Depois de aplicado o teste, verificou-se como esses conceitos dificultam a aprendizagem e interferem na compreensão da Terceira Lei de Newton. Mesmo havendo uma grande discrepância nos contextos escolares da pesquisa, existem concepções alternativas em ambas as escolas. O autor verificou que quando a Terceira Lei é vista em exemplos diferentes os alunos não conseguiram reconhecê-la como explicação de todos os exemplos. Por isso o autor sugere o trabalho com cada uma das situações de maneira separada pelo professor e, posteriormente, os alunos devem trabalhar questões envolvendo todas as situações para uma melhor compreensão da Terceira Lei de Newton.

Reis e Garcia (2006) relatam o uso de elementos da exploração espacial para abordar o princípio da ação e reação junto a alunos do Ensino Fundamental de uma escola pública do estado do Paraná. Apesar de já terem uma noção do princípio da ação e reação, os alunos não conseguiam identificar a força de reação em situações cotidianas, como empurrar a parede (e a parede os empurrar de volta) ou pular sobre o chão (e a Terra os empurrar no sentido oposto). Foram feitos experimentos com doze alunos (que posteriormente foram submetidos a um instrumento de avaliação), além de dois professores (que foram entrevistados). Os experimentos empregavam materiais bastante simples: cadeira giratória, objetos com massas iguais e balões. Os resultados mostram que os alunos tiveram satisfação em vivenciar os experimentos, estabeleceram relações entre eles e a atividade espacial, demonstraram compreensão em diversos níveis dos conceitos físicos envolvidos e metade deles forneceu explicações razoáveis para o princípio da ação e reação.

Silva *et al.* (2006) relatam a construção de um objeto de aprendizagem chamado “carrinho de rolimã”. Trata-se de um simulador computacional que contém dois carrinhos de rolimã, lado a lado, e permite calcular qual deles chegará primeiro ao final da pista, com base em conceitos como Leis de Newton, massa, peso, gravidade, atrito, força e aceleração. Durante as simulações surgiu a problemática: como se aplicam as Leis de Newton no objeto de aprendizagem “carrinho de rolimã”? A pesquisa foi realizada na modalidade de projeto, no contraturno, com alunos do Ensino Médio em uma escola pública do interior do Rio Grande do Sul. Os pesquisadores depararam-se com uma realidade já

desvelada em avaliações nacionais e internacionais: os alunos concluem o Ensino Médio sem aprender fundamentos de Matemática e Ciência. Os alunos participantes do projeto acreditavam que decorar a teoria era suficiente para aprender. A abordagem adotada pelos autores para minimizar esse problema foi o uso de objetos de aprendizagem nos quais os alunos foram incentivados a se imaginar na sua casa com seus amigos construindo o melhor carrinho de rolimã possível. Inicialmente os alunos realizavam as simulações meramente por tentativa e erro. Posteriormente os alunos passaram a ajustar os parâmetros do simulador (massa do chassi, tipo de roda, massa do desafiante, tipo de pista e força do empurrão) estabelecendo relações entre esses parâmetros e o conteúdo visto em sala de aula. Os autores ressaltam que o recurso computacional utilizado trouxe benefícios para a aprendizagem, mas que o papel do professor é fundamental para o êxito do projeto.

Heineck *et al.* (2007) questionaram metodologias do ensino de Física, sugeriram o uso do computador e elaboraram um *software* para facilitar o processo de aprendizagem à luz da teoria de Vygotsky. Os autores criticam o uso de conceitos, leis e equações desarticulados entre si, exemplos distantes do cotidiano e falta de vínculo entre a linguagem matemática e seu significado físico. Foram abordados na sua pesquisa os seguintes conteúdos de Física da primeira série do Ensino Médio: Cinemática, Leis de Newton e Energia. O *software* desenvolvido aborda os conteúdos em pequenos módulos contendo: explicações conceituais bastante específicas do conteúdo estudado na forma de texto, um vídeo reproduzindo um experimento de laboratório, um simulador baseado no experimento do vídeo, exercícios de interpretação e compreensão do conteúdo e, por fim, informações adicionais. O trabalho teve como alvo três turmas da primeira série do Ensino Médio da mesma instituição e com o mesmo professor. Na turma A o professor trabalhou o conteúdo utilizando a metodologia tradicional. Na turma B o professor empregou o *software* desenvolvido, mas sem mediar sua utilização. Na turma C o professor também empregou o *software*, porém, mediu sua utilização. Ao final do processo todos os alunos foram submetidos a avaliações contendo perguntas sobre o uso dos recursos didáticos, a compreensão do conteúdo e a influência dos recursos na aprendizagem. Nas turmas B e C, que empregaram o *software*, os índices de acertos foram superiores ao da turma A, sendo que na turma C, a grande maioria dos alunos compreendeu bem o conteúdo.

Pereira (2011) abordou as Leis de Newton utilizando a história da ciência como recurso pedagógico baseando seu trabalho no estudo histórico sobre o desenvolvimento da mecânica newtoniana. A autora relata que seus alunos não gostam de Física, apresentam dificuldades com equações e não estabelecem relações entre o cálculo e o fenômeno. O projeto foi aplicado em uma turma da primeira série do Ensino Médio de uma escola estadual da cidade de Alfenas (MG). As aulas foram planejadas dentro da sequência a seguir: apresentação do assunto, quem começou com a ideia,

como foi a vida desse cientista, suas curiosidades e o preço que pagariam por elas frente ao idealismo da época, aplicações atuais e importância de estudarmos as Leis de Newton. Os alunos foram levados a refletir sobre a evolução do pensamento científico e do método científico. Houve debates entre os alunos sobre os tópicos estudados e a apresentação de um vídeo contendo a matéria vista em aula. A autora aponta bons resultados: além do conteúdo propriamente dito da disciplina, houve ampliação de conhecimentos históricos, desconstrução do modelo do cientista como ser distante da nossa realidade e desmitificação de que a Física é uma disciplina complicada, sem utilidade e recheada de matemática.

Alves *et al.* (2012) utilizaram mapas conceituais no ensino das Leis de Newton. A pesquisa foi baseada na construção de mapas conceituais por 30 alunos da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Itabaiana (SE). Os alunos apresentavam dificuldades na compreensão de conceitos (inércia, por exemplo) e também na relação entre as leis. Num primeiro momento o professor abordou os conteúdos utilizando mapas conceituais como forma de exemplificação. Num segundo momento os alunos construíram seus próprios mapas, que foram posteriormente analisados pelos pesquisadores. A análise dos mapas teve caráter diagnóstico sob alguns dos seguintes critérios: conceitos, inter-relações e estrutura do mapa, classificando os mapas com níveis de 0 a 6. Conforme o nível dos mapas baseavam-se as aulas, propondo alternativas para sanar as dúvidas. Os autores relatam que inicialmente os mapas eram apenas longas frases copiadas do texto, evoluindo gradualmente para palavras-chave com boas ligações entre si. Após a construção dos mapas os alunos passaram a refletir mais sobre o conteúdo e os professores passaram a ressaltar mais as relações significativas entre os conteúdos ensinados.

Cozendey *et al.* (2013) construíram vídeos didáticos bilíngues (Português e LIBRAS) abordando as Leis de Newton em turmas inclusivas de uma escola pública no interior do estado de São Paulo que continham alunos surdos no Ensino Médio. Primeiramente houve um acompanhamento das aulas na sala de recursos visando conhecer as principais dificuldades apresentadas nas aulas de Física. De posse dessa informação, foram elaborados roteiros e desenvolvidos seis vídeos que discutiram conceitos envolvidos nas Leis de Newton: velocidade, aceleração, força, Primeira, Segunda e Terceira Lei de Newton. Os vídeos utilizaram Língua Portuguesa falada e escrita (legendas) e Língua Brasileira de Sinais: em primeiro plano é exibida a mensagem em LIBRAS e essa mesma mensagem é narrada em Português e apresentada na forma de legendas. Cabe ressaltar que os vídeos valorizaram aspectos visuais, apresentando situações cotidianas, permitindo que os alunos conhecessem a teoria e verificassem a aplicação do conceito na prática. Os autores do estudo relatam que o uso do recurso audiovisual promoveu mais discussões entre os alunos sobre o assunto, estimulou a participação dos mesmos e favoreceu a compreensão dos tópicos estudados.

Esses foram alguns dentre outros tantos relatos de propostas de ensino das Leis de Newton em diferentes locais do Brasil. Em todos eles buscaram-se outras estratégias para que houvesse êxito na aprendizagem do conteúdo, mas, além disso, os estudos mostraram que houve um ganho adicional: o conteúdo estudado acabou estabelecendo relações com outras áreas do conhecimento, o que é bom e vai ao encontro do referencial curricular PCN+ (Brasil, 2007, p. 59):

(...) as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado quando trabalhadas de forma isolada. Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens.

A nossa proposta com este trabalho também é oferecer uma estratégia diferente para abordar as Leis de Newton (o método *Peer Instruction*) e, com isso, favorecer a aprendizagem das Leis, otimizar a apropriação dos conceitos e reduzir as dificuldades elencadas no início desta seção. A inserção do método *Peer Instruction* vem ao encontro da metodologia proposta pelos PCN+: estar mais próxima da realidade tecnológica vivenciada pelos jovens diariamente, estimular a interação dos colegas, valorizar o saber do aluno que já domina o assunto e possibilitar mais uma oportunidade àquele que ainda necessita de ajuda (Araujo e Mazur, 2013, p. 367).

Na próxima seção será abordada a teoria de aprendizagem que serviu de base para este trabalho, a Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A teoria de aprendizagem que serviu de alicerce para este trabalho é a Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, que será apresentada neste capítulo através de seus tópicos principais e respectivas conexões com a proposta do trabalho.

3.1. Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel

David Paul Ausubel (1918 – 2008) foi um psiquiatra norte-americano que dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional. Sua teoria é uma representante do cognitivismo e resulta no armazenamento organizado de informações na mente de quem aprende (Pelizzari *et al.*, 2002).

O próprio Ausubel sintetiza os pontos fundamentais de sua teoria em uma frase:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo (Moreira e Ostermann, 1999, p. 45).

Apesar de bastante sucinta, esta frase carrega muitas dificuldades, pois não é simples descobrir o que o aluno já sabe para ensiná-lo com base nisso. A metodologia *Peer Instruction* vem ao encontro dessa teoria tentando reduzir estas dificuldades.

De acordo com Ausubel (Moreira e Ostermann, 1999), a **aprendizagem significativa** ocorre quando uma nova informação interage, de forma relevante, com conhecimentos que já estão presentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Esse conhecimento prévio, que pode ser um conceito, uma ideia, uma observação, é chamado de **subsunçor**. À medida que um subsunçor é utilizado para aprendizagem de novos conceitos, ele é aprimorado, refinado. Ou seja, o aprendizado de novas informações, na medida em que ocorre, deve estabelecer laços com os conceitos que já existem na estrutura cognitiva do aluno. No caso da Física é bastante frequente que os alunos simplesmente memorizem uma sequência de fórmulas e equações desconectadas do conceito e/ou do fenômeno físico.

No estudo das Leis de Newton, o fato de simplesmente apresentar as definições aos alunos (a partir do livro texto, por exemplo) e explicá-las meramente reproduzindo o que está no livro é um exemplo de abordagem que, provavelmente levará os alunos a apenas decorarem o conteúdo. Este é um exemplo do que Ausubel chama de **aprendizagem mecânica**, que segundo Moreira e Ostermann (1999, p. 47), “contrapõe-se à aprendizagem significativa, pois as novas informações são aprendidas praticamente sem se relacionarem com o que o aluno já sabe.”

As Leis de Newton são trabalhadas geralmente de forma expositiva e mecânica. Os alunos, não compreendendo o real significado delas, como consequência, acabam apenas reproduzindo o que foi exposto sem refletir nos conceitos. Sendo assim, torna-se necessário provocar reflexões no aluno e fazer questionamentos para mapear o que os alunos já sabem, quais são suas concepções sobre conceitos que serão abordados.

O produto educacional desenvolvido para este trabalho e a forma colaborativa de trabalho que ocorreu em sala de aula pelo método *Peer Instruction* potencializaram nos alunos os subsunçores necessários à aprendizagem significativa. Por exemplo, para se chegar ao entendimento de força de atrito, inicia-se abordando a ideia de força, que os alunos já trazem de forma intuitiva através de sua vivência e das aulas iniciais já dadas sobre o assunto. Pressupõe-se que os alunos compreendam esse novo conhecimento (força de atrito) por meio da ancoragem no subsunçor força.

No decorrer das aulas, quando novas informações e conceitos referentes à ideia de força forem aprendidos de forma significativa, ocorre um crescimento dos conceitos subsunçores iniciais, que se tornam mais elaborados, mais inclusivos e conseqüentemente capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas ao conceito de força (Moreira, 2014).

Foram empregados durante a aplicação do produto educacional em sala de aula os conhecimentos prévios e relevantes dos alunos, adquiridos através das tarefas prévias e também foram considerados (e valorizados) os conhecimentos que os alunos já possuíam em sua estrutura cognitiva antes mesmo de realizarem as tarefas propostas como, por exemplo, movimento, repouso, força e aceleração. Com isso, objetivou-se enriquecer esses subsunçores e torná-los cada vez mais sólidos e diferenciados, favorecendo a aprendizagem significativa.

De acordo com Moreira,

A aprendizagem significativa caracteriza-se, pois, por uma interação (não por uma simples associação) entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, através da qual essas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não-arbitrária e não-literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva. (MOREIRA, 1999, p. 47).

Ao longo do processo de aprendizagem, ideias são desenvolvidas e reelaboradas em decorrência de sucessivas interações: a **diferenciação progressiva** e a **reconciliação integradora**. Ao orientar as atividades de ensino nesses princípios, o professor deve procurar apresentar as ideias gerais do conteúdo inicialmente e depois, progressivamente, diferenciá-las em termos de detalhe e especificidade. Torna-se mais fácil para o aluno captar aspectos específicos de um todo mais inclusivo aprendido anteriormente, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas.

Neste trabalho, não só nas tarefas prévias, como também na primeira abordagem de um conteúdo novo em sala de aula (em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel), começou-se apresentando as situações mais gerais, os conceitos mais abrangentes, e progressivamente houve um aprofundamento para os mais específicos, fornecendo subsídios para os alunos fazerem diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Retomando o exemplo já citado anteriormente, para aprender o significado de força de atrito, o aluno utiliza o subsunçor força que já existe em sua estrutura cognitiva como significado de “fazer força”, “puxar com força” ou de alguma outra forma. À medida que esse subsunçor vai sendo utilizado e novos significados vão sendo atribuídos a ele, a diferenciação progressiva está atuando. Até o estudante compreender o conceito de força de atrito, ele deve aprimorar, refinar e enriquecer ainda mais o subsunçor força, reconhecendo novas relações entre os assuntos estudados anteriormente e os atuais. A reconciliação integradora consiste nesse estabelecimento de novas relações entre os assuntos estudados.

Para que a aprendizagem significativa ocorra, segundo Ausubel, são necessários dois elementos: o material deve ser **potencialmente significativo** para o indivíduo que aprende e o aluno deve manifestar disposição para aprender significativamente. O primeiro item implica que o material a ser aprendido interaja com a estrutura cognitiva do aluno de forma que incentive os estudantes a utilizarem os subsunçores necessários, além de apresentar parte do conteúdo em um grau de generalidade maior, indo gradualmente para níveis mais específicos. O segundo item será atingido quando o aluno estiver disposto a relacionar as novas informações de maneira não arbitrária (não apenas de forma casual/eventual) e não literal (meramente decorando os conceitos) aos seus conhecimentos prévios (Moreira, 2014).

Tanto as tarefas prévias quanto as sequências didáticas elaboradas para cada uma das aulas foram pensadas para que ocorressem da forma mais dinâmica possível, não apenas para otimizar o tempo, mas proporcionando uma variedade maior de exemplos e contextos relacionados ao conteúdo. Esse cuidado visa motivar os alunos a aprender dentro dessa perspectiva.

Como estratégia, o professor pode mostrar aos alunos que o método *Peer Instruction* associado às tarefas de leitura pode resultar em uma aprendizagem significativa já em sala de aula e dessa forma não serão necessárias horas de estudo em casa para aprender o conteúdo que não foi compreendido durante as aulas.

Pelizzari *et al.* (2002) vão ao encontro desse pensamento dizendo que a atividade do aluno é autoestruturante e que o conhecimento é aprendido de forma significativa quando o aluno é participante ativo do processo, não repetindo e/ou decorando conceitos do livro, mas realizando uma reelaboração pessoal.

Nesse sentido, os estudantes foram avaliados por seu interesse e esforço em realizar as tarefas prévias e responder às questões, bem como por participarem ativamente das discussões propostas pelo *Peer Instruction* durante as aulas. Cabe ressaltar que, nas tarefas prévias, não foi considerado o fato de as respostas estarem corretas ou não, porque esse tipo de avaliação poderia estimular os alunos a simplesmente reproduzir partes do texto e/ou a copiar dos colegas e isso fatalmente resulta, na melhor das hipóteses, em uma aprendizagem mecânica. Por outro lado, durante as aulas, as questões propostas foram elaboradas sempre que possível de uma maneira diferente: exemplos diferentes, contextos diferentes, enunciados estruturados de forma diferente, etc., o que acaba exigindo que o aluno se esforce para estabelecer relações entre o conteúdo visto e a questão apresentada.

Segundo Moreira,

No cotidiano escolar a avaliação é muito mais behaviorista do que construtivista e determina largamente as práticas docentes. O contexto (administradores escolares, pais, advogados, a sociedade em geral) exige “provas” de que o aluno “sabe ou não sabe”. Esse tipo de avaliação baseada no sabe ou não sabe, no certo ou errado, no sim ou não, é comportamentalista e geralmente promove a aprendizagem mecânica, pois não entra na questão do significado, da compreensão, da transferência. Se o aluno sabe resolver um problema, sabe definir algo, sabe listar as propriedades de um sistema, está bem mesmo que não tenha entendido o problema, a definição ou o sistema. (MOREIRA, 2002, p. 23 e 24).

Através do método *Peer Instruction* podemos avaliar se os resultados de aprendizagem desejados estão sendo alcançados observando o posicionamento, a qualidade da argumentação e o nível de maturidade dos conceitos adotados pelos alunos durante as interações com seus colegas quando uma questão conceitual é proposta. Além disso, se após a discussão com seus pares, obtém-se um percentual de acerto superior a 70% dos alunos, é um possível indício de que a aprendizagem já está acontecendo. Confia-se nesse percentual partindo-se da premissa que os testes conceituais são adequados ao nível de ensino e possuem qualidade necessária para avaliar o que se propõe.

As consequências das aulas adotarem o método *Peer Instruction* trabalhando à luz da Aprendizagem Significativa de Ausubel consistem em ganhos substanciais em termos de participação dos alunos antes e durante as aulas, qualidade das aulas, estabelecimento de relações mais profundas entre os conteúdos abordados e conseqüentemente, avaliações com resultados melhores.

O Capítulo 4 trata da metodologia adotada neste trabalho e consiste de: contextualização da escola, estrutura proposta para as aulas, além de detalhamentos do sistema de votação e do produto educacional elaborado.

4. METODOLOGIA

Este capítulo inicia com o detalhamento do contexto escolar onde o produto educacional foi aplicado; segue com a estrutura dos episódios de ensino; traz uma descrição do material elaborado para cada um deles e explica o funcionamento do aplicativo *Plickers*, utilizado neste trabalho como sistema de votação. O relato das aulas ministradas é apresentado no próximo capítulo.

4.1. Contextualização da escola

A Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, de Novo Hamburgo, foi fundada em 1967, possui cerca de 3500 alunos e 200 professores, dos quais oito são da disciplina de Física. Possui vários laboratórios dedicados às disciplinas específicas dos cursos técnicos e também laboratórios de Física, Química, Biologia, Matemática e Informática. Oferece cursos integrados diurnos (Ensino Profissionalizante integrado ao Ensino Médio) e cursos noturnos (Ensino Profissionalizante pós Ensino Médio).

A Fundação Liberato é referência na região pelo ensino de qualidade, altos índices de empregabilidade alcançada pelos alunos egressos, relevância e nível de maturidade dos projetos de pesquisa e ensino desenvolvidos com os discentes. É reconhecida também pelos prêmios que conquista em feiras de ciência e tecnologia em nível pré-universitário no Brasil e no exterior, além de ser responsável pela concepção e realização da MOSTRATEC, a maior feira de ciência e tecnologia em nível pré-universitário da América do Sul (www.mostratec.com.br). Cabe ainda ressaltar que, mesmo não sendo o foco da instituição, os alunos egressos alcançam pontuações muito boas no ENEM e altas taxas de ingresso no Ensino Superior.

O produto educacional desenvolvido no escopo do presente trabalho foi aplicado em sete turmas de primeira série (diurno) do Curso Técnico de Eletrônica. Em 2015⁶, em uma turma do turno da manhã e duas do turno da tarde. Em 2016, o produto educacional foi aplicado em duas turmas do turno da manhã e duas do turno da tarde. As turmas da primeira série têm quatro períodos (50 minutos cada) de Física por semana e cada turma tem, em média, 32 alunos.

⁶ A primeira aplicação, em 2015, serviu para adquirir experiência com o método e realizar uma primeira testagem do produto educacional. Foram, então, feitas melhorias no produto educacional, para a segunda aplicação, que ocorreu em 2016.

4.2. Estruturação das aulas

A fim de desenvolver aulas mais adequadas aos alunos da Fundação Liberato, decidimos iniciar verificando a motivação dos alunos para aprender Física. Nesse sentido foi aplicado um questionário inicial (apresentado no Apêndice A) que traz 11 questões e sonda: áreas de interesse dos alunos na Física; dificuldades para aprender e/ou estudar Física; contato prévio com a disciplina de Física antes do ingresso na Fundação Liberato; e abre espaço para avaliar a forma de trabalho adotada pela disciplina na Fundação Liberato. O questionário foi aplicado em março de 2015, a um público-alvo constituído por 94 alunos que cursaram o primeiro ano em 2014, tendo ou não sido aprovados.

Recebemos respostas de seis alunos da primeira série e 28 da segunda, totalizando 34 alunos. Todos disseram que gostam das aulas de Física, mas apenas três disseram que Física é sua disciplina favorita. Vinte alunos consideram a disciplina interessante por explicar fenômenos do dia a dia, ter aulas práticas e dar sentido ao que a matemática trabalha. Metade deles deseja que a Física aborde conteúdos relacionados à área técnica (no caso, disciplinas do curso de Eletrônica), conteúdos de Física Moderna e Astronomia.

Com relação aos aspectos negativos apontados pelos alunos em relação à disciplina de Física, as respostas variaram muito na forma, mas não no teor: eles alegam ter dificuldades para interpretar o fenômeno e/ou questões propostas e, conseqüentemente, não sabem o que responder.

A grande maioria dos alunos (29) disse ter problemas para aprender e estudar Física, porque não entende as fórmulas; não entende os enunciados; o livro didático é difícil; e não conseguem se concentrar para estudar. Do total de 34 alunos que respondeu ao questionário, 20 já haviam estudado Física antes de ingressar na Fundação Liberato, mas 17 deles alegam que não foi uma experiência boa, por ter sido superficial e/ou o professor não ter se mostrado capaz de tirar as dúvidas que eles apresentaram. Os demais alunos não tiveram contato com a disciplina de Física antes de ingressar na Fundação Liberato.

Por fim, todos os respondentes disseram que gostam das aulas teóricas, gostam muito das aulas práticas e apontaram as aulas de reforço e monitoria como ferramentas importantes para melhorar seus próprios desempenhos. Os dados extraídos do questionário se mostraram relevantes para este trabalho porque evidenciam que os alunos têm certa predisposição inicial para aprender, o que recomenda a teoria de Ausubel.

Com o objetivo de abordar as Leis de Newton através do método *Peer Instruction*, procurando sanar as dificuldades de aprendizagem listadas no Capítulo 2, foram planejados seis episódios de ensino de 1h40min cada (vide Quadro 2). Para cada Episódio de Ensino (abreviado como E.E. no Quadro 2) foi desenvolvido material instrucional que constitui o produto educacional desta dissertação:

tarefas prévias (Apêndice C), momentos da sequência didática (Apêndice D) e questões conceituais (Apêndice E).

Quadro 2 – Para cada Episódio de Ensino (primeira coluna), são apresentadas as dificuldades de aprendizagem e as estratégias de ensino utilizadas.

E.E.	DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM A SEREM SANADAS	ESTRATÉGIAS
1 - Primeira Lei de Newton	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distinguir ausência de forças exercidas de resultante nula das forças; ▪ Generalizar o princípio da inércia: um corpo está em repouso ou em movimento uniforme se a resultante das forças nele exercidas for nula; ▪ Se um movimento ocorrer em mais de uma direção, analisar cada uma delas separadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comentários sobre a Tarefa Prévia 1 (texto); ▪ Questionar aos alunos o que eles sabem sobre <i>força</i>; ▪ Revisar conceitos: referencial, movimento, repouso, MRU; ▪ Abordar a definição de força contida no livro e estabelecer relações com os conceitos revisados da Cinemática; ▪ Exemplificar o princípio da inércia com experimentos simples (moedas, copo e cartão) e com o uso de caneleiras de ginástica; ▪ Exposições orais/dialogadas seguidas de questões conceituais; ▪ Envio da Tarefa Prévia 2 via <i>Google Forms</i>.
2 - Primeira Lei de Newton	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dissociar a ideia de que é obrigatório exercer uma força para que um objeto se mova; ▪ Reconhecer o princípio da inércia em um objeto em movimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comentários sobre a Tarefa Prévia 2 (questionário); ▪ Revisar o conceito de força e dar exemplos de forças que serão estudadas; ▪ Apresentar a força peso aos alunos e definir massa como a medida da inércia de um corpo; ▪ Utilizando massas penduradas em uma mola vertical, estabelecer uma relação entre a deformação da mola e a força peso; ▪ Exposições orais/dialogadas seguidas de questões conceituais; ▪ Envio da Tarefa Prévia 3 via <i>Google Forms</i>.
3 - Terceira Lei de Newton	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer pares ação e reação como forças de mesma natureza; ▪ Reconhecer que as forças de ação e reação são iguais em módulo, independentemente da massa do corpo; ▪ Reconhecer que as forças de ação e reação são simultâneas; ▪ Identificar as forças de ação e reação em corpos diferentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comentários sobre a Tarefa Prévia 3 (texto); ▪ Ler com os alunos a definição do livro didático para a Terceira Lei de Newton e comentar os exemplos que a acompanham; ▪ Caracterizar o par ação e reação peso e força gravitacional; ▪ Caracterizar par ação e reação força de contato e força normal; ▪ Representar pares ação e reação em uma corda tracionada e em uma mola esticada; ▪ Exposições orais/dialogadas seguidas de questões conceituais; ▪ Envio da Tarefa Prévia 4 via <i>Google Forms</i>.
4 - Terceira Lei de Newton	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diferenciar força de atrito e força de resistência do ar; ▪ Reconhecer que o módulo da força de atrito depende da força de contato (normal) entre os corpos; ▪ Ter consciência que o sentido da força de atrito é oposto à tendência de movimento entre as superfícies; ▪ Identificar e diferenciar atrito estático e cinético. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comentários sobre a Tarefa Prévia 4 (texto); ▪ Discutir a diferença entre força de atrito e resistência do ar; ▪ Explicitar a dependência do atrito com a força normal; ▪ Explicitar a dependência da resistência do ar com a velocidade do objeto; ▪ Introduzir conceitos de atrito estático e cinético utilizando o gráfico $F_{AT} \times F$; ▪ Exposições orais/dialogadas seguidas de questões conceituais; ▪ Envio da Tarefa Prévia 5 via <i>Google Forms</i>.

Continua na próxima página

Continuação da página anterior

E.E.	DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM A SEREM SANADAS	ESTRATÉGIAS
5 - Segunda Lei de Newton	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer a aceleração como efeito dinâmico da resultante das forças (e não do seu aumento); ▪ Reconhecer que a existência de forças não obriga o sistema a estar acelerado; ▪ Ter consciência de que a força causa variação no movimento; ▪ Compreender que a massa depende da relação entre força e aceleração. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comentários sobre a Tarefa Prévia 5 (texto e figura); ▪ Discutir com os alunos a relação entre força e aceleração (massa); ▪ Ler e promover a reflexão sobre o enunciado da Segunda Lei de Newton que está no livro didático; ▪ Representar graficamente no diagrama de corpo isolado os vetores força e aceleração; ▪ Determinar a resultante das forças exercidas sobre um objeto e relacioná-la com sua aceleração em exercícios no plano horizontal e no plano inclinado com e sem atrito; ▪ Exposições orais/dialogadas seguidas de questões conceituais; ▪ Envio da Tarefa Prévia 6 via <i>Google Forms</i>.
6 - Segunda Lei de Newton	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar as forças de contato e tração em corpos diferentes; ▪ Representar graficamente os vetores em um objeto que se move em um plano inclinado. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comentários sobre a Tarefa Prévia 6 (simuladores); ▪ Realizar resolução de exercícios sobre objetos sob a ação de forças no plano horizontal e no plano inclinado com e sem atrito; ▪ Exposições orais/dialogadas seguidas de questões conceituais; ▪ Aplicação de questões do teste conceitual dos professores Silveira, Moreira e Axt (Anexo B).

O texto de apoio utilizado foi o próprio livro didático adotado na Escola, intitulado “Física: Contexto e Aplicações” dos autores Beatriz Alvarenga Álvares e Antônio Máximo Luz (Editora Scipione, 2013), conforme mencionamos no Capítulo 1. Salientamos que as tarefas prévias, os momentos da sequência didática e a utilização do método *Peer Instruction* são complementares ao livro didático.

Ao final da aplicação do produto educacional foi enviado um questionário avaliando todas as suas etapas (o questionário está disponível no Apêndice B). Da mesma forma que as tarefas prévias, o envio para os alunos ocorreu através da plataforma *Google Forms*. No sétimo encontro ouvimos as opiniões, comentários e sugestões dos alunos, revisamos o conteúdo e resolvemos problemas.

4.3. Material elaborado

Nesta seção apresentamos uma descrição do material elaborado⁷ na forma de texto eletrônico: Tarefas Prévias, momentos da Sequência Didática, Questões Conceituais e Sistema de votação com o uso de *Plickers*.

⁷ O produto educacional está disponível no link http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v27n4.pdf.

4.3.1. Tarefas prévias

Para cada um dos episódios de ensino foi elaborada uma tarefa de preparação prévia (leitura/visualização de texto, página da Internet, simulador, ilustração ou trecho do livro didático) e questões a serem respondidas e justificadas pelos alunos. Além disso, em cada tarefa prévia, os alunos são solicitados a indicar as partes que ficaram dúvidas e/ou que tiveram maiores dificuldades de compreensão, além daquilo que, na opinião deles, mais despertou atenção no material estudado.

As tarefas prévias utilizadas para cada episódio de ensino encontram-se no Apêndice C. Na sua elaboração, foram levadas em conta as dificuldades de aprendizagem apontadas na literatura, conforme discutido no Capítulo 2. A tarefa prévia 1, por exemplo, se constitui de: um texto que mostra a evolução histórica do pensamento científico em relação a corpos em movimento e a forças exercidas sobre esses corpos; questões que visam saber dos alunos o que acharam mais confuso e/ou mais interessante no texto; e duas questões conceituais objetivas com uma única alternativa correta, cuja escolha deve ser justificada.

Foi acordado em reunião no início do ano letivo que os professores de Física da primeira série da Fundação Liberato proporcionariam uma atividade extra a cada trimestre que, se realizada corretamente, resultaria em um ponto a mais na nota final do trimestre. Como forma de incentivar os alunos a realizarem as tarefas prévias propostas neste trabalho, informei aos alunos que o bônus na nota do segundo trimestre seria baseado na realização das tarefas prévias.

4.3.2. Momentos da sequência didática

Trata-se de um cronograma com as atividades a serem desenvolvidas em cada episódio de ensino e uma estimativa de tempo que deve ser dedicada para cada uma delas. Vale lembrar que este tempo pode variar dependendo das características da turma, das dificuldades apresentadas, das respostas da tarefa prévia ou de outros fatores que o professor julgar pertinentes. A sequência didática segundo os momentos planejados para cada episódio de ensino está disponível no Apêndice D.

No primeiro encontro, por exemplo, sugere-se: dez minutos para discutir as respostas obtidas na tarefa prévia, perguntar aos alunos o que sabem sobre força e dar exemplos de forças; quinze minutos para tratar do caráter vetorial da força, representar o vetor força exercido sobre um objeto, representar mais de um vetor no mesmo objeto, discutir com os alunos os conceitos de resultante das forças e de equilíbrio; quinze minutos para as questões conceituais 1, 2 e 3; e assim por diante.

4.3.3. Questões conceituais

São questões que avaliam a compreensão do aluno acerca do fenômeno físico que está sendo estudado. As questões foram escolhidas e/ou elaboradas com base nas dificuldades apontadas na literatura e o grau de dificuldade está identificado antes de cada questão. Segundo Mazur (1997) o ponto fundamental do método *Peer Instruction* são as questões conceituais, que devem permitir aos alunos sintetizar e analisar informações considerando sua forma de pensar. Para serem eficazes nessa proposta, as questões conceituais precisam satisfazer os seguintes critérios:

- Focar em um único conceito;
- Conter respostas adequadas de múltipla escolha;
- Devem ser redigidas de forma clara (não ambígua);
- Não depender de equações para serem resolvidas;
- Apresentar um nível de dificuldade apropriado, não sendo fáceis ou difíceis demais.

As questões conceituais utilizadas em cada um dos episódios de ensino encontram-se no Apêndice E.

4.3.4. Sistema de votação: *Plickers*

Conforme mencionado no Capítulo 2, neste trabalho empregamos o aplicativo *Plickers* como sistema de votação das questões conceituais. O aplicativo *Plickers* permite fazer a leitura em tempo real de cartões de resposta personalizados (um para cada aluno) e identifica na tela do *smartphone* do professor qual a resposta de cada aluno para uma dada questão. No Apêndice F detalhamos, passo a passo, o uso do aplicativo *Plickers*.

No próximo capítulo está a narrativa de cada um dos episódios de ensino utilizando a metodologia descrita até aqui.

5. APLICAÇÃO DOS EPISÓDIOS DE ENSINO

Este capítulo contém os relatos da aplicação dos episódios de ensino utilizando o método *Peer Instruction* na abordagem das Leis de Newton em quatro turmas da primeira série do Ensino Médio da Fundação Liberato durante o mês de agosto de 2016. As turmas totalizam 118 alunos com faixa etária entre 14 e 16 anos e pertencem ao Curso Técnico de Eletrônica na modalidade de ensino profissionalizante integrado (diurno): as disciplinas da área técnica ocorrem concomitantemente às disciplinas regulares.

Todos os alunos possuíam acesso à internet, a grande maioria em casa. Os alunos que não possuíam acesso à internet em casa puderam realizar suas atividades prévias nos laboratórios de informática da Fundação Liberato.

Cerca de um mês antes do início da aplicação do produto educacional foi realizada uma aula (abordando outro conteúdo) utilizando os cartões de resposta, o aplicativo *Plickers* e a discussão entre os colegas, com o objetivo de familiarizar os alunos com essa forma de trabalho. Nessa aula foi explicado para os alunos que haveria a aplicação de um produto educacional que utilizaria esta sistemática durante várias aulas seguidas.

Foram esclarecidas dúvidas sobre o sistema de votação, a importância dos momentos de reflexão individual e dos momentos de interação entre os colegas como forma de aprendizado. O resultado foi ótimo. Quando iniciamos a aplicação do produto educacional não houve nenhuma dúvida quanto à forma de trabalho adotada.

5.1. Descrição das atividades

As atividades prévias (Apêndice C) foram enviadas para os *e-mails* das turmas com antecedência mínima de 48 horas em relação a cada episódio de ensino. A plataforma *Google Forms*, utilizada, permite compilar as respostas em uma planilha eletrônica, o que facilita para tabular, classificar e analisar os dados, e verificar a quantidade de respostas recebidas. Os resultados também podem ser exibidos gráficos.

A Figura 5 mostra a tela do *Google Forms* contendo um trecho de uma atividade prévia.

[PERGUNTAS](#) [RESPOSTAS](#) **107**

Atividade prévia 3 - Ação e Reação

PRIMEIRO LEIA AS PÁGINAS 105, 106 E 107 DO SEU LIVRO DIDÁTICO.
DEPOIS RESPONDA ÀS QUESTÕES.

Nome do(a) aluno(a):

Turma *

1. 4111
2. 4112
3. 4123
4. 4124

1) Comente os pontos que você achou confuso nesse texto (se não conseguiu entender bem).

Figura 5 – Tela da plataforma Google Forms de uma atividade prévia. FONTE: o autor.

A Figura 6 mostra um gráfico das respostas recebidas em uma atividade prévia, informando o percentual de respostas (alunos que responderam) correspondente a cada turma.



Figura 6 – Gráfico das respostas recebidas em uma atividade prévia. FONTE: o autor.

A Figura 7 mostra as respostas de cada aluno no formato de planilha eletrônica. Antes de cada episódio de ensino, os dados da planilha eram classificados por turma, impressos e levados para a aula a fim de serem discutidos com os alunos da turma em questão.

Prévia 3 (respostas) ☆ ■

Visualizar Inserir Formatar Dados Ferramentas Formulário Complementos Ajuda Todas as alterações foram salvas no Drive

	D	E	F	G	H	I
	1) Comente os pontos que você achou co	2) Comente agora os pon	3) (UNIPAC – adaptado)	1) Justifique a sua escolha.	4) (PUC-MG – adaptado)	Justifique a s
4123	Um ponto que não entendi foi porque quai	Um dos pontos que achei o peso de um corpo color	Porque a mesa não exerc	o cavalo exerce sobre o c	Porque quan	
4112	Achei o texto bem explicativo, e consegu	Achei importante os exer	a força com que a Terra a	Concluo que é a alternati	o cavalo exerce sobre o c	O cavalo exe
4112	Não entendi muito bem sobre a reação de	Achei interessante o exei	o peso de um corpo color	Porque a mesa não exerc	o cavalo exerce sobre o c	O cavalo exe
4112	Nao achei o texto confuso, estava bem et	"a acao de uma forca sot	a força com que a Terra a	Por que nao acho que um	o cavalo exerce sobre o c	pq o cavalo a
4112	É um pouco difícil entender como algo qu	A explicação da terceira l	a força com que a Terra a	Um tijolo normal não pos:	o solo exerce sobre o ca	Quando o car
4112	Só achei confuso o exemplo do bloco inc	Eu achei mais importante	o peso de um corpo color	Porque a mesa é obrigad	o cavalo exerce sobre a c	Ele exerce ui
4112	Não encontrei dúvidas.	Se um objeto exerce uma	o peso de um corpo color	Nesta alternativa, ambas	o cavalo exerce sobre o c	O cavalo exe
4112	Entendi bem todo o texto.	O conceito da lei e també	a força com que um aviãc	Todos os exemplos possi	o cavalo exerce sobre a c	Para o cavalc
4112	Se entende tudo, leis de Newton é uma n	TUDO	a força com que um aviãc	Nessa situação, como o	o cavalo exerce sobre o c	No momento
4112	Creio que compreendi bem o texto	Pontos que eu achei mai:	a força com que a Terra a	Acho que o tijolo não fará	o cavalo exerce sobre a c	A força do ca
4124	O texto é, na minha opinião, de fácil ente	Quando uma força atua s	a força que uma pessoa,	A lei de ação é reação nã	a charrete exerce sobre c	Se a charrete
4124	Na página 105 no exemplo a) da bola. Se	A explicação do exemplo	a força que uma pessoa,	O solo não exerce força!	a charrete exerce sobre c	Pois a charre
4112	Intendi tuto.	TODA REAÇÃO SEMPR	o peso de um corpo color	O tijolo está em cima da	o cavalo exerce sobre o c	Pois o cavalc
4112	N/A	Se a soma dos vetores fo	a força com que a Terra a	ambos objetos estão, teo	o solo exerce sobre o ca	O cavalo se r
4124	No exemplo nº 5, a explicação de baixo	Para cada ação, há uma	a força que uma pessoa,	Como o pé vai ter força pi	o cavalo exerce sobre o c	Para que o c
4124	Consegui entender o texto.	1- Pra cada ação, existe 2- A ação e reação são d	a força com que a Terra a	Como que o tijolo iria atr	o cavalo exerce sobre o c	O cavalo irá c
4123	Achei meio confuso o exemplo 5, sobre a	Sobre os "pares de forças	o peso de um corpo color	"força normal da mesa" n	o cavalo exerce sobre a c	Ele deve ter t
4123	No exemplo da mesa, digamos que a me	Não há muitos pontos, to	o peso de um corpo color	Não é a força normal da r	o solo exerce sobre o ca	O que movim
4112	Exemplo 4.	Achei mais importante q	a força com que um aviãc	O ar empurra o avião pra	o cavalo exerce sobre o c	A charrete né
4112	-	As reações dos objetos c	o peso de um corpo color	a força do corpo colocad	o cavalo exerce sobre o c	O módulo da
4123	.	.	o peso de um corpo color	Não possui movimento	o solo exerce sobre o ca	Se o solo nã
4124	O caso do bloco em cima da mesa, não c	Um ponto bem importante	a força que uma pessoa,	A força que uma pessoa	o cavalo exerce sobre a c	Porque se as
4124	Não entendo como um objeto parado con	Achei interessante que c:	a força com que a Terra a	O tijolo não tem gravidad	o cavalo exerce sobre a c	Um objeto sc

Figura 7 – Planilha das respostas recebidas em uma atividade prévia. FONTE: o autor.

5.2. Relato dos encontros

Em 2015 houve uma aplicação prévia dos episódios de ensino. Foi bastante gratificante e nos deu subsídios para um trabalho mais sólido em 2016. O relato⁸ que segue trata exclusivamente dos episódios de ensino de 2016.

5.2.1. Primeiro encontro – Inércia

Dos 118 alunos, 84 realizaram a tarefa prévia e destaco a seguir algumas das respostas recebidas em uma das questões.

Questão 3: Você empurra um objeto em um piso muito liso e faz com que ele se movimente. No instante em que você solta o objeto:

- ele para imediatamente.
- ele diminui a velocidade até parar.
- ele continua se movendo com velocidade constante.
- ele para, após sua velocidade diminuir subitamente.

⁸ Neste ponto a narrativa está na primeira pessoa do singular por tratar exclusivamente da vivência do professor durante a aplicação do produto educacional em sala de aula.

Qual das alternativas você considera correta? Justifique a sua resposta.

Os alunos escolheram apenas alternativas B ou C.

“Ele diminui a velocidade até parar. Mesmo que o piso fosse muito liso, ainda sim haveria uma força de resistência tentando parar o objeto.” (Aluno 21)⁹.

“Ele continua se movendo com velocidade constante. se não houver atrito com o chão o objeto continuara em movimento.” (Aluno 49).

“Ele diminui a velocidade até parar. Considerando que há o mínimo de atrito, ele vai parar.” (Aluno 70).

“Ele continua se movendo com velocidade constante. Porque se o piso é liso ele não tem atrito.” (Aluno 79).

Considereei corretas todas essas respostas em função da justificativa dos alunos. Porém, quando a alternativa escolhida não teve uma justificativa coerente, ela não foi considerada correta:

“Ele diminui a velocidade até parar. Essa parte eu não consigo explicar direito.” (Aluno 67).

“Ele diminui a velocidade até parar. Ele um dia vai ter que parar.” (Aluno 56).

Revisamos muito brevemente vetores e conceitos como movimento, repouso e referencial. Realizamos experimentos simples, utilizando moedas e caneleiras de ginástica:

- Pusemos uma moeda sobre a superfície da mesa e outra moeda sobre ela. Uma terceira moeda foi jogada horizontalmente e, deslizando sobre a mesa, atingiu a moeda de baixo. A moeda de cima apenas caiu, mas praticamente não se moveu horizontalmente. Os alunos realizaram esse experimento sobre suas próprias mesas.

- Trouxe dois pares de caneleiras de ginástica. Pedi para que os alunos pusessem as caneleiras e, parados, começassem a caminhar. Posteriormente, pedi para que acelerassem e, na sequência, pedi para que parassem.

Como visão geral, todas as turmas gostaram de realizar as atividades práticas propostas e todos os alunos que as realizaram disseram que o experimento os ajudou a sanar dúvidas. Os alunos também gostaram de ouvir os relatos das respostas da tarefa prévia e demonstraram curiosidade para saber os percentuais de acertos das questões conceituais.

Senti-me muito mais seguro para este primeiro encontro, em todas as turmas, talvez por já ter aplicado o produto educacional no ano anterior, ter revisado exaustivamente o material e saber a sequência da aula quase de cor. Não posso deixar descartar, entretanto, o envolvimento dos alunos. Estavam interagindo comigo o tempo inteiro e participaram bastante. Afinal, era o primeiro encontro com uma proposta de ensino diferente.

A leitura das questões conceituais em silêncio¹⁰ e a discussão entre os colegas foi diferente para cada turma. Em uma delas, houve muita concentração para ler as questões conceituais e também

⁹ Os números atribuídos a cada aluno referem-se à ordem das respostas recebidas naquela tarefa prévia. Isto significa que o Aluno 15 da Tarefa prévia 1 não necessariamente é o Aluno 15 da Tarefa prévia 2.

durante as explicações. O índice de acertos foi bom em quase todas as questões logo na primeira votação. Isso implicou que as discussões entre os colegas praticamente não ocorreram e sobraram 10 minutos de aula, que foram aproveitados para revisar o conteúdo. Em outra turma, mais apática e onde há vários casos de vulnerabilidade social grave, foi necessário estimular mais a discussão entre os colegas. A partir da discussão, surgiram ótimos apontamentos e comentários. Em outra turma, naturalmente mais agitada e dispersa, o foco foi trabalhar para que os alunos não conversassem já na primeira votação e, em função da dificuldade de concentração, foi necessário comentar cada questão conceitual, mesmo que o índice de acertos tenha sido bom.

5.2.2. Segundo encontro – Inércia

Dos 118 alunos, 84 realizaram a tarefa prévia. Os alunos demonstraram que já entenderam o processo e, em sua maioria, apresentaram respostas na atividade prévia com justificativas melhores, conforme se exemplifica abaixo.

Questão 2: Considere um avião voando horizontalmente com velocidade constante.

- a) Não há forças sobre o avião, pois ele está em MRU.
- b) O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é maior do que o módulo das forças que se opõem ao seu movimento.
- c) O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento.
- d) O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é menor do que o módulo das forças que se opõem ao seu movimento.

Escolha a alternativa que considera correta e justifique sua escolha.

“O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento. Pois para o avião manter-se em velocidade constante, as forças que opõem ao movimento do carro tem que ser igual das que contribuem.” (Aluno 1)

“O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento. MRU ocorre com o equilíbrio das forças” (Aluno 12)

“O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento. O avião está em equilíbrio, e isso apenas ocorre quando a resultante das forças aplicadas sobre o corpo é zero.” (Aluno 31)

Além dessas citadas acima (consideradas corretas), houve outras alternativas escolhidas e outras justificativas que não foram coerentes (e foram consideradas incorretas):

¹⁰ Na aplicação do produto educacional, alunos receberam as questões impressas. Normalmente se utiliza o projetor multimídia para mostrar as questões conceituais e o professor lê as questões em voz alta. Optou-se por entregar as questões impressas porque há poucos projetores na Fundação Liberato.

“Não há forças sobre o avião, pois ele está em MRU. Se ele está com uma velocidade constante, não há nada que faça uma força sobre ele.” (Aluno 24)

“O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é menor do que o módulo das forças que se opõem ao seu movimento. Pois, se o avião está em movimento, a força que faz ele andar tem que ser maior do que a que faz parar. Se fossem iguais, o avião estaria parado.” (Aluno 37)

Sempre há alunos (apenas um ou dois por turma) que não justificam sua escolha ou justificam da seguinte forma:

“O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento. Chutei.” (Aluno 34)

Alguns alunos citaram exemplos do que foi tratado na aula anterior como justificativas nas suas respostas da atividade prévia:

“O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento. Professor, você comentou na aula que para estar em equilíbrio a soma das forças deve ser igual a zero.” (Aluno 52)

“O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento. Nós vimos um exemplo igual na aula, a soma de todas as forças é igual a zero.” (Aluno 66)

Dois alunos de uma mesma turma me mandaram *e-mails* para avisar que já haviam enviado a tarefa prévia e dois me abordaram nos corredores pelo mesmo motivo, o que entendo como sendo um comprometimento com a atividade proposta. A expectativa para ouvir as respostas da tarefa prévia foi maior. Sempre é uma experiência interessante ler e comentar as respostas da atividade prévia para os alunos. Eles acham graça, fazem piada dos seus erros e, principalmente, aprendem com os eventuais deslizes, sejam eles físicos ou ortográficos. Durante a leitura das respostas da atividade prévia vários alunos se identificaram (“fui eu que disse isso”, “essa eu não sabia mesmo”, etc.). Essa parte da aula é, sem dúvida, motivadora para o restante da aula.

Durante os comentários sobre as respostas das tarefas prévias houve uma necessidade constante de representar graficamente os vetores das forças. Por mais que os alunos já tivessem trabalhado com soma de vetores, foi necessário repetir o problema fazendo um desenho contendo os vetores envolvidos. Aproveitei esta situação para reforçar um pedido aos alunos: que eles sempre usem representação gráfica para os problemas, mesmo que de forma rudimentar.

A experiência com a Lei de Hooke (bloquinho pendurado em uma mola na vertical, sistema em equilíbrio) foi excelente. Os alunos penduravam os bloquinhos e mediam o comprimento da mola. Para cada uma destas situações eram representados os vetores da força peso e da força elástica. Claro que aproveitamos para determinar a constante elástica, mas a proposta aqui foi comentar o equilíbrio e, com o experimento, percebi claramente nos alunos conexões se formando entre os conceitos de equilíbrio, resultante nula das forças e representação dos vetores. Como os alunos estão sendo estimulados a conversar entre si sobre as questões conceituais, os alunos sentiram-se muito à vontade

para se ajudar mutuamente explicando conceitos existentes por trás do experimento enquanto esse era realizado. Dessa forma, os alunos foram estabelecendo novas relações entre os conceitos e, assim como na aula anterior, utilizaram o experimento para sanar suas dificuldades.

Mesmo nas turmas que estavam em contraturno, com alunos mais cansados, ainda houve interesse em saber seus percentuais de acerto, porque acertaram e porque erraram. As discussões entre os colegas foram mais “acaloradas”, e os alunos estavam tentando bravamente defender seus pontos de vista, o que achei ótimo.

5.2.3. Terceiro encontro – Ação e reação

Dos 118 alunos, 71 realizaram a tarefa prévia. Novamente os alunos empregaram expressões dos materiais anteriores nas justificativas da atividade prévia, bem como trechos do livro. Ou seja, há conexões sendo formadas.

Questão 3: (UNIPAC – adaptado) Todas as alternativas contêm um par de forças de ação e reação, EXCETO:

- a) a força com que a Terra atrai um tijolo e a força com que o tijolo atrai a Terra.
- b) a força que uma pessoa, andando, empurra o chão para trás e a força com que o chão empurra a pessoa para frente.
- c) a força com que um avião, empurra o ar para trás e a força com que o ar empurra o avião para frente.
- d) o peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele.

Justifique sua escolha.

Seguem algumas respostas corretas com justificativas aderentes ao conteúdo.

“O peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele. Porque a força peso e força normal atuam no mesmo corpo.” (Aluno 2)

“O peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele. Os objetos não possuem forças de mesmas naturezas, portanto não seriam um par de forças de ação e reação.” (Aluno 5)

“O peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele. Essas forças não são de mesma natureza. Sendo o peso do corpo sobre a mesa uma força de contato e a força normal sobre o corpo sendo gravitacional (eu acho).” (Aluno 21)

A leitura das respostas dessa questão foi bastante polêmica durante a aula. Embora 39 de 71 alunos tenham escolhido a alternativa correta, alguns não conseguiram justificar corretamente:

“O peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele. O corpo está depositado na mesa.” (Aluno 63)

“O peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele. O corpo está em repouso.” (Aluno 52)

“O peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele. A mesa não está exercendo força no corpo.” (Aluno 35)

E houve respostas totalmente equivocadas:

“A força com que um avião, empurra o ar para trás e a força com que o ar empurra o avião para frente. Não é a força do ar que vai empurrar o avião, mas a reação dos gases que o avião expede.” (Aluno 37)

“A força com que a Terra atrai um tijolo e a força com que o tijolo atrai a Terra. É óbvio que a atração da terra e mínima comparada com a do tijolo.” (Aluno 56)

“A força que uma pessoa, andando, empurra o chão para trás e a força com que o chão empurra a pessoa para frente. Quando uma pessoa está andando, ela não empurra o chão para trás, e sim o ar que está na sua frente, da mesma forma que o ar empurra o corpo para frente.” (Aluno 31)

Como visto, na atividade prévia surgiram muitas dúvidas com relação às características dos pares ação e reação, mas mesmo assim os alunos citaram exemplos, citaram o livro, citaram atividades da aula anterior, citaram coisas que aprenderam no Ensino Fundamental. Por outro lado, muitos alunos que apresentaram respostas incorretas (e ficaram surpresos com isso) alegaram que “aprenderam errado”. Acredito que consegui argumentar com eles dizendo que neste momento o nível de exigência era outro, bem como o refinamento dos conceitos e a abstração.

Ao ler as respostas da tarefa prévia quatro alunos se identificaram dizendo coisas do tipo “professor, essa resposta é minha e eu respondi assim porque não entendi direito, pode explicar para mim?”. Leio essa atitude como maior interesse dos alunos em aprender efetivamente o conteúdo.

Durante a aula, os alunos enfrentaram grandes dificuldades de entendimento de questões que envolviam forças de naturezas diferentes, mas em equilíbrio e isso vai ao encontro das dificuldades de aprendizagem mencionadas no Capítulo 2. Nas quatro turmas foi necessário detalhar cada tópico (forças iguais em módulo e de sentidos opostos, de mesma natureza, simultâneas e exercidas em corpos diferentes). O livro foi muito útil nisso porque é ricamente ilustrado e detalhado. As explicações aliadas aos exemplos do livro ajudaram, mas ainda assim houve dúvidas que foram sanadas apenas na aula seguinte.

Durante as aulas com base nas explicações das quatro características trabalhadas, houve discussões muito mais aprofundadas. Os alunos utilizaram seus materiais (estojo, canetas, garrafa de água) procurando verificar experimentalmente as afirmativas. Coube aqui ressaltar em todas as turmas que força é um ente físico e não é um objeto palpável, por isso a representação vetorial é fundamental para auxiliar na interpretação e na modelagem do problema.

Durante a interação com os colegas, a necessidade dos alunos expressarem suas opiniões ocorreu de forma mais intensa, no tom de voz, nos gestos, nas expressões. Interpreto isso não só como característica da turma, como também uma segurança dos alunos: este estado significa para mim que os alunos se sentem à vontade para discutir os conteúdos, se posicionarem com relação à escolha de uma alternativa para a questão e defenderem sua escolha. Percebi isto especificamente em

dois alunos que, mesmo apresentando dificuldades, estavam engajados para defender seu ponto de vista e/ou aprender com os colegas. Além desses, outros dois alunos estão começando a acreditar mais em seu potencial em decorrência das discussões entre os colegas. Notei também uma preocupação dos alunos em utilizar um vocabulário mais científico nas discussões com os colegas, empregando expressões como “forças de mesma natureza”, “forças de campo”, “forças de contato”.

5.2.4. Quarto encontro – Força de atrito e resistência do ar

Dos 118 alunos, 86 realizaram a tarefa prévia. Na tarefa prévia da aula anterior o número de respostas havia caído e nesta voltou a subir. Apesar de ainda ter havido respostas com justificativas do tipo “Chutei”, “Fui por eliminatória”, etc., o refinamento das respostas continua bom.

Questão 3: (PUC-RS) Sobre uma gota de chuva atuam, principalmente, duas forças: o peso e a força de resistência do ar, ambas com direções verticais, mas com sentidos opostos. A partir de uma determinada altura h em relação ao solo, estando a gota com velocidade v , essas duas forças passam a ter o mesmo módulo.

Considerando a aceleração da gravidade constante, é correto afirmar que:

- a) o módulo da força devido à resistência do ar não se altera desde o início da sua queda.
- b) o módulo do peso da gota varia durante a sua queda.
- c) durante a queda, a aceleração da gota aumenta.
- d) a velocidade com que a gota atinge o solo é v .

Justifique sua escolha.

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v . Nesse instante, em que as forças passam a ter o mesmo módulo. A velocidade do objeto será constante.” (Aluno 1)

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v . Haverá um certo instante em que ' f ' se tornara igual a ' mg '. Assim o objeto estará em MRU.” (Aluno 4)

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v . Depois de um tempo, a força de resistência do ar aumenta e fica igual ao peso da gota de chuva, fazendo com que as forças se resultem em zero e o movimento vire MRU.” (Aluno 14)

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v . As forças terão o mesmo módulo e sentidos opostos, como nós vimos no livro.” (Aluno 21)

Pela primeira vez, alguns alunos (5 no total) utilizaram o espaço das justificativas para fazer perguntas. Destaco aqui as duas que ocorreram na questão 3:

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v . Depois de um tempo a gota estabiliza, as forças serão iguais. Acho que eu entendi, mas é isso mesmo?” (Aluno 23)

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v . O peso e a resistência do ar se igualam. Essa é a velocidade terminal?” (Aluno 37)

Essas perguntas foram lidas em aula e propus aos alunos que me ajudassem a respondê-las. Houve alunos mais hostis (“Sério que alguém fez essa pergunta idiota?”), outros que aproveitaram esses questionamentos (“É mesmo, não tinha me dado conta!”) e outros tantos que foram indiferentes.

Continuam ocorrendo questões corretas, mas sem justificativas plausíveis:

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v. Fui por eliminação” (Aluno 72)

“A velocidade com que a gota atinge o solo é v. Gravidade” (Aluno 60)

E houve questões incorretas e também sem justificativas coerentes:

“Durante a queda, a aceleração da gota aumenta. Antes das duas forças ter o mesmo módulo, a gota de chuva vai ganhar aceleração.” (Aluno 58)

“Durante a queda, a aceleração da gota aumenta. A aceleração vai sempre estar aumentando, a não ser que algo a faça parar.” (Aluno 63)

“O módulo do peso da gota varia durante a sua queda. A gota começa a se acelerar, depois, quando o módulo da resistência do ar se torna igual ao módulo da gravidade, ela entra em MRU.” (Aluno 57)

Metade dos alunos disse nas respostas da tarefa prévia que não conseguiu entender atrito estático e nas quatro turmas houve dificuldades de assimilar a ideia de poder haver movimento mesmo se houver atrito. Como planejado, levei um dinamômetro, no qual preendi em um bloquinho de madeira de 200 g (sendo que uma das suas faces é emborrachada), demonstrei o experimento: puxar o bloco com o dinamômetro, fazendo o bloco deslizar horizontalmente sobre a superfície da mesa.

Na primeira medida, com a face de madeira para baixo, puxamos o bloco com o dinamômetro e lemos aproximadamente 0,6 N até o bloco sair do repouso e, em seguida, com o bloco em movimento, o dinamômetro mostrava aproximadamente 0,4 N. Utilizando o módulo da aceleração da gravidade aproximado de 10 m/s^2 , calculamos o coeficiente de atrito estático ($\mu_e = 0,3$) e o coeficiente de atrito dinâmico ($\mu_d = 0,2$).

Na segunda medida, com a face emborrachada para baixo, puxamos o bloco com o dinamômetro e lemos aproximadamente 1,5 N até o bloco sair do repouso e, em seguida, com o bloco em movimento, o dinamômetro mostrava aproximadamente 1,2 N. Utilizando o módulo da aceleração da gravidade aproximado de 10 m/s^2 , calculamos o coeficiente de atrito estático ($\mu_e = 0,75$) e o coeficiente de atrito dinâmico ($\mu_d = 0,6$).

Todos os alunos manipularam o material, variando as superfícies de contato e fazendo a leitura no dinamômetro. O resultado foi muito bom, as dúvidas diminuíram e até a postura dos alunos melhorou. Mais uma vez a realização do experimento auxiliou na compreensão dos conceitos.

Os alunos gostaram de calcular os coeficientes de atrito do experimento que fizeram e perguntaram se existe uma tabela de coeficientes de atrito. Respondi que como ele depende do par de superfícies, a determinação do coeficiente de atrito é experimental.

Quando mostrei o gráfico $F_{AT} \times F$, as cabeças balançavam em concordância com o que eu dizia. Complementei ainda com a explicação do livro didático. Ou seja, estreitaram-se as relações entre o livro texto, a minha fala, o experimento e o gráfico. Mesmo com todas essas ações, as respostas das questões conceituais mostraram que ainda havia dúvidas e a discussão entre os colegas teve um papel muito relevante para saná-las.

Neste quarto encontro ocorreram os resultados mais diversos nas votações, as discussões mais acaloradas e mais longas. Percebi maior cobrança interna nas turmas, que desejavam ter percentuais de acertos melhores. Isso foi bom para melhorar o nível das discussões, mas foi mais difícil trazer os alunos de volta para a aula expositiva, pois eles, mesmo votando duas vezes e tendo acertado alguma questão conceitual, queriam continuar provando aos seus colegas que estavam certos e a discussão não terminava. Os alunos das quatro turmas criaram expectativas elevadas quanto ao percentual de acertos das questões conceituais e se decepcionaram um pouco quando foram informados de que nenhuma questão obteve mais de 90% de acertos.

Por insistência minha, pedi que os alunos continuassem esboçando um diagrama de vetores para todas as questões. Percebo que os alunos sentem a necessidade de “ver” o fenômeno e lembrei-lhes de que os vetores “nos ajudam” a fazer isso. Um aluno disse que um comercial de carro anunciava um veículo com coeficiente aerodinâmico de 0,25 e perguntou se tinha algo a ver. Eu comentei que sim, que tinha tudo a ver, mas esta equação que estamos utilizando é uma versão mais simplificada alterações na equação impactam nos valores (como esse que foi trazido pelo aluno) e nas unidades. A discussão continuou e um aluno perguntou se a resistência do ar tinha algo a ver com os voos dos aviões em alturas tão grandes. Respondi que sim, que a grandes altitudes o ar rarefeito diminui a resistência do ar e conseqüentemente o consumo de combustível.

Um aluno (o mais questionador da sua turma e sempre o último a mostrar seu cartão de resposta nas votações) perguntou se o conceito de velocidade relativa tinha alguma relação com a resistência do ar e exemplificou com o andar de bicicleta contra e a favor do vento. Eu disse que sim, que era uma composição de velocidades e aproveitei o questionamento: fiz cálculos com a turma e lembrei os alunos de situações que já havíamos trabalhado como, por exemplo, o barco que leva mais tempo para subir o rio do que para descer.

5.2.5. Quinto encontro – Princípio Fundamental da Dinâmica

Dos 118 alunos, 82 realizaram a tarefa prévia. O nível das respostas da atividade prévia continua bom para a esmagadora maioria dos casos. Lendo as justificativas dos alunos percebo que

eles se sentem mais à vontade para expressarem suas respostas e para defenderem seus pontos de vista.

Questão 4: Um automóvel e um caminhão são acelerados de 0 a 80 km/h em uma pista horizontal e no mesmo intervalo de tempo. Considerando este fenômeno, assinale a alternativa correta.

- a) O módulo da resultante das forças é nulo no automóvel e no caminhão.
- b) O módulo da resultante das forças é o mesmo no automóvel e no caminhão.
- c) O módulo da resultante das forças é maior no caminhão.
- d) O módulo da resultante das forças é maior no automóvel.

Justifique sua escolha.

“O módulo da resultante das forças é maior no caminhão. O caminhão tem maior massa.” (Aluno 4)

“O módulo da resultante das forças é maior no caminhão. O caminhão precisa de mais força para acelerar devido ao seu peso.” (Aluno 9)

“O módulo da resultante das forças é maior no caminhão. Já que o caminhão tem mais massa, a massa vezes a aceleração dá um resultado maior.” (Aluno 14)

“O módulo da resultante das forças é maior no caminhão. Pois é necessário uma força maior para colocar o caminhão em movimento devido a sua massa, em comparação com o automóvel.” (Aluno 40)

Não houve respostas corretas sem justificativas aceitáveis. Seguem algumas respostas incorretas:

“O módulo da resultante das forças é o mesmo no automóvel e no caminhão. O módulo da resultante das forças deve ser o mesmo para que a massa seja a mesma e eles consigam acelerar juntos.” (Aluno 47)

“O módulo da resultante das forças é maior no automóvel. O carro é mais leve e se move com mais facilidade que o caminhão.” (Aluno 52)

“O módulo da resultante das forças é o mesmo no automóvel e no caminhão. O módulo da resultante das forças é igual para os dois porque há uma proporcionalidade entre força e aceleração, ao mesmo tempo que a inércia do caminhão é muito maior ele também precisa de uma força muito maior para acelerar até 80km/h e o carro acontece ao contrário, precisa de menos força mas também a inércia é muito menor, fazendo com que a resultante seja a mesma.” (Aluno 27)

Realizamos a soma das forças exercidas sobre um corpo e calculamos a aceleração resultante no plano horizontal e no plano inclinado, com e sem atrito. Não houve maiores problemas com as questões que envolviam cálculos. A dificuldade maior foi que cada questão exigiu que o aluno soubesse compor o somatório das forças exercidas no corpo. Nesse sentido, trabalhamos com listas de exercícios e também com questões propostas pelo livro.

Esse quinto encontro, nas quatro turmas, foi a aula mais produtiva, com a maior participação dos alunos fazendo perguntas e se ajudando mutuamente. Mesmo havendo muitas dúvidas e respostas confusas na tarefa prévia, a participação dos alunos foi bastante expressiva, eles foram muito receptivos e foi perceptível que estavam abertos à evolução dos conceitos. Mais uma vez foi chamada a atenção dos alunos para a necessidade de representar graficamente as forças exercidas

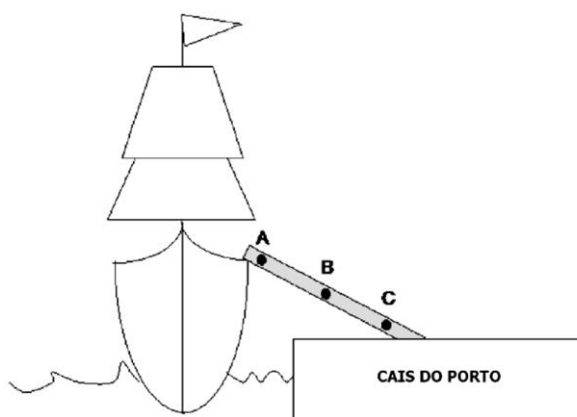
nos corpos para interpretar as questões mais facilmente e conseqüentemente respondê-las corretamente.

Os alunos questionaram bastante sobre a representação das forças exercidas nos corpos, o cálculo dos módulos das forças, o cálculo da força resultante e a análise para ver se ocorreria movimento ou não em função da força de atrito. Sempre existem alunos que são muito bons na representação gráfica das forças e eles demonstraram boa vontade de tentar explicar o cálculo com base nos vetores. Por mais que eu sempre inicie as explicações a partir deste mesmo ponto, parece-me que os alunos conseguem entender melhor o conteúdo quando ele é explicado por outro aluno, o que corrobora o que já foi mencionado pelos autores dos trabalhos na Seção 2.1 desta dissertação.

5.2.6. Sexto encontro – Princípio Fundamental da Dinâmica

Dos 118 alunos, 80 realizaram a tarefa prévia. O nível das respostas da atividade prévia manteve-se bom e, nas quatro turmas, houve alunos que aproveitaram as justificativas para fazer questionamentos sobre os pontos em que ainda tinham dúvidas. Essas respostas foram lidas nas suas respectivas turmas e percebi que não se tratava da dúvida de apenas um aluno. As dúvidas eram basicamente sobre o mesmo ponto: dificuldade na representação das forças exercidas no corpo e determinação da resultante das forças.

Questão 4: (UFES – adaptado) As caravelas portuguesas utilizavam para desembarque rápido de mercadorias uma prancha plana de madeira recoberta com gordura animal. Sobre essa rampa, caixas de madeira eram desembarcadas com atrito desprezível. Considerando que F_a , F_b e F_c sejam, respectivamente, o módulo da força resultante sobre uma caixa nos pontos representados na figura esquemática ao lado, é CORRETO afirmar que:



- a) $F_a < F_b < F_c$
- b) $F_a > F_b > F_c$
- c) $F_a = F_b = F_c$
- d) $F_a = 0; F_b < F_c$
- e) $F_a = 0; F_b > F_c$

Justifique sua escolha.

As respostas que seguem servem para ilustrar as dificuldades dos alunos, como foi dito no primeiro parágrafo desta seção. Apenas 31 alunos responderam corretamente e com justificativas coerentes com o fenômeno:

- “ $F_a = F_b = F_c$. A força é igual sempre e por isso a caixa terá aceleração constante.” (Aluno 7)
- “ $F_a = F_b = F_c$. A caixa vai descer cada vez mais rápido porque acelera, mas a força não muda.” (Aluno 15)
- “ $F_a = F_b = F_c$. A força será a componente do peso P_x , constante.” (Aluno 21)

Abaixo estão respostas certas, mas com justificativas inconsistentes:

- “ $F_a = F_b = F_c$. A força não varia porque não tem atrito.” (Aluno 5)
- “ $F_a = F_b = F_c$. Fiz essa questão por lógica.” (Aluno 36)
- “ $F_a = F_b = F_c$. Quanto maior a massa, maior a força.” (Aluno 44)

Entre as respostas incorretas, 37 alunos escolheram a alternativa A:

- “ $F_a < F_b < F_c$. F_c é maior porque a caixa aumenta de velocidade.” (Aluno 23)
- “ $F_a < F_b < F_c$. Enquanto a caixa está parada a força é menor.” (Aluno 50)
- “ $F_a < F_b < F_c$. A força aumenta porque a caixa anda cada vez mais rápido.” (Aluno 64)

Foi bom poder constatar esta concepção equivocada antes da aula e poder investir mais tempo falando sobre ela, pois como foi mencionado anteriormente, não se tratava de apenas um aluno com dúvidas. Após esse momento, realizamos questões que envolviam cálculos durante quase todo o primeiro período, estabelecendo uma sequência de passos para resolução dos problemas: desenhar ou esquematizar o problema, representar os vetores, calcular os módulos dos vetores e então utilizar a segunda Lei de Newton. Entreguei uma lista de exercícios para os alunos, complementando as questões propostas no livro didático. Alguns exercícios da lista foram feitos por mim, outros de forma dialogada com os alunos e outros os alunos fizeram e depois corrigimos no quadro. Ainda havia mais exercícios para serem feitos, mas dediquei o final do primeiro período para as últimas questões conceituais.

Os alunos, já sabendo que seria a última aula com a utilização do sistema de votação (“plaquinhas”, como eles dizem), demonstraram descontentamento. Mesmo no início da aula, antes de ler as respostas da tarefa prévia, houve algumas falas do tipo “que pena”, “passou tão rápido”, “vamos usar no próximo conteúdo?”, etc. Essa resposta deles me deixa feliz e através dela entendo que a aplicação do produto educacional foi relevante para os alunos.

No segundo período, foi aplicado o teste de concepções sobre movimento e força (elaborado pelos professores Silveira, Moreira e Axt (1992)) e tudo transcorreu bem. Três alunos faltaram no dia da aplicação do teste, portanto há 115 testes realizados. O teste está no Anexo B. Foram retiradas duas questões do teste (questões 5 e 6) que abordavam Movimento Circular, pois este conteúdo ainda não havia sido trabalhado.

5.2.7. Sétimo encontro – Revisão e Avaliação

O sétimo encontro foi destinado para esclarecer dúvidas, realizar mais exercícios da lista entregue na aula anterior, devolver o teste sobre concepções sobre movimento e força e ouvir a opinião dos alunos sobre a aplicação do produto educacional em todas as suas etapas.

Os alunos receberam retorno sobre o teste de concepções sobre movimento e força, mas, conforme sugestão dos orientadores deste trabalho, os testes não foram devolvidos corrigidos para os alunos (permitindo dessa forma o uso do teste em outras turmas). Cada aluno recebeu seu número de acertos obtidos e fizemos comentários sobre as questões. Conforme mencionado no Capítulo 4, foi enviado um questionário aos alunos pela plataforma *Google Forms* para auxiliar neste processo de avaliação. Dos 118 alunos, 50 responderam ao questionário. Nesse sétimo encontro finalizamos as atividades ouvindo opiniões dos alunos sobre a aplicação do produto educacional.

A Figura 8 mostra um conjunto de fotos tiradas durante a votação de uma questão conceitual utilizando cartões de resposta e o aplicativo *Plickers*. Para evitar transtornos com direitos de uso de imagem, os alunos cobriram os rostos com seus cartões de respostas.



Figura 8 – Votação dos testes conceituais utilizando cartões de resposta e o aplicativo *Plickers*. FONTE: o autor.

No Capítulo 6 analisamos os dados coletados com o questionário assim como os resultados do teste conceitual.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos os resultados da aplicação de um teste final, comparações dos resultados obtidos em cada questão conceitual e algumas respostas dos alunos ao questionário de avaliação de todas as etapas do processo.

6.1. Análise dos resultados do Teste Final

Após a devolução do teste que avalia concepções sobre movimento e força (Anexo B), os alunos se surpreenderam com seu baixo número de acertos. Percebe-se, a partir do Gráfico 1, que apenas 13 alunos dos 115 que realizaram o teste obtiveram 60% ou mais de acertos.

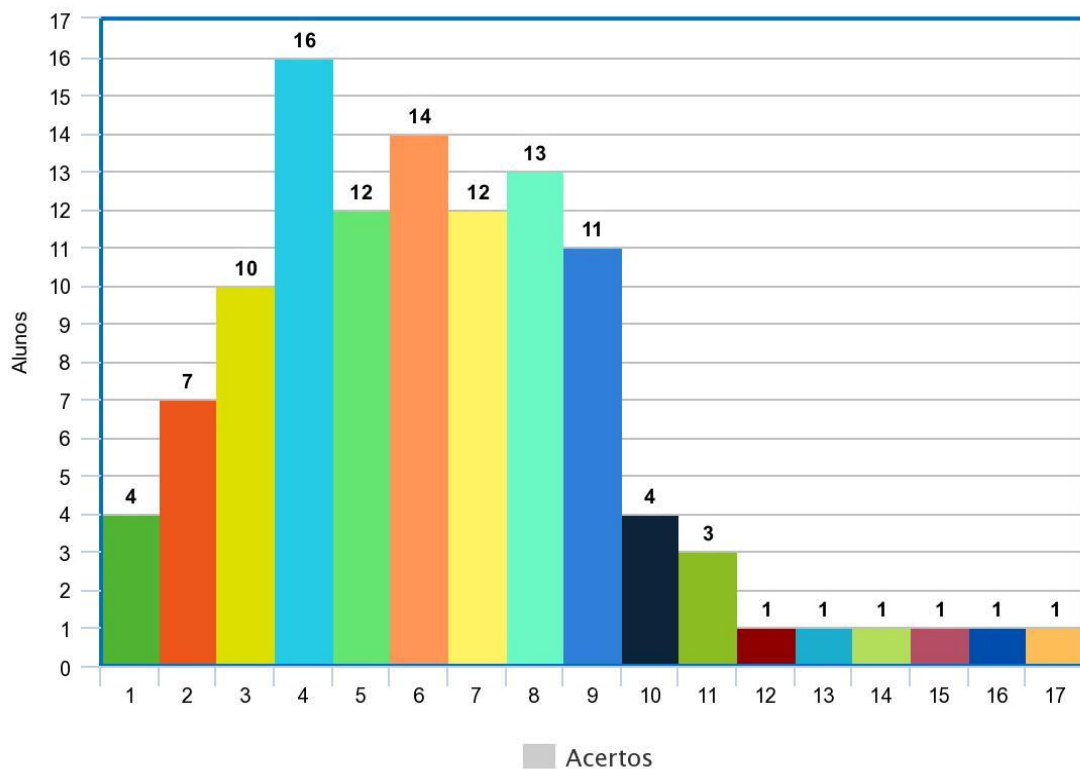


Gráfico 1 – Frequência de acertos para cada uma das 17 questões do teste conceitual.

Ressaltamos que o teste não valia nota e perguntamos para os alunos se consideravam válido tê-lo realizado. Menos de 10 alunos disseram que não acharam válida a experiência e justificaram suas respostas basicamente com frases parecidas: se fosse uma atividade da escola, estariam abaixo da média (60%). Todos os demais acharam bom fazer o teste com alegações do tipo “foi bom errar agora para prestar mais atenção na próxima vez”, “não vou errar de novo”, “não vou mais confundir os vetores”, etc.

A forma como o teste foi elaborado já é uma quebra de paradigma, pois não há cálculo algum e nenhuma questão discursiva, basta “apenas” assinalar qual afirmativa combina com o fenômeno em questão. Ou seja, o teste é visualmente claro e fácil de interpretar, o que pode passar a falsa impressão de que é uma tarefa óbvia de ser resolvida. Foi destinado um período de 50 minutos para que os alunos realizassem o teste, nas quatro turmas e o teste foi concluído em menos de 40 minutos – em todas elas. Isso já indica uma das razões do insucesso na avaliação: os alunos subestimaram o nível de dificuldade do teste e não o realizaram com a devida dedicação e concentração. Concordamos com Moretto (2001), considerando que o teste aplicado valeu efetivamente como “um momento privilegiado de estudos e não um acerto de contas”, já que os alunos aprenderam a partir dos seus erros.

Acreditamos que o teste cumpriu seu principal papel de desacomodar os alunos e, com isso, promover uma reflexão acerca do que foi efetivamente aprendido, além de mostrar que o grau de complexidade de uma avaliação não pode ser estimado por sua aparência. Conhecendo os alunos e ouvindo seus relatos após receberem os testes com o respectivo número de acertos, temos consciência de que os resultados do teste não refletem o perfil dos alunos. Depois da aplicação do produto educacional os alunos fizeram uma lista de exercícios e um teste envolvendo Leis de Newton, e a prova trimestral continha várias questões sobre o assunto. As notas foram muito boas e as médias finais do segundo trimestre letivo (período que abarcou a aplicação do produto educacional e os referidos instrumentos de avaliação) foram as melhores médias trimestrais do ano. Ou seja, houve ganhos significativos de aprendizagem a partir dos episódios de ensino e também a partir do erro.

6.2. Comparação dos resultados por questão

Nesta seção serão comparados os resultados das questões conceituais obtidos na primeira e na segunda votação. Lembrando, os resultados da primeira votação se referem à resposta dada pelos alunos após sua interpretação individual da questão. Nos casos em que a questão não atingiu 70% de acertos na primeira votação, ocorreu a discussão entre os colegas e, em seguida a segunda votação.

A comparação será feita através de gráficos. No eixo das abscissas estão os números das questões e no eixo das ordenadas os percentuais de acertos obtidos. Há um gráfico para cada turma e, portanto, cada encontro gerou um conjunto de quatro gráficos.

Cada turma, com suas peculiaridades e especificidades, obteve resultados diferentes e isso, conseqüentemente, refletiu em um conjunto de gráficos diferente para cada turma. A maleabilidade dos métodos *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction* possibilitou que fossem identificados os pontos do conteúdo onde cada turma apresentava mais dificuldades e dessa forma cada aula foi estruturada para

sanar essas dificuldades, empregando sempre a discussão entre os colegas como a ferramenta mais importante para esse fim.

Sempre que ocorreu a discussão entre os colegas, houve melhoras nos índices de acertos na segunda votação da questão conceitual. Isso ocorreu em todos os encontros, em todas as turmas, em todas as questões, corroborando a proposta do método *Peer Instruction*. Os gráficos a seguir contêm os percentuais de acertos das questões conceituais apresentadas aos alunos em cada um dos seis encontros.

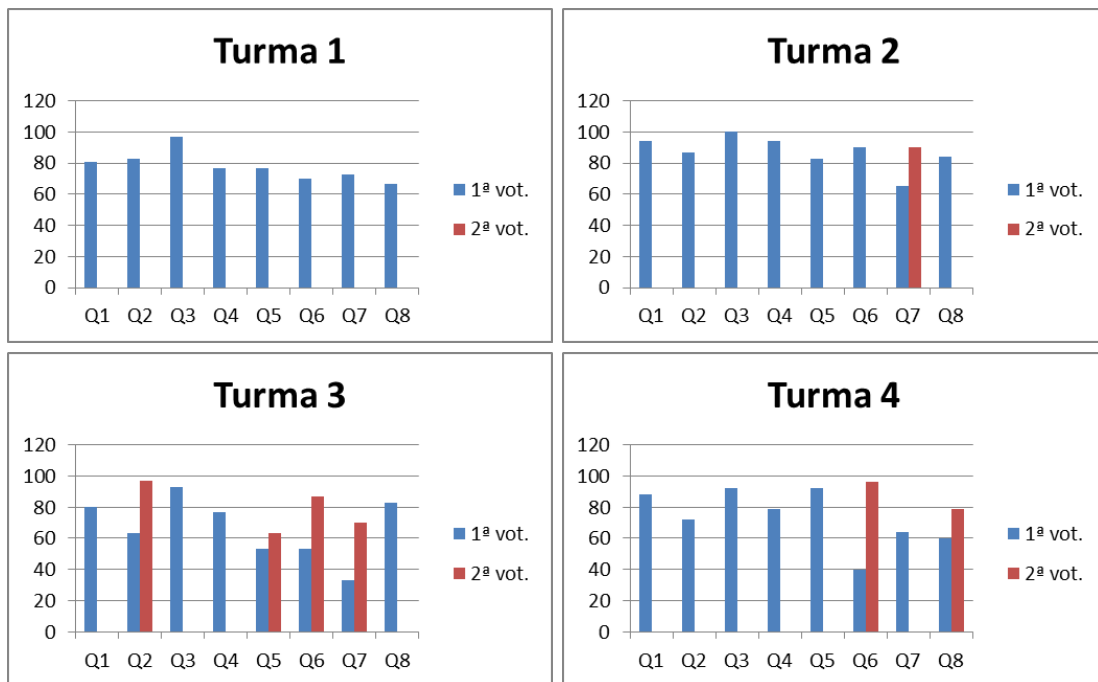


Gráfico 2 – Percentuais de acertos para as respectivas turmas em cada questão conceitual apresentada no primeiro encontro.

No Gráfico 2 se vê que as turmas apresentaram resultados muito diferentes para a mesma sequência didática proposta. Por exemplo, nessa aula a Turma 1 não realizou discussões entre os colegas. As demais turmas realizaram discussões entre os colegas, houve uma segunda votação e, nesses casos, houve convergência para a resposta correta.

A existência de tarefas prévias permite ao professor mapear os tópicos em que os alunos apresentaram mais dúvidas e possibilita que sejam traçadas estratégias diferentes para cada turma, racionalizando o uso do tempo e respeitando a individualidade de cada turma. Isso mostra que os métodos *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction* trabalhando aliados consistem em uma ferramenta bastante eficaz.

Observando os próximos gráficos – assim como o anterior – é possível ver as similaridades e as especificidades de cada turma, bem como o aumento do percentual de acertos na segunda votação.

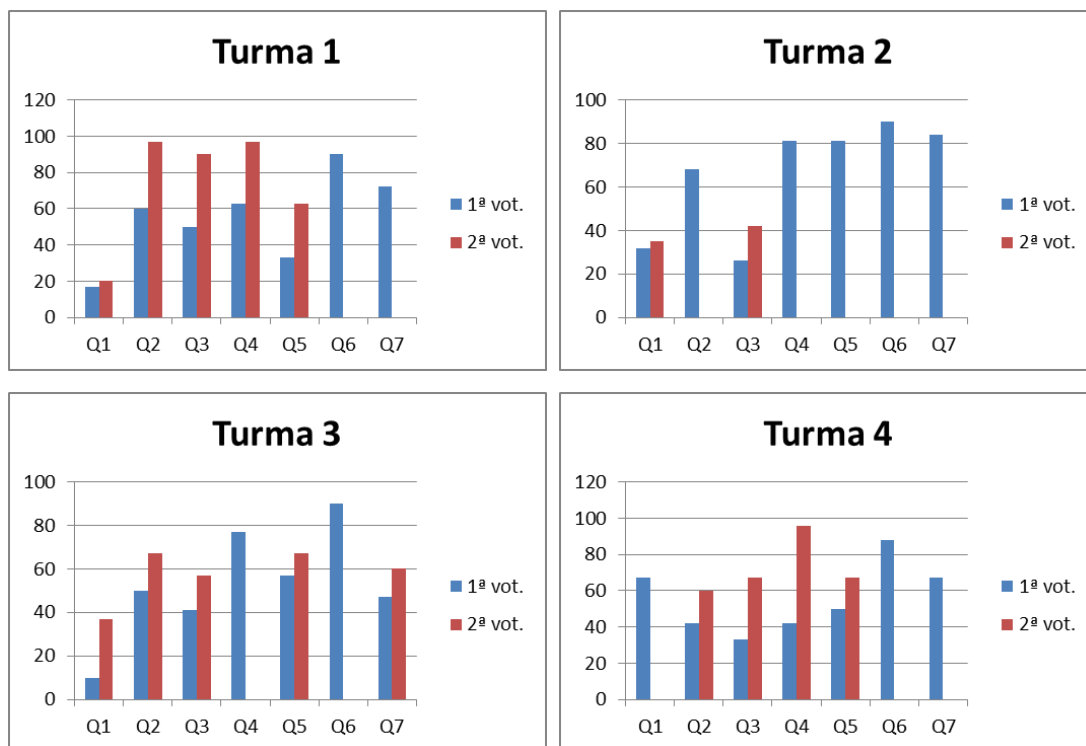


Gráfico 3 – Percentuais de acertos para as respectivas turmas em cada questão conceitual apresentada no segundo encontro.

No Gráfico 3 se vê que a segunda votação foi mais frequente em todas as turmas.

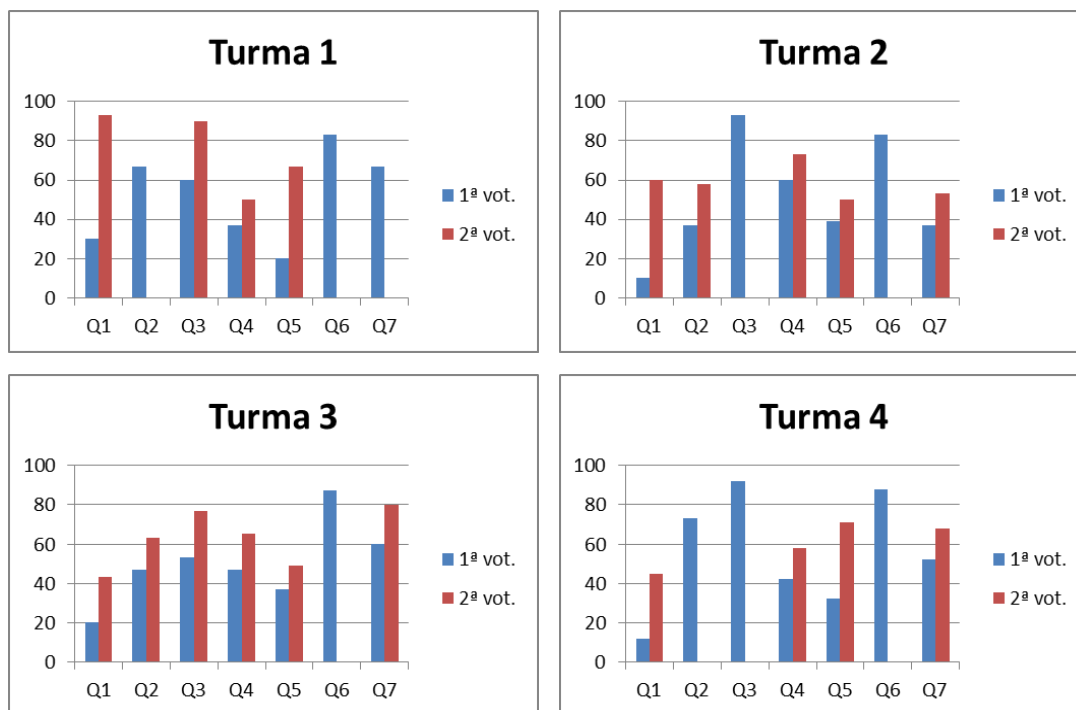


Gráfico 4 – Percentuais de acertos para as respectivas turmas em cada questão conceitual apresentada no terceiro encontro.

Na medida em que os encontros aconteciam, os alunos apresentavam maior grau de maturidade frente ao método. No Gráfico 4 percebe-se uma diferença maior entre as votações.

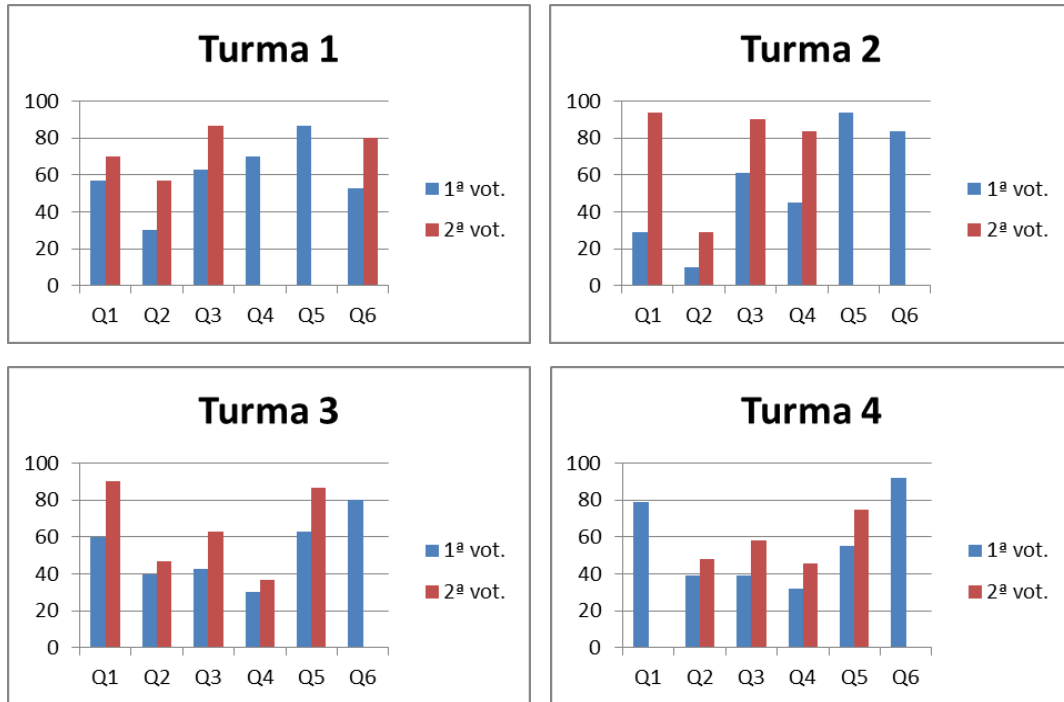


Gráfico 5 – Percentuais de acertos para as respectivas turmas em cada questão conceitual apresentada no quarto encontro.

Após a segunda votação as respostas se aproximaram do resultado desejado, como se vê no Gráfico 5.

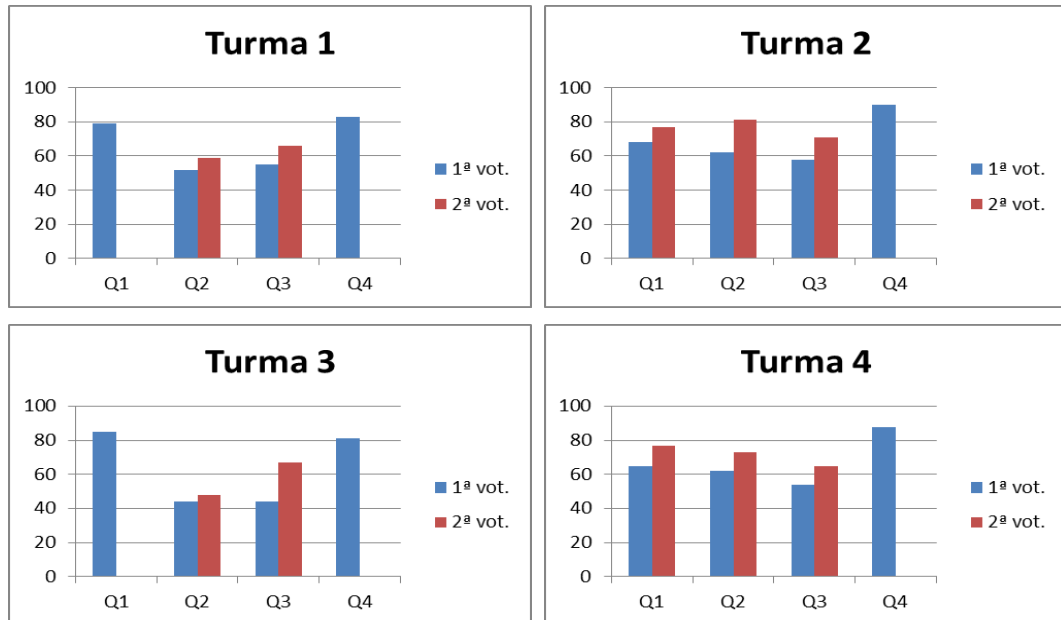


Gráfico 6 – Percentuais de acertos para as respectivas turmas em cada questão conceitual apresentada no quinto encontro.

Nos dois últimos encontros realizamos menos questões conceituais e mais questões envolvendo cálculos. Nas questões conceituais continuou havendo melhora nos índices de acertos.

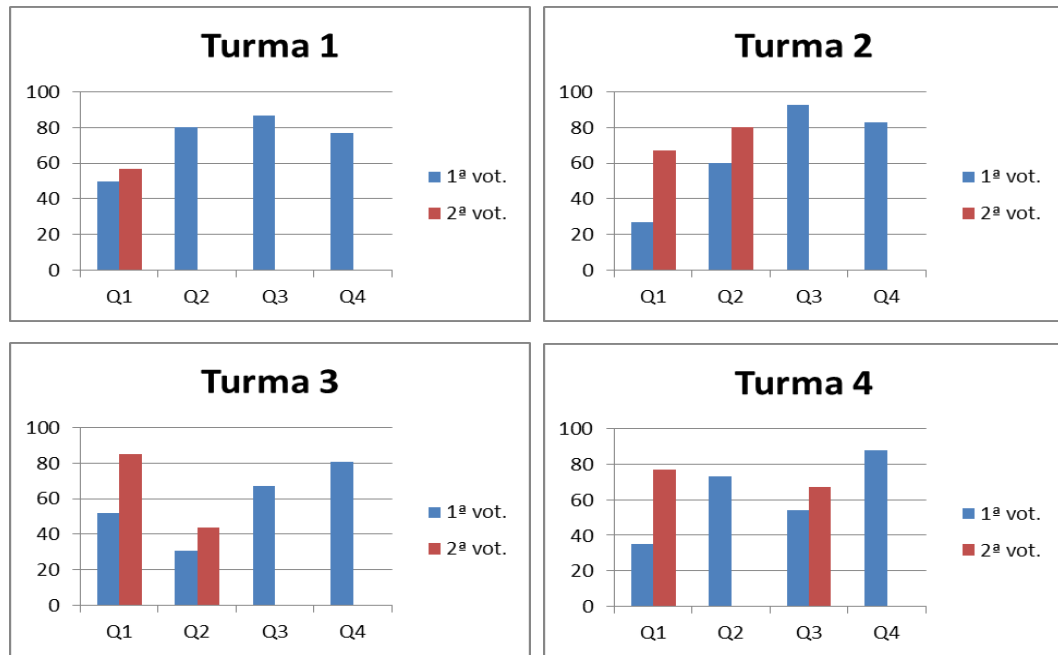


Gráfico 7 – Percentuais de acertos para as respectivas turmas em cada questão conceitual apresentada no sexto encontro.

O Gráfico 7, de forma análoga aos gráficos anteriores, mostra que houve convergência para a resposta correta em todas as situações em que houve discussão entre os colegas, o que corrobora o método *Peer Instruction*.

6.3. Relatos e opiniões dos alunos

Mesmo obtendo retorno de menos da metade dos alunos (50), as respostas recebidas no questionário foram bastante detalhadas. Como visão geral, o retorno dado pelos alunos foi bastante positivo. Somente dois alunos dos 50 disseram que prefeririam ter aulas da forma tradicional, apenas com a explicação do professor.

De uma forma geral, os alunos gostaram muito de estudar Física com o método *Peer Instruction* e esta seção da dissertação contém transcritas algumas das opiniões dos alunos. Com relação à realização das tarefas prévias, a maioria das respostas versa sobre o benefício de ter um conhecimento anterior (ainda que incipiente) do que será estudado na aula seguinte:

“Achei muito positiva a ideia das atividades prévias, pois torna o estudo mais interessante. Com essas atividades prévias eu tinha uma noção do que seria abordado em aula.” (Aluno 17)

“As atividades prévias são muito úteis pois, podemos fazer os exercícios em casa e tirar as dúvidas na aula.” (Aluno 11)

“Acredito que elas auxiliaram para que pudéssemos chegar na aula já com alguma ideia da matéria, além de auxiliar o professor na didática da aula.” (Aluno 42)

“Achei uma forma não tão chata e mais interessante.” (Aluno 34)

“Gostei muito. Me faz ter um "spoiler" sobre o que será tratado na aula e ajuda na compreensão do conteúdo.” (Aluno 41)

“Muito boa! Pois faz o aluno já começar a aula entendendo o conceito em si, posteriormente tirando todas as dúvidas com o professor.” (Aluno 32)

Referente ao conteúdo das tarefas prévias, as opiniões que mais recorrentes foram:

“Achei o conteúdo acessível, no geral; uma e outra questão tive mais dificuldade em resolver.” (Aluno 4)

“Um conteúdo muito bom, as imagens nas atividades prévias ajudaram muito para a compreensão do conteúdo. Mas o que achei mais interessante foram os simuladores, pois vi como um objeto se comportava com forças exercidas nele.” (Aluno 1)

“Eu achei que eram bem acessíveis os conteúdos das atividades. Sempre era disponibilizada uma fonte de consulta que servia de ajuda para responder as questões.” (Aluno 35)

“Eram acessíveis, mas achei difíceis. Eu tinha de parar absolutamente tudo que estava fazendo para respondê-las. Entretanto isso não é bem um problema, pois eu acho que é normal não entender muito bem o conteúdo antes do professor explicar.” (Aluno 17)

“Acho boa a quantidade de exercícios das atividades prévias, nem muitos e nem poucos, o suficiente.” (Aluno 41)

Em se tratando do uso de questões conceituais, destaco as seguintes respostas como as opiniões mais recorrentes:

“Acredito que as questões conceituais foram fundamentais para o meu melhor entendimento do conteúdo.” (Aluno 5)

“Muito bom, ajuda a entender a matéria. E odeio fazer cálculos.” (Aluno 3)

“Acho que fica mais legal do que fazer exercícios.” (Aluno 11)

“Eu acho que questões conceituais são fundamentais para que se melhor entenda as questões com cálculos, então gostei muito delas.” (Aluno 17)

“Muito boas e esclarecedoras, porém, após muitas aulas fazendo a mesma coisa, começou a ficar enjoativo.” (Aluno 43)

O método de votação (aplicativo *Plickers* e cartões de resposta) foi, sem sombra de dúvida, o que recebeu a maior quantidade de elogios:

“Gostei muito! Foi possível ver o resultado da turma, para saber no que precisamos melhorar, tirando dúvidas com os colegas e com o professor.” (Aluno 6)

“Bom, pois é prático, desse modo o tempo é melhor utilizado.” (Aluno 9)

“Achei bem tecnológico, moderno, sem perda de tempo.” (Aluno 16)

“Achei bem legal, eu nunca tinha trabalhado com esse tipo de método. Todo mundo conseguia escolher a resposta sem ninguém mais saber.” (Aluno 29)

“Achei incrível! O tempo na aula era melhor aproveitado considerando que não precisávamos estar copiando exercícios o tempo todo. E é legal quando o professor traz coisas novas para sala de aula.” (Aluno 42)

“Foi legal, pois simplificou a aula e também foi possível verificar o rendimento de cada um.” (Aluno 49)

Com relação ao aprendizado utilizando a discussão entre os colegas, recebemos igualmente um grande número de elogios:

“Consegui aprender muito melhor com isso, pois com a dúvida que eu tinha, conseguia resolver com meus colegas, aprendendo melhor o conteúdo. Uma maneira muito inteligente.” (Aluno 1)

“São pontos de vista diferentes. Trocar opiniões com o colega me ajudou a entender em que sentido o meu raciocínio estava errado, em determinada questão.” (Aluno 4)

“Achei essas discussões muito importantes. Algumas vezes é mais fácil entender quando algum colega explica. Consegui aprender mais com isso, com essa interação.” (Aluno 6)

“Sim, sempre que se chegava a uma resposta a gente perguntava a resposta pro outro. Se fosse diferente a gente discutia até chegar a um consenso.” (Aluno 12)

“Muito útil, os colegas com mais facilidade na matéria conseguiam apresentar o seu pensamento e na maioria das vezes “clarear” os pensamentos do outro colega de forma prática.” (Aluno 14)

“Foi bom ouvir a opinião dos outros, isso me ajudou a entender melhor os conteúdos.” (Aluno 50)

Também houve discordâncias:

“Acho que dependia muito de com qual colega tu iria discutir sobre a questão, pois muitas vezes havia sido chute/ou não sabiam explicar o motivo. Nessa parte, acho que a resolução junto com o professor foi melhor.” (Aluno 49)

“Acho uma boa ideia, porém os colegas as vezes não explicam muito bem, você acaba se confundindo e escolhendo uma resposta errada.” (Aluno 46)

“Sinceramente, não gostei. Não gosto de interagir. Eu aprendi mais com o professor explicando no quadro.” (Aluno 23)

Referente ao tempo destinado para a discussão entre os colegas e a votação, as respostas são bem divididas: metade dos alunos alegou que houve tempo suficiente e a outra metade achou que se tivessem um pouco mais de tempo conseguiriam acompanhar melhor as aulas:

“Sim, tinha tempo mais do que suficiente, as questões eram curtas.” (Aluno 21)

“Com certeza houve tempo suficiente, e mesmo que eu demorasse um pouco mais para responder, em momento algum foi um tempo enorme ou houve pressão dos outros para que acabasse rápido.” (Aluno 17)

“Sim, pois o professor sempre usou o bom senso em só abrir a votação quando boa parte da turma já tinha resolvido.” (Aluno 24)

“Sim, foi suficiente para entender e responder a questão.” (Aluno 11)

“Quase sempre, porém em outros momentos era insuficiente.” (Aluno 14)

“Na maioria das vezes sim, mas acho que eu sou muito lerdo.” (Aluno 40)

“Podia ter mais tempo, mas não muito, porque as dúvidas que restaram foram esclarecidas no reforço.” (Aluno 47)

“Acho que poderia ter um pouco mais de tempo para entender melhor a questão e ter uma chance maior de acerto.” (Aluno 1)

“Acho que podia ter um pouquinho mais de tempo, mas também foi um preparo para um ENEM ou vestibular onde o tempo é bem curto.” (Aluno 27)

Os alunos se autoavaliaram quanto ao aprendizado efetivo dos conteúdos trabalhados e as respostas, ainda que diversas, são positivas:

“Considero que sim, uma vez que os conceitos foram bem trabalhados e muitos exercícios foram feitos.” (Aluno 30)

“Sim, em grande parte por causa dessas atividades diferenciadas.” (Aluno 24)

“Não sei se aprendi totalmente, mas com certeza aprendi melhor do que se fosse só com exercícios no quadro.” (Aluno 25)

“Sim. Acredito que a forma como trabalhamos em aula facilite a aprendizagem (pelo menos para mim), pois, aprendemos um conteúdo e já botamos em prática, e podemos pedir ajuda aos colegas que tenham compreendido algo melhor que nós de uma forma mais fácil.” (Aluno 30)

“Acho que ainda não consegui assimilar tudo, mas as questões e as discussões me ajudaram a ver melhor o conteúdo.” (Aluno 34)

“Sim, inclusive fiquei feliz comigo mesma por ter acertado várias questões tanto das atividades prévias quanto das votações.” (Aluno 39)

“Ainda não tudo, mas normalmente consigo tirar minhas dúvidas nos reforços.” (Aluno 44)

“Sim, com certeza! Esse método, estranhamente, deixou mais fácil a aprendizagem.” (Aluno 37)

“Sim, pois consigo responder as perguntas feitas sobre os conteúdos e entendo como funcionam.” (Aluno 45)

“Com um pouco de dificuldade, mas sim, eu aprendi.” (Aluno 49)

A última pergunta do questionário solicitou sugestões de melhoria na proposta de ensino, tendo em vista uma possível nova aplicação. Quarenta e cinco alunos responderam que não é necessário alterar nada, que está bom do jeito que está. As sugestões propostas pelos outros cinco alunos versam basicamente sobre os mesmos temas: questões mais difíceis na tarefa prévia, utilizar o método também para questões de cálculo e utilizar o método em mais conteúdos.

Os aspectos relatados aqui foram também comentados com os alunos durante o sétimo encontro. Muitos quiseram falar e, essencialmente, elogiar a forma de ensinar. Foi gratificante ver o envolvimento dos alunos para tecer elogios e ressaltar que esta forma de trabalho deve continuar.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecemos que o ensino de Física enfrenta dificuldades e que são necessárias novas estratégias para amenizá-las. Por esse viés, o método *Peer Instruction* é uma ferramenta que visa melhorar a qualidade do ensino, motivando os alunos a trabalhar de forma colaborativa, tornando-os protagonistas do seu próprio aprendizado, racionalizando o uso do tempo em sala de aula e oferecendo condições para que o professor possa optar por caminhos diferentes durante a aula.

Esta dissertação teve como objetivo elaborar e aplicar um produto educacional inovador e, com ele, surgem desejos: que o número de trabalhos envolvendo metodologias ativas de ensino (como o *Peer Instruction*) se multiplique e que o conhecimento adquirido ao longo de cada uma das etapas deste trabalho não fique encastelado e distante de quem mais precisa: os professores!

Somos testemunhas de que toda mudança gera desconforto inicial em decorrência do envolvimento com cada etapa da aplicação do produto educacional (por exemplo, planejamento, leitura das respostas das tarefas prévias, alimentação do site do *Plickers*, seleção e elaboração de questões conceituais). Como foi dito, ensinar não é uma tarefa fácil e não podemos admitir como verdade que o uso de uma metodologia elimina as dificuldades inerentes à profissão docente. Mas, por outro lado, somos igualmente testemunhas de que esse esforço vale a pena e traz consigo resultados que extrapolam os objetivos iniciais.

Percebe-se que a discussão entre os alunos impactou positivamente no percentual de acertos obtidos em cada questão conceitual que foi apresentada: houve convergência para a resposta certa. Mas não é só isso: os alunos que efetivamente participam das discussões, se posicionam frente aos colegas e buscam argumentar suas escolhas acabam por adquirir mais autoconfiança, mais segurança, mais interesse e mais motivação para trabalhar. Isso vai ao encontro do que foi proposto no início deste trabalho: estimular os alunos a debater acerca de fenômenos físicos e por meio dessa reflexão, aprofundar as relações entre os conceitos físicos e o cotidiano.

Com o método *Peer Instruction* e o aplicativo *Plickers* o professor também aprende: como ele se envolve mais com os alunos, ele acaba conhecendo mais profundamente sua turma. As consequências são igualmente boas: o professor pode identificar na turma potencialidades antes ocultas, localizar alunos com dificuldades recorrentes e obter retorno em tempo hábil para poder tomar decisões melhores sobre que caminho adotar durante a aula. Ou seja, o método de trabalho vai além.

É bastante improvável afirmar que o resultado obtido por meio da aplicação do produto educacional seria alcançado por meio da forma tradicional de ensino, ainda mais considerando todos os benefícios que foram citados. Buscou-se, desde a concepção até a execução do produto educacional, que os alunos aprendessem o conteúdo e não apenas decorassem fórmulas, leis e

teorias. As novas informações apresentadas deveriam se relacionar com o que o aluno já sabe, ampliando as conexões e dando significado ao conteúdo, como recomenda a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Portanto, sendo o estudo das Leis de Newton um dos primeiros conteúdos que demanda maior apropriação do conceito subjacente ao fenômeno físico, também é improvável que os alunos aprendessem efetivamente o conteúdo apenas de forma mecânica.

O emprego de questões conceituais aliado à discussão com os colegas fomenta uma reflexão discente sobre o que estão aprendendo na medida que suas concepções são externalizadas e contrastadas. Gradualmente ao longo do trabalho, os alunos desenvolvem uma maior autonomia e podem realizar esta análise com maior confiança.

Através das respostas ao questionário de avaliação, verificamos que os alunos gostaram bastante de participar das atividades propostas e avaliaram como muito proveitosa a experiência que tiveram. Em seus apontamentos, elogiaram a presença de recursos tecnológicos em sala de aula e sugeriram que outras áreas da Física (e também outras disciplinas) pudessem ser igualmente contempladas com essa sistemática.

Verificou-se ainda que, durante a aplicação do produto educacional, o número de alunos nas aulas de reforço aumentou e isso não é ruim: os alunos perceberam o valor desse espaço e a importância de ocupá-lo. Como alguns deles mencionaram em suas respostas, as atividades da disciplina os ajudaram a identificar as dúvidas e prepará-los para dirimi-las na aula de reforço.

Tendo em vista a abertura para novas práticas de ensino oferecida pela Fundação Liberato temos a expectativa de que método *Peer Instruction* esteja presente em mais atividades didáticas daqui para a frente nesta instituição. Um dos principais objetivos deste trabalho foi explorar uma nova metodologia de ensino ensejando, através dela, estimular nos alunos uma maior compreensão conceitual do conteúdo o que julgamos ter alcançado. Tal resultado vai ao encontro dos objetivos da escola que atualmente busca obter maiores índices de aprovação na disciplina de Física, sem diminuir o nível de exigência.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ylla Grasielle Santos; SANTOS, Grayce Kelly Alves; BRABOSA, Celso José Viana; RIBEIRO, Tiago Nery. **Avaliação da aprendizagem das Leis de Newton por meio de Mapas Conceituais**. 64ª Reunião Anual da SBPC. São Luís, 2012.

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. **Instrução pelos Colegas e Ensino Sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, p. 22-29, Brasília, 2000.
<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 11 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, p. 59-86. Brasília, 2007.
<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 11 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Resolução CNE/CEB 02/2012 - Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Diário Oficial da União, Brasília, 31 de janeiro de 2012, Seção 1, p. 20.

CABRAL, Fernando. **A Primeira Lei de Newton é um caso particular da Segunda Lei**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.1, n.1: p. 4-7, dez. 1984.

CAMPAGNOLO, Rodrigo; SILVA, Adriana Aparecida Dambros da; RAUBER, Jaime José; TRATCH, Renato. **Uso da abordagem *Peer Instruction* como metodologia ativa de aprendizagem: um relato de experiência**. Revista Signos ano 35, n. 2, p. 79-87. Lajeado, 2014.

CARVALHO JR., Gabriel Dias. **As concepções de Ensino de Física e a construção da cidadania**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v.19, n.1: p. 53-66, abr. 2002.

COZENDEY, Sabrina Gomes; PESSANHA, Márlon Caetano Ramos; COSTA, Maria da Piedade Resende. **Vídeos didáticos bilíngues no ensino das leis de Newton**. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, v.35, n.3: p. 3504-1-3504-7, set. 2013.

CROUCH, Catherine H.; MAZUR, Eric. **Peer Instruction: Ten years of experience and results**. American Journal of Physics, v. 69, n. 9, p. 970-977, set. 2001.

DINIZ, Alan Corrêa. **Implementação do Método Peer Instruction em aulas de Física no Ensino Médio**. 2015. 152f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal de Viçosa.

HEINECK, Renato; VALIATI, Eliane Regina Almeida; ROSA, Cleci Teresinha Werner. **Software educativo no ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa**. Revista Iberoamericana de Educación. Madri, n. 42/6, maio 2007. Disponível em <<http://rieoei.org/expe/1585Heineck.pdf>>. Acesso em 16 set. 2016.

LOPES, Renato da Rocha. **Estratégias Para Ensino De Engenharia**. Científico Nacional, XXXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, vol. 1, pp.1-8, Fortaleza, set. 2013.

LUZ, Antonio Máximo; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física: Contexto e Aplicações**. V. 1, 1ª edição, p. 95-172. PNLD 2015-2017. São Paulo: Scipione, 2013.

MAZUR, Eric. **Peer Instruction: A User's Manual**. 1ª edição. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

MOREIRA, Marco Antonio. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Cuiabá, abr. 2002. Disponível em <www.if.ufrgs.br/~moreira>. Acesso em 09 out 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. 2ª edição, p. 159-173. São Paulo: E.P.U., 2014.

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias construtivistas**. Textos de apoio ao professor de Física N. 10, p. 45-62, 1999. Instituto de Física UFRGS.

MORETTO, Vasco Pedro. **Prova: um momento privilegiado de estudo e não um acerto de contas**. 1ª edição. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

MÜLLER, Maykon Gonçalves *et al.* **Implementação do método de ensino *Peer Instruction* com auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de Física do Ensino Médio.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v.29, n. especial 1: p. 491-524, set. 2012.

MÜLLER, Maykon Gonçalves. **Metodologias interativas de ensino na formação de professores de Física: um estudo de caso com o *Peer Instruction*.** 2013. 226f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Vagner. **Uma proposta de ensino de tópicos do Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio.** 2012. 234f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PACCA, Jesuína L. A. **O ensino da Lei da Inércia: dificuldades no planejamento.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.8, n.2: p. 99-105, ago. 1991.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. **Solução de Problemas e Conceitos Intuitivos.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.4, n.1: p. 17-24, abr.1987.

PEDUZZI, Sônia Silveira; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. **O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.2, n.1: p. 6-15, abr. 1985.

PEDUZZI, Sônia Silveira; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. **Leis de Newton: uma forma de ensiná-las.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v.5, n.3: p. 142-161, dez.1988.

PEREIRA, Valquíria Guimarães. **As Leis de Newton: Uma abordagem histórica em sala de aula.** 2011. 20f. Trabalho de Conclusão (Licenciatura em Física). Universidade Federal de Alfenas.

PELLIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lourdes; BARON, Márcia Pirihi; FINCK, Nelcy Teresinha Lubi; DOROCINSKY, Solange Inês. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel.** Revista Psicologia Educação Cultura. Curitiba, v.2, n.1, p. 37-42, jul. 2001-jul. 2002

PRADO, Mateus. País corre o risco de não ter professores para o Ensino Médio. **Último segundo**. 24 fev 2011. Disponível em <<http://ultimosegundo.ig.com.br/colunistas/mateusprado/pais+corre+o+risko+de+nao+ter+professores+para+o+ensino+medio/c1238106820726.html>>. Acesso em 07 jan. 2016.

RAMOS, Mozart Neves. Pode haver um apagão generalizado de professores. **Agência de Notícias da UFPE**. 18 out 2015. Disponível em <https://www.ufpe.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=54110:opinio--mozart-neves-ramos-pode-haver-um-apagao-generalizado-de-professores&catid=9&Itemid=73>. Acesso em 07 jan. 2016.

RATIER, Rodrigo; SALLA, Fernanda. Ser Professor: uma escolha de poucos. **Revista Nova Escola**. Disponível em <<http://revistaescola.abril.com.br/politicas-publicas/carreira/ser-professor-escolha-poucos-docencia-atratividade-carreira-vestibular-pedagogia-licenciatura-528911.shtml>>. Acesso em 07 jan. 2016.

REIS, Norma Teresinha Oliveira; GARCIA, Nilson Marcos Dias. **Educação espacial no Ensino Fundamental: Uma proposta de trabalho com o princípio da ação e reação**. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, v.28, n.3: p. 361-371, maio 2006.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F.; FERRAZ, G. **Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI**. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, v. 31, n. 1, 1402 (2009).

ROCHA, Henrique Martins; LEMOS, Washington de Macedo. **Metodologias ativas: do que estamos falando? Base conceitual e relato de pesquisa em andamento**. IX SIMPED – Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação. Associação Educacional Dom Bosco. Resende, 2014. Disponível em <<http://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/41321569.pdf>>. Acesso em 16 set. 2016.

SILVA, Jhonathan Junior da; FIGUEIREDO, Newton; RODRIGUES, Paloma Alinne Alves. **Juntos num só ritmo: Modificando a dinâmica das aulas de Física com o uso articulado do Peer Instruction e do Just in Time**. IV SINECT – Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, 2014. Disponível em <<http://sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/ensino-de-fisica/01408039078.pdf>>. Acesso em 16 set. 2016.

SILVA, Juliano T.; FAGUNDES, Léa da Cruz; MALAGGI, Vitor, BORGES, Gildomar, SILVA, Victor Billy. **Aprendendo as Leis de Newton com os carrinhos de rolimã.** Novas Tecnologias da Educação. Porto Alegre, v.4, n.2, dez. 2006.

SILVEIRA, Fernando Lang da; MOREIRA, Marco Antonio; AXT, Rolando. **Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre Força e Movimento.** Enseñanza de las Ciencias. Barcelona, n.10 (2), p. 187-194, 1992. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Teste_Mecanica.pdf>. Acesso em 14 mar. 2015.

STRIEDER, Dulce Maria; BECKER, Willyan Ronaldo. **O Cotidiano do Ensino e o Ensino Sobre o Cotidiano – Um Estudo da Mecânica e das Dificuldades na Aprendizagem da 3ª Lei de Newton.** II Simpósio Nacional de Educação (13-15/10/2010). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. ISSN: 2178-8669.

TALIM, Sérgio Luiz. **Dificuldades na aprendizagem da Terceira Lei de Newton.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.16, n.2: p. 143-153, ago.1999.

TOLEDO, Luiza Helena Lellis Andrade de Sá; LAGE, Fernanda de Carvalho. **O Peer Instruction e as Metodologias Ativas de Aprendizagem: relatos de uma experiência no Curso de Direito.** Direito, Educação, Ensino e Metodologia Jurídicos. XXII Encontro Nacional do CONPEDI / UNINOVE, p. 375-390, nov. 2013.

VALADARES, Jorge António Carvalho Sousa. **Concepções Alternativas no Ensino da Física à Luz da Filosofia da Ciência.** 1995. 821f. Tese (Doutorado em Ciências da Educação). Universidade Aberta de Lisboa.

APÊNDICE A – Questionário 1 (aplicado antes dos episódios de ensino)

- 1) Em qual das opções abaixo você se enquadra?
 Estou na 2ª série em 2015.
 Estou repetindo a 1ª série em 2015.
- 2) Qual a sua disciplina favorita? Por quê?
- 3) Qual a disciplina que você menos gosta? Por quê?
- 4) Complete a sentença: "Eu gostaria mais de Física se..."
- 5) Escreva aqui o que você acha mais interessante na Física.
- 6) Escreva aqui o que você acha menos interessante na Física.
- 7) Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?
- 8) Você vê alguma dificuldade em APRENDER Física? Comente sua resposta.
- 9) Quais as dificuldades que você costuma ter ao ESTUDAR Física? Comente sua resposta.
- 10) Você já teve contato com a disciplina de Física antes de ingressar na Fundação Liberato? Como foi?
- 11) Avalie a forma de trabalho da disciplina de Física na Fundação Liberato em cada um dos itens a seguir: aulas teóricas, aulas práticas, monitoria, reforço (e outros que você considerar necessários).

APÊNDICE B – Questionário 2 (aplicado depois dos episódios de ensino)

- 1) Quando iniciamos o estudo das Leis de Newton, nós trabalhamos de uma forma diferente. Você poderia falar um pouco sobre a sua experiência nesse período? O que você achou dela em geral?
- 2) Em relação à parte de realizar as atividades prévias, como forma preparação para as aulas, qual é a sua opinião?
- 3) O que você achou das atividades prévias em si? O conteúdo era acessível?
- 4) Quanto ao uso de questões conceituais e as votações em sala de aula, o que você achou?
- 5) Foram usados os cartões de resposta para as votações. O que você achou desta sistemática?
- 6) Qual a sua opinião sobre a discussão das respostas com os colegas? Você acha que foi útil? Você conseguiu aprender melhor com isso? Justifique.
- 7) Com relação ao tempo para a votação e/ou discussão com os colegas em sala de aula, você acha que foi suficiente?
- 8) Você considera que tenha aprendido os conteúdos de Física trabalhados? Justifique.
- 9) Pensando que essa forma de ensinar pode ser usada novamente com próximas turmas, o que poderia ser feito para melhorar?

APÊNDICE C – Tarefas prévias

Este apêndice contém as seis tarefas prévias que acompanham os seis episódios de ensino. Cada uma delas foi concebida levando em conta as dificuldades de aprendizagem discutidas no Capítulo 2.

Tarefa prévia 1

Dificuldades enfrentadas pelos alunos:
(VALADARES, p. 336-340, 1995) (PACCA, p. 99-101, 1991)

- a) Distinguir situações em que não há forças exercidas de situações em que a resultante das forças é nula.
- b) Generalizar o princípio da inércia: um corpo está em repouso ou em movimento uniforme se a resultante das forças nele exercidas for nula.
- c) Se um movimento ocorrer em mais de uma direção, analisar cada uma delas separadamente.

LEIA O TEXTO ABAIXO E **DEPOIS** RESPONDA ÀS QUESTÕES QUE SEGUEM

Ao longo dos séculos, os seres humanos perceberam que se um objeto se move sem que se observe alguma ação sobre o objeto ele irá parar. Por outro lado, observavam que, para que o corpo continuasse em movimento, tinham que exercer sobre ele uma força. Aparentemente, algo sempre iria parar o movimento do objeto.

Esse pensamento vigorou até o século 17 quando Galileu e Descartes, seguidos por Newton, propuseram o contrário: talvez os corpos tenham a tendência de manter seu movimento a não ser que uma força seja exercida sobre eles. E eles justificaram seu ponto de vista argumentando que talvez os corpos não tenham a tendência de parar por si mesmos, mas, por causa da interação com o meio, forças são exercidas contrariamente ao movimento.

Em um movimento de translação, a condição para que um corpo esteja em equilíbrio é que a **RESULTANTE** das forças exercidas sobre ele seja zero. Você percebe isso quando a velocidade de um corpo não varia e também quando um objeto permanece parado. Por outro lado, se você empurrou um objeto e acha que o deixou "sozinho", na verdade, há forças que tendem a fazer o objeto parar. Será que você consegue dar um exemplo de um dessas forças?

A vida de Isaac Newton foi bem interessante como você pode ler na página 115 do seu livro texto.

- 1) Comente os pontos que você achou confuso nesse texto (se não conseguiu entender bem alguma coisa).
- 2) Comente agora os pontos que você achou mais importantes ou mais interessantes.
- 3) Você empurra um objeto em um piso muito liso e faz com que ele se movimente. No instante em que você solta o objeto:
 - a) ele para imediatamente.
 - b) ele diminui a velocidade até parar.

- c) ele continua se movendo com velocidade constante.
- d) ele para, após sua velocidade diminuir subitamente.

Qual das alternativas você considera correta? Justifique a sua resposta.

- 4) Dos corpos listados a seguir, o que está em EQUILÍBRIO é:
- a) a Lua se movimentando em torno da Terra.
 - b) uma pedra em queda livre.
 - c) um automóvel que trafega com velocidade constante.
 - d) uma bicicleta que desce uma rua íngreme.
 - e) um objeto no ponto mais alto da trajetória, quando lançado verticalmente para cima.
- Qual das alternativas você considera correta? Justifique sua escolha.

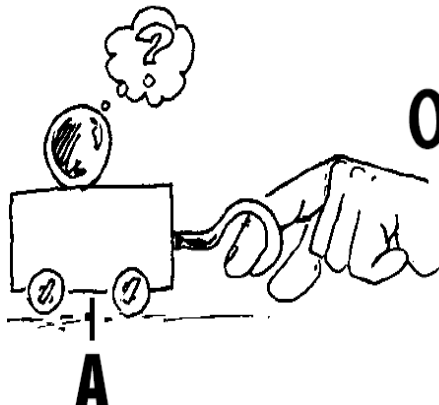
Tarefa prévia 2

Dificuldades enfrentadas pelos alunos
(VALADARES, p. 317-323, 1995) (REZENDE e BARROS, p. 8-10, 2001)

- a) Dissociar a ideia de que é obrigatório exercer uma força para que um objeto se mova.
- b) Reconhecer o princípio da inércia em um objeto em movimento.

RESPONDA ÀS QUESTÕES.

1) (GREF-IF-USP – adaptado) Uma bolinha de aço está apoiada sobre um carrinho que possui uma superfície muito lisa. Uma pessoa puxa muito rapidamente o carrinho para a direita.



**O que acontece
à bolinha?**

- a) Cai à direita do ponto A.
- b) Cai sobre o ponto A.
- c) Cai à esquerda do ponto A.
- d) Cai em local imprevisível.

Escola a alternativa que considera correta e justifique sua escolha.

- 2) Considere um avião voando horizontalmente com velocidade constante.
- a) Não há forças sobre o avião, pois ele está em MRU.

- b) O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é maior do que o módulo das forças que se opõem ao seu movimento.
- c) O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é igual ao módulo das forças que se opõem ao seu movimento.
- d) O módulo das forças que contribuem para o movimento do avião é menor do que o módulo das forças que se opõem ao seu movimento.

Escolha a alternativa que considera correta e justifique sua escolha.

- 3) Considere agora um objeto caindo dentro de uma piscina, em MRU. Assinale a alternativa que melhor explica este fenômeno.
- a) A força de resistência ao movimento exercida pela água é muito maior do que a força exercida pela gravidade.
 - b) A água exerce uma força de resistência ao movimento para cima, de módulo igual à força da gravidade.
 - c) A água exerce uma força de resistência ao movimento para baixo, de módulo igual à força da gravidade.
 - d) O objeto cai em MRU porque não há força da gravidade dentro da piscina.

Escolha a alternativa que considera correta e justifique sua escolha.

Tarefa prévia 3

Dificuldades enfrentadas pelos alunos na 3ª Lei de Newton (TALIM, p. 141-153, 1999), (STRIEDER e BECKER, p. 7-9, 2010), (VALADARES, p. 301-303, 1995)

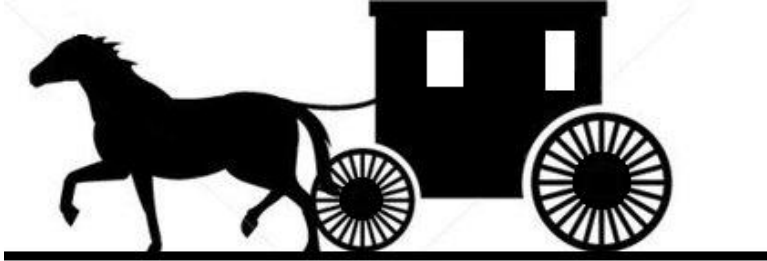
- a) Reconhecer pares ação e reação como forças de mesma natureza;
- b) Reconhecer que as forças de ação e reação são iguais em módulo, independentemente da massa do corpo;
- c) Reconhecer que as forças de ação e reação são simultâneas;
- d) Identificar as forças de ação e reação em corpos diferentes.

PRIMEIRO LEIA AS PÁGINAS 105, 106 E 107 DO SEU LIVRO DIDÁTICO.
DEPOIS RESPONDA ÀS QUESTÕES.

- 1) Comente os pontos que você achou confuso nesse texto (se não conseguiu entender bem).
- 2) Comente agora os pontos que você achou mais importantes.
- 3) (UNIPAC – adaptado) Todas as alternativas contêm um par de forças de ação e reação, EXCETO:
 - a) a força com que a Terra atrai um tijolo e a força com que o tijolo atrai a Terra.
 - b) a força que uma pessoa, andando, empurra o chão para trás e a força com que o chão empurra a pessoa para frente.
 - c) a força com que um avião, empurra o ar para trás e a força com que o ar empurra o avião para frente.
 - d) o peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele.

Justifique sua escolha.

4) (PUC-MG – adaptado) Quando um cavalo puxa uma charrete, a força que possibilita o movimento do cavalo é a força que:



- a) o solo exerce sobre o cavalo.
- b) o cavalo exerce sobre a charrete.
- c) a charrete exerce sobre o cavalo.
- d) a charrete exerce sobre o solo.
- e) o cavalo exerce sobre o solo.

Tarefa prévia 4

Dificuldades enfrentadas pelos alunos

(ABEID, p. 2-3, 2010), (CALDAS & SALTIEL, p. 360-361, 1999), (VALADARES, p. 301-303, 1995)

- a) Diferenciar força de atrito e força de resistência do ar;
- b) Reconhecer que o módulo da força de atrito depende da força de contato (normal) entre os corpos;
- c) Ter consciência que o sentido da força de atrito é oposto à tendência de movimento entre as superfícies;
- d) Identificar e diferenciar atrito estático e cinético.

PRIMEIRO LEIA AS PÁGINAS 109, 110 E 144 DO SEU LIVRO DIDÁTICO.
DEPOIS RESPONDA ÀS QUESTÕES.

1) Comente os pontos que você achou confuso nesse texto (se não conseguiu entender bem).

2) Comente agora os pontos que você achou mais importantes.

3) (PUC-RS) Sobre uma gota de chuva atuam, principalmente, duas forças: o peso e a força de resistência do ar, ambas com direções verticais, mas com sentidos opostos. A partir de uma determinada altura h em relação ao solo, estando a gota com velocidade v , essas duas forças passam a ter o mesmo módulo.

Considerando a aceleração da gravidade constante, é correto afirmar que:

- a) o módulo da força devido à resistência do ar não se altera desde o início da sua queda.
- b) o módulo do peso da gota varia durante a sua queda.
- c) durante a queda, a aceleração da gota aumenta.
- d) a velocidade com que a gota atinge o solo é v .

Justifique sua escolha.

4) (UDESC – adaptado) Um estivador empurra uma caixa em um piso plano com uma força horizontal F . Considerando que a caixa é deslocada com velocidade constante, é correto afirmar:

- a) A intensidade da força de atrito entre o piso e a caixa é igual à intensidade de F .
- b) A intensidade da força de atrito entre o piso e a caixa é menor do que a intensidade de F .
- c) O somatório das forças que atuam sobre a caixa é diferente de zero.
- d) A força F e a força de atrito entre a caixa e o piso possuem mesma direção e mesmo sentido.

Justifique sua escolha.

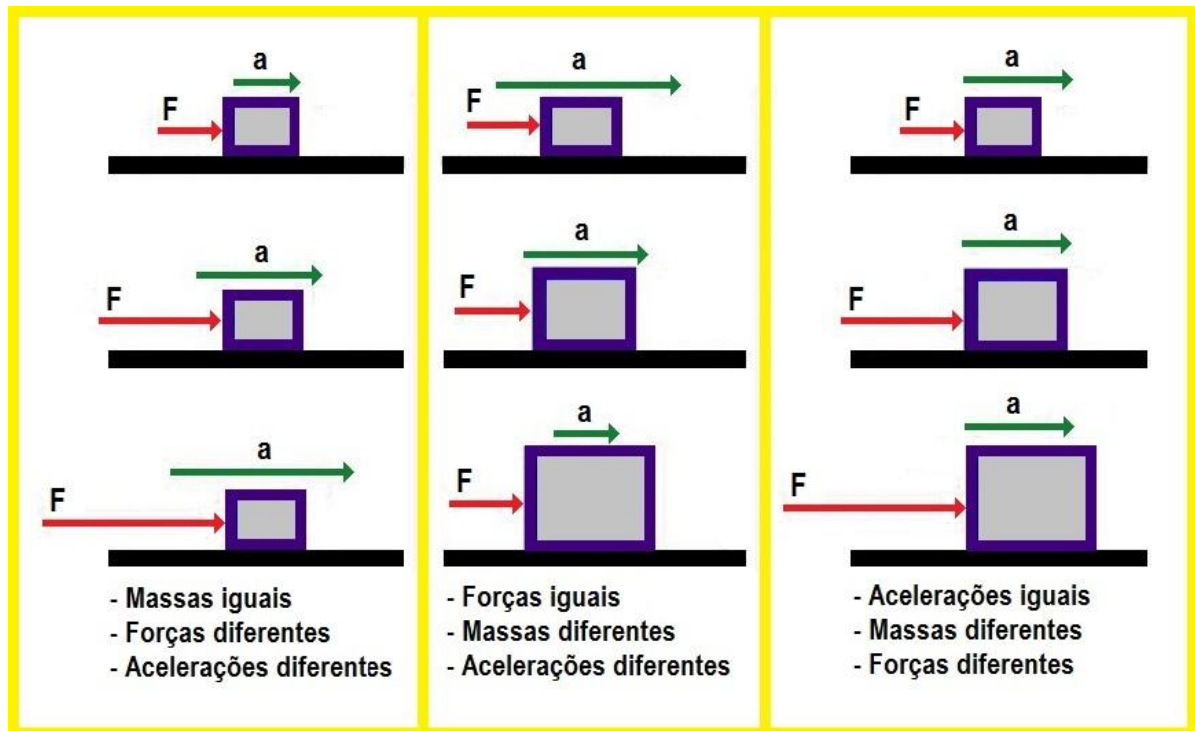
Tarefa prévia 5

Dificuldades enfrentadas pelos alunos

(MARTINS, p. 255-256, 1998), (CHIBENI, p. 7, 1999), (VALADARES, p. 291, 293, 296 e 303, 1995)

- Reconhecer a aceleração como efeito dinâmico da resultante das forças (e não do seu aumento);
- Reconhecer que a existência de forças não obriga o sistema a estar acelerado;
- Ter consciência de que a força causa variação no movimento;
- Compreender que a massa depende da relação entre força e aceleração.

PRIMEIRO LEIA AS PÁGINAS 130, 131 E 132 DO SEU LIVRO DIDÁTICO E OBSERVE A IMAGEM. DEPOIS RESPONDA ÀS QUESTÕES.



1) Comente os pontos que você achou confuso nesse texto (se não conseguiu entender bem).

2) Comente agora os pontos que você achou mais importantes.

3) Sabe-se que os objetos que têm massa atraem-se mutuamente devido à força gravitacional. Por exemplo, a Terra atrai um objeto e este objeto também atrai a Terra. Para este exemplo, considerando a aceleração da gravidade terrestre constante, é correto afirmar que:

- os módulos das acelerações da Terra e do objeto são iguais.
- o módulo da aceleração da Terra é menor do que o módulo da aceleração do objeto.
- o módulo da aceleração do objeto é menor do que o módulo da aceleração da Terra.
- o objeto cai em MRU, tendo a Terra como referencial inercial.

Justifique sua escolha.

4) Um automóvel e um caminhão são acelerados de 0 a 80 km/h em uma pista horizontal e no mesmo intervalo de tempo. Considerando este fenômeno, assinale a alternativa correta.

- a) O módulo da resultante das forças é nulo no automóvel e no caminhão.
- b) O módulo da resultante das forças é o mesmo no automóvel e no caminhão.
- c) O módulo da resultante das forças é maior no caminhão.
- d) O módulo da resultante das forças é maior no automóvel.

Justifique sua escolha.

Tarefa prévia 6

Dificuldades enfrentadas pelos alunos

(PEDUZZI, p. 18-23, 1987), (VALADARES, p. 301-303, 1995)

- a) Identificar as forças de contato e tração em corpos diferentes;
- b) Representar graficamente os vetores em um objeto que se move em um plano inclinado.

ACESSE OS SIMULADORES NOS LINKS ABAIXO.
DEPOIS DE TESTAR OS EXPERIMENTOS, RESPONDA ÀS QUESTÕES.

Simulador 1: plano horizontal com e sem atrito.

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics>

Acesse o link e escolha a opção “Motion”.

No menu superior direito escolha as opções: exibir valores (“values”), massas (“masses”) ou velocidade (“speed”).

Escolha o objeto (ou pessoa) que estará sobre o vagão clicando sobre sua imagem e arrastando-o até o vagão.

Clique sobre as setas na opção “Applied Forces” e observe o que acontece.

Varie o módulo da força exercida, os objetos e observe a variação da velocidade.

Selecionando no menu inferior a opção “Friction” é possível repetir os mesmos itens acima com atrito.

Nesta opção também é possível visualizar a resultante das forças clicando na opção “Sum of Forces” no menu superior direito.

Selecionando no menu inferior a opção “Acceleration” é possível repetir os mesmos itens acima exibindo o módulo da aceleração resultante.

Simulador 2: plano inclinado com e sem atrito

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/ramp-forces-and-motion>

No menu à esquerda é possível escolher vários itens:

- exibir ou ocultar o diagrama de corpo isolado (“Free Body Diagram”);
- superfície de madeira (com atrito) ou de gelo (sem atrito) (“Friction”);
- exibir ou ocultar os vetores e a resultante das forças (“Vectors”);
- incluir ou não molas junto às paredes (“Walls”);
- posição inicial do objeto e ângulo de inclinação do plano (“More Controls”);

No menu inferior é possível escolher qual objeto irá se mover sobre a superfície e cada um deles exibe os coeficientes de atrito estático e cinético.

Na barra central “Applied Force” é possível determinar o módulo da força exercida sobre o corpo e, com isso, observar o corpo se movendo.

Na aba superior esquerda “Friction” é possível repetir todos os itens acima variando os coeficientes de atrito, a massa do objeto e a aceleração da gravidade.

Na aba superior esquerda “Force Graphs” é possível visualizar os gráficos da simulação.

1) Comente os pontos que você achou confuso nas simulações (se não conseguiu entender bem).

2) Comente agora os pontos que você achou mais interessantes da simulação.

3) (ITA-SP) No campeonato mundial de arco e flecha dois concorrentes discutem sobre a física que está contida no arco do arqueiro. Surge então a seguinte dúvida: quando o arco está esticado, no momento do lançamento da flecha, a força exercida sobre a corda pela mão do arqueiro é igual à:

I - força exercida pela sua outra mão sobre a madeira do arco.

II - tensão da corda.

III - força exercida sobre a flecha pela corda no momento em que o arqueiro larga a corda.

Neste caso:

a) todas as afirmativas são verdadeiras.

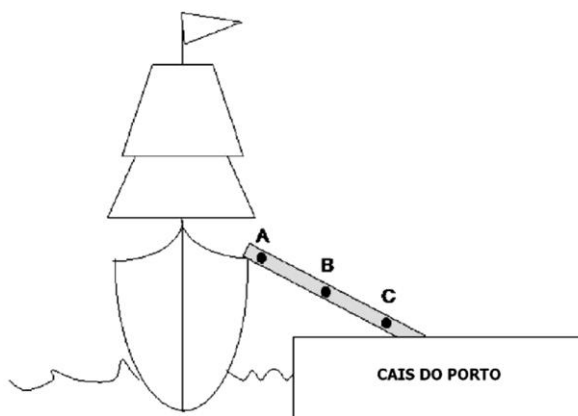
b) somente I e III são verdadeiras.

c) somente I e II são verdadeiras.

d) somente II é verdadeira.

Justifique sua escolha.

4) (UFES – adaptado) As caravelas portuguesas utilizavam para desembarque rápido de mercadorias uma prancha plana de madeira recoberta com gordura animal. Sobre essa rampa, caixas de madeira eram desembarcadas com atrito desprezível. Considerando que F_a , F_b e F_c sejam, respectivamente, o módulo da força resultante sobre uma caixa nos pontos representados na figura esquemática ao lado, é CORRETO afirmar que:



a) $F_a < F_b < F_c$

- b) $F_a > F_b > F_c$
- c) $F_a = F_b = F_c$
- d) $F_a = 0; F_b < F_c$
- e) $F_a = 0; F_b > F_c$

Justifique sua escolha.

APÊNDICE D – Momentos da sequência didática

Aula 1 – Inércia

Momento	Tempo	Descrição da atividade
1	10 min	Discutir as perguntas da tarefa prévia com os alunos, expondo algumas respostas obtidas. Questionar os alunos o que eles sabem sobre FORÇA. Dentro deste diálogo, dar exemplos dos tipos de força.
2	15 min	Tratar do caráter vetorial da força. Representar o vetor força em um objeto (“bloquinho”). Discutir com os alunos a ideia de resultante das forças. Refinar a representação gráfica (“bloquinho”) com mais de uma força exercida sobre ele. Distinguir os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico.
3	15 min	Questões conceituais 1, 2 e 3.
4	05 min	Revisar com os alunos os termos que aparecerão no enunciado da 1ª Lei que são relevantes: - movimento e repouso (em relação a um referencial); - referencial (sistema orientado com origem em um ponto); - MRU.
5	05 min	Abordar o conceito de força. Conforme o livro, “um ente físico capaz de variar o vetor velocidade e/ou deformar objetos”. Salientar que força não é a causa de movimento, mas de variação do estado de movimento e repouso. Exemplos válidos: bola (em movimento) “sem ação de forças”, alicerce de um prédio (em repouso) sob ação de forças. Apresentar unidades de medida de força (utilizar dinamômetro).
6	05 min	Utilizando o livro didático, ler com os alunos o enunciado proposto pelos autores para a 1ª Lei de Newton. Questionar os alunos se esta definição está clara. Perguntar a eles qual a relação entre a definição proposta e a atividade prévia.
7	15 min	Questões conceituais 4, 5 e 6.
8	10 min	Exemplificar o princípio da inércia através de experimentos simples (moedas, copo e cartão) e também, através de uma caneleira de ginástica (os alunos devem usá-la) Possibilitar que os alunos manipulem o material. Pedir aos alunos para que deem outros exemplos para o princípio da inércia.
9	10 min	Questões conceituais 7 e 8.
10	05 min	Revisão.

Aula 2 – Inércia

Momento	Tempo	Descrição da atividade
1	10 min	Revisar da aula anterior a definição da 1ª Lei, a definição de forças e exemplos das forças.
2	10 min	Discutir com os alunos acerca da tarefa prévia, das respostas recebidas e das dúvidas relacionadas com a tarefa.
3	10 min	Apresentar a força peso aos alunos, com base no livro texto. Distinguir massa gravitacional e massa inercial.
4	10 min	Questões conceituais 1 e 2.
6	10 min	Questões conceituais 3 e 4.
7	15 min	Utilizando massas penduradas em uma mola, estabelecer uma relação entre a força peso e a deformação da mola. Construir junto com os alunos uma tabela e o gráfico. Apresentar a Lei de Hooke. Importante: a Lei de Hooke não será tratada como a “prova” do experimento, nem o experimento como “prova” da lei.
8	15 min	Questões conceituais 5, 6 e 7.
9	05 min	Revisão.

Aula 3 – Ação e Reação

Momento	Tempo	Descrição da atividade
1	10 min	Discutir com os alunos acerca da tarefa prévia, das respostas recebidas e das dúvidas relacionadas com a tarefa.
2	10 min	Ler com os alunos a definição apresentada no livro didático para a 3ª Lei, discutindo os exemplos ilustrados no livro (há vários exemplos e ótimas ilustrações). Representar graficamente os pares ação e reação. Discutir com os alunos o fato das forças de ação e reação serem de mesma natureza.
3	10 min	Questões conceituais 1 e 2.
4	10 min	Caracterizar par ação e reação peso e força gravitacional. Caracterizar par ação e reação envolvendo força de contato e normal. Discutir com os alunos a simultaneidade das forças de ação e reação.
5	15 min	Discutir com os alunos a aplicação das forças de ação e reação em objetos diferentes.
6	10 min	Questões conceituais 3 e 4.
7	10 min	Questionar aos alunos como caracterizar o par ação e reação em uma corda tracionada. Questioná-los também como caracterizar o par ação e reação em uma mola esticada.
8	15 min	Questões conceituais 5, 6 e 7.
9	05 min	Revisão.

Aula 4 – Força de atrito / Resistência do ar

Momento	Tempo	Descrição da atividade
1	10 min	Discutir com os alunos acerca da tarefa prévia, das respostas recebidas e das dúvidas relacionadas com a tarefa.
2	15 min	Discutir com os alunos a diferença entre atrito e resistência do ar. Explicitar a dependência do atrito com a força normal. Explicitar a dependência da resistência do ar com a velocidade do objeto.
3	10 min	Questões conceituais 1 e 2.
4	15 min	Utilizando o gráfico $F_{AT} \times F$, introduzir os conceitos de atrito estático e cinético, bem como os coeficientes de atrito estático e cinético.
5	10 min	Questões conceituais 3 e 4.
6	15 min	Utilizando o gráfico $v \times t$, introduzir o conceito de velocidade limite (velocidade terminal) e apresentar valores de coeficientes de arrasto.
7	10 min	Questões conceituais 5 e 6.
8	05 min	Revisão.

Aula 5 – Princípio Fundamental da Dinâmica

Momento	Tempo	Descrição da atividade
1	10 min	Discutir com os alunos acerca da tarefa prévia, das respostas recebidas e das dúvidas relacionadas com a tarefa.
2	10 min	Discutir com os alunos a relação entre força e aceleração (massa).
3	10 min	Questões conceituais 1 e 2.
4	15 min	Ler com os alunos o enunciado da 2ª Lei de Newton que está no livro. Representar graficamente os vetores força e aceleração utilizando diagrama de corpo isolado. Comentar a analogia entre as expressões matemáticas $F_R = m.a$ e $P = m.g$.
5	20 min	Determinar a resultante das forças exercidas sobre um objeto e relacioná-la com sua aceleração em exercícios no plano horizontal com e sem atrito (3 a 4 questões).
6	20 min	Determinar a resultante das forças exercidas sobre um objeto e relacioná-la com sua aceleração em exercícios no plano inclinado com e sem atrito (3 a 4 questões).
7	10 min	Questões conceituais 3 e 4.
8	05 min	Revisão.

Aula 6 – Aplicações do Princípio Fundamental da Dinâmica

Momento	Tempo	Descrição da atividade
1	10 min	Discutir com os alunos acerca da tarefa prévia, das respostas recebidas e das dúvidas relacionadas com a tarefa.
2	30 min	Realizar resolução de exercícios sobre plano horizontal e plano inclinado, com e sem atrito.
3	15 min	Questões conceituais 1, 2 e 3.
4	45 min	Aplicação do teste sobre concepções de movimento dos professores Lang, Moreira e Axt (Anexo B).

APÊNDICE E – Questões conceituais

Aula 1 – Inércia

Dificuldades enfrentadas pelos alunos:

(VALADARES, p. 336-340, 1995) (PACCA, p. 99-101, 1991)

- a) Distinguir situações em que não há forças exercidas de situações em que a resultante das forças é nula.
- b) Generalizar o princípio da inércia: um corpo está em repouso ou em movimento uniforme se a resultante das forças nele exercidas for nula.
- c) Se um movimento ocorrer em mais de uma direção, analisar cada uma delas separadamente.

Questões conceituais – as letras indicam o nível crescente de dificuldade atribuído à questão, em uma escala de (a) a (c).

1) (b) (STA. CASA – adaptado) Se a resultante das forças é nula, É POSSÍVEL:

- a) um objeto passar do estado de repouso ao de movimento uniforme.
- b) manter um objeto em movimento retilíneo e uniforme.
- c) manter um corpo em movimento circular e uniforme.
- d) mudar a direção do movimento de um objeto.

2) (b) (TAUBATÉ) Um automóvel viaja com velocidade constante de 72 km/h em trecho retilíneo de estrada. Pode-se afirmar que a resultante das forças que agem sobre o veículo:

- a) é igual à força de atrito que age sobre o veículo.
- b) é nula.
- c) nunca será nula.
- d) é desconhecida, pois há falta de dados.

3) (c) Em uma partida de futebol, o goleiro cobra o tiro de meta chutando a bola que estava no solo. A trajetória da bola após o chute será:

- a) circular.
- b) parabólica.
- c) reta.
- d) espiral.

4) (c) Um avião voando horizontalmente próximo à superfície da Terra abandona um objeto. Uma pessoa na Terra observa os movimentos do avião e do objeto caindo. Despreze a resistência do ar. Assinale a alternativa que contém, respectivamente, as trajetórias descritas pelo avião e pelo objeto.

- a) retilínea e circular.
- b) retilínea e parabólica.
- c) parabólica e retilínea.
- d) retilínea e retilínea.

5) (b) (PUC-RJ – adaptado) Considere as seguintes afirmações a respeito de um passageiro de um ônibus que segura, por meio de um barbante, um balão que contém hélio:

I - Quando o ônibus freia, o balão se desloca para trás.

- II - Quando o ônibus acelera para frente, o balão se desloca para trás.
 III - Quando o ônibus acelera para frente, o barbante permanece na vertical.
 IV - Quando o ônibus freia, o barbante permanece na vertical.

Assinale a opção que indica a(s) afirmativa(s) correta(s).

- a) III e IV
 b) I e II
 c) Somente I
 d) Somente II

6) (b) (Uniupe-MG – adaptado) O princípio da inércia explica o fato de que:

- a) um corpo, ao ser lançado verticalmente para cima, atinge o ponto mais alto da trajetória e volta ao ponto de lançamento.
 b) quando atiramos uma pedra em qualquer direção no espaço, se nenhuma força for exercida nela, a pedra seguirá seu movimento sempre com a mesma velocidade, mas variando a direção.
 c) a força de atração do Sol sobre a Terra é igual, em intensidade e direção, à força de atração da Terra sobre o Sol.
 d) algumas pessoas conseguem tirar a toalha de uma mesa puxando-a rapidamente, de modo que os objetos que estavam sobre a toalha permaneçam em seus lugares sobre a mesa.

7) (a) Considere o movimento horizontal de dois veículos A e B em uma rodovia. O carro A trafega com velocidade constante de 30 km/h e B trafega com velocidade constante de 60 km/h. Assinale a afirmativa correta:

- a) Não há forças exercidas sobre os veículos A e B.
 b) A resultante das forças no veículo A é o dobro da resultante das forças no veículo B.
 c) A resultante das forças no veículo A é a metade da resultante das forças no veículo B.
 d) A resultante das forças no veículo A é igual à resultante das forças no veículo B.

8) (a) Um paraquedista salta de um avião que voa paralelamente ao solo. Observa-se a seguinte sequência de situações durante a descida do paraquedista:

- I – O módulo da sua velocidade aumenta enquanto ele cai.
 II – Depois de certo tempo, o módulo de sua velocidade estabiliza.
 III – Ao abrir o paraquedas, o módulo de sua velocidade diminui bruscamente.

Sobre as forças exercidas sobre o paraquedista, podemos afirmar que:

- a) Em I a resultante das forças é nula; em II a resultante das forças é nula; em III a resultante das forças é não-nula.
 b) Em I a resultante das forças é não-nula; em II não há forças exercidas; em III a resultante das forças é não-nula.
 c) Em I a resultante das forças é não-nula; em II a resultante das forças é nula; em III a resultante das forças é nula.
 d) Em I a resultante das forças é não-nula; em II a resultante das forças é nula; em III a resultante das forças é não-nula.

Aula 2 – Inércia

Dificuldades enfrentadas pelos alunos

(VALADARES, p. 317-323, 1995) (REZENDE e BARROS, p. 8-10, 2001)

- c) Dissociar a ideia de que é obrigatório exercer uma força para que um objeto se mova.
- d) Reconhecer o princípio da inércia em um objeto em movimento.

Questões conceituais – as letras indicam o nível crescente de dificuldade atribuído à questão, em uma escala de (a) a (b).

1) (a) (PUC-PR – adaptado) Analise as seguintes afirmativas:

- I. É possível haver movimento na ausência de força.
- II. É possível haver força na ausência de movimento.
- III. Ausência de forças sempre significa repouso.

Estão corretas:

- a) Apenas II.
- b) Apenas III.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e III.

2) (b) Um paraquedista de 800 N desce verticalmente com velocidade constante de 2,0 m/s. Analisando a situação podemos afirmar que:

- a) a resultante das forças sobre o paraquedista é direcionada para baixo.
- b) a força de resistência do ar é maior que o peso do paraquedista.
- c) não há forças exercidas no paraquedista.
- d) a força total exercida sobre o paraquedista é nula.

3) (a) Julgue as afirmações abaixo.

- a) Se um corpo sob a ação de várias forças está em equilíbrio, então esse corpo só pode estar em repouso.
- b) Um corpo permanece em movimento retilíneo uniforme ou em repouso quando não existe força alguma sobre ele.
- c) Quando a resultante das forças exercidas sobre um corpo é nula, esse corpo permanece em repouso ou em movimento uniforme em qualquer trajetória.
- d) Um objeto sob a ação de várias forças está em equilíbrio. Isso significa que ele pode estar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

4) (b) O *bungee jumping* é considerado um esporte radical, no qual uma pessoa salta de grandes alturas presa pelos tornozelos (ou pela cintura) a uma corda elástica. Ao final de um salto, depois de terminadas todas as oscilações da corda, uma pessoa aguarda a equipe de segurança para ser liberada das amarras. Sabendo que o sistema está em equilíbrio:

- a) a força peso da pessoa tem módulo igual à força elástica da corda.
- b) a força elástica da corda tem módulo maior do que a força peso da pessoa.
- c) a força peso da pessoa tem módulo maior do que a força elástica da corda.
- d) não se pode afirmar coisa alguma antes da pessoa ser solta das amarras.

5) (b) (PUC-MG) A respeito do conceito de inércia, pode-se dizer que:

- a) inércia é uma força que mantém os objetos em repouso ou em movimento com velocidade constante.
- b) inércia é uma força que leva todos os objetos ao repouso.
- c) um objeto de grande massa tem mais inércia que um de pequena massa.
- d) objetos que se movem rapidamente têm mais inércia que os que se movem lentamente.

6) (b) Baseando-se na primeira Lei de Newton, assinale a alternativa correta.

- a) Se estivermos dentro de um ônibus e deixarmos um objeto cair, esse objeto fará uma trajetória retilínea em relação ao solo, pois o movimento do ônibus não afeta o movimento de objetos em seu interior.
- b) Quando usamos o cinto de segurança dentro de um carro, estamos impedindo que, na ocorrência de uma frenagem, sejamos arremessados para fora do carro, em virtude da tendência de permanecermos em movimento.
- c) Quanto maior a massa de um corpo, mais fácil será alterar sua velocidade.
- d) O estado de repouso e o de movimento retilíneo independem do referencial adotado.

7) (a) Depois de ser empurrado, um objeto se move com velocidade constante sobre um piso muito liso. Isto ocorre porque:

- a) Não há forças exercidas sobre o objeto.
- b) A resultante das forças exercidas no objeto é nula.
- c) Depois de exercida a força, seu módulo diminui à medida que o objeto se move.
- d) A força exercida tem seu módulo constante durante todo o movimento.

Aula 3 – Ação e Reação

Dificuldades enfrentadas pelos alunos na 3ª Lei de Newton (TALIM, p. 141-153, 1999), (STRIEDER e BECKER, p. 7-9, 2010), (VALADARES, p. 301-303, 1995)

- e) Reconhecer pares ação e reação como forças de mesma natureza;
- f) Reconhecer que as forças de ação e reação são iguais em módulo, independentemente da massa do corpo;
- g) Reconhecer que as forças de ação e reação são simultâneas;
- h) Identificar as forças de ação e reação em corpos diferentes.

Questões conceituais – as letras indicam o nível crescente de dificuldade atribuído à questão, em uma escala de (a) a (d).

1) (a) (UFLA-MG – adaptado) Um livro de peso igual a 4 N está apoiado, em repouso, na palma de sua mão. Complete as sentenças abaixo:

- I) Uma força para baixo de 4 N é exercida sobre o livro pela _____.
- II) Uma força para cima de _____ é exercida sobre o(a) _____ pela mão.
- III) A força para cima (item II) é reação à força para baixo (item I)? _____

Assinale a alternativa que contém as respostas que preenchem corretamente as lacunas.

- a) Terra, 8 N, Terra, Sim.
- b) Terra, 4 N, livro, Sim.
- c) Terra, 4 N, livro, Não.
- d) Terra, 4 N, Terra, Não.

2) (a) (PUC-RS – adaptado) No estudo das leis do movimento, ao tentar identificar pares de forças de ação-reação, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. Ação: A Terra atrai a Lua. Reação: A Lua atrai a Terra.
- II. Ação: O pulso do boxeador golpeia o adversário. Reação: O adversário cai.
- III. Ação: O pé chuta a bola. Reação: A bola adquire velocidade.
- IV. Ação: Sentados numa cadeira, empurramos o acento para baixo. Reação: O acento nos empurra para cima.

O princípio da ação-reação é corretamente aplicado:

- a) Somente na afirmativa I.
- b) Somente na afirmativa II.
- c) Somente nas afirmativas II e III.
- d) Somente nas afirmativas I e IV.

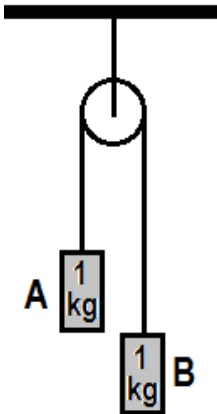
3) (b) (PUC-PR – adaptado) Um pedaço de ferro é colocado próximo de um ímã, conforme a figura a seguir:



Assinale a alternativa correta:

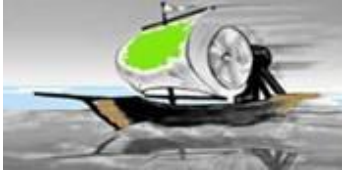
- a) é o ferro que atrai o ímã.
- b) a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro.
- c) é o ímã que atrai o ferro.
- d) a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã.

4) (b) Observe a figura a seguir: por uma roldana fixa no teto passa uma corda de massa desprezível que contém dois blocos A e B de massa 1 kg cada um. Assinale a alternativa correta.



- a) O bloco B move-se obrigatoriamente para baixo, pois os blocos não estão na mesma altura.
 - b) O sistema está obrigatoriamente em repouso, pois A e B possuem massas iguais.
 - c) O sistema está em equilíbrio, pois os pesos de A e B e as forças de tração na corda têm mesmo módulo.
 - d) O bloco A move-se obrigatoriamente para cima porque a força de tração é maior do que seu peso.
- 5) (d) (UFC – adaptado) As forças de ação e reação (terceira lei de Newton) não se anulam mutuamente (exceto se forem forças internas) porque têm módulos diferentes.
- a) a afirmação é certa e o argumento é errado.
 - b) a afirmação é certa e o argumento é certo.
 - c) a afirmação e o argumento são corretos, mas não relacionados.
 - d) a afirmação e o argumento estão errados.
- 6) (c) Um livro de Física abordando a 3ª Lei de Newton contém a seguinte expressão “a pessoa empurra a parede e a parede empurra a pessoa”. Poderíamos dizer que, enquanto a força está sendo exercida, tanto faz quem é a força de ação ou de reação?
- a) Sim, pois as forças são de mesma natureza e ocorrem simultaneamente.
 - b) Sim, pois as forças de ação e reação podem ocorrer sucessivamente.
 - c) Não, porque é necessário que as forças de ação e reação ocorram sucessivamente.
 - d) É indiferente. As forças de ação e reação podem ocorrer simultaneamente ou sucessivamente.

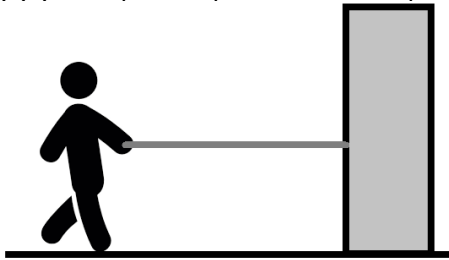
7) (d) (UFPEL- RS) Um pescador possui um barco a vela que é utilizado para passeios turísticos. Em dias sem vento, esse pescador não conseguia realizar seus passeios. Tentando superar tal dificuldade, instalou, na popa do barco, um enorme ventilador voltado para a vela, com o objetivo de produzir vento artificialmente. Na primeira oportunidade em que utilizou seu invento, o pescador percebeu que o barco não se movia como era por ele esperado. O invento não funcionou!



A razão para o não funcionamento desse invento é que

- a) a força de ação atua na vela e a de reação, no ventilador.
- b) a força de ação atua no ventilador e a de reação, na água.
- c) as forças que estão aplicadas no barco formam um sistema cuja resultante é nula.
- d) ele não produziu vento com velocidade suficiente para movimentar o barco.

8) (d) Uma pessoa puxa uma corda presa à parede, conforme ilustrado na figura.



Assinale a alternativa que contém a melhor representação da força de tração que o homem exerce na corda (T) e da força que a corda exerce no homem (F):

- a) \xrightarrow{T} \xrightarrow{F}
- b) \xleftarrow{T} \xrightarrow{F}
- c) \xleftarrow{T} \xleftarrow{F}
- d) \xrightarrow{T} \xleftarrow{F}

Aula 4 – Força de atrito / Resistência do ar

Dificuldades enfrentadas pelos alunos

(ABEID, p. 2-3, 2010), (CALDAS & SALTIEL, p. 360-361, 1999), (VALADARES, p. 301-303, 1995)

- e) Diferenciar força de atrito e força de resistência do ar;
- f) Reconhecer que o módulo da força de atrito depende da força de contato (normal) entre os corpos;
- g) Ter consciência que o sentido da força de atrito é oposto à tendência de movimento entre as superfícies;
- h) Identificar e diferenciar atrito estático e cinético.

Questões conceituais – as letras indicam o nível crescente de dificuldade atribuído à questão, em uma escala de (a) a (d).

1) (a) Considere duas folhas de papel iguais. Uma delas foi amassada e observou-se que ela cai mais rapidamente do que a folha de papel aberta. Por que isso ocorreu?

- a) Porque a força de resistência do ar é menor na folha amassada.
- b) Porque a força de atrito é menor na folha amassada.
- c) Porque a folha aberta tem menor massa e por isso o peso é menor do que a força de resistência do ar.
- d) Porque a folha aberta é menos densa que o ar e, portanto, é mais suscetível à força de atrito.

2) (a) Analise as seguintes afirmativas:

I – Um carro se desloca em MRU porque a força de atrito e a força exercida pelo motor têm módulos iguais.

II – Um objeto inicia a queda livre em MRUV porque seu peso é maior do que a força de resistência do ar.

III – Uma pessoa consegue caminhar porque há atrito entre seus sapatos e a superfície.

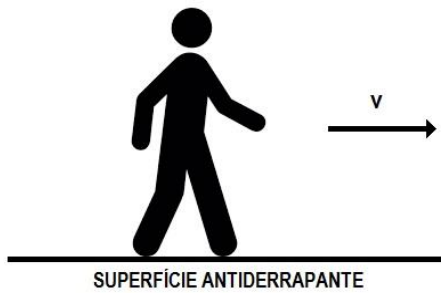
Estão corretas:

- a) Apenas II.
- b) Apenas III.
- c) Apenas II e III.
- d) As afirmativas I, II e III.

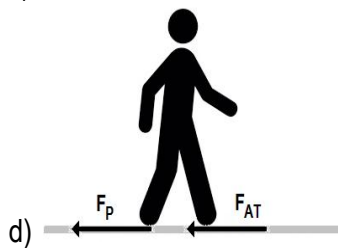
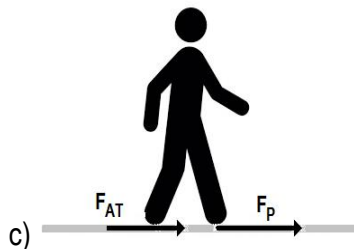
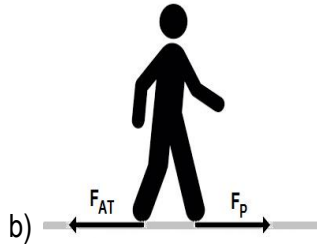
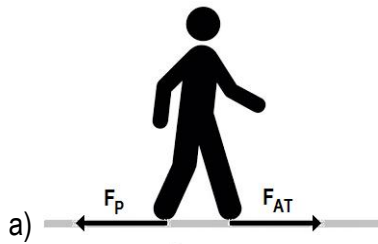
3) (b) Ana e Bob querem pendurar um quadro na parede. Antes de fixá-lo, Ana avalia a posição e o nivelamento do quadro enquanto Bob mantém o quadro estável na parede exercendo uma força sobre o quadro, perpendicularmente a ele. Ao perceber que o quadro está deslizando, Bob aplica uma força maior sobre o quadro, na mesma direção e sentido da força aplicada anteriormente, até o quadro parar de deslizar. Por que o quadro parou de deslizar?

- a) Porque o módulo da força de atrito é muito superior ao módulo da força peso do quadro.
- b) Porque o peso do quadro e a força normal sofreram redução dos seus módulos.
- c) Porque a força exercida provocou diminuição da força peso do quadro em relação a seu valor anterior.
- d) Porque houve aumento da força normal e, conseqüentemente, da força de atrito entre o quadro e a parede.

4) (c) Lixas adesivas são utilizadas como antiderrapantes em pisos e degraus de escadas. Uma pessoa caminha sobre uma superfície coberta com lixa antiderrapante, esquematizada na figura.



Assinale a alternativa que melhor representa a força exercida pela pessoa no chão (F_P) e a força de atrito exercida pelo chão sobre a pessoa (F_{AT}).



5) (d) Um objeto inicialmente em repouso foi deslocado sob a ação de uma força, de acordo com as etapas abaixo:

1ª: foi exercida uma força de 20 N sobre o objeto e ele permaneceu em repouso.

2ª: aumentou-se gradualmente o módulo da força exercida sobre o objeto até 25 N e ele permaneceu em repouso.

3ª: aumentou-se gradualmente o módulo da força exercida sobre o objeto até 30 N e só então ele passou a se movimentar.

4ª: após iniciado o movimento foi exercida uma força de 25 N sobre o objeto e ele moveu-se em MRU.

Assinale a alternativa correta:

- a) O módulo da força de atrito estático é de 25 N e o da força de atrito cinético é 25 N.
- b) O módulo da força de atrito estático é de 30 N e o da força de atrito cinético é 25 N.
- c) O módulo da força de atrito estático é de 20 N e o da força de atrito cinético é 25 N.
- d) O módulo da força de atrito estático é de 30 N e o da força de atrito cinético é 20 N.

6) (d) Um guarda-roupa foi tirado do repouso com certa dificuldade e depois disso, foi mais fácil mantê-lo em movimento. Assinale a alternativa que melhor explica este fenômeno.

- a) Há atrito estático com o guarda-roupa em repouso, depois o guarda-roupa mantém seu movimento por inércia.
- b) O módulo da força de atrito cinético é maior do que o módulo da força de atrito estático.
- c) O módulo da força de atrito estático é maior do que o módulo da força de atrito cinético.
- d) A inércia dificulta a retirada do guarda-roupa do repouso e depois há apenas atrito cinético.

Aula 5 – Princípio Fundamental da Dinâmica

Dificuldades enfrentadas pelos alunos

(MARTINS, p. 255-256, 1998), (CHIBENI, p. 7, 1999), (VALADARES, p. 291, 293, 296 e 303, 1995)

- e) Reconhecer a aceleração como efeito dinâmico da resultante das forças (e não do seu aumento);
- f) Reconhecer que a existência de forças não obriga o sistema a estar acelerado;
- g) Ter consciência de que a força causa variação no movimento;
- h) Compreender que a massa depende da relação entre força e aceleração.

Questões conceituais – as letras indicam o nível crescente de dificuldade atribuído à questão, em uma escala de (a) a (d)

1) (a) Um objeto se move sobre uma superfície horizontal sem atrito sob ação de uma força constante. Podemos afirmar que:

- a) A velocidade do objeto é constante.
- b) O objeto possui aceleração no mesmo sentido da força aplicada.
- c) O objeto possui aceleração no sentido oposto da força aplicada.
- d) Não se pode afirmar nada, pois faltam dados para análise.

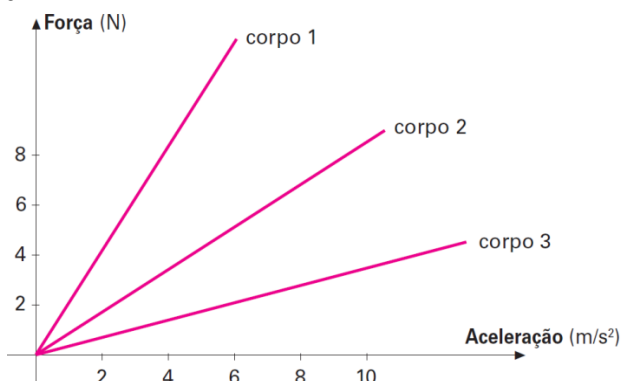
2) (b) Um objeto move-se horizontalmente em MRU. Assinale a afirmativa INCORRETA a respeito deste movimento:

- a) A resultante das forças exercidas no objeto é nula.
- b) É necessário que haja mais de uma força sendo exercida no objeto para que ele se mova em MRU.
- c) Mesmo se várias forças forem exercidas no objeto ele pode estar em equilíbrio.
- d) Se o somatório das forças exercidas no objeto for não-nulo ele acelera.

3) (c) Um drone voa horizontalmente transportando um objeto suspenso por um cabo. Em determinado instante, o módulo da força de tração no cabo que sustenta o objeto é maior do que o módulo da força peso do objeto. Neste instante:

- a) o drone possui aceleração para cima.
- b) o drone começa a subir em MRU.
- c) o drone começa a descer.
- d) o drone permanece voando horizontalmente.

4) (d) (UFPI – adaptado) A figura abaixo mostra a força em função da aceleração para os corpos, 1, 2 e 3.



Sobre esses corpos é correto afirmar que:

- a) o corpo 1 tem a menor inércia.
- b) o corpo 3 tem a maior inércia.
- c) o corpo 2 tem a menor inércia.
- d) o corpo 1 tem a maior inércia.

Aula 6 – Aplicações do Princípio Fundamental da Dinâmica

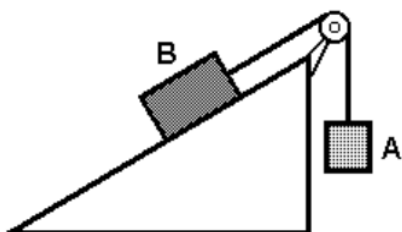
Dificuldades enfrentadas pelos alunos

(PEDUZZI, p. 18-23, 1987), (VALADARES, p. 301-303, 1995)

- c) Identificar as forças de contato e tração em corpos diferentes;
- d) Representar graficamente os vetores em um objeto que se move em um plano inclinado.

Questões conceituais – as letras indicam o nível crescente de dificuldade atribuído à questão, em uma escala de (a) a (b)

1) (b) (PUC-PR – adaptado) Os corpos A e B de massas m_A e m_B , respectivamente, estão interligados por um fio que passa pela polia, conforme a figura. A polia pode girar livremente em torno de seu eixo. A massa do fio e da polia são consideradas desprezíveis.



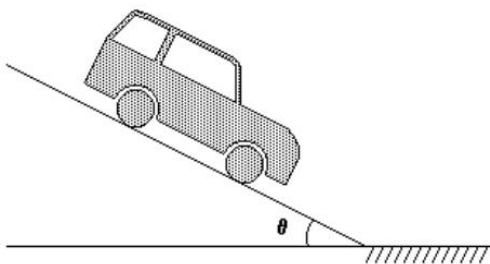
Se o sistema está em repouso é correto afirmar:

- I. Se $m_A = m_B$, necessariamente existe atrito entre o corpo B e o plano inclinado.
- II. Independentemente de existir ou não atrito entre o plano e o corpo B, deve-se ter $m_A = m_B$.
- III. Se não existir atrito entre o corpo B e o plano inclinado, necessariamente $m_A > m_B$.
- IV. Se não existir atrito entre o corpo B e o plano inclinado, necessariamente $m_A < m_B$.

Está correta ou estão corretas:

- a) Somente I.
- b) Somente II.
- c) I e III.
- d) I e IV.

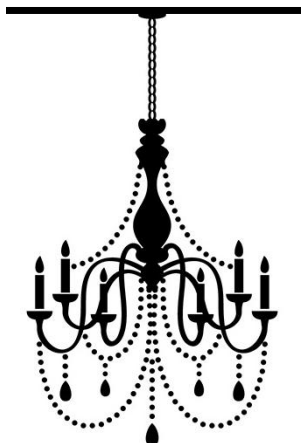
2) (b) (UNIRIO – adaptado) Um carro é freado, e suas rodas, travadas ao descer uma rampa.



Num dia seco, o carro para antes do final da descida. Num dia chuvoso, isto ocorrerá se:

- a) $F_{at} < P \sin \theta$, em qualquer circunstância.
- b) $F_{at} > P \sin \theta$, dependendo do local onde se inicia a freada e da velocidade naquele instante.
- c) $F_{at} < P \sin \theta$, dependendo do local onde se inicia a freada e da velocidade naquele instante.
- d) $F_{at} = P \sin \theta$, dependendo do local onde se inicia a freada e da velocidade naquele instante.

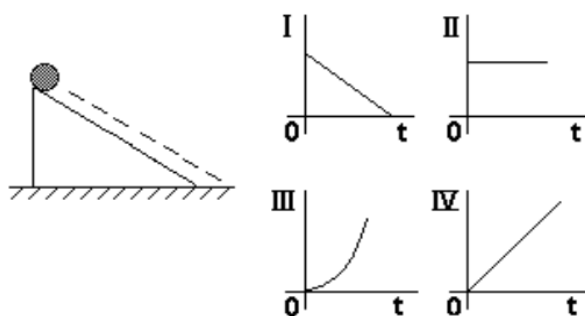
3) (a) Um lustre está pendurado ao teto de uma sala por meio de uma corrente, conforme a figura. O sistema está em repouso.



Considerando a situação exposta e a terceira Lei de Newton, podemos dizer que:

- as forças de ação e reação são iguais em módulo, direção e sentido e são exercidas apenas no lustre.
- as forças de ação e reação, neste caso, são exercidas apenas no teto.
- as forças de ação e reação são iguais em módulo e são exercidas no teto e no lustre.
- as forças de ação e reação, neste caso, são exercidas apenas na corrente.

4) (b) (FUVEST – adaptado) Considere o movimento de uma bola abandonada em um plano inclinado em $t = 0$.



O par de gráficos que melhor representa, respectivamente, a velocidade (em módulo) e a distância percorrida, é:

- II e IV
- IV e III
- III e II
- I e IV

APÊNDICE F – Passo a passo do aplicativo Plickers

Para fazer uso do aplicativo *Plickers* inicialmente é necessário que o professor instale gratuitamente o aplicativo no seu *smartphone* por meio da sua *app store*. Em seguida, no site do aplicativo (www.plickers.com), é necessário criar uma conta, também gratuita. Como o aplicativo faz a leitura dos cartões através da câmera do *smartphone*, quanto melhor a resolução da câmera, mais facilmente as respostas são lidas. Sugerimos o uso *smartphones* com câmeras de, no mínimo, 8 megapixels de resolução.

Uma vez criada a conta, criam-se as turmas: o professor escolhe um nome para a turma e escreve os nomes dos alunos (é possível copiar e colar) em uma lista, sendo um nome por linha. O *Plickers* associa cada aluno a um número e cada número a um cartão de resposta com este mesmo número. É possível adicionar até 63 alunos por turma.

Depois disso é preciso criar um banco de questões. Escreve-se o enunciado, escolhe-se o tipo de questão (verdadeiro/falso ou múltipla escolha com até quatro alternativas) e escreve-se cada alternativa de resposta, assinalando qual é a correta. É possível incluir imagens nas questões. Uma vez criada a questão, adiciona-se a questão à biblioteca da turma (é possível adicionar a mesma questão diretamente para todas as turmas). A Figura 9 mostra a página do aplicativo *Plickers*.

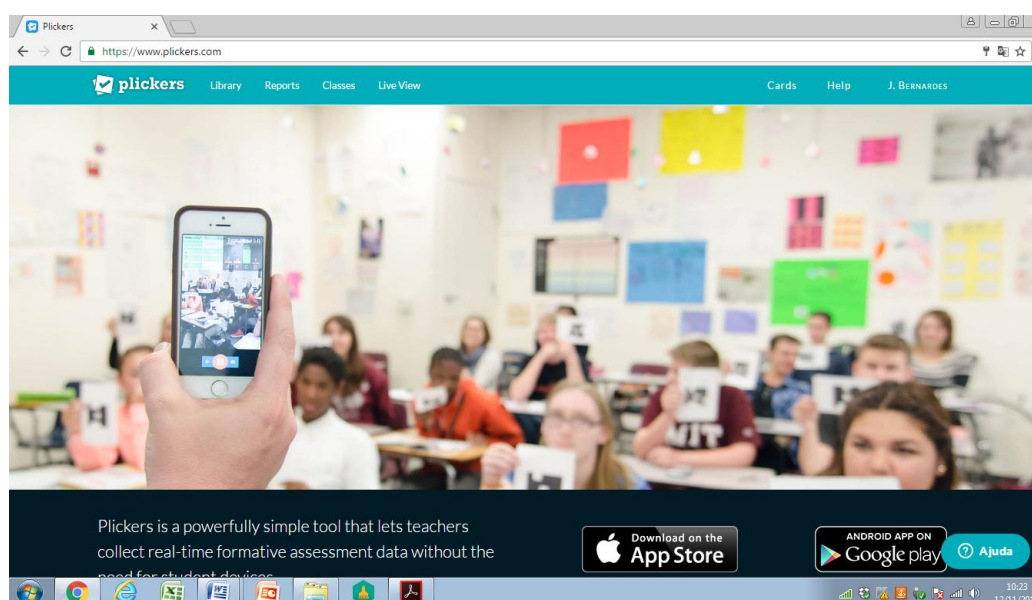


Figura 9 – Página do *Plickers* na Internet. FONTE: www.plickers.com.

Então é necessário imprimir os cartões de resposta. Na página do *Plickers* há versões para *download* em vários tamanhos. Um dos arquivos permite imprimir dois cartões por folha A4 (aconselha-se a impressão a laser em folhas de desenho, com maior gramatura), e é suficiente para a câmera do

smartphone ler os cartões adequadamente. Porém, devido ao manuseio constante, os cartões acabam sujando e sofrendo pequenos amassos. Por isso sugerimos que os cartões sejam impressos em um formato maior, cada um ocupando uma folha A4 inteira.

O professor pode ter um conjunto de cartões para cada turma, mas sugerimos utilizar apenas um conjunto e escrever atrás de cada cartão os nomes dos alunos associados àquele cartão em cada turma. Por exemplo, no verso do cartão 1 haveria a seguinte lista:

Turma 1 – Adriano

Turma 2 – Ana Paula

Turma 3 – Ângela

Turma 4 – Alexandre

Para envolver ainda mais os alunos no processo, aconselha-se que os cartões sejam entregues no início de cada aula e recolhidos no final pelos próprios alunos.

Lembrando, cada lado do cartão corresponde a uma alternativa de resposta: A, B, C ou D. Se o aluno deseja responder a alternativa B como correta, ele deve mostrar o cartão para o *smartphone* do professor orientando o lado B do cartão para cima.

No dia da aula, o professor apresenta uma questão para os alunos. Neste trabalho as questões foram entregues impressas para os alunos. Mas, se houver conexão com a Internet, é possível projetar o site do *Plickers* na opção “*Live View*” (visualização ao vivo) e, a partir do *smartphone*, o professor controla cada questão que está sendo exibida.

Os alunos refletem em silêncio sobre a questão proposta e depois disso mostram seus cartões para o *smartphone* do professor, orientando-os de acordo com a resposta que consideram estar correta. Através da câmera, o aplicativo lê os cartões de resposta, indica quantos cartões foram lidos, identifica a resposta de cada aluno e exibe na tela do *smartphone* o percentual de acertos da questão. A Figura 10 exemplifica esse processo.

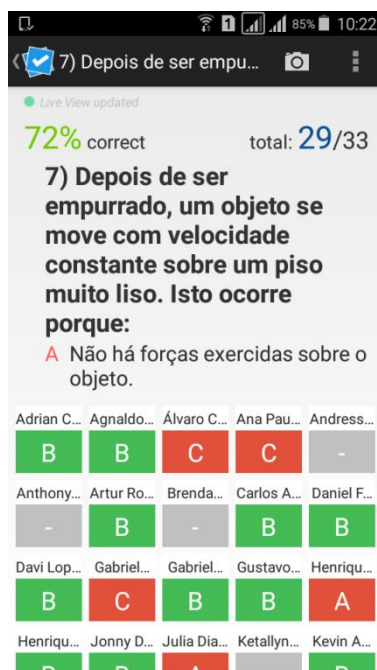


Figura 10 – Tela do aplicativo *Plickers*. FONTE: o autor.

Na Figura 10 lê-se que o aplicativo recebeu 29 respostas de 33 alunos, sendo que 72% desses 29 acertaram a questão. Logo abaixo, aparece a alternativa respondida por cada aluno. Se o professor realizar uma nova votação, esse percentual de acertos será apagado. Todos os dados ficam armazenados na memória do *smartphone* e, se houver conexão com a Internet, são automaticamente sincronizados com a conta do *Plickers* na Internet. A partir do site, na opção “*Reports*” é possível visualizar os acertos de cada turma ou de cada aluno, na forma de boletins individualizados.

A Figura 11 mostra a tela dos resultados de uma turma: percentual de acertos e quantidade de alunos que respondeu cada alternativa. Clicando sobre a questão é possível visualizar a resposta dada por cada um dos alunos.

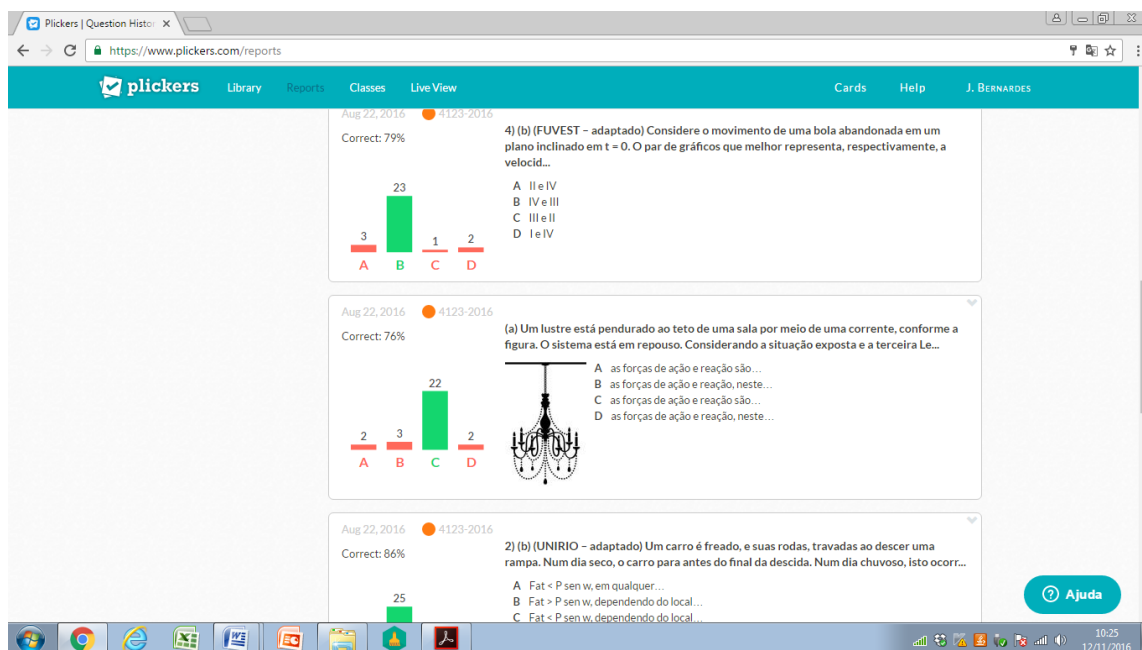
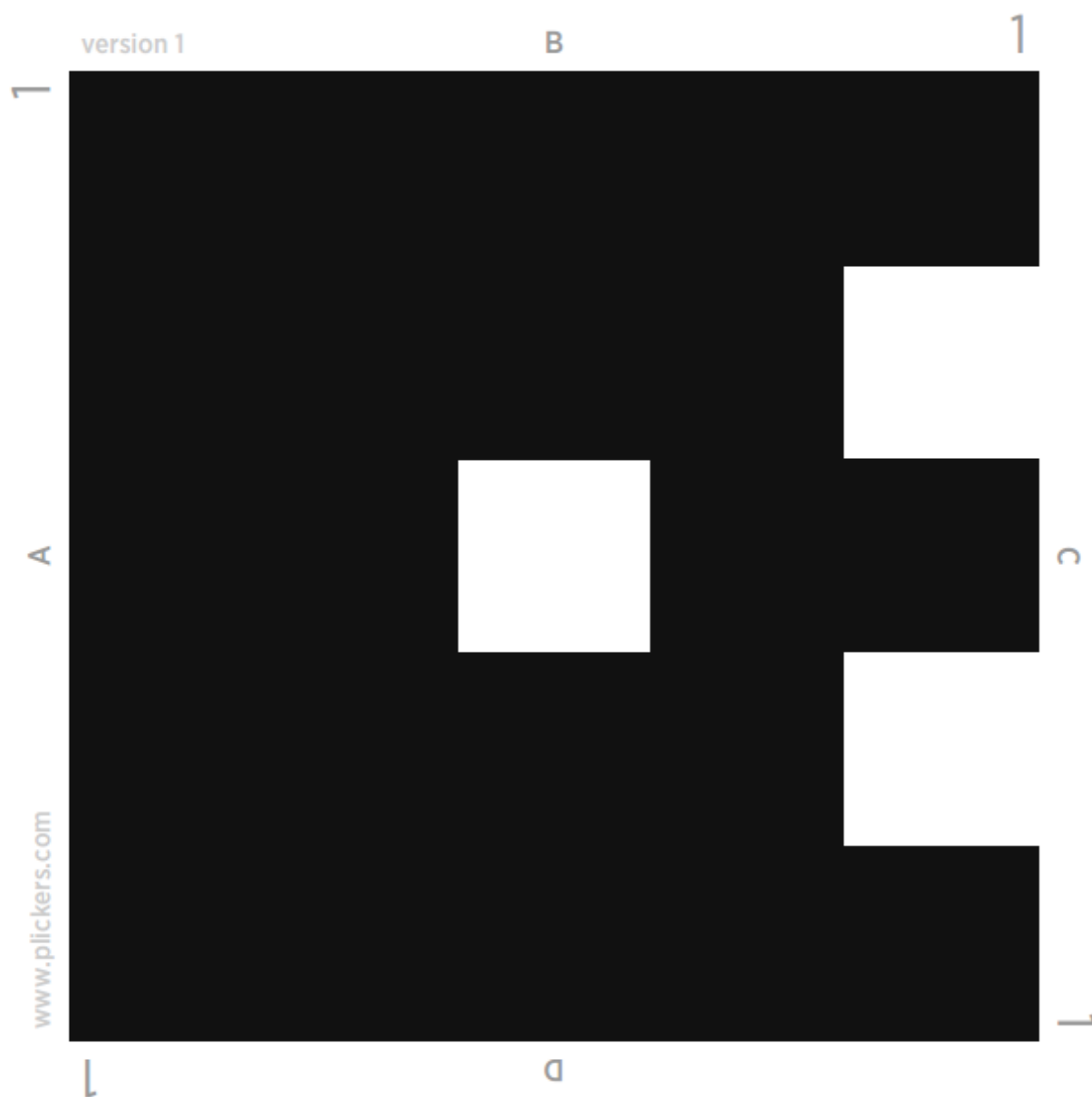


Figura 11 – Tela de relatórios da página do *Plickers*. FONTE: www.plickers.com.

O professor pode tomar decisões de forma mais segura conhecendo esses dados: além dos três caminhos sugeridos pelo método *Peer Instruction* (revisitar o conteúdo, promover a discussão entre os colegas ou seguir adiante) é possível identificar alunos com dificuldades recorrentes e pensar novas estratégias. Por exemplo, propor um novo espelho de classe colocando os alunos com mais facilidade próximos daqueles que necessitam de mais atenção.

ANEXO A – Modelo do cartão de votação em tamanho real

Os cartões de resposta foram retirados do site do *Plickers* (www.plickers.com) e lá é possível baixar o arquivo em formato PDF com vários tamanhos de cartão, incluindo este mostrado aqui, utilizado na aplicação do produto educacional.

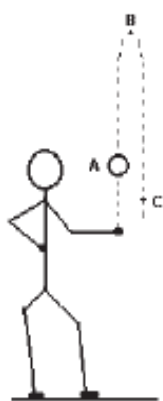


ANEXO B – Teste de concepções sobre movimento e força

Conforme mencionado no Capítulo 5, aqui está o teste na sua versão original (extraído de Silveira; Moreira; Axt, 1992). As questões 5 e 6 não foram realizadas porque o conteúdo ainda não havia sido trabalhado.

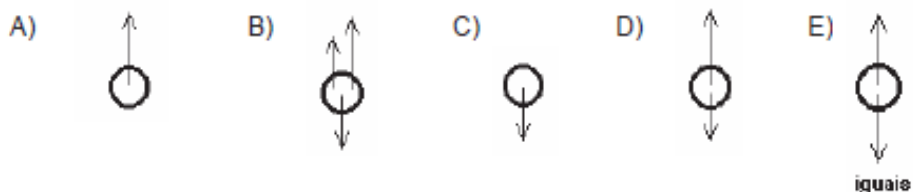
Este teste* é constituído por dezenove questões de escolha múltipla, com cinco ou três alternativas. Escolha a alternativa que melhor corresponde à resposta e marque na grade em anexo. **NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DE QUESTÕES.**

As questões 1, 2 e 3 referem-se ao seguinte enunciado:

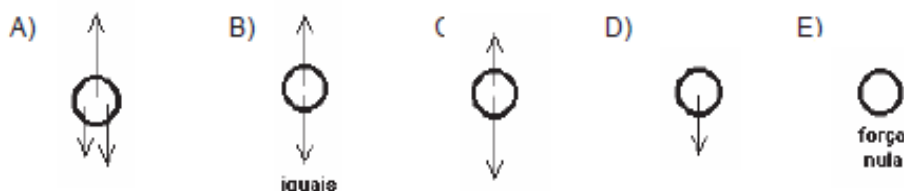


Um menino lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento (B é o ponto mais alto da trajetória). É desprezível a força resistiva do ar na bola. As setas nos desenhos seguintes simbolizam forças exercidas na bola.

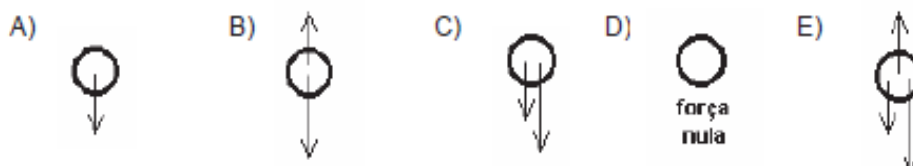
1) No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) exercidas na bola?



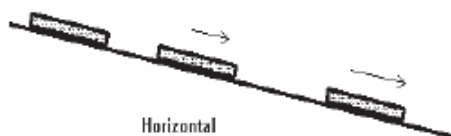
2) No ponto B, quando a bola atinge o ponto mais alto da trajetória, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) exercidas na bola?



3) No ponto C, quando a bola está descendo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) exercidas na bola?

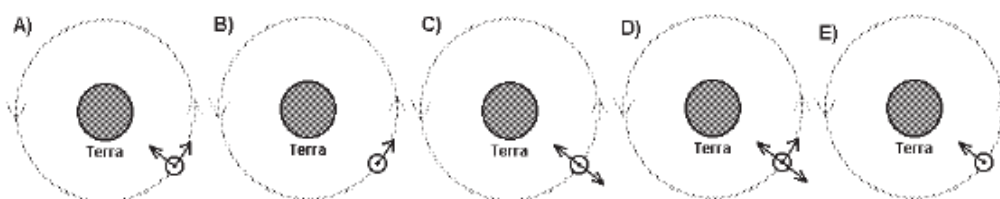


4) A figura se refere a um corpo que foi abandonado em repouso sobre uma rampa (é desprezível a força resistiva do ar no corpo e é constante a força de atrito com a rampa). Ele passa a deslizar com velocidade que cresce uniformemente no tempo. Assim sendo, pode-se afirmar que a força exercida no corpo rampa abaixo:

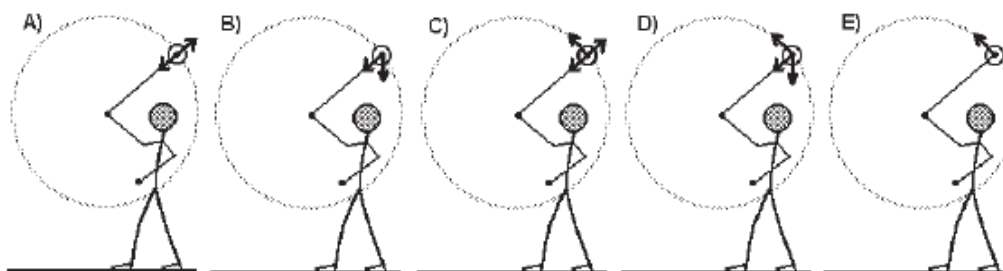


- A) é igual à força de atrito.
 B) é maior do que a força de atrito e está crescendo.
 C) é constante mas maior do que a força de atrito.

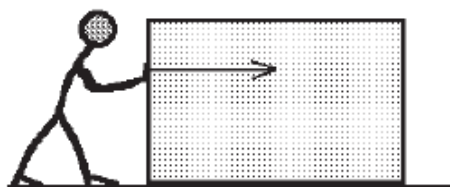
5) As figuras se referem a um satélite descrevendo movimento circular uniforme em torno da Terra. As setas simbolizam as forças exercidas sobre o satélite. Qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre o satélite?



6) As figuras se referem a um menino que faz girar, em uma trajetória circular em um plano vertical, uma pedra presa ao extremo de um fio. Em qual das figuras a(s) força(s) sobre a pedra está(ão) melhor representada(s) pela(s) seta(s)?



As questões 7, 8 e 9 referem-se ao seguinte enunciado:



A figura se refere a um indivíduo exercendo uma força horizontal sobre uma caixa. A caixa está sobre uma superfície horizontal com atrito. É desprezível a força de resistência do ar sobre a caixa.

7) Inicialmente o indivíduo realiza uma força com intensidade um pouco maior do que a força de atrito. Portanto a caixa se movimentará:

- A) com velocidade que aumenta.
- B) com velocidade pequena e constante.
- C) com velocidade grande e constante.

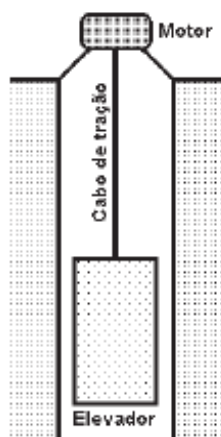
8) A caixa está sendo empurrada por uma força com intensidade muito maior do que a da força de atrito. Então o indivíduo diminui a intensidade da força mas ela continua sendo um pouco mais intensa do que a da força de atrito. Portanto a velocidade da caixa:

- A) diminui.
- B) aumenta.
- C) permanece constante.

9) A caixa está sendo empurrada por uma força com intensidade maior do que a da força de atrito. Então o indivíduo diminui a intensidade da força até que ela se iguale à da força de atrito. Portanto a caixa:

- A) continuará se movimentando mas acabará parando.
- B) parará em seguida.
- C) continuará se movimentando com velocidade constante.

As questões 10 a 14 se referem ao seguinte enunciado:



A figura se refere a um elevador e o seu sistema de tração (motor e cabo). Através do cabo o motor exerce uma força sobre o elevador (são desprezíveis as forças de atrito e de resistência do ar sobre o elevador).

- 10) O elevador está inicialmente parado e então o motor exerce sobre o elevador uma força um pouco mais intensa do que o peso do elevador. Assim sendo, pode-se afirmar que o elevador subirá:
- A) com velocidade grande e constante.
 - B) com velocidade que aumenta.
 - C) com velocidade pequena e constante.

11) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força cuja intensidade é muito maior do que a do peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui de intensidade mas permanece ainda um pouco maior do que a do peso do elevador. Portanto a velocidade do elevador:

- A) aumenta.
- B) diminui.
- C) não se altera.

12) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força com intensidade maior do que a do peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui de intensidade, se igualando a do peso do elevador. Portanto o elevador:

- A) parará em seguida.
- B) continuará subindo durante algum tempo mas acabará parando.

C) continuará subindo com velocidade constante.

13) O elevador está descendo e o motor exerce sobre ele uma força com intensidade menor do que a do peso do elevador. Então a intensidade da força que o motor exerce aumenta e se igual a do peso do elevador. Portanto o elevador:

A) continuará descendo com velocidade constante.

B) parará em seguida.

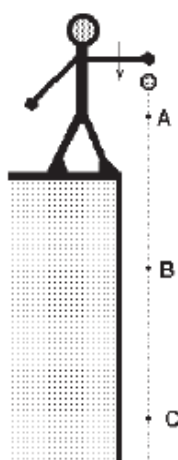
C) continuará descendo durante algum tempo mas acabará parando.

14) O elevador está descendo e o motor exerce sobre ele uma força menos intensa do que a do peso do elevador. Então a força que o motor exerce aumenta de intensidade, se tornando muito mais intensa do que o peso do elevador. Portanto o elevador:

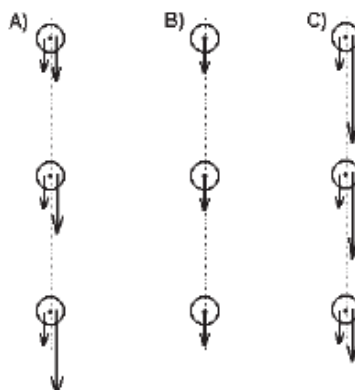
A) imediatamente sobe.

B) continua a descer durante algum tempo com velocidade que diminui.

C) imediatamente para e em seguida sobe com grande velocidade.



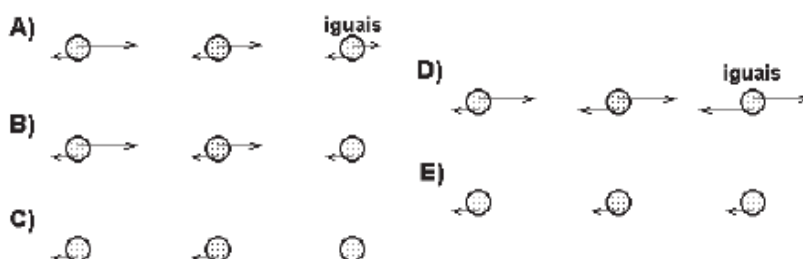
15) A figura se refere a um indivíduo que, do topo de uma torre, arremessa para baixo uma bola. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola após o arremesso. É desprezível a força de resistência do ar sobre a bola. As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas seguintes melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



16) A figura se refere a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A e B são pontos da trajetória da bola após o lançamento, quando a bola já está rolando; no ponto C a bola está finalmente em repouso. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças horizontais sobre a bola nos pontos A, B

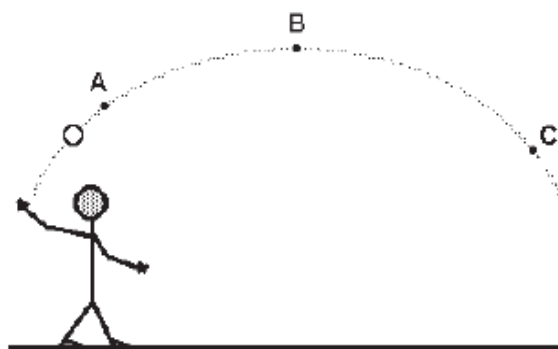


e C. Qual dos esquemas melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



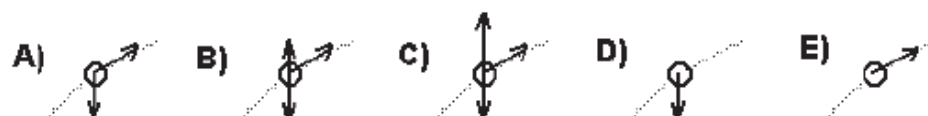
As questões 17, 18 e 19 referem-se ao enunciado abaixo:

Um menino lança uma pequena pedra que descreve uma trajetória como a representada na figura (a força de resistência do ar sobre a pedra é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.

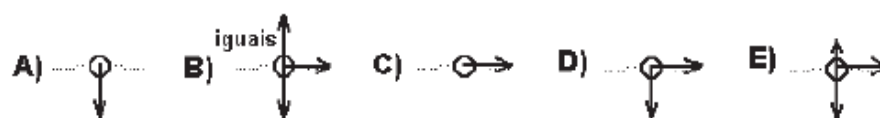


As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a pedra.

17) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



18) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



19) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?

