

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

**Experimento virtual de rolamento: um estudo das
dificuldades apresentadas pelos alunos do curso de
licenciatura do IFUSP**

Suelen Fernandes de Barros

Orientadora: Prof. Dra. Nora Lia Maidana

São Paulo
2011

*Aos meus pais Marli e Rubem
E aos professores Nora e Vito*

*Eu prefiro ser
Essa metamorfose ambulante
Do que ter aquela velha opinião
Formada sobre tudo
(Raul Seixas)*

Agradecimentos

À Deus pela capacidade, força e esperança.

Aos meus pais pelo apoio ao longo desta caminhada.

Aos meus irmãos pelos incentivos, conselhos, ajudas e pela paciência.

Ao André, pelo amor, pelo carinho, pela compreensão, nos momentos de ausência, e que, sempre acreditando em mim, me apoiou nos bons e nos maus momentos.

Aos professores Vito e Nora que sempre estiveram comigo durante este trajeto e que muito me ajudaram e contribuíram para minha formação, com seus conselhos e ensinamentos.

Às minhas amigas Natalia e Carol, por não terem desistido de mim, mesmo depois dos inúmeros convites não aceitos.

Aos amigos Glauco e Monaliza, por termos formado uma equipe de trabalho e com quem pude discutir etapas importantes deste trabalho.

Ao professor Cristiano Mattos pelas inúmeras ajudas e conselhos no desenvolvimento deste trabalho.

À você, leitor, que não deixará este trabalho esquecido e o tornará fruto de críticas e de possíveis diálogos.

Sumário

I. Apresentação	7
I.1 Os experimentos virtuais	7
I.1.1 A justificativa deste trabalho de monografia	9
II. Contexto dos laboratórios virtuais	11
II.1 Introdução.....	11
II.1.1 Metodologia da revisão bibliográfica.....	12
III. Objetivo	28
IV. Nossos experimentos virtuais	30
IV. 1 Como são feitos nossos experimentos.....	30
IV.1.1 Os experimentos já elaborados.....	32
V. O experimento de Rolamento	42
V.1 As tomadas de dados.....	43
V.1.1 A aplicação do experimento aos alunos	48
VI. Metodologia de pesquisa	49
VII. Desenvolvimento do trabalho.....	52
VII.1 Primeira leitura: Como aparece no corpo dos relatórios entregues pelos alunos o objetivo do experimento de rolamento.....	53
VII.1.1 Segunda leitura: A tomada de dados das posições lineares e angulares	58
VII.1.1.1 A interpretação dos resultados	60
VIII. Discussão dos resultados	63
IX. Conclusão do trabalho.....	67
X. Bibliografia.....	73

I. Apresentação

Nesta seção farei uma breve apresentação deste trabalho de monografia, bem como do experimento e do projeto ao qual ele vai tratar, para que seja possível construir uma visão da história deste trabalho e de sua relevância do ensino de física. Assim, começarei falando do que são os experimentos virtuais tratados neste trabalho, de onde surgiu a idéia de realizar os mesmos e quais as pessoas e projetos envolvidos no seu desenvolvimento até os dias de hoje. Continuarei com uma rápida apresentação de como estes experimentos são escolhidos e construídos até serem disponibilizados à análise pelos alunos, bem como dos experimentos já construídos e disponíveis hoje aos alunos e por fim, fecharei essa seção trazendo o experimento foco de análise desta monografia, explicitando aqui as justificativas desta escolha.

I.1 Os experimentos virtuais

A iniciativa da elaboração destes experimentos virtuais e de seu uso nas aulas das disciplinas introdutórias de mecânica do curso de licenciatura em física oferecido pelo IFUSP - Instituto de Física da Universidade de São Paulo surgiu entre os professores que ministravam tais disciplinas por volta do ano de 2004. Tais disciplinas são teóricas, sendo que muitas vezes não há no semestre uma abordagem experimental cujo conteúdo trabalhe experimentalmente as mesmas questões que estavam sendo discutidas nas aulas teóricas, e mesmo quando existe no semestre uma disciplina experimental, na maioria dos casos ela é ministrada por outro docente, de modo que os conteúdos trabalhados experimentalmente não são tratados em conjunto com aqueles das disciplinas teóricas. Diante desse quadro, surgiu a idéia dos experimentos virtuais, que seriam experimentos reais, que após serem filmados seriam disponibilizados numa página, para que os alunos tivessem acesso e pudessem analisá-los. Além de trazer essa oportunidade de trabalhar, salvo algumas restrições, tanto a parte teórica quanto a parte experimental concomitantemente, esse laboratório se constitui numa outra ferramenta que o professor dispunha para usar em sala de aula, além da tradicional lousa, giz e livro didático.

A primeira equipe que trabalhou na elaboração destes experimentos virtuais tinha o Prof. Dr. Vito Roberto Vanin como coordenador, a Profa. Dra. Nora Lia Maidana como professora auxiliar e como alunos monitores/colaboradores Elizabeth Z. G. Severino (IFUSP), Marcelo Henrique Leite (ECA), Paulo Henrique Acedo (IFUSP) e Roberta M. Miranda (IFUSP), que faziam parte do projeto

“Experimentos Virtuais em Disciplinas Teóricas de Mecânica” desenvolvido no âmbito do Pró-Mat - Programa de Apoio à Produção do Material Didático. Os alunos do IFUSP realizavam as análises físicas de cada situação experimental a ser explorada, bem como acompanhavam cada etapa do processo de elaboração do experimento. Um dos integrantes ficou responsável por disponibilizar esse material produzido na rede para que os alunos tivessem acesso e por fim, o aluno e funcionário da ECA, foi o responsável pelas filmagens e alocação do material na primeira página de internet construída para o projeto.

Os primeiros experimentos desenvolvidos pelo grupo foram aplicados nas turmas de Mecânica do segundo semestre de 2004 e depois nas turmas de Fundamentos de Mecânica e Mecânica, no primeiro e segundo semestre respectivamente de 2005, que são as disciplinas teóricas iniciais obrigatórias do Curso de Licenciatura em Física do IFUSP. Desde então eles vem sendo propostos aos alunos que cursam tais disciplinas. Nos últimos anos não tem mais sido os idealizadores deste laboratório que estão ministrando essas disciplinas, mas os professores atuais continuam fazendo uso deste material.

A partir de 2007 o projeto “Experimentos Virtuais em Disciplinas teóricas de Mecânica” coordenado pelo Prof. Dr. Vito R. Vanin passou a trabalhar em conjunto com o projeto “Experimentos Virtuais de Mecânica”, sobre orientação da Profa. Dr. Nora Lia Maidana, ambos os projetos agora desenvolvidos no âmbito do EPA - Ensinar, Pesquisar e Aprender, sendo que no período de 2007 à 2008 os alunos que participaram da elaboração dos experimentos foram Igino V. G. Martins, Felipe F. Frigeli e Raphael H. C. Alves, todos eles alunos do IFUSP. No período de 2008-2009 a equipe novamente se renovou, com a entrada de dois novos alunos e saída de dois alunos, sendo eles Monaliza Fonseca, Pedro L. O. Filho, Raphael H. C. Alves e Igino V. G. Martins respectivamente. Em 2009 e 2010 os alunos que participaram da equipe foram Monaliza Fonseca, Pedro L. O. Filho, Glauco G. M. Senhora e Suelen Fernandes de Barros. Apesar de nestes anos posteriores, não contarmos mais com alunos da ECA, o grande ambiente de aprendizagem que o trabalho em conjunto propiciou no início do projeto, permitiu que o que foi aprendido com aquele aluno fosse repassado aos que participaram do projeto nos anos seguintes, de modo que o projeto pudesse continuar sendo desenvolvido. No ano de 2011 os projetos “Experimentos Virtuais em disciplinas teóricas de Mecânica” e “Experimentos Virtuais de Mecânica” não foram inscritos no EPA e atualmente não temos experimentos sendo desenvolvidos para serem disponibilizados aos alunos.

Essa proposta de laboratório conta com a vantagem de servir para o aluno como uma mediação entre as aulas teóricas e as atividades de laboratório presenciais, uma vez que ela trabalha tanto questões que costumam ser discutidas em laboratórios presenciais quanto questões que são discutidas nas aulas teóricas, sem, entretanto, ser uma aula teórica e nem ter todas as características

de um laboratório presencial. É importante destacar aqui que o objetivo deste laboratório virtual em momento algum foi substituir o laboratório presencial, mas sim, fornecer ao professor uma ferramenta extra para lidar com algumas das situações que também são vivenciadas no laboratório presencial, podendo ser usado tanto em disciplinas teóricas, como meio de discutir experimentalmente um conceito, ou em disciplinas experimentais, como complemento das experiências realizadas no laboratório. Além do mais, ele permite ao aluno a visualização dos fenômenos estudados, ajudando a diminuir o alto grau de abstração muito freqüente nas aulas de física. Outra vantagem que este laboratório apresenta é o fato de poder ser usado pelos alunos em outros momentos, fora da universidade, quando, por exemplo, ele está revisando o conteúdo trabalhado em sala para uma prova, o que não pode ser feito, por exemplo, no caso de um laboratório presencial, uma vez que há todo um arranjo experimental necessário para realização do experimento. Cabe citar ainda que ele permite o estudo de situações que normalmente não poderiam ser realizados num laboratório presencial, como ocorre com o caso de fenômenos onde temos movimentos com altas velocidades, cujo acompanhamento da posição ao longo do tempo se torna difícil, senão impossível. Como no laboratório virtual os experimentos são filmados e o filme é transformado numa seqüência de fotos, cujos intervalos de tempo são conhecidos, o acompanhamento da posição do corpo ao longo do tempo, se torna algo fácil de ser feito.

1.1.1 A justificativa deste trabalho de monografia

Conforme já foi citado este laboratório virtual vem sendo aplicado aos alunos há cerca de oito anos, não somente pelos professores que inicialmente o idealizaram, mas também pelos outros professores que tem ministrado as disciplinas introdutórias de mecânica do curso de licenciatura em física do IFUSP, de modo que ele parece já ter se consumado como um recurso a mais, além da lousa, do giz e do livro didático que o professor faz uso em sala de aula.

Além do mais, ele oferece um conjunto de características que o fazem um forte aliado do professor e do aluno no processo de ensino-aprendizagem de um determinado fenômeno, uma vez que permite ao aluno ver aquilo que está sendo descrito, diminuindo assim grande parte do grau de abstração muito freqüente nas aulas teóricas de física. Também permite ao professor de uma disciplina teórica trabalhar com alguns pontos experimentais ao mesmo tempo em que ele está discutindo a teoria em sala de aula, o que muitas vezes não é conseguido facilmente, uma vez que as disciplinas experimentais e teóricas têm grades independentes e professores diferentes. Esse laboratório conta ainda com a vantagem de permitir que sejam analisados quantitativamente questões que não poderiam ser feitas num laboratório presencial, haja vista as limitações inerentes a

este. O próprio experimento de rolamento, como aqui proposto, não poderia ser realizado sem o auxílio de uma câmara que nos possibilite acompanhar o movimento do aro, do carrinho ou da moeda, ao longo do tempo, por citar alguns dos nossos objetos de estudo.

Frente a todos os pontos que já foram citados, entre eles a história do projeto deste laboratório virtual, sua aceitação por parte dos docentes responsáveis pelas disciplinas que o envolve, o grande conjunto de vantagens que ele pode oferecer para o ensino e o retorno que os alunos apresentaram para este experimento do rolamento surgiu a preocupação norteadora deste trabalho, de trabalhar nesta monografia com o que tem sido produzido neste projeto de experimentos virtuais.

A escolha em olhar especificamente para o experimento de “Rolamento”, dentre a tantos que estão no sítio e que já vem sendo aplicados há anos vem do fato de este tratar-se de um experimento cuja montagem e análise foram difíceis para a própria equipe que o elaborou, da qual fiz parte, uma vez que ela exige uma série de etapas no processo de tomadas de dados que devem ficar claras aos alunos para que eles consigam atingir o objetivo maior do experimento. A insistência em manter esse experimento na página e tentar aprimorá-lo, apensar das dificuldades levantadas e das reclamações dos alunos, vem do fato de que este assunto faz parte da grade da disciplina de Mecânica dos Corpos Rígidos e dos Fluidos e costuma ser trabalhado nas listas de exercícios da disciplina, sendo freqüente aparecer nas questões de prova. Assim, uma atividade experimental que pudesse propiciar um bom ambiente de aprendizagem seria de grande utilidade para o processo de ensino-aprendizagem do fenômeno.

Diante disso se fazem necessário saber como os alunos têm olhado e trabalhado com o material deste experimento, pois assim será possível notar alguns dos problemas da proposta deste material didático, tanto no que se refere à elaboração do roteiro, quando na forma como ele é proposto aos alunos no decorrer do curso, e então termos condições de melhorá-lo ou de propor novas sugestões de trabalho com o material, na tentativa de que ele contribuía o máximo possível para o processo de ensino-aprendizagem do aluno, não se reduzindo a uma atividade onde simplesmente se manipula uma planilha de dados e chega a conclusões automáticas que não foram de fato obtidas por meio dos resultados obtidos na análise no experimento, como destaca Fonseca (2010).

Outro interesse no problema vem da minha participação há dois anos no projeto “Experimentos Virtuais em Disciplinas Teóricas de Mecânica”, trabalhando na montagem, filmagem e análise do material produzido, em particular do experimento de rolamento, ao qual durante todo o tempo tive muito interesse e muita dedicação. Ver esse trabalho sendo pouco aproveitado pelos alunos por conta de problemas que podem estar relacionados com a sua montagem e/ou elaboração dos roteiros é como largar uma longa caminhada pela metade o que não

faz sentido para mim. Além do mais, fui monitora da disciplina de Mecânica dos Corpos Rígidos e dos Fluidos neste primeiro semestre de 2011 e fui muito procurada pelos alunos durante a realização deste experimento, de modo que realmente foi perceptível a mim que muitos deles tiveram dificuldades na realização do experimento.

A monografia se mostra neste momento como uma oportunidade de trabalho de pesquisa, que pode ajudar a identificar quais problemas podem estar surgindo, quando os alunos realizam este experimento, possibilitando com isso um caminho para uma reformulação do mesmo, assim como da forma como ele tem sido exposto aos alunos.

A apresentação do conteúdo dos diversos capítulos, realizada a seguir, procura indicar, de forma mais detalhada, o percurso do meu trabalho.

Na seção II trarei uma revisão bibliográfica sobre o que se tem classificado como laboratório virtual na literatura existente sobre o assunto e como esse recurso tem sido usado em sala de aula, localizando esse trabalho de monografia nesse universo, bem como uma sucinta discussão acerca do papel do professor e da teoria na realização de um experimento. Na seção III será explicitado o objetivo desta monografia. Dando seqüência ao corpo deste trabalho, na seção IV farei uma apresentação dos experimentos virtuais foco deste trabalho, do seu processo de construção e dos experimentos já construídos e na seção V será apresentado o experimento que foi escolhido para ser tratado nesta monografia. A seção VI traz uma descrição da metodologia empregada na pesquisa e na seção VII é feita a apresentação dos dados analisados. Na seção VIII é feita a discussão dos resultados obtidos e a seção IX traz a conclusão do trabalho desta monografia.

II. Contexto dos laboratórios virtuais

II.1 Introdução

Em um passado recente o professor dispunha em sala de poucos recursos para ministrar suas aulas, ficando essas restritas a exaustivas aulas expositivas. Anos se passaram e novos recursos emergiram. Entre eles a informática é sem dúvidas um exemplo forte, como expõe Lapa et al. em seu trabalho, onde baseado nos trabalhos de Fiolhais e Trindade, ele comenta que o uso dos computadores em sala de aula parece ter surgido aproximadamente na mesma época em que surgiram os computadores pessoais. Esse recurso de ensino tem se tornado cada vez mais presente nas salas de aula do ensino superior, sendo constantemente usada nas mais diversas atividades.

Entre os usos da informática na sala de aula, e em particular nas aulas de física, podem-se

citar os laboratórios virtuais, que incluem um grande grupo de atividades que podem ser trabalhadas de diversos modos e com diferentes ênfases.

Acerca do uso desses laboratórios virtuais nas aulas de física inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos, nos diferentes níveis de escolaridade e com diversas preocupações sobre como se pode usar o computador na sala de aula, para explorar uma atividade experimental, apresentando ora um levantamento de dados, ora uma proposta de trabalho com esse recurso, ou ainda o resultado de uma proposta já aplicada.

Frente a essa possibilidade do uso dos computadores em atividades experimentais virtuais é importante iniciarmos esse trabalho buscando o que se tem chamado na literatura de laboratório virtual, e como se tem feito uso deste laboratório virtual nas aulas de física. Assim, o objetivo desta seção é fazer um levantamento de como e com que objetivo se tem feito uso do laboratório virtual nas aulas de física, para que seja possível localizar nossa proposta particular em um amplo quadro da mesma área, destacando, em particular, qual a contribuição dela para esse grande conjunto de trabalhos já desenvolvidos.

II.1.1 Metodologia da revisão bibliográfica

Para tanto, optamos por buscar uma amostra de trabalhos nacionais publicados, tomando como fonte alguns periódicos da área de ensino de física e também alguns trabalhos publicados em simpósios e seminários nos últimos dez anos. Cabe destacar aqui que se teve a preocupação de selecionar os trabalhos mais recentes relacionados ao tema. Essa prerrogativa foi feita porque o uso de recursos tecnológicos avança e se renova muito depressa ao longo do tempo, de modo que cada vez se torna mais amplo o uso que se pode fazer dessas tecnologias dentro da sala de aula. O universo da pesquisa desta monografia inclui principalmente, embora haja algumas exceções, artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física e no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, além de alguns trabalhos publicados no ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e no SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física.

Nesse recorte ficou claro que existem pelos menos dois tipos de atividades as quais se tem chamado de laboratório virtual. A primeira delas, e que corresponde a um grupo maior que a segunda, classifica como laboratório virtual as simulações feitas com base em modelos criados para descrever os fenômenos em análise, sendo que aqui os *applets* ocupam um lugar de destaque, uma vez que eles tem sido cada vez mais usados nas aulas de ensino superior e médio, a segunda, que corresponde a um grupo menor, classifica como laboratório virtual a análise de vídeos feitos de experimentos reais que são montados, filmados, digitalizados e disponibilizados para análise aos

alunos, sendo que tais filmagens podem inclusive ter sido feitas pelos próprios alunos.

As simulações

Em seu trabalho Lapa et al. (2002) discutem que um dos problemas vivenciados no aprendizado de física encontra-se no campo cognitivo. Segundo os autores, em diversas situações em sala de aula é exigido do aluno um grau de abstração elevado para que ele consiga compreender alguns fenômenos estudados. Como um exemplo dessa situação eles comentam os momentos em que o professor faz uso de recursos estáticos como o giz e o quadro negro, para tentar representar situações dinâmicas, nessas situações os alunos devem possuir um alto poder de imaginação para conseguir abstrair o que ele, professor, está tentando expor. Diante deste quadro o autor defende que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) surgem como uma possível tentativa de solução para alguns desses problemas, na busca de um resultado mais satisfatório no ensino de física, na medida em que, por meio de modelos que podem ser construídos a partir do computador, é possível reproduzir fenômenos animados, possibilitando a mediação entre o aluno e os conceitos físicos que estão sendo explorados em aula.

Dentre os usos que se pode fazer das TICs, em particular do computador em sala de aula, diversos autores, entre eles Coelho (2002) e Fiolhais e Trindade (2003) colocam a simulação como exemplo. Segundo Lapa et. Al (2002) as simulações contam com a característica marcante do forte apelo visual, uma vez que permitem a visualização de um dado fenômeno que foi modelado. Esse apelo visual é de fundamental importância para o autor, uma vez que, segundo ele, as novas gerações de alunos, que tem sido criadas num ambiente onde a imagem é parte fundamental do seu cotidiano, sentem-se muito mais confortáveis quando algum recurso visual é utilizado para a transmissão de algum tipo de informação. O autor chega a essa conclusão baseado nos estudos de Wolfgram (1994), onde é realizado um estudo que chega a conclusão de que 70% das pessoas aprendem melhor aquilo que vêem, enquanto que apenas 30% preferem outro meio, que não o recurso visual, para aprender algo.

Lapa et al (2002) comenta ainda que outra aliada forte do aprendizado é a interação do aprendiz com aquilo que se está sendo ensinado, neste sentido as simulações podem ser um bom recurso para facilitar este processo de aprendizagem, na medida que pode, quando bem aproveitada, possibilitar um amplo ambiente de interação entre o aluno e o conhecimento.

Quanto as simulações Lapa et al., baseado nos estudos de Coelho (2002) comentam que elas podem ser divididas em dois grupos: as estáticas e as dinâmicas. Nas estáticas, como o próprio nome já se faz inferir, o aluno tem pouca participação no processo de ensino-aprendizagem,

possibilitando na maioria dos casos, apenas a visualização do fenômeno, já nas dinâmicas, a participação dos alunos é bem mais ampla, uma vez que eles podem modificar os parâmetros com grande grau de liberdade, de modo que conseguem ver a influência de cada uma dessas alterações no fenômeno estudado, tendo assim maior autonomia, tanto com o professor presente, como quando estão estudando em grupo ou mesmo sozinhos.

Lopes e Feitosa (2009) em um trabalho que aborda o uso dessas simulações, comentam que a busca por uma qualidade de educação passa por discussões, tanto no que se refere a formação do professor, quanto as práticas que se faz uso em sala de aula. Com relação a estas últimas, eles comentam que temos vivenciado uma realidade caracterizada por fatores como ênfase no produto e não processo de aprendizagem, que se caracteriza pela pouca participação do aluno no processo de ensino-aprendizagem, consumando-se este como um ser passivo neste processo, memorizando e reproduzindo os conteúdos, e em um professor cuja única função é a de transmitir conhecimentos de forma dogmática e sem contestações. Do ponto de vista da universalização do acesso a escola em nosso país, houve um avanço sem dúvidas, entretanto, no que se refere a questão qualitativa, ainda temos em pleno século XXI uma escola do século XVII, conforme comenta Valente (1993), uma escola que segundo Almeida (1999) ainda se assemelha a escola jesuítica. Nas escolas do nosso século, velhas práticas ainda se mantêm nas salas de aula, a mesma distribuição, as mesmas práticas pedagógicas etc, o que acaba levando a um aumento do desinteresse dos alunos pela escola, uma vez que ele não vê a sua realidade dentro dela. Alertando para a necessidade de uma mudança nas práticas, haja vista a situação em que se encontra a realidade educacional brasileira, os autores apresentam recursos que podem ser usados em sala, adequando a realidade da mesma às necessidades formativas do aluno que hoje frequenta essa escola, se não para solucionar todos esses problemas levantados, para pelo menos ajudar a resolver parte deles. Os applets poderiam ser usados neste sentido, segundo os autores, na medida em que eles levam em conta a crescente familiaridade de crianças e jovens com as tecnologias, em particular com o uso do computador, conforme cita Lopes et al. (2008), trazendo para dentro da escola um instrumento que o aluno muitas vezes lida fora do ambiente escolar, além de atrair a atenção deles pela cor e pelo movimento, contribuindo para exista mais interesse e mobilização pelo estudo do assunto.

Outro ponto crucial que Lopes et al. (2008) colocaram como premissa na proposta do uso dos *applets* diz respeito a interatividade que este material pode oferecer, quando bem usado pelo professor. *“Utilizando bem tais recursos, o professor poderá tornar suas aulas mais dinâmicas, facilitando e motivando a aprendizagem dos alunos.”*(LOPES e FEITOSA, p. 4, 2009). Outra vantagem citada pelos autores, quanto ao uso desse recurso, diz respeito à forma de aquisição dos mesmos, uma vez que eles facilmente encontrados já prontos na internet e na grande maioria dos casos de forma gratuita. Os autores destacam ainda um alerta, quanto ao uso dessas simulações,

uma vez que todo recurso conta com vantagens e desvantagens, eles alertam para a necessidade de deixar claro aos alunos as limitações deste laboratório virtual, uma vez que elas são fruto de criações feitas com base em modelos físicos e matemáticos.

Lapa et al. cita que “(...) *as simulações no computador oferecem um grande potencial para permitir que os estudantes compreendam os princípios teóricos das Ciências Naturais (Davies, p. 271, 2002), a ponto de serem chamados Laboratórios Virtuais.*” (LAPA et al. p. 6, 2002). Tal ferramenta, segundo o autor, aumenta a percepção dos alunos, pois tem a capacidade de reunir, quando bem usada pelo professor, em um só instrumento, várias mídias, como a escrita, a visual e a sonora. Entre as inúmeras vantagens do uso desse recurso nas aulas de física, os autores destacam a questão de que elas funcionam como uma ponte entre o estudo do fenômeno na maneira tradicional, com quadro negro e giz e o laboratório presencial, uma vez que permitem aos alunos que os resultados sejam vistos com clareza repetidas vezes; este material pode ser usado como complemento daquilo que foi visto em aula, podendo ser acessado no momento em que o aluno estiver revendo o assunto; a questão do custo envolvido também é um ponto crucial, e que neste caso é baixo, tanto no que diz respeito a instalação quanto a manutenção, o que a torna acessível a escolas públicas, que na maioria dos casos contam com poucos recursos financeiros. Também neste trabalho os autores alertam para a necessidade de que o professor tenha em mente as limitações desta ferramenta na sala de aula, destacando a questão da perda de noção da complexidade de um sistema físico real, uma vez que os modelos usados para criar as simulações dos fenômenos, apresentam muitas simplificações, deformando a complexidade do real, correndo o risco da simulação ser entendida como a realidade do mundo cotidiano de fenômenos físicos.

Nessa mesma linha de caracterização do laboratório virtual situa-se o trabalho de Aguiar et al. (2007) em que desenvolve-se uma proposta de elaboração de um material que tem como objetivo tentar tornar as aulas de física menos abstratas e mais motivadoras. Com o intuito de motivar o aluno, os autores destacam que uma tentativa é envolvê-lo no processo de ensino aprendizagem, fazendo com que ele participe mais ativamente das aulas de física, o que pode ser feito com o uso de atividades experimentais. No entanto, ele salienta que muitas vezes os experimentos são usados somente com caráter demonstrativo e o aluno continua apenas como telespectador do show. Segundo o autor, para que a atividade motive o aluno ele deve participar expondo suas idéias e discutindo a validade delas no decorrer das aulas. Como uma opção para atingir esse objetivo o autor propõe o uso de ferramentas tecnológicas, em particular o uso de simulações, que poderiam permitir uma interatividade maior com os alunos, uma vez que eles podem alterar os parâmetros envolvidos. As simulações também ajudariam a diminuir o grau de abstração das aulas, permitindo uma visualização dos fenômenos. Esta proposta desenvolve o tema de ótica acerca das lentes, em que os autores justificam essa escolha, alegando ser este um assunto ao qual os alunos costumam

apresentar muitas dificuldades, devido ao seu grande grau de abstração, embora envolva objetos que fazem parte do cotidiano das pessoas, como óculos e lupas.

A motivação da proposta é a construção de uma luneta caseira, confeccionada com material de baixo custo. A montagem da luneta, por sua vez, envolve a utilização de duas lentes com distâncias focais características e que vão determinar o comprimento da luneta. Neste contexto, os autores propõem a simulação de um telescópio refrator, com o objetivo de que os alunos simulem o que ocorre com a imagem observada quando se variam às distâncias focais das lentes, fornecendo meios para determinar qual a configuração das lentes e do comprimento que deve ter a luneta a ser confeccionada. Com essa atividade, os autores apontam um caminho para sairmos da rotina das figuras dos raios de luz incidindo numa lente e convergindo em um ponto, que são comuns em livros didáticos, mas exige grande abstração para se fazer uma ligação com a figura e o fenômeno que se quer estudar.

Podemos ver que tanto Lapa et. al. (2007) como Lopes e Feitosa (2009) e Aguiar et. al. (2007) classificam como laboratório virtual as simulações com base em modelos criados para descrever determinados fenômenos. Em todos esses trabalhos aparece a questão do grande grau de abstração que muitas vezes é exigido aulas de física, justificando com isso o uso das simulações nas aulas, para permitir aos alunos ver o fenômeno que se quer descrever, evitando assim que ele tenha que imaginá-lo. Nesses três trabalhos também notamos a preocupação com a questão da participação do aluno no processo de ensino aprendizagem, colocando as simulações, como uma ferramenta, que quando bem usada pelo professor, pode tornar o aluno um ser ativo, participando da construção do seu próprio conhecimento.

Também Anjos (2008) classifica como laboratório Virtual as simulações, citando essas em um amplo conjunto de usos que se pode fazer do computador no processo de ensino-aprendizagem. O autor destaca que tais simulações devem adequar-se aos objetivos que se pretende alcançar, além de não ter pretensões de substituir os laboratórios presenciais. Segundo ele as simulações permitem aos alunos interagir com o modelo de uma determinada realidade, criando hipóteses e tirando conclusões do que é observado, contribuindo assim para o seu aprendizado.

Dias et al. (2002) apontam que muitos alunos costumam alegar que a física é muito desmotivante quanto apresentada de maneira puramente teórica aos alunos. Entretanto, principalmente quando o assunto é Física Moderna, o professor da maioria das escolas, que contam com poucos recursos financeiros, fica sem muitas possibilidades, uma vez que os experimentos relacionados a este assunto exigem, na maioria dos casos, equipamentos sofisticados e de alto custo, muitas vezes até vindos do exterior. Na tentativa de tornar este assunto mais motivante aos alunos os autores apontam o uso da realidade virtual dos programas de simulação. No trabalho deles em particular é apresentado um programa, por eles desenvolvidos, que simula um detector de radiação

Geiger-Müller. Os autores citam ainda que esse programa não tem o intuito de substituir os experimentos reais de física nuclear. O software simula em muitos aspectos os detectores reais e gera dados muito semelhantes, assim pode ser usado em locais onde não se dispõe deste detector ou mesmo em locais onde ele é usado, como um complemento da atividade realizada presencialmente.

O que notamos nesta sucinta revisão bibliográfica é que as simulações parecem se configurar como uma ferramenta já bem consolidada, a qual se costuma chamar de laboratório virtual. Entre as diversas vantagens que essa ferramenta apresenta, os autores, em sua grande maioria destacaram questões como o fato das simulações poderem ser usadas na tentativa de diminuir o grande grau de abstração que muitas vezes se exige que os alunos tenham nas aulas de física. Outro ponto que é comum nos textos aqui citados diz respeito à participação dos alunos no processo de ensino aprendizagem, sendo que as simulações, os applets principalmente, poderiam surgir como uma tentativa de um maior envolvimento dos alunos nesse processo, na medida em que ele oferece certo grau de liberdade para que os alunos alterem dados e parâmetros e observem as conseqüências dessas alterações, deixando ele se ser apenas telespectador do processo. Outra preocupação que apareceu em alguns desses textos e que é também de fundamental importância diz respeito ao acesso a esse recurso, as simulações, tanto estáticas quanto dinâmicas são facilmente encontradas gratuitamente na internet e quando exigem programas para serem instalados, na grande maioria das vezes, esses programas também são gratuitos. Isso as torna uma aliada favorável em escolas que contam com poucos recursos, ou mesmo em situações onde o professor deixa uma tarefa para casa, uma vez que nos dias atuais, a depender da região onde a escola está situada, a grande maioria dos alunos tem acesso a internet, podendo acessar esse material de casa ou de uma lan house.

Outro ponto que também vale destacar e que aparece nos textos citados diz respeito a questão das limitações desta ferramenta. Como todo recurso usado em sala de aula, as simulações contam com vantagens e desvantagens e o conhecimento por parte do professor dessas desvantagens é de suma importância para que ele possa fazer bom uso desse material em sala de aula, não levando os alunos a terem uma visão equivocada do que é um fenômeno modelado.

Por fim, também em todos os autores notamos a preocupação em destacar que a proposta de trabalho com simulações não deve ser tomada como uma substituição do laboratório presencial, mas sim como uma complementação deste, uma vez que a aula presencial conta com o desenvolvimento de competências e habilidades que são próprias dela, não podendo ser substituída pelo laboratório virtual.

Os experimentos que são filmados

O termo experimento virtual é encontrado em outro tipo de atividade em alguns trabalhos da área de ensino de física.

Barbeta et al. (2002), em seu trabalho discute que uma ferramenta poderosa usada em sala de aula para o estudo de conceitos de cinemática e dinâmica é o trabalho com interpretação de gráficos, entretanto o autor comenta que freqüentemente os alunos costumam ter problemas com o tratamento de gráficos, muitas vezes confundindo gráficos de posição versus tempo com a trajetória descrita pelo corpo, ou então não distinguindo gráficos de posição versus tempo com gráficos de velocidade versus tempo, assim como apresentam dificuldades na interpretação física das áreas delimitadas por tais curvas. Segundo o autor, uma forma de tentar trabalhar com os alunos essas questões de construção e interpretação de gráficos, na tentativa de diminuir essas dificuldades por ele apresentadas, é fazê-los reconhecer o significado dos diversos gráficos, por meio da coleta de dados e de sua construção de forma ativa e em situações que fazem parte da realidade deste aluno. Por outro lado os autores citam que nos últimos tempos, com o avanço da tecnologia dos vídeos e da informática, digitalizar e analisar imagens tem se tornado cada vez mais fácil e popular de ser feito. Esses novos meios contam com uma série de vantagens, entre elas a possibilidade de obter durante o processo de análise uma rápida visualização dos resultados.

Diante destes dois quadros a proposta dos autores é fazer uso das TICs no trabalho com os alunos de construção de gráficos e interpretação dos mesmos, para tentar diminuir a grande dificuldade que eles costumam apresentar com essa linguagem. *“O desenvolvimento das tecnologias para a visualização de vídeos digitais tem possibilitado ao estudante coletar e analisar dados de um experimento, gravados digitalmente, de forma rápida e eficiente, proporcionando assim a oportunidade de se envolver ativamente no processo de aprendizagem. Além disso, atividades que utilizam essas técnicas podem ser desenvolvidas para capacitar os estudantes a investigar a relação entre conceitos físicos relacionados ao movimento e situações que eles podem encontrar fora da sala de aula. Os dados coletados através desse recurso, em geral, passam a fazer mais sentido, deixando de ser apenas um amontoado de números.”* (BARBETA, et. al. p 159, 2002).

A proposta dos autores consiste na interpretação de gráficos construídos com base na análise de vídeos que são feitos pelos alunos. A atividade proposta aos alunos é constituída de três etapas. A primeira delas consiste na filmagem do evento que o aluno deseja estudar, podendo este ser um movimento do dia-a-dia, como o trânsito de uma cidade, ou uma pessoa andando ou um fenômeno montado num laboratório. Esta etapa da atividade é relativamente simples de ser feita, exigindo do aluno simples questões manuais. A segunda etapa da atividade consiste na digitalização do vídeo, o que é feito por meio de interfaces especiais, que permitem transformar o sinal que é gerado por uma

câmera ou videocassete em um formato que seja possível de se reproduzir na tela de um computador. Na terceira etapa, referente a análise do vídeo o aluno deve fazer uso de algum software comercial, disponível no mercado, como é o caso do VideoPoint, que permite a análise de vídeos que utilizam o formato AVI ou QuickTime. Com o auxílio desses softwares, pode-se, por exemplo, obter dados da posição do centro de massa, distância entre pontos etc. Todos os dados coletados podem ser apresentados de forma tabular ou na forma de gráficos.

Os autores defendem que nesse sentido, o uso das novas tecnologias, o computador em particular, pode ajudar a melhorar o aprendizado de determinados conceitos por parte dos alunos, lembrando que o modo como a atividade será usada em sala de aula sobre orientação do professor, é que vai fazer a grande diferença sobre o impacto educacional que ela terá, podendo ela de fato se consumir numa atividade que permita ao aluno entender melhor os fenômenos visualizados e os conceitos envolvidos, ou não contribuindo em nada, apenas se consumando como mais uma atividade onde o aluno manipula um amontoado de dados sem dar significado para eles. *“Os professores devem estabelecer formas para que o estudante fique envolvido com o conteúdo, estabelecendo metas para o aprendizado. É a habilidade no modo de interagir com o conteúdo do vídeo digital que oferece novas e excitantes possibilidades para o seu uso na educação.”* (BARBETA, p. 159. 2002).

Neste sentido o autor defende que essa ferramenta de análise de vídeo pode ajudar os estudantes a desenvolver as habilidades para construir e interpretar gráficos, além de levar o aluno a ver a física estudada por ele em seu dia-a-dia, dado que os fenômenos estudados fazem parte do seu dia a dia, sendo estes escolhidos pelos próprios alunos. Os autores alertam ainda que essa atividade não tem o intuito de substituir o laboratório presencial, uma vez que este conta com aprendizados próprios, mas sim se consumir como uma ferramenta extra no estudo de fenômenos reais, com o intuito de que os modelos criados para descrevê-los possam fazer mais sentido para os alunos e serem entendidos com maior clareza.

Uma proposta semelhante a esta aparece no trabalho de Magalhães et. al. (2002), onde ele traz o desenvolvimento de um projeto realizado por alunos e professores de escolas públicas da região de São Carlos. Neste trabalho é proposto aos alunos que filmem alguns movimentos. Após a captura da imagem filmada pelo computador, utiliza-se um software específico para a análise de dados. Segundo o autor, ao realizarem as medidas quantitativas dos movimentos, os alunos, sob orientação dos professores, passam a reconhecer tipos de movimentos nas situações filmadas, quando um tipo de movimento é acelerado ou não, quando é unidimensional ou bidimensional etc. A avaliação realizada sobre o projeto apontou, entre outros resultados, que a motivação dos alunos diante do estudo de situações que foram escolhidas por eles foi muito maior, ajudando-os a interpretar o mundo real, uma vez que os movimentos analisados fazem parte do seu cotidiano,

facilitando a aprendizagem de concepções científicas.

Nossa proposta particular dentro deste contexto

Nos trabalhos de Lapa et. al. (2007), Aguiar et. al. (2007), Lopes e Feitosa (2009), Anjos (2008) e Dias et. al. (2002) classifica-se como laboratório virtual as simulações, que não correspondem ao que se chamou, nesse trabalho de monografia, de laboratório virtual, porém sob alguns aspectos, a proposta desses autores de assemelha com o trabalho desta monografia. Assim como nas simulações, o laboratório virtual de nosso trabalho permite ao aluno ver o fenômeno em estudo, o que ajuda a diminuir o grande grau de abstração das aulas de física, muitas vezes reduzidas a lousa e ao giz, além do mais, ele também permite aos alunos, assim como nas simulações, que o fenômeno possa ser visto em outros momentos, quando o aluno, por exemplo, está revisando o conteúdo para uma prova, já que o vídeo do fenômeno filmado é disponibilizado aos alunos. Cabe citar aqui ainda que, assim como nas simulações, nosso trabalho acaba servindo como uma ponte entre o conteúdo da sala de aula e o laboratório presencial. Ele trabalha tanto questões conceituais que envolvem o fenômeno em estudo e que são frequentes nas aulas teóricas, como questões de tomada de dados, tratamento de incertezas e interpretação de gráficos e resultados, mais comuns de serem trabalhados nos laboratórios presenciais, sem, entretanto, ser uma aula teórica ou um laboratório presencial. Também como nas simulações, nosso laboratório virtual está a acesso de todos gratuitamente na internet, podendo assim ser usado em escolas que dispõem de poucos recursos, além de permitir a análise de muitos fenômenos que não poderiam ser realizadas em um laboratório presencial, haja vista as limitações que este apresenta.

Nesse trabalho de monografia, igual ao que Barbeto et al. (2002) e Magalhães et al. (2002) classificam como laboratório virtual analisarei o material produzido com base em uma situação experimental de um determinado fenômeno real e não simulações, que é filmado e disponibilizado para análise aos alunos. Também, como ele cita em seu trabalho, nosso laboratório virtual não tem o objetivo de substituir o laboratório presencial, pois este último envolve o desenvolvimento de competências e habilidades características dele, como por exemplo, o manuseio com os instrumentos de medidas e a montagem de arranjos experimentais, que não podem ser trabalhadas num laboratório virtual. Ao contrário disto, ele tem o objetivo de complementar esse laboratório, na medida em que se constitui em outro recurso que o professor tem em mãos para trabalhar com os alunos questões referentes a tomada de dados e análise dos mesmos, principalmente em relação as discussões dos conceitos envolvidos e da interpretação dos resultados obtidos, onde os alunos costumam apresentar muitas dificuldades. No entanto, diferente do que aparece nas propostas de

Barbeta, et. al. (2002) e Magalhães et. al. (2002), em nosso laboratório virtual, o experimento não é montado e filmado pelos alunos. A participação deste na realização da atividade é nesse ponto mais restrita, uma vez que ela se resume a extração de dados nos quadros digitalizados e na sua posterior análise.

Frente a este quadro, uma análise mais específica dos experimentos virtuais do tipo que estamos propondo aqui, parece se fazer necessária para que possamos levantar quais são as dificuldades mais específicas a este tipo de laboratório que os alunos costumam ter e assim, poder apontar para direções que, dando seqüência a esse trabalho, busquem soluções a estes problemas.

Os problemas que podem surgir numa atividade de experimentação

Neste tópico farei uma breve discussão de alguns dos mais frequentes problemas que podem surgir em uma atividade experimental, dando destaque para dois pontos, o primeiro deles se refere ao papel que uma teoria desempenha diante do desenvolvimento pelo aluno de uma atividade experimental e o segundo deles se refere ao papel do professor no desenvolvimento de uma atividade experimental. Boa parte do que será trazido neste tópico se refere aos vários tipos de atividades experimentais e inclui também o experimento virtual, uma vez que, conforme já destacado na seção anterior, em muitos aspectos, o laboratório virtual dessa monografia se assemelha aos outros tipos de laboratório, como o laboratório presencial tradicional. Cabe destacar ainda, que não é objetivo deste trabalho explorar tudo que concerne a esse assunto. Faremos apenas uma discussão sucinta sobre esses pontos com o intuito de ter um ferramental teórico que guie a análise a ser desenvolvida posteriormente.

A atividade experimental: promessas e problemas

O trabalho de Araújo e Abib (2003) faz uma revisão dos trabalhos publicados entre 1991 e 2001, em revistas nacionais que exploram o assunto “Atividades experimentais em ensino de física”. Entre as contribuições que este trabalho traz tem-se a identificação das diferentes abordagens e finalidades que vem sendo atribuídas às atividades experimentais em sala de aula. Neste trabalho, os autores afirmam que a atividade experimental tem sido apontada por professores e alunos como um meio de diminuir a grande dificuldade que muitas vezes se enfrenta nas aulas de física. Segundo eles, nos diversos tipos de atividades experimentais que foram encontrados e também nas diversas ênfases de trabalho, a atividade experimental conta com a vantagem de

estimular a participação ativa dos alunos, proporcionando um ambiente de aprendizagem motivador para o processo de ensino aprendizagem.

Diante deste quadro, onde as atividades experimentais parecem se constituir em uma ferramenta de grande potencial para ser usada nas aulas de física, contribuindo assim para a aprendizagem dos alunos, se faz seguinte pergunta “*Por que então as atividades experimentais, como ferramenta de ensino aprendizagem não tem gerado tantos frutos quanto se acredita?*” (CAMILO, p. 99, 2011). Em seu trabalho o autor expõe uma série de problemas que são comuns de serem enfrentados durante a proposta de uma atividade experimental, encontrados em uma revisão bibliográfica sobre o assunto. Entre esses problemas ele destaca:

a-) Muitas vezes professores e alunos não tem o mesmo objetivo diante de uma atividade experimental. Seja por omissão, ou por uma falta de dialogo entre professores e alunos, estes últimos freqüentemente não se dão conta das intenções do professor quando ele propõe uma atividade experimental e criam a visão de que o objetivo da atividade é fazer o fenômeno acontecer e chegar a uma resposta correta, seguindo uma receita pré-estabelecida, deixando de explorar o fenômeno e interpretar cada um dos resultados obtidos da observação. Cabe destacar que este não é um problema de um determinado tipo de laboratório ou mesmo de uma ênfase, trata-se de um problema bastante geral e que se estende também a todo o processo educacional;

b-) A questão das ações do estudante durante a realização de uma atividade experimental também pode ser incluído nesta lista. Muitas vezes ela se resume na tomada de dados de forma mecânica, sem uma reflexão sobre o procedimento que se está tomando, simplesmente para preenchimento de uma tabela e para a construção de um conjunto de gráficos. Aos alunos não são fornecidos meios para que eles criem o hábito de refletir sobre a prática que estão realizando, de propor um método investigativo com a elaboração de hipóteses e respostas e de dar significado físico aos dados que estão sendo tomados, e conseqüentemente dar sentido aos resultados obtidos por meio dos gráficos construídos;

c-) A relação entre a investigação que a experiência está propondo e o arranjo experimental com que eles estão trabalhando também costuma ser um problema freqüente apontado pelo autor. “*Para eles não existe conexão entre o “fazer experimental” e o “pensar teórico” - campos separados do saber humano no senso comum.*” (CAMILO, pg. 100, 2011). Além do mais o autor aponta que muitas vezes os alunos não conseguem fazer uma relação com a atividade experimental que estão realizando dentro do laboratório, com os acontecimentos de seu dia-a-dia, não conseguindo assim dar um sentido para aquela atividade.

d-) O autor inclui ainda nesta lista o fato de que muitas vezes quando os alunos realizam uma atividade experimental, eles raramente notam as discrepâncias entre os conceitos baseados no senso comum, que usam para descrever um fenômeno e que mesmo não indo de encontro ao que é observado, eles continuam fazendo uso destes conceitos. Este ponto foi inclusive muito explorado na corrente pedagógica das concepções alternativas, muito forte a partir de 1970, onde o experimento tinha o papel de confrontar os conceitos dos alunos, mostrando que eles não eram adequados para explicar o resultado do experimento. Diante disso, o aluno então deveria abandonar seus conceitos e passar a fazer uso dos conceitos científicos. Estudos posteriores realizados sobre esta corrente pedagógica mostraram que ela falhava, pois muitas vezes os alunos não conseguiam perceber que seus conceitos não poderiam ser usados para explicar um ou outro resultado e mesmo assim abandoná-los era muito difícil uma vez que eles foram construídos com base em pontos do cotidiano deste aluno.

e-) Outro problema comum a ser incluído aqui diz respeito questão da tomada de dados durante a atividade experimental. Segundo o autor, é comum os alunos terem dificuldades acerca de quais são os dados relevantes para a investigação que eles estão conduzindo e como tais dados devem ser tomados. Muitas vezes eles chegam a acreditar que uma única medida é suficiente para o conhecimento da grandeza que se deseja obter e que medidas adicionais, assim como o tratamento de erros são dispensáveis.

Diante deste quadro podemos notar que há, portanto, uma série de questões que comprometem o desempenho de uma atividade experimental, sendo que aqui colocamos apenas alguns deles, em particular aqueles que consideramos relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. Conforme já elucidado acima, destes cinco problemas destacados, vamos dar maior ênfase nas duas seções seguintes a dois deles, o *c* e o *e*.

O papel da teoria na experimentação

A questão que esta seção busca tentar elucidar, diz respeito a experimentação ser auto-suficiente para o processo de ensino-aprendizagem. Em seu trabalho, Camilo (2011) cita que muitas vezes quando o professor faz uso de uma atividade experimental ele tem a crença de que o experimento proposto é “auto-evidente”. Nesta perspectiva espera-se que o aluno, a partir da realização do experimento consiga ali extrair conceitos e leis, aprendendo ciência somente ao

observar ou realizar um experimento. Nas palavras do autor “*como se as relações mais profundas existentes entre os componentes experimentais e teóricas estivessem presentes no próprio objeto experimental, muitas vezes explicitamente.*” (CAMILO, P. 100. 2011).

A nossa realidade nos mostra que não é exatamente assim que as coisas acontecem. A título de refletir sobre esta questão pense na situação seguinte.

Diante de uma obra de Picasso, como por exemplo, “Mulher com Flor” figura 1, um profissional da arte observa ali claramente uma obra do cubismo, com traços que se opõem à objetividade e à linearidade da arte renascentista, buscando novas experiências como a perspectiva.



Figura 1: Obra “Mulher e Flor” de Pablo Picasso.

Já um biólogo que não tivesse amplos conhecimentos de arte, veria apenas uma bela pintura, poderia ou não reconhecer o seu autor, mas não saberia dar detalhes de sua arte, das características do quadro e do momento que ela quer transmitir. Uma criança ao ver o quadro, poderia nem mesmo reconhecer nele uma obra de arte, não diferenciando a obra dos desenhos que ela faz em seu caderno.

Em todos esses casos, os observadores do quadro não são cegos, não tem problemas de visões, no entanto, não vêem as mesmas coisas, o biólogo assim como a criança, não aprendeu a “ver” aquela obra. Os trechos que compõem este quadro não estão organizados para o biólogo da mesma forma que estão para o profissional de arte. É preciso que o biólogo passe pelo mesmo caminho por que passou o profissional de arte, pelos mesmos estudos, para que ambos possam então observar a mesma coisa.

Esta situação leva para outro contexto parte do problema citado no item Mostrar o fenômeno para o aluno não o irá levar a ver aquilo que o professor está vendo e a tirar dali as leis e os

conceitos que o professor quer que ele tire. Hanson (1975) em seu texto explora bastante este ponto, defendendo que *“quem nada aprendeu nada pode observar”* (HANSON, P.134, 1975).

O autor elucida uma situação semelhante a exposta anteriormente, mas agora no campo da física e que cabe ser discutida aqui.

“Entre num laboratório; aproxime-se da mesa cheia de aparelhos vários: uma célula elétrica, fio de cobre recoberto por seda, cilindros, um espelho montado sobre uma barra de ferro; o experimentador está inserindo em pequenos orifícios as extremidades metálicas de uns pinos; o ferro oscila e o espelho a ele aderido lança um feixe de luz sobre uma escala de celulóide; o movimento desse feixe para diante e para traz permite ao físico observar as variações mínimas da barra de ferro. Mas pergunte-lhe o que ele está fazendo. Responderá ele: “Estou estudando as oscilações de uma barra de ferro que sustenta um espelho”? Não. Ele dirá que está medindo a resistência elétrica dos cilindros. Se você se espantar, se lhe pergunta o que significam essas palavras, que relação tem com o fenômeno que ele esteve observando, e que ao mesmo tempo você observava, ele responderá que sua pergunta requer ampla explicação e que deve freqüentar um curso de eletricidade”. (HANSON, p. 134, 1975).

Com essa situação o autor parece querer mostrar que o visitante deve aprender física para poder observar o que o físico observa. Não será somente observando o experimento junto com o físico que o visitante terá condições de estabelecer uma relação entre o que se está investigando e o que se está medindo.

Esta situação se assemelha e muito com o que temos dentro da sala de aula, bastando trocar o físico pelo professor e o visitante pelo aluno e não temos diferença alguma. Muitas vezes exigimos de nossos alunos que eles cheguem a determinadas conclusões com base na simples observação, sem que eles tenham ainda tido meios de aprender a ver aquilo que queremos que ele veja. Não fornecemos ao aluno, instrumentos para que estabeleça uma relação entre o que se quer investigar e o método empregado para tal, exatamente como acontece no exemplo exposto, onde o visitante, por não ter conhecimentos de eletricidade, não consegue estabelecer uma relação entre o objetivo de medir a resistência elétrica dos cilindros e o método que o visitante vê o físico empregando, de observar as oscilações de uma barra de ferro que sustenta um espelho.

Nesse meio, o autor parece defender que essa teoria teria o papel de fornecer ao visitante meios para que consiga compreender as ações do físico, isto é, teria a função de fornecer um instrumental necessário para que ele aprenda a observar. A teoria seria a ferramenta a ser usada para guiar a análise, deixando claro ao aluno quais as grandezas relacionadas com aquela que o físico quer investigar, de modo que o aluno tenha condições de compreender o porquê do método que está

empregando e a razão de por que está fazendo uso deste modo e não de um modo diferente.

Isso é fundamental para que se evite cair ao problema citado na seção anterior no item *a* da seção anterior, onde, desconhecendo a intenção do professor com a atividade, uma vez que professor e aluno não têm o mesmo instrumental teórico para olhar para o experimento, o aluno interpreta que o objetivo do experimento é fazer o fenômeno acontecer e dar respostas corretas, sem uma interpretação do mesmo, nem uma compreensão do método empregado para esta tomada de dados.

O papel do professor na atividade de experimentação

Numa breve discussão sobre este amplo assunto, a pergunta que está por traz desta seção é se o professor tem algum papel no desenvolvimento de uma atividade experimental pelos alunos. Acerca deste ponto, baseado no artigo de Araujo e Abib (2003), Camilo (2011) cita que: “*Ainda neste trabalho (de Araujo e Abib), os autores defendem que a utilização de experimentos não pode constituir simplesmente uma fuga das situações comuns (aulas expositivas com giz e lousa), cuja única finalidade é tirar o aluno da posição inerte, mas deve constituir uma estratégia com dimensões maiores e com significados coerentes, tanto para os professores quanto para os alunos. Neste sentido, todas as formas de experimentação, seja de demonstração ou manuseio por parte dos alunos, assumem resultados positivos quando bem planejadas. Esta crítica repousa sobre indício na análise dos livros didáticos, que a maior estratégia utilizada pelos autores é de deixar a experimentação a cargo do aluno.*” (CAMILO, pg. 95, 2011)

Neste trecho fica claro o alerta quanto questão da participação do professor no planejamento e na execução da atividade experimental, não devendo esta ser deixada completamente a cargo do aluno. Destacamos a seguir alguns pontos de uma teoria que pode ajudar na análise a ser desenvolvida neste trabalho, sem é claro ter a pretensão de abarcar todos os pontos desta teoria em apenas algumas linhas.

Segundo Vigotski o meio pelo qual se transmite o conhecimento é a linguagem, sendo que ele é transmitido daqueles que o tem para aqueles que não o tem e detém ou desejam obtê-lo. Segundo esta teoria é a linguagem que origina este conhecimento, sendo que quando uma criança brincando, conversa sozinha, esta fala é apenas uma manifestação de seu pensamento.

Para elucidar essa teoria Gaspar (1997) em seu texto, faz uma analogia que cabe ser citada aqui. “*A transferência cognitiva de determinado conceito de um professor aos seus alunos pode ser comparada à transferência de um programa de computador para outro. Essa transferência, no*

entanto, não se faz diretamente, em um seqüenciamento ordenado de impulsos eletromagnéticos, como ocorre nos computadores. O meio que a possibilita, ou seja, a forma pela qual um aluno pode apropriar-se do “programa” do professor é a linguagem, a interação verbal e simbólica utilizada nessa transferência.” (GASPAR, p. 9,1997). No entanto, o autor destaca que diferente do que ocorre com o computador que está recebendo o programa, que ou tem espaço suficiente em sua memória para acomodá-lo e assim a transferência é permitida, ou não tem espaço suficiente e a transferência não é permitida, no caso do conhecimento transmitido pelo professor ao aluno por meio da linguagem, o cérebro humano vai construindo esse espaço ao longo do tempo, ele vai criando as estruturas cognitivas exigidas por determinado conhecimento a medida que este conhecimento está sendo aprendido pelo indivíduo. Assim, na teoria de Vigotski, as estruturas cognitivas necessárias para a compreensão de um determinado conceito somente começarão a ser desenvolvidas se e quando estes conceitos forem apresentados ao indivíduo. Caso ele não tenha nunca em sua vida, contato com esses conceitos, o aluno não irá desenvolver as estruturas necessárias para a compreensão destes.

Para Vigotski, a ferramenta fundamental no processo de ensinar e aprender um determinado conhecimento é a imitação de uma figura que ele chama de parceiro mais capaz. Como exemplo disso se pode citar a fala, aprendemos a falar por meio da imitação de uma pessoa que sabe falar, é ouvindo várias pessoas se comunicarem que aprendemos a falar. A questão do idioma aqui é bem interessante. Quando uma criança está em um ambiente onde todos falam português, o idioma que ela aprende a falar é o português. O parceiro mais capaz aqui é o indivíduo que detém o conhecimento a ser ensinado. É interessante destacar que esse indivíduo não precisa necessariamente ser o professor, pode ser um monitor ou um aluno de uma série mais avançada, ele precisam somente deter o conhecimento que será ensinado.

Assim, num ambiente de ensino-aprendizagem, conforme a teoria de Vigotski, deve sempre existir um parceiro mais capaz, que detém o conhecimento e o transfere por meio da linguagem aos parceiros menos capazes. Nessa interação social se diz que os parceiros menos capazes se apropriam do conhecimento quando eles se apropriam da linguagem do parceiro mais capaz.

Nas palavras de Gaspar (1997), adepto desta teoria *“O aluno, como todo ser humano, não aprende com a manipulação de objetos, com experiências ou diretamente com a natureza – ele aprende com um ou muitos parceiros mais capazes e, entre eles está, é claro, o professor.”* (GASPAR, p. 10, 1997).

Este autor conclui sua discussão acerca da teoria de Vigostki dizendo que: *“Não é possível acreditar que, pela simples observação do apagar de uma vela tapada por um copo, um grupo de alunos possa concluir que a chama apagou porque consumiu o oxigênio aprisionado; ou que observando um bastão atritado com um lenço atrair papezinhos alguém possa, sem conhecimento*

teórico prévio, concluir que o lenço cedeu ou tirou elétrons do bastão, este polarizou eletricamente os papeizinhos e assim os atraiu. Isso só será possível se professor, parceiro mais capaz dessa interação, ao passar “continuamente da mesa para a lousa” apresentar aos seus alunos os modelos teóricos criados pelo ser humano ao longo de séculos para descrever essas observações.” (GASPAR, P. 11, 1997).

Camilo (2011), sem citar nomes diretamente, parece ser adepto desta teoria do conhecimento, pelo menos na citação que inicia esta seção, onde ele defende que a atividade experimental não pode ser deixada a cargo somente do aluno.

O papel do parceiro mais capaz no aprendizado de um determinado conceito é fundamental, na medida em que ele é quem vai propiciar ao aluno o contato com a linguagem deste determinado conceito.

Assim como a teoria, que vai fornecer ao aluno meios para compreender os métodos e os dados extraídos em uma determinada experiência, o professor vai direcionar o olhar deste para o ponto que ele, professor, quer explorar, é o professor que vai ensinar ao aluno as teorias existentes, mostrando como elas aparecem naquele determinado fenômeno que se está estudando. Sem isso, não temos como ter garantia que diante da observação de um fenômeno, os alunos estejam vendo exatamente aquilo que o professor espera que esteja vendo e ainda relacione o observado com a teoria que o professor quer que relacione. É exatamente o que aparece na citação de Gaspar acima, ao fazer os alunos atritarem um canudo com pano e depois fazê-lo atrair papeizinhos, não temos como ter garantias de que eles tenham notado a influencia deste atrito com o pano sobre o comportamento da atração do canudo antes e depois do atrito e se conseguiram naquele momento lembrarem-se da teoria de eletrização por contato e fazer a relação com o que é observado. Daí a importância da figura do parceiro mais capaz num ambiente de ensino aprendizagem.

III. Objetivo

Diante do quadro já esboçado, a preocupação deste trabalho diz respeito às dificuldades que os alunos da disciplina de Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos dos enfrentam quando fazem o experimento virtual de “Rolamento”.

Tal preocupação se mostrou relevante ao decorrer do tempo, na medida em que, conforme já citado nas seções anteriores, o projeto do qual o experimento de Rolamento faz parte, já vem sendo colocado em prática aos alunos há um bom tempo, tendo adquirido bastante receptividade tanto aos professores que ministram as disciplinas introdutórias de mecânica no curso de licenciatura em física, quanto aos alunos que cursam tais disciplinas, parecendo ter se tornado uma ferramenta

aliada ao processo de ensino aprendizagem. Além do mais, conforme discutido na breve revisão bibliográfica feita acima, o uso de novos recursos em sala de aula, tem se tornado cada vez mais necessário na tentativa de tornar o ambiente de ensino o mais próximo possível da realidade do aluno, fazendo uso de nesse contexto, o uso do laboratório virtual, quando bem aplicado, se constitui num recurso de fácil aquisição por parte da instituição de ensino e que já faz parte do dia-a-dia dos alunos da instituição.

Nesse trabalho de monografia, o objetivo é fazer um levantamento das dificuldades apresentadas pelos alunos quanto fazem este experimento, com o intuito de localizar alguns pontos onde esse material possa ser reestruturado para oferecer um melhor proveito no processo de ensino aprendizagem.

Num âmbito mais particular, uma vez que o levantamento das dificuldades dos alunos envolve um objetivo mais geral, já que há uma série de dificuldades que podem surgir quando um aluno está diante de uma determinada atividade experimental, esta monografia tem o objetivo de olhar para as dificuldades enfrentadas pelos alunos e que estão relacionadas com o roteiro elaborado para o desenvolvimento da atividade, assim como para a forma que ela é proposta aos alunos.

Assim, é objetivo deste trabalho tentar identificar se apenas o roteiro é suficiente para que o aluno consiga compreender o que é o experimento de rolamento, qual o objetivo do experimento e como deve ser feita sua tomada de dados, ou se nesse processo é necessário uma intervenção maior por parte do professor que propõe o experimento. Para tanto a análise terá como eixo norteador a teoria de Vigotski desenvolvida para a aprendizagem.

Numa linha semelhante a anterior, é também objetivo deste trabalho olhar para a questão da teoria desenvolvida em sala sobre o assunto do qual explora o experimento. Em particular, tendo como eixo norteador o trabalho de Hanson (1975). O intuito é notar se a falta da teoria não está dificultando a realização do experimento, fazendo com que os alunos não consigam notar nele o fenômeno que o roteiro quer que eles notem, uma vez que o roteiro foi elaborado por um grupo que já conhece a teoria sobre o assunto e ao olhar para o experimento, consegue identificar o fenômeno, relacionando-o com a teoria desenvolvida sem grandes problemas.

Por fim, é também objetivo olhar para o conjunto de roteiros que foram elaborados para a realização, na tentativa de notar se houveram problemas por parte dos alunos durante a realização do experimento e que estejam ligadas a forma como o roteiro foi escrito e estruturado. A questão que este ponto busca responder é se o roteiro está claro o suficiente aos alunos para que eles realizem o experimento.

Identificados esses problemas, tentarei ser capaz de propor alterações no roteiro ou na forma de aplicação do experimento de modo que os alunos tenham menos problemas ao realizarem, para que este não se torne uma simples atividade de manipulação de dados e gráficos sem um significado

bem definido para os alunos, o que é um problema comum de acontecer, conforme discutido na revisão bibliográfica, com atividades experimentais quantitativas que envolvem tomadas de dados e interpretação de gráficos, como é o caso do nosso experimento virtual de rolamento.

IV. Nossos experimentos virtuais

IV. 1 Como são feitos nossos experimentos

Em reuniões semanais do grupo de alunos e professores que fazem parte da equipe que compõem os dois projetos já citados “Experimentos Virtuais em Disciplinas Teóricas de Mecânica” e “Experimentos Virtuais de Mecânica” são discutido temas que sejam interessantes e que permitam uma análise experimental, seja ela mais qualitativa ou quantitativa. Esse tema normalmente está relacionado com assuntos que costumam ser discutidos nas aulas teóricas das disciplinas introdutórias de mecânica ou que são freqüentes nas listas de exercícios que são resolvidas pelos alunos nestas disciplinas. Escolhido o tema ao qual se quer trabalhar experimentalmente, é feita pela equipe uma análise das possibilidades de propostas de atividades que poderiam ser exploradas com o experimento a ser elaborada, assim como uma análise teórica do mesmo, de modo a se ter uma estimativa teórica do resultado a ser obtido experimentalmente.

Cumprida a primeira etapa, que se constitui basicamente na escolha do tema, são buscados os instrumentos e aparatos que necessários para a montagem do experimento. Normalmente esses instrumentos são fornecidos pelo pessoal do laboratório didático do IFUSP, ou, no caso de não haver o instrumento pronto, ele é preparado pelos técnicos que trabalham no laboratório.

Com o arranjo experimental montado é feita a filmagem do experimento, fazendo uso de uma câmera digital que permite a filmagem de movimentos com certa velocidade. O filme obtido é transformado em uma seqüência de fotos cujo intervalo entre elas é de $1/30$ s, isso é feito com o auxílio do software Premier. Com isso é possível acompanharmos a posição do corpo em movimento ao longo do tempo e daí fazer a análise do experimento. Cabe destacar aqui que uma das dificuldades inerentes a esse processo e que impediu a elaboração de diversos experimentos, diz respeito à resolução da câmara, em muitos casos, como a velocidade atingida pelo corpo em movimento é alta, os quadros obtidos pela filmagem ficam borrados, a ponto de comprometerem a análise do experimento.

Com os quadros obtidos por meio da filmagem, o grupo passa a fazer a tomada de dados e analisar se é possível explorar por meios desses dados os pontos que se haviam destacado quando o experimento foi pensado inicialmente. Essa é muitas vezes uma etapa longa do processo de elaboração do experimento, uma vez que os modelos estudados são teóricos e os experimentos

criados envolvem situações reais, assim muitas vezes temos que lidar com situações onde, por exemplo, o atrito com a resistência do ar exerce uma influência considerável no movimento, que não tinha sido prevista, ou então com molas que não tem massa desprezível ou ainda com corpos cuja distribuição de massa não é homogênea. Assim, na maioria dos casos temos que levar em conta esses parâmetros, o que nos leva a buscar novos meios, além dos que já havíamos previsto pela teoria, para lidar com essas situações reais. Aqui entra também uma análise dos erros envolvidos, como levam em conta as incertezas instrumentais inerentes as medidas realizadas.

Definido o conjunto de assuntos que o filme obtido do fenômeno permite explorar, é escrito um roteiro de análise do experimento, guiando o aluno a como ele deve fazer a tomada de dados e também fazendo perguntas sobre o movimento observado, os dados obtidos e a análise dos mesmos. Esses roteiros apresentam, na maioria dos casos uma estrutura comum, com uma pequena introdução, onde é colocado de forma implícita o objetivo do experimento, uma segunda seção onde há o procedimento de análise, explicando ao aluno como deve ser feita a análise do experimento, além de ter algumas questões a serem respondidas pelos alunos com base na análise dos dados obtidos e uma terceira seção, onde é explicado como deve ser a estrutura do relatório a ser entregue pelo aluno. A depender do experimento, esse roteiro pode ser mais curto, como no caso do experimento de cinemática rotacional ou mais longo, como é o caso do experimento de rolamento. Além destes roteiros que auxiliam a análise do experimento há, para alguns experimentos, roteiros que buscam auxiliar a tomada de dados ou complementar a teoria que o experimento trabalha ou alguns mais gerais como aqueles que auxiliam no uso de programas para tratar os dados, elaborar gráficos, inserir incertezas, etc.

Quando todo o material já está pronto, ou seja, filme, conjunto de quadros extraídos do filme e os roteiros do experimento, ele é disponibilizado na rede. Atualmente esse material está disponível no endereço www.fep.if.usp.br/~fisfoto. A figura 2 traz uma foto da página início onde o material desenvolvido até o momento encontra-se disponível aos alunos. Cabe destacar aqui que como esse material está disponível na internet, não podemos esperar que seu público se resume a alunos do curso de licenciatura do IFUSP.

Introdução

Esta é a página dos experimentos virtuais desenvolvidos com o objetivo de complementar o seu estudo nas disciplinas de Mecânica de primeiro a terceiro semestre do curso de Licenciatura em Física: 4300151 - Fundamentos de Mecânica, 4300153 - Mecânica e 4300255 - Mecânica dos Corpos Rígidos e dos Fluidos. Neste sítio, estão colocados experimentos para serem analisados e relatados de preferência com as ferramentas usuais do computador: navegador web, planilha de cálculo e editor de texto. Cada experiência virtual é um experimento real que foi filmado e que é analisado com quadros isolados do vídeo obtido. Esperamos que goste e que use este material para ampliar seu conhecimento não só das disciplinas como também do funcionamento das ferramentas computacionais.

Selecione uma das abas acima para acessar os experimentos virtuais disponíveis ou descobrir qual é a equipe que está desenvolvendo este trabalho e quem vem nos apoiando.

Sítio desenvolvido por:
Igino G. V. Martins (iginomartins@yahoo.com.br)
Atualmente mantido por:
Glauco G. M. Senhora (glaucoqmoreno@gmail.com)

Figura 2: Home da página onde estão disponíveis os experimentos virtuais.

Nas abas Translação, Rotação, Fluidos e Rápidos encontram-se os experimentos elaborados e que estão prontos para serem usados pelos alunos. Na aba Guias, encontram-se os roteiros que foram escritos para complementar a análise dos experimentos.

IV.1.1 Os experimentos já elaborados

A página conta hoje com treze experimentos que foram elaborados ao longo desses sete anos de existência do projeto, sendo eles Trilho de Ar, Atrito e Cinemática Rotacional, que são aplicados aos alunos que estão cursando a disciplina de Fundamentos de Mecânica, Colisões, Energia e Cinemática Rotacional que são aplicados aos alunos que estão cursando a disciplina de Mecânica, Roda de inércia, Giroscópio e Rolamento, aplicados na disciplina de Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos e Plano inclinado, Oscilações amortecidas, Continuidade e Tubo em U que foram colocados recentemente na página e ainda não foram aplicados aos alunos.

Trilho de Ar

Este experimento tem por objetivo trabalhar com os alunos as características de um movimento uniforme e um movimento com uma determinada aceleração. Para tanto é colocado sobre um trilho de ar um carrinho normal que é lançado em uma trajetória retilínea ao longo do trilho com auxílio de um elástico. Para que seja possível acompanhar a posição do carrinho ao longo do tempo foi colocado sobre a base do trilho de ar uma fita métrica. De modo análogo é feito com outro carrinho, mas agora este portando uma vela sobre ele. No entanto, na filmagem toma-se o cuidado de não deixar a vela visível, assim o aluno deve, por meio da análise dos quadros e da curva de posição versus tempo e velocidade versus tempo, identificar qual o carrinho que porta a vela e qual o carrinho que não porta a vela. A figura 3 traz uma foto do esquema montado para a filmagem do experimento.

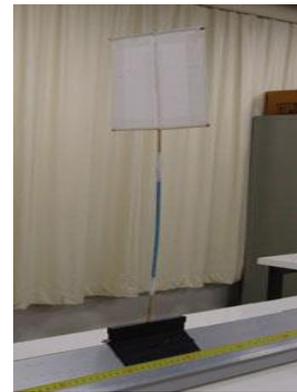
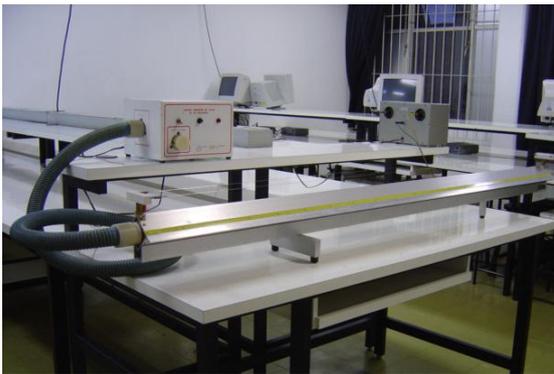


Figura 3: Dispositivo usado no experimento “Trilho de Ar” e carrinho com vela sobre o trilho.

Atrito

Este experimento tem por objetivo explorar com os alunos algumas das características da força de atrito, como a proporcionalidade da força de atrito com a força normal e a independência da força de atrito com a área da face do bloco que fica em contato com a superfície de apoio. Para tanto, é usado uma plano inclinado com superfícies distintas e blocos também de superfícies distintas. O bloco é apoiado sobre a superfície do plano e a inclinação deste é aumentada lentamente por meio de um motor de baixa rotatividade até o ponto onde o bloco começa a deslizar sobre o plano. Tomamos este ponto como sendo o de iminência de movimento. Filma-se o bloco em queda sobre o plano inclinado e esse filme é transformado em uma seqüência de quadros. A análise destes quadros permite obter o coeficiente de atrito cinético e estático das superfícies envolvidas. A figura 4 traz um esquema do arranjo experimental usado para a filmagem do experimento.



Figura 4: Dispositivo experimental usado no experimento “Atrito”.

Cinemática rotacional

Este experimento tem por objetivo levar o aluno a perceber a relação entre o movimento de translação da correia e o de rotação da coroa, verificando (nesse caso) que as grandezas v e ω guardam entre si uma relação de linearidade. Para tanto é montado um arranjo experimental onde temos uma coroa e uma catraca¹ interligadas por meio de uma correia. O sistema é posto a girar fazendo-se uso de um motor e com o auxílio de um transferidor, colocado a frente de uma dessas coroas e de uma fita métrica, paralela a parte retilínea, é possível acompanhar a posição angular e linear de um determinado ponto da correia, permitindo com isso calcular a relação entre as velocidades lineares e angulares de uma marca feita na correia e então notar a relação existente entre elas, bem como com o raio da coroa. A figura 5 traz um o arranjo deste experimento.



Figura 5: Dispositivo experimental usado no experimento “Cinemática Rotacional”.

1 Denominação que se dá às rodas dentadas usadas em bicicletas, motos, etc.

Colisões

A experiência consiste em observar o movimento de dois carrinhos sobre um trilho de ar a fim de que possa ser analisado o seu comportamento antes e depois de uma colisão. O objetivo é verificar o que ocorre com a grandeza quantidade de movimento no sistema, assim como estudar a velocidade dos carrinhos tanto no referencial do centro de massa quanto no referencial do laboratório. O arranjo montado é semelhante ao que temos no experimento do trilho de ar, com a exceção que aqui são presos dois carrinhos, um em cada extremidade do trilho, além do mais, nenhum dos carrinhos porta uma vela, como tínhamos no experimento do trilho de ar. O movimento dos carrinhos é acompanhado antes e depois da colisão, depois de serem lançado um em direção ao outro. Assim é possível estudar o comportamento da quantidade de movimento total do sistema antes e depois dos carrinhos colidirem. A foto da figura 6 exemplifica as situações comentadas, onde as figuras escuras são as quinas dos carrinhos, sobre o trilho de ar, em cinza claro e a fita métrica que possui a determinação das posições no pé da mesma.

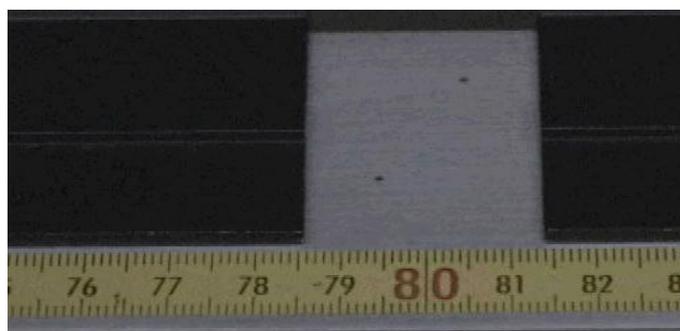


Figura 6: Quadro de um dos conjuntos disponíveis aos alunos do experimento “Colisões”.

Energia

O experimento consiste em analisar o movimento de um carrinho cujas extremidades estão presas a molas, de modo que é possível observar as oscilações deste. O objetivo do experimento é estudar o comportamento das energias cinética e potencial do sistema e observar o que acontece com a energia mecânica total no sistema ao longo das oscilações do carrinho. Para a montagem do experimento é usado o trilho de ar para reduzir o efeito do atrito de contato entre o carrinho e a superfície onde ele está apoiado. O carrinho é preso em ambas as extremidades por molas e é deslocado da sua posição de equilíbrio. A figura 7 traz uma foto de um dos conjuntos de quadros. A parte escura da figura corresponde a quina de um carrinho que está sobre um trilho de ar (parte

cinza da figura) acoplado em uma mola. A numeração sobre a foto corresponde ao instante de tempo em que o carrinho passou por aquela posição.

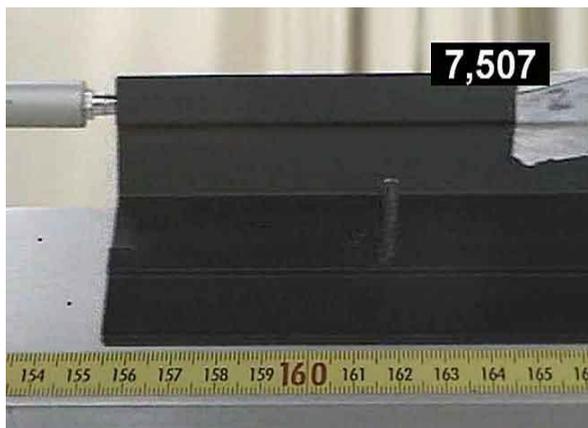


Figura 7: Acoplamento do carrinho à mola no experimento “Energia”.

Roda de inércia

Este experimento tem por objetivo explorar com os alunos algumas das grandezas relacionadas ao movimento de rotação, como torque, momento de inércia, velocidade angular e aceleração angular. Em particular, sua ênfase se dá no cálculo da aceleração angular. Para atingir tal objetivo é usado um sistema de dois discos acoplados, como observado na figura 8, um de raio maior e outro de raio menor. Um peso de massa conhecida é suspenso ora no disco de raio maior e ora neste disco de raio menor. O torque gerado pelo peso do corpo suspenso leva os discos a adquirirem uma determinada aceleração angular que pode ser calculada acompanhando a posição angular do disco ao longo do tempo, o que é feito com o auxílio de um transferidor que é colocado na frente dos discos. A figura 8 traz um foto do dispositivo usado neste experimento. A figura 9 traz uma foto de um dos conjuntos, a numeração superior corresponde ao instante de tempo correspondente da foto.



Figura 8: Dispositivo usado no experimento “Roda de Inércia.”



Figura 9: Foto de um dos conjuntos disponíveis aos alunos para tomada de dados.

Giroscópio

Este experimento tem por objetivo explorar o comportamento do giroscópio, em particular a relação entre as velocidades de spin e de precessão, que são grandezas inversamente proporcionais. Esta foi dividida em duas etapas, as quais foram chamadas qualitativa e quantitativa. Na primeira etapa, a parte qualitativa, pretende familiarizar o aluno com os objetos físicos chamados giroscópios, na segunda etapa deste experimento, o objetivo é estudar a velocidade de spin e de precessão ao longo do movimento do giroscópio, bem como a relação entre essas grandezas. Na parte qualitativa do experimento foi usado um giroscópio, sobre um fundo com as marcações dos ângulos, de modo que fosse possível acompanhar a posição angular de uma marcação feita sobre o giroscópio ao longo do tempo. Na análise quantitativa, foi usado um aro de bicicleta sobre um apoio e novamente o fundo com as marcações angulares como referência. As figuras 9 e 10 trazem os giroscópios usados nas análises qualitativa e quantitativa, respectivamente.



Figura 9: Giroscópio usado na fase qualitativa do experimento “Giroscópio”.



Figura 10: Giroscópio usado na fase quantitativa do experimento “Giroscópio”.

Plano Inclinado

Este experimento tem por objetivo explorar com os alunos a questão do lançamento oblíquo sobre influência de uma força resistiva, além de trabalhar com eles um dos métodos de resolução numérica de equações diferenciais. Para tanto foi usado um plano inclinado de madeira sobre o qual era lançada com certa inclinação uma moeda. Neste caso a força resistiva envolvida é a força de atrito de contato entre a moeda e a superfície do plano. Modelando o problema, o aluno chega a uma equação diferencial a qual deve ser resolvida numericamente para encontrar teoricamente a posição da moeda em função do tempo e comparar o resultado da resolução numérica com os dados obtidos pela leitura das quadros extraídos da filmagem. A figura 11 traz uma foto do aparato usado no experimento e a figura 12 uma foto de um dos conjuntos disponíveis aos alunos.

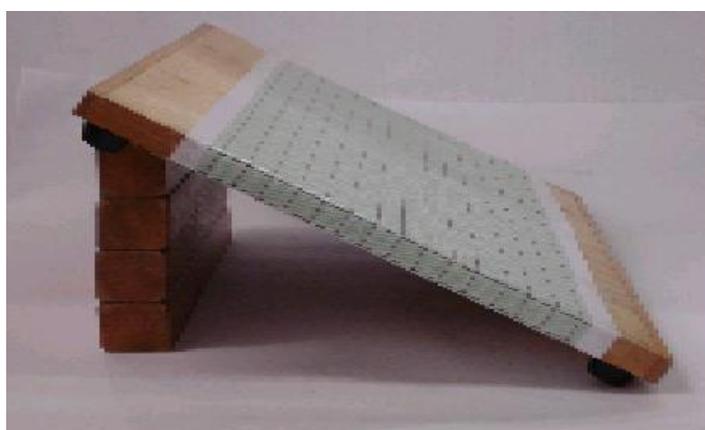


Figura 11: Dispositivo usado no experimento “Plano Inclinado”.

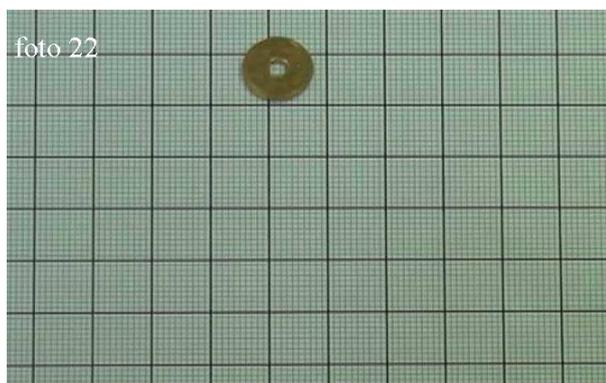


Figura 12: Foto de um dos conjuntos disponibilizados aos alunos.

Oscilações amortecidas

Este experimento, devido a grande quantidade de questões que ele pode explorar, foi dividido em duas partes, uma qualitativa e outra mais quantitativa. Na primeira parte do experimento, a experiência consiste na observação dos afastamentos máximos de um carrinho preso por duas molas. Controlando a vazão de ar do trilho podemos observar o amortecimento do movimento ao longo do tempo. O objetivo desta parte do experimento é identificar qual é a força que exerce maior influência sobre o movimento do carrinho, sendo causa principal do seu amortecimento. Na segunda etapa do experimento o objetivo é olhar com mais atenção para o movimento descrito pelo carrinho até que ele cesse com a intenção de deduzir teoricamente dentro de quantas oscilações o carrinho cessa seu movimento. A figura 13 traz um esquema do arranjo usado neste experimento, onde como nos casos anteriores o quadrado escuro é a quina do carrinho, a parte cinza corresponde ao trilho de ar e a parte amarela à fita métrica.

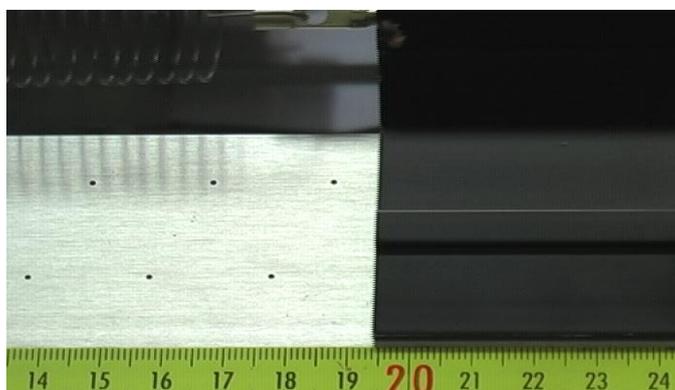


Figura 13: Quadro de um dos conjuntos disponíveis aos alunos na página.

Força Variável

bolinhas acompanham o movimento do fluido, de maneira que é possível caracterizar o tipo de movimento do fluido acompanhando o movimento da bolinha. A figura 16 traz duas fotos do aparato usado na filmagem do experimento.

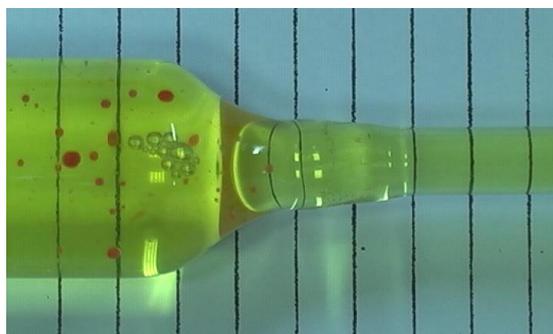


Figura 16: Dispositivo experimental usado no experimento de “Continuidade”.

O experimento do tubo em U

Para explorar com os alunos a questão densidade dos fluidos imersos em um recipiente com a forma de U, colocaram-se no tubo dois fluidos de densidades distintas que estão tingidos por corantes. No fundo do plano que contém o tubo há um papel quadriculado, o qual deve servir como referência para que os alunos consigam determinar a altura de cada uma das colunas de líquidos sendo assim possível calcular as respectivas densidades e procurando numa tabela de densidades, facilmente encontrada na literatura, identificarem quais os fluidos usados no experimento. A figura 17 traz em esquema do aparato usado no experimento.

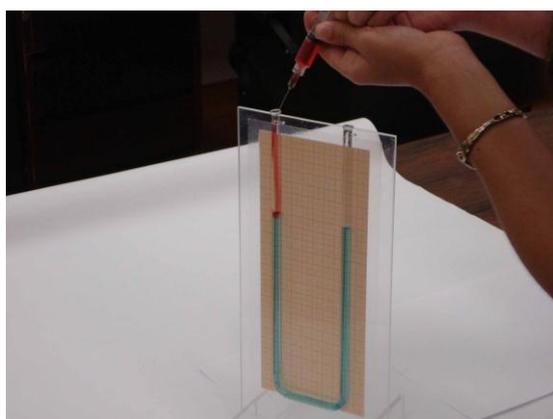


Figura 17: Esquema do arranjo experimental usado no experimento “Tubo em U”.

V. O experimento de Rolamento

O experimento de rolamento, conforme já dito, é um dos treze experimentos que faz parte do conjunto de experimentos disponíveis no site e que será foco deste trabalho de monografia. Este experimento tem por objetivo explorar com os alunos os movimentos de rolamento com e sem escorregamento, evidenciando quais as características que cada um destes movimentos apresenta, bem como levar o aluno a identificar, por meio da análise do experimento, o instante de tempo onde há a mudança de movimento, momento em que deixamos de ter um movimento de rolamento com escorregamento e passamos a ter o movimento de rolamento sem escorregamento. A montagem do experimento consiste no lançamento de um aro de bicicleta sobre a superfície horizontal do solo, de tal modo que ao ser lançado ele tenha uma velocidade linear e uma velocidade angular tal que caminhe até certo ponto, onde sua velocidade linear inverte de sentido e então retorna a mão do lançador, sem que nesse movimento de ida e volta sua velocidade de rotação mude de sentido. Para que fosse possível acompanhar o movimento do aro ao longo do tempo, ele foi lançado num local, tal que o plano de fundo contém um papel quadriculado, servindo como referência da posição do aro ao longo do tempo. A figura 18 traz uma foto do aparato usado no experimento.

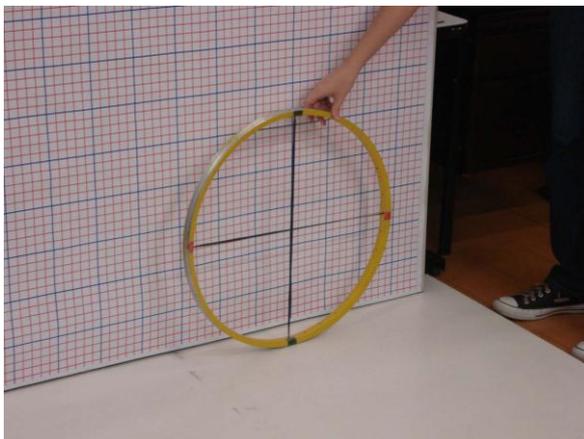


Figura 18: Dispositivo experimental usado no experimento “Rolamento”.

Com os dados da posição linear e angular do carrinho ao longo do tempo é possível encontrar a velocidade linear e angular, respectivamente, do aro em função do tempo e então, analisando-se as curvas de posição e velocidade por tempo, identificar nas curvas obtidas as características de cada um dos movimentos do aro, de rolamento com escorregamento e de rolamento sem escorregamento, ao longo do tempo, bem como o instante onde ele deixa de ter um movimento e passa a ter outro.

Para auxiliar o aluno a realizar o experimento foram escritos inicialmente três roteiros, um

explicando a análise do experimento “Roteiro de realização do experimento” (Anexo 1), outro explicando a tomada de dados das posições angulares “Roteiro auxiliar de leitura das posições angulares” (Anexo 2) e o terceiro, explicando a posição da tomada de dados da posição linear “Roteiro auxiliar de leitura das posições lineares” (Anexo 3).

Depois da primeira aplicação aos alunos, frente a muitas reclamações destes em ser o experimento muito longo, a realização do experimento foi dividido em duas etapas, onde a primeira tem um viés qualitativo e a segunda quantitativo. Desta maneira, o experimento passou a contar com um conjunto de quatro roteiros que guiam a análise, sendo que o roteiro inicial de análise do experimento era dividido em duas partes. Com essa alteração o aluno tem um tempo maior para realizar o experimento, além de ter, na maioria das vezes (já que nem sempre é possível corrigir o primeiro relatório antes da entrega do segundo) um retorno corrigido da primeira etapa, antes de entregar o segundo, permitindo a ele tirar parte das dúvidas enfrentadas na primeira parte do experimento.

V.1 As tomadas de dados

Conforme já comentado acima, a tomada de dados deste experimento é composta de duas partes, uma onde devemos tomar os dados que permitam obter a velocidade linear do aro em movimento e outra que permite obter a velocidade de rotação do aro em movimento.

Devido a forma como o aro é lançado, nota-se que ele tem certa velocidade linear e certa velocidade angular. A primeira lhe permite adquirir um movimento de translação enquanto que a velocidade de rotação lhe permite adquirir um movimento de rotação.

Para que fosse possível tomar dados da posição linear e angular do aro ao longo do tempo foram amarradas a este tiras de borracha que passassem pelo seu diâmetro, de modo que fosse possível localizar o centro do aro e também tomar algum ponto bem identificável.

O movimento de translação

Para obter as medidas que permitam fazer a análise do movimento de translação do aro é tomado como referência o centro do aro, que é localizado como sendo o ponto onde as tiras que passam pelo seu diâmetro se encontram. Como ao fundo do aro há um quadriculado cujo distanciamento entre as partições consecutivas é conhecida, basta ao aluno escolher um ponto sobre o quadriculado para tomar como origem do seu sistema de referência e então identificar, a cada

quadro, a posição do centro do aro ao longo do tempo. A figura 19 traz uma foto do esquema descrito.

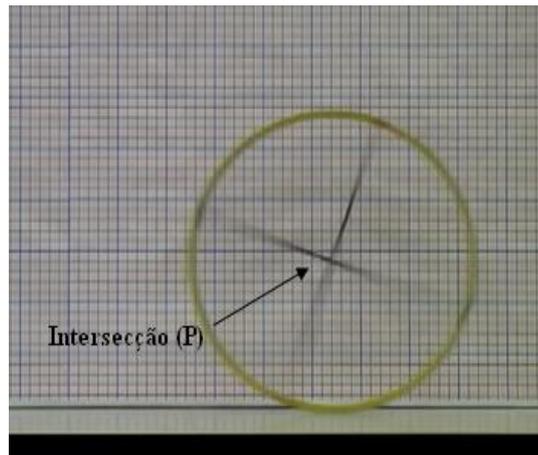


Figura 19: Esquema adotado para ler a posição do centro do aro ao longo do tempo.

Com os valores da posição do centro do aro ao longo do tempo é possível encontrar sua velocidade linear a cada instante e construir o conjunto de gráficos que são característicos do movimento de translação.

No roteiro de análise do experimento é pedido ao aluno que apresente no relatório a ser entregue, a tabela da tomada de dados dessas posições a cada instante de tempo, bem como os gráficos da posição linear em função do tempo e da velocidade linear em função do tempo. A velocidade é determinada por meio do método numérico de derivação usando-se os valores da posição em função do tempo. As figuras 20 e 21 trazem os gráficos que os alunos devem encontrar quando fazem corretamente a análise da posição linear do aro ao longo do tempo.

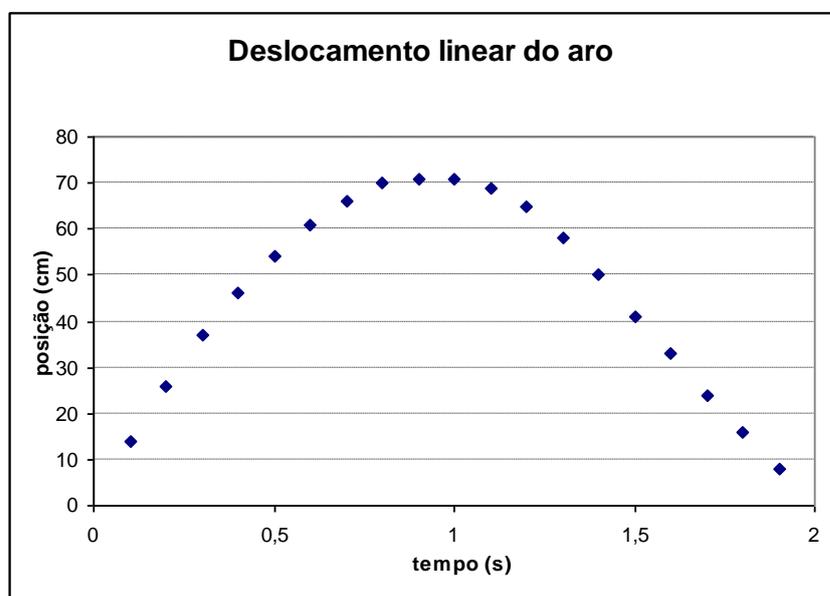


Figura 20: Curva da posição do centro do aro em seu movimento de translação.

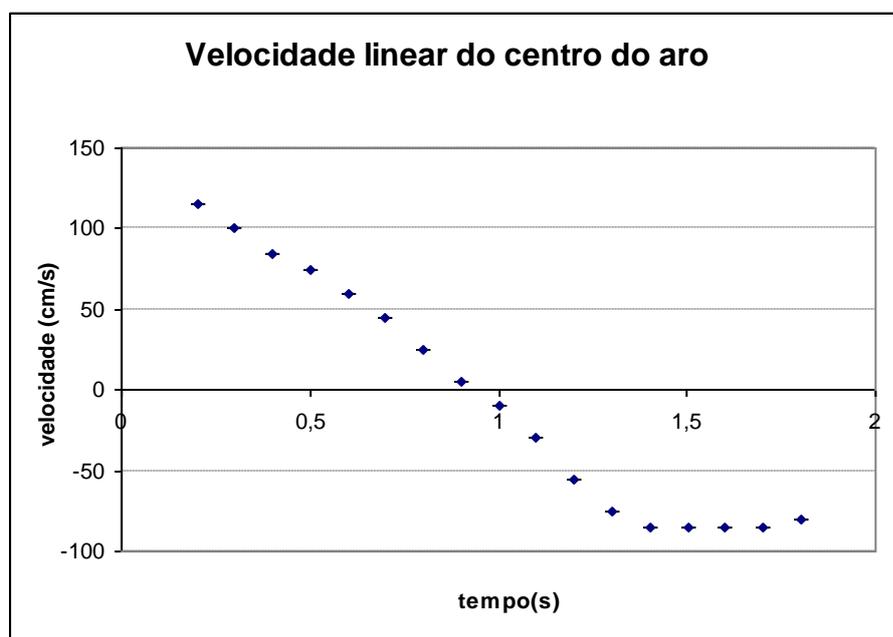


Figura 21: Curva da velocidade linear do centro do aro em seu movimento de translação.

Por meio da análise dos gráficos é possível notar que o aro possui inicialmente um movimento uniformemente variado com uma aceleração negativa que faz sua velocidade de translação ir diminuindo ao longo do tempo, até um ponto onde ela é nula, logo se faz negativa e continua diminuindo até que sua velocidade de translação passa a ser constante ao longo do tempo, descrevendo a partir de então um movimento uniforme.

O movimento de rotação

A tomada de dados para o movimento de rotação é mais elaborada do que a que o aluno faz para obter as medidas do movimento de translação, a qual o aluno já está mais acostumado, uma vez que ela é semelhante ao que ele já fez em outros experimentos anteriores a este e que são propostos na disciplina do semestre anterior.

Para obter as medidas que permite fazer a análise do movimento de rotação do aro, o aluno deve tomar um ponto do aro como referência, sendo este um dos pontos onde o raio de tira de borracha encontra a banda do aro. Para cada posição deste ponto, que pode ser um dos quatro que existem no aro, o aluno deve tomar um sistema de referência centrado na origem do aro e determinar o ângulo que este ponto de referência faz com o eixo das abscissas para cada uma das posições. Isso é feito encontrando o quociente entre o cateto oposto e o cateto adjacente do triângulo retângulo formado pelos três pontos, aquele onde a tira encontra a superfície do aro, o centro deste e o ponto onde o eixo das abscissas encontra o aro no ponto onde a tira encontra o aro.

Calculando o arco-tangente deste quociente é possível encontrar esse ângulo. A figura 22 mostra uma foto que está no roteiro que explica a tomada de dados da posição angular que é disponibilizado ao aluno.

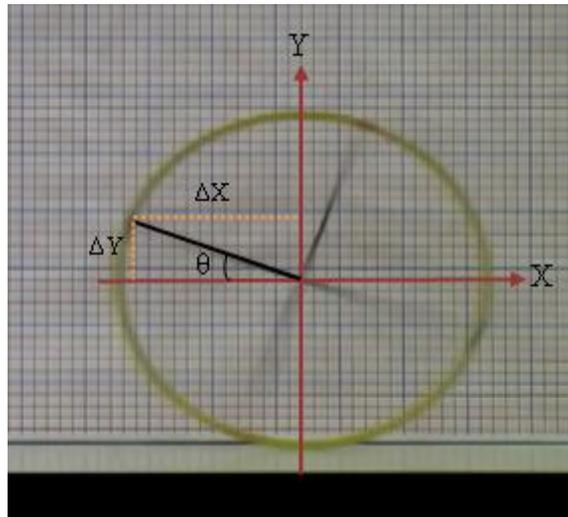


Figura 22: Fotografia do experimento explica a tomada de dados da posição angular do aro em movimento.

Nessa obtenção de dados é importante que o aluno adote sempre um único quadrante como referencia, de modo que ele não corra o risco de ter situações onde a posição do aro o impede de determinar a posição angular em alguns pontos. A proposta que consta no roteiro sugere que o aluno tome sempre as medidas no segundo quadrante. Quando o raio-guia começar a percorrer a região seguinte (primeiro quadrante), o aluno deverá utilizar um novo raio (o “pseudo-raio”) e a leitura dos ângulos começará a ser feita novamente no segundo quadrante. A compensação nesse caso consistirá em somar $\frac{\pi}{2}$ à medida do ângulo θ que o aluno calcular. A figura 23 apresenta uma fotografia que consta no roteiro que auxilia a tomada de dados da posição angular.

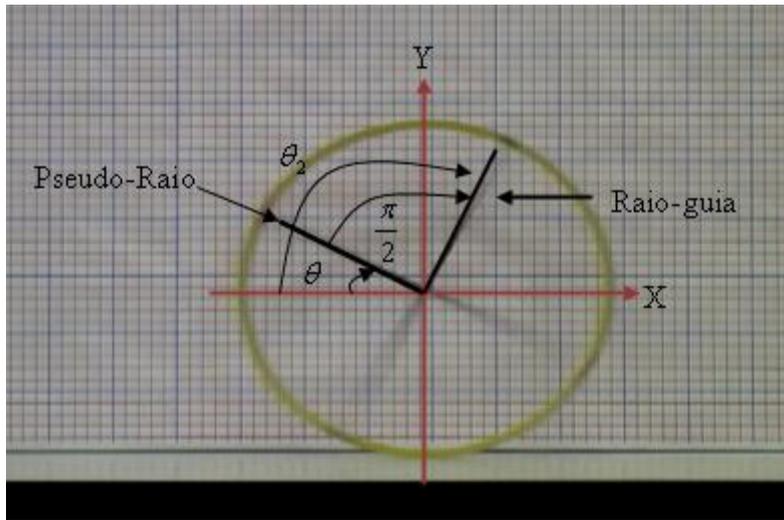


Figura 23: Fotografia explicativa para a compensação de ângulos no cálculo da posição angular do aro.

Quando o raio-guia estiver percorrendo quarto quadrante, a compensação será feita mediante a soma de π ao invés de $\frac{\pi}{2}$ ao ângulo θ obtido no primeiro quadrante. Na próxima mudança de quadrante do raio-guia, a compensação será de $3\pi/2$ ao valor de θ e a partir deste quadrante o aluno deve continuar o mesmo processo até que o rolamento do aro termine.

Com esses valores o aluno consegue uma tabela da posição angular do aro a cada instante e com esta pode determinar a velocidade de rotação do aro a cada instante. Caso os alunos façam a análise corretamente os gráficos obtidos estão representados nas figuras 24 e 25.

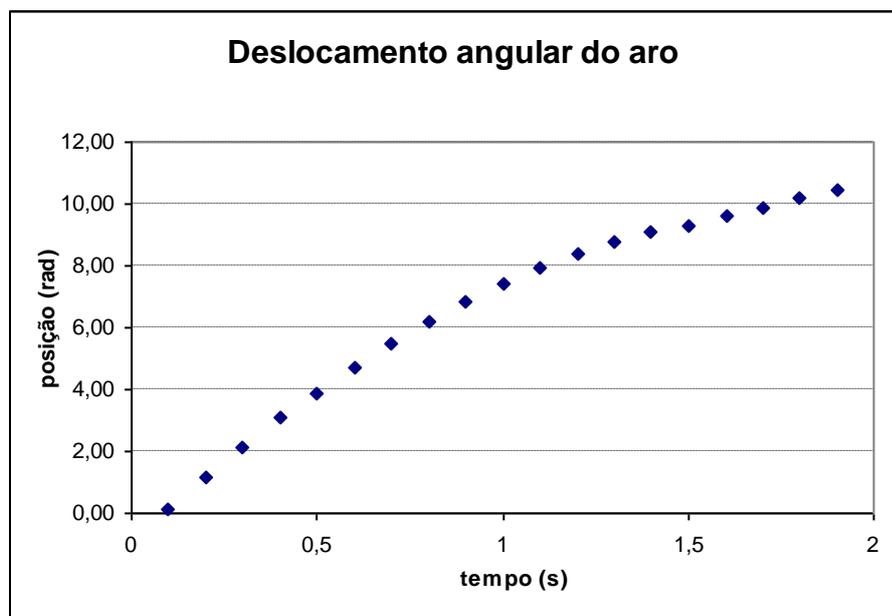


Figura 24: Curva da posição angular do aro em seu movimento de rotação.

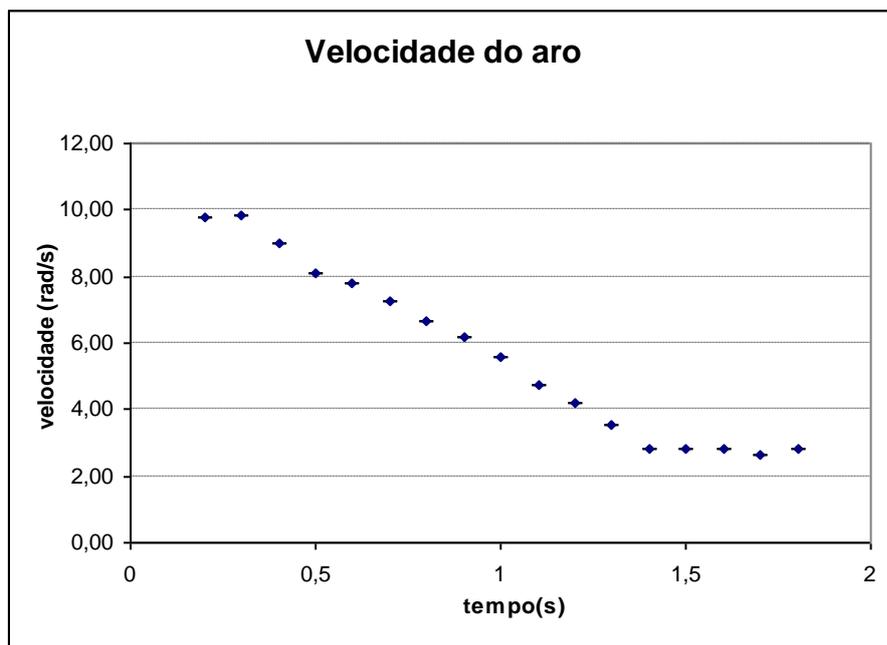


Figura 25: Curva da velocidade angular do aro em função do tempo.

Estes gráficos permitem notar que inicialmente o aro possui um movimento cuja velocidade de rotação varia com o tempo diminuindo em intensidade até certo instante de tempo a partir do qual ela passa a ficar constante, em acordo com os gráficos que foram obtidos para o movimento de translação do aro.

V.1.1 A aplicação do experimento aos alunos

Este experimento foi aplicado pela primeira vez aos alunos no ano de 2010, sendo que muitos alunos reclamaram para a professora responsável pela disciplina e também para os monitores responsáveis. Entre essas reclamações, a maioria delas residia na extensão do experimento e na dificuldade na tomada de dados da posição angular do aro ao longo do tempo. Na tentativa melhorar a aprendizagem dos alunos e facilitar a realização do experimento, seu roteiro inicial foi dividido em duas partes, conforme já explicado na seção anterior. Esse roteiro modificado foi aplicado aos alunos da turma de 2011. Embora os alunos tenham ficado com um tempo maior para a realização do experimento uma leitura preliminar desses roteiros ainda mostra alguns problemas quanto a tomada de dados e a interpretação dos resultados obtidos.

Fonseca (2010) em seu trabalho traz uma apresentação do estágio final de construção deste experimento, onde ela faz uma retomada dos conceitos físicos envolvidos no experimento, os procedimentos e cuidados envolvidos na sua montagem, a análise do experimento e uma leitura preliminar de alguns relatórios entregues pelos alunos da turma de 2010, que foi a primeira turma a

realizar o experimento. Em seu trabalho ela conclui que: *“Pode-se perceber que a grande maioria dos alunos responde as questões propostas de maneira automática, sem uma análise dos próprios dados e gráficos obtidos, como copiando frases de algum livro texto. Isso nos faz duvidar sobre o que os alunos conseguiram internalizar dessa experiência. Há a necessidade de algumas alterações nos roteiros dos experimentos de modo a torná-los mais claros. Talvez o mais importante a ser feito no experimento seja dar maior ênfase para a interpretação do fenômeno, criando maneiras de fazer com que o aluno reflita sobre o que está estudando.”* (FONSECA, 2011).

VI. Metodologia de pesquisa

O objeto de análise para o estudo que será realizado nesta monografia serão os relatórios entregues pelos alunos que cursaram a disciplina mecânica dos corpos rígidos e fluidos nos anos de 2010 e 2011. Essa amostra conta com aproximadamente sessenta relatórios. Estes relatórios entregues pelos alunos foram corrigidos, xerocados e a versão original foi devolvida aos alunos, sendo que foi pedido a eles o uso deste material para a realização desta pesquisa.

Conforme citado anteriormente, o objetivo desta monografia é fazer um levantamento das dificuldades enfrentadas pelos alunos durante a resolução do mesmo. Como há um conjunto imenso de dificuldades que podem surgir na realização de um experimento e para cada metodologia que seja aplicada na pesquisa será possível levantar um pequeno conjunto dessas dificuldades, o objetivo aqui é olhar para um conjunto de dificuldades, em particular aquelas estejam relacionadas ao roteiro do experimento.

Os critérios criados para análise dos relatórios visam tentar encontrar entre as respostas dadas pelos alunos ao longo do relatório, se há problemas quanto a forma como o roteiro que guia a análise ou a tomada de dados, foi escrito, ou até mesmo, se ele é, sozinho, suficiente para que o aluno realize o experimento e veja nele aquilo que é esperado que ele veja, ou ainda se o problema está na questão da teoria que o aluno tem quando vai realizar o experimento, uma vez que ela é que vai ajudar a fornecer meios para que o aluno veja no nos dados e gráficos obtidos, o comportamento esperado para o fenômeno que está presente nos quadros analisados.

No roteiro de análise disponibilizado ao aluno que aparece no anexo 2, há uma seção onde são dadas instruções sobre o que deve conter o relatório a ser entregue para o professor. No item *a* desta seção é pedido para que o aluno explicita o objetivo do experimento, no item *b* para que ele apresente os dados extraídos da leitura dos quadros, bem como a análise de dados e as respostas das questões que aparecem ao longo do roteiro e no item *c* para que ele faça uma conclusão onde deve

argumentar se o objetivo do experimento foi alcançado ou não.

Tomando por base essa estrutura geral do roteiro do experimento, os critérios criados nesta monografia para a análise desses relatórios foram:

A – compreensão do objetivo do experimento – nessa categoria o objetivo é olhar se o aluno conseguiu entender o que será feito, para que fenômeno ele vai olhar e o que ele vai analisar nesse fenômeno. Uma vez que este objetivo aparece de forma implícita no roteiro de elaboração do experimento. Queremos notar aqui se o aluno conseguiu compreender esse objetivo a ponto de reescrevê-lo com suas próprias palavras no relatório, ou se ele fez uma simples cópia do que está presente no roteiro do experimento. Assim, para análise deste critério serão criadas quatro categorias:

- 1 - Ausência de apresentação do objetivo do experimento no corpo do relatório;
- 2 - Cópia direta do que aparece como objetivo no roteiro do experimento
- 3 - Se há um texto que fora escrito com as próprias palavras do aluno, mas no qual o objetivo do experimento ainda não parece ter ficado claro a ele;
- 4 - Elaboração de um texto onde parece ter ficado claro o objetivo do experimento para o aluno.

Conforme as especificações que constam no roteiro de análise do experimento, esse objetivo deve aparecer tanto na introdução quanto na conclusão do relatório entregue pelo aluno.

B – apresentações dos dados extraídos – nesta categoria pretende-se olhar para o que o aluno apresenta como dados extraídos dos quadros analisados, em particular, as tabelas e os gráficos. Nesta etapa o objetivo da pesquisa é tentar notar se há alguma dificuldade inerente à tomada de dados, tanto para a posição angular quanto para a linear do experimento, que está explicada no roteiro e/ou se há problemas com o uso das planilhas de cálculos, para, posteriormente, elaborar os gráficos. O interesse em olhar para esse ponto no relatório vem de uma leitura preliminar dos relatórios entregues pelos alunos, onde foi possível notar que alguns deles apresentaram problemas na obtenção dos valores primários, o que compromete toda a parte posterior de análise do experimento. Em particular, esse critério busca ainda, notar de somente o roteiro do experimento é necessário para explicar como deve ser feita essa parte da experiência ou se seria interessante nesse momento uma intervenção por parte do professor ou dos monitores responsáveis pela disciplina.

Esses dados devem aparecer como “resposta” ao seguinte item do roteiro do experimento:

“3. Construa uma tabela contendo os valores de posição linear (s_i), posição angular (θ) e instantes de tempo (t_i) para cada foto i . Para isso consulte os roteiros auxiliares de “Leitura das

Posições Angulares” e “Leitura das Posições Lineares”. Adote 1cm e 0,07rad para as incertezas nas posições lineares e angulares respectivamente (para maiores informações veja o apêndice no final deste roteiro).”

Para tal análise foram criadas três categorias, sendo elas:

1 - dados extraídos corretamente, onde são agrupados os alunos que não apresentaram problemas com esta e construíram os gráficos não tendo a interpretação dos dados influenciada por esse fator;

2 - dados errados, onde estariam os alunos que apresentaram a tabela de dados com os valores errados, bem como apresentaram problemas com os gráficos construídos.

3 - não apresentaram dados, para aqueles alunos que não apresentaram os dados e os gráficos referentes as fotos analisadas.

C – A relação entre a teoria e o fenômeno estudado - neste item o objetivo é notar se o aluno conseguiu, somente com o roteiro e com a análise dos quadros identificar características do fenômeno estudado nos resultados obtidos na análise de dados.

Queremos ver aqui se o aluno consegue olhar para o fenômeno fazendo uso da teoria, se já tem essa teoria para que possa com ela, identificar nos dados e gráficos obtidos, características do fenômeno estudado.

Isso será feito olhando para as respostas dadas pelos alunos em algumas questões que aparecem no segundo roteiro do experimento proposto aos alunos em 2011, sendo elas:

“ A partir da tabela do item 7, faça os gráficos referentes às velocidades calculadas, com suas respectivas incertezas, e observe o comportamento de tais grandezas. Esse é o comportamento esperado? Como você os interpreta?”

“ . Analisando os gráficos do item 8, determine o instante em que se inicia o rolamento sem escorregamento. Como você chegou a essa resposta?”

Nestas questões espera-se que o aluno reconheça nos gráficos dos dados obtidos características do fenômeno que foi mostrado ao longo dos quadros. No roteiro aplicado aos alunos de 2010 essas questões correspondiam as 8 e 9 respectivamente e no roteiro aplicado aos aluno de 2011 as 6 e 7 respectivamente. Para análise destas questões foram estabelecidos um conjunto de critérios para separarmos alguns grupos de resultados semelhantes. Assim, para a primeira questão os quatro conjuntos estabelecidos foram:

- Conseguiu fazer a interpretação do fenômeno de forma correta, para os alunos que conseguiram notar nas curvas de velocidade em função do tempo o movimento de rolamento com escorregamento e o movimento de rolamento sem escorregamento, bem como apresentar uma explicação correta para este fenômeno.

- Não conseguiu, onde entraram os alunos que não conseguiram notar nos gráficos a existência de dois movimentos distintos, bem como de um instante de transição entre eles.

-Consegi de forma errada, para aqueles alunos que, apesar de terem identificado os movimentos de rolamento com e sem escorregamento, apresentaram uma interpretação errada das curvas e/ou uma explicação errada para o fenômeno observado.

-Não apresentou, neste caso, encontram-se os alunos que não apresentaram no relatório entregue uma interpretação para o fenômeno estudado.

Para análise da segunda questão foram usados os mesmos nomes dos critérios anteriores, sendo que tivemos:

- Conseguiu de forma correta, para os alunos que apresentaram como resultado do instante de alteração dos tipos de movimento o valor correto, usando um método adequado.

- Não consegui, para os alunos que não conseguiram calcular corretamente o instante de tempo onde deixamos de ter rolamento com escorregamento e passamos a ter rolamento sem escorregamento.

- Não apresentou, para os alunos que não apresentaram resposta a esta questão.

VII. Desenvolvimento do trabalho

Nesta seção será apresentada uma descrição mais detalhada do processo realizado, bem como os resultados obtidos.

A leitura dos relatórios entregues pelos alunos para a realização deste trabalho ocorreu de forma gradual e composta de várias etapas. A primeira delas consistiu numa leitura geral do relatório como um todo, de todos os alunos das turmas diurno e noturno dos anos de 2010 e 2011. O objetivo desta leitura geral foi ter conhecimento do que os alunos realizaram e quais os problemas mais comuns encontrados nos relatórios entregues, de modo que fosse possível construirmos os nossos critérios de análise mais específicos, que foram citados na seção anterior. Feita essa leitura preliminar e estabelecidos os critérios de análise, foram feitas as seguintes, uma para cada um dos

critérios criados. Assim, foi feita uma leitura para a questão de como o objetivo do experimento aparece no relatório, sendo que aqui foi dada ênfase na leitura da introdução e da conclusão do relatório; a seguinte foi feita, agora para analisar o segundo critério estabelecido, que se refere a tomada de dados, frisando a parte do relatório entregue pelos alunos que se refere ao procedimento de análise e por fim uma última leitura foi feita para o terceiro critério estabelecido, que se refere a interpretação dos dados obtidos e a sua relação com a teoria, sendo que aqui a leitura se fixou nas respostas dadas pelos alunos a algumas questões que aparecem no relatório, tais questões foram já explicitadas no item anterior e retomaremos a elas mais a frente.

VII.1 Primeira leitura: Como aparece no corpo dos relatórios entregues pelos alunos o objetivo do experimento de rolamento

Nesta leitura o intuito é tentar identificar se o objetivo a que se presa o experimento ficou claro ao aluno, se ele conseguiu compreender qual o foco da investigação que vai realizar. Isso porque, caso esse objetivo não tenha ficado claro aos alunos, todo o restante do experimento fica comprometido, uma vez que, não conseguindo ter claro o que se vai investigar, o procedimento usado na análise não faz sentido, assim como os dados obtidos não passam de um amontoado de dados, sem um significado para os alunos.

Uma das maiores dificuldades nesta etapa da análise consistiu em tentar identificar se de fato o que o aluno escreveu nos diz se o objetivo do experimento ficou claro para ele. Na tentativa de fazer essa análise a leitura da conclusão, do relatório entregue pelos alunos ajudou em alguns casos, na medida em que, apesar do objetivo do experimento aparecer de forma confusa na introdução do trabalho, na conclusão o aluno desenvolveu uma comparação mais minuciosa, olhando para os pontos relevantes que o experimento deseja explorar.

Relatórios entregues pelas turmas de 2010

A tabela 1 traz os dados obtidos na leitura de todos os relatórios, incluindo as turmas do diurno e noturno do ano de 2010. Na seqüência apresentamos alguns trechos dos relatórios entregues e a dificuldade citada acima.

Ausência	Cópia	Objetivo confuso	Objetivo claro
6	9	12	12
15,4%	23,1%	30,8%	30,8%

Tabela 1: Objetivo do experimento apresentados pelos alunos de 2010.

A tabela 2 traz os dados dos alunos que realizaram o experimento no ano de 2011.

Ausência	Cópia	Objetivo confuso	Objetivo claro
5	6	5	16
15,6%	18,8%	15,6%	50%

Tabela 2: Objetivo do experimento apresentado pelos alunos em 2011.

Objetivo apresentado de forma confusa

Entre os relatórios classificados dentro destes critérios, encontramos textos como:

“Esta experiência consiste em analisar o movimento linear e angular de um aro e observar a transição entre o movimento de rolamento com escorregamento para o movimento de rolamento sem escorregamento. Tal fenômeno pode ser visto no movimento de uma bola de boliche lançada e na bola de sinuca ao receber uma tacada num ponto específico.

“Analisando os dados retirados das observações das fotos e vídeos do lançamento do aro, objetiva-se validar relações entre as grandezas envolvidas neste experimento.”

Como conclusão do experimento este aluno escreve:

“Através das análises dos gráficos e das relações entre as grandezas envolvidas no movimento do aro, o experimento atingiu os objetivos estabelecidos. As relações $a = (1/MR)\alpha$ e $v = R\omega$ foram confirmadas através dos dados experimentais.”

Em outro relatório encontramos:

“A experiência com um aro analisa um corpo que possui movimento de rotação e translação simultaneamente, com esta análise buscaremos os motivos pelos quais o corpo muda de sentido

(movimento de translação) e qual a relação entre as velocidades angular e de translação bem como suas acelerações.”

Como conclusão este aluno escreve:

“A experiência conseguiu atingir os objetivos desejados, já que podemos observar que o torque do peso e a força de atrito que age durante o movimento com deslizamento é responsável pelas mudanças da velocidade, e que a condição $v = \omega r$ só vale quando o rolamento é puro, isto é sem deslizamento.”

Outros textos foram:

“Trata-se de um procedimento experimental que tem como objetivo estudar o movimento de rotação incluindo o movimento de rolamento com escorregamento e o rolamento sem escorregamento e que consiste no lançamento de um aro para frente, mas girando em sentido contrário, de forma que após se movimentar para frente por um certo tempo, retorna para quem o lançou face o movimento rotatório.

O objetivo do experimento também visa estudar a relação entre as grandezas físicas dos movimentos, linear e de rotação, tais como: a velocidade linear com velocidade angular, a aceleração linear e angular e a influência da inércia rotacional, analisando a relação destas grandezas nas situações de rolamento com escorregamento e de rolamento sem escorregamento, comparando-se valores e fórmulas teóricas com valores experimentais.

Como conclusão este aluno apresenta:

“Os dados experimentais confirmam a relação entre as grandezas físicas dos movimentos, linear e de rotação, tais como: a velocidade linear com a velocidade angular, a aceleração linear e angular e a influência da inércia rotacional, analisando a relação destas grandezas nas situações de rolamento com escorregamento e de rolamento sem escorregamento, tendo sido proveitosa e muito esclarecedora a comparação dos valores e fórmulas teóricas com os valores experimentais.”

“Esta experiência consiste em avaliar o movimento linear e angular de um aro que foi lançado para a esquerda, girando em sentido contrário, fazendo com que ele volte para a posição de onde foi lançado.

Assim, podemos analisar com clareza o movimento de rolamento com escorregamento e sem escorregamento.”

Como conclusão este aluno apresenta:

“Comparando os valores experimentais com os teóricos percebemos que eles são bem próximos e todos condizem dentro das incertezas envolvidas, como esperado”.

“Este experimento tem como objetivo a análise do movimento de um aro que é lançado para um lado, mas gira em sentido oposto. Sendo assim possível observar o movimento de rolamento com escorregamento, até o momento em que muda o sentido de seu movimento e passa a se perceber o rolamento sem escorregamento. Através de dados extraídos de um conjunto de fotos, o qual fornecia a posição linear do aro a cada instante, e sendo possível medir o deslocamento angular, construiu-se tabelas e gráficos para o auxílio dessas análises.”

“O presente experimento tem como objetivo a análise de um movimento de rolamento com escorregamento. Por meio de fotos e dos dados obtidos a partir da análise foi possível observar as grandezas envolvidas nesse experimento, bem como o seu comportamento, tanto quantitativamente quanto qualitativamente ao longo do tempo.”

“O experimento consiste em um aro lançado para frente, mas girando em sentido contrário, tal que, no movimento de ida o aro o faz escorregando, depois de certo tempo, volta para quem o lançou, movimentando-se sem escorregar. Temos o objetivo de analisar os movimentos de ida e de volta, verificando o que acontece com as grandezas quando o aro esta escorregando, parado e voltando sem escorregar.”

“Este experimento visa analisar o lançamento de um aro para frente, girando no sentido contrário, causando um efeito bumerangue (vai e volta). Através disso, pretende-se estudar movimento de rolamento com e sem escorregamento.”

Objetivo como cópia do roteiro

Conforme podemos ver na tabela 1, muitos alunos apresentaram em seu relatório uma copia da introdução do roteiro de análise, de modo que esse comportamento dificultou a análise, na medida em que não tivemos como saber se o fato do aluno copiar o objetivo do roteiro era uma consequência dele não o ter compreendido ou simplesmente dele ter achado que não havia problemas em fazer uma copia do que constava no roteiro.

Entre os alunos que copiaram o objetivo que aparece no roteiro, apresentamos abaixo a conclusão que aparece no roteiro de alguns deles.

“Neste experimento analisamos a transição do movimento de rolamento com escorregamento para o movimento sem escorregamento. A transição foi caracterizada pela mudança de movimento desacelerado linearmente para o movimento linear uniforme. Este ponto foi

encontrado no tempo $t = 1,5$ s. Verificamos que a partir de $t = 1,5$ s o movimento deixou de apresentar o escorregamento e a expressão $v = \omega r$, passou a expressar a conexão entre as velocidades linear e angular.

Durante a análise dos gráficos vimos que tanto o comportamento dos deslocamentos, bem como o comportamento das velocidades caracterizam a mudança do rolamento com escorregamento para o rolamento sem escorregamento. No caso do gráfico de deslocamento linear, por exemplo, podemos perceber que até $t = 1,5$ s, a curva do gráfico era de uma parábola, entretanto, após atingir $t = 1,5$ s, a curva do gráfico passou a ser uma reta.

Em relação ao gráfico de velocidade linear, por exemplo, a visualização foi mais expressiva, pois até $t = 1,5$ s, a curva do gráfico era uma reta decrescente e, após esta marca, passou a ser praticamente uma reta constante.

No meu entendimento o experimento cumpriu o objetivo proposto, pois foi evidente que no movimento de rolamento sem escorregamento a expressão $v = \omega r$ é uma característica determinante e podemos constatar a equação (11), que relaciona a aceleração angular com a linear no movimento de rolamento com escorregamento.”

“O experimento atingiu seus objetivos: à partir da análise do movimento de rolamento, pudemos comparar os resultados obtidos experimentalmente com os valores teóricos. Observamos que há diferenças entre eles, pois há fatores que não estão inclusos na fórmula teórica (resistência do ar, o fato não ser completamente rígido, perdas de energia pelo som e calor e etc.).”

“Após o término deste relatório, foi possível concluir que a experiência atingiu os objetivos pretendidos, uma vez que através da análise gráfica e analítica aqui desenvolvida, pudemos observar a mudança de movimento de rolamento com escorregamento para o rolamento sem escorregamento, bem como verificar a compatibilidade da teoria com a prática.”

“Pensando em uma situação não ideal, onde existem agentes externos atuando no sistema, os dados são satisfatórios. O experimento foi bem realizado, conseguimos construir e analisar gráficos que apresentam as características de um movimento de rolamento com escorregamento os gráficos de posição em função do tempo também são coerentes com os gráficos pretendidos, não houve divergência de dados ou que são incoerentes com o previsto, os dados coletados e obtidos se mantiveram dentro da faixa de valores de incerteza.”

“Podemos observar que o aro descreve um movimento de rolamento com deslizamento que chega muito próximo do teórico, e é compatível por estar dentro da incerteza.”

Objetivos apresentados de forma clara

Entre os relatórios que apresentaram o objetivo do experimento de forma clara e bem elaborada, destacamos os trechos abaixo.

“O principal objetivo deste experimento é o estudo dos agentes atuantes no movimento de um aro quando lançado ao longo de uma plataforma e descrevendo dois tipos de movimento, sendo o primeiro de rolamento com escorregamento e, depois, rolamento sem escorregamento. E ainda, verificar o motivo de existir os dois movimentos, os momentos em que ocorrem e sua diferenciação, identificar as forças e torques existentes, além, de verificar a energia total do sistema durante o movimento.”

“Este experimento consiste em analisar o movimento de rolamento de uma roda, com e sem o movimento de escorregamento. Para isso analisamos separadamente os movimentos de translação e de rotação efetuados durante o trajeto da roda. Com isso, pode-se analisar se os resultados obtidos experimentalmente concordam com o modelo teórico que temos.

Também se tem como objetivo, observar como se dá a mudança dos movimentos de rolamento com escorregamento para o rolamento sem escorregamento.”

“(…) Portanto, como objetivo do experimento, será estudado o movimento de translação e de rotação do aro de bicicleta, analisando as mudanças ocorridas no rolamento com escorregamento e sem escorregamento em função do tempo e observado se as análises feitas e os resultados obtidos condizem com o esperado.”

“Este experimento teve como objetivo analisar através de filmes e fotos o movimento de rolamento com escorregamento e sem escorregamento de um aro lançado no plano horizontal, de modo que este possui movimentos de rotação e translação, combinados ou não, ao longo dos instantes de tempo analisados. Outro objetivo importante desta análise é verificar a relação existente entre as variáveis lineares e angulares, a fim de concluir se fatores externos influem na teoria de modo a modificar significativamente os resultados das medidas quando comparadas.”

VII.1.1 Segunda leitura: A tomada de dados das posições lineares e angulares

Nesta etapa da análise o intuito foi olhar para a tomada de dados feita pelos alunos das posições angulares e lineares, tentando notar se houveram problemas que tenham comprometido a

análise do experimento e em caso afirmativo, se tais problemas estiveram relacionados com uma dificuldade de construção de gráficos no Excel ou se ela estava mais relacionada aos roteiros elaborados explicando o procedimento de obtenção de dados. As tabelas 3 e 4 trazem resultados obtidos para a análise com os relatórios entregues nos anos de 2010 e 2011.

	Linear	%	Angular	%
Dados corretos	35	89,8%	31	79,5%
Dados errados	1	2,7%	5	13,9%
Não apresentou dados	3	7,7%	3	7,7%
Total	39	100%	39	100%

Tabela 3: Dados apresentados pelos alunos de 2010.

	Linear	%	Angular	%
Dados corretos	31	96,9%	26	81,25%
Dados errados	0	0	4	12,5%
Não apresentou dados	1	3,1%	2	6,25%
Total	32	100%	32	100%

Tabela 4: Dados apresentados pelos alunos de 2011.

As figuras seguintes trazem alguns exemplos dos gráficos obtidos pelos alunos na análise de dados do experimento.

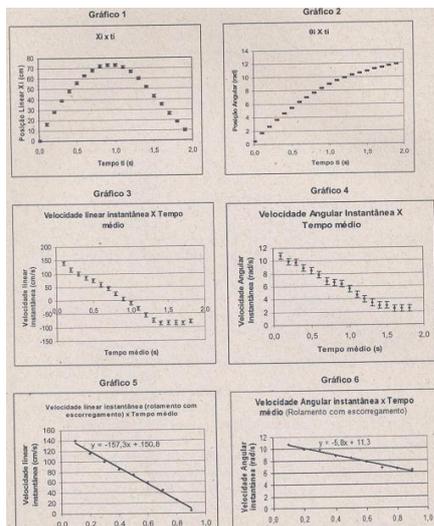


Figura 26: Gráficos de um dos relatórios onde o aluno fez a tomada de dados corretamente.

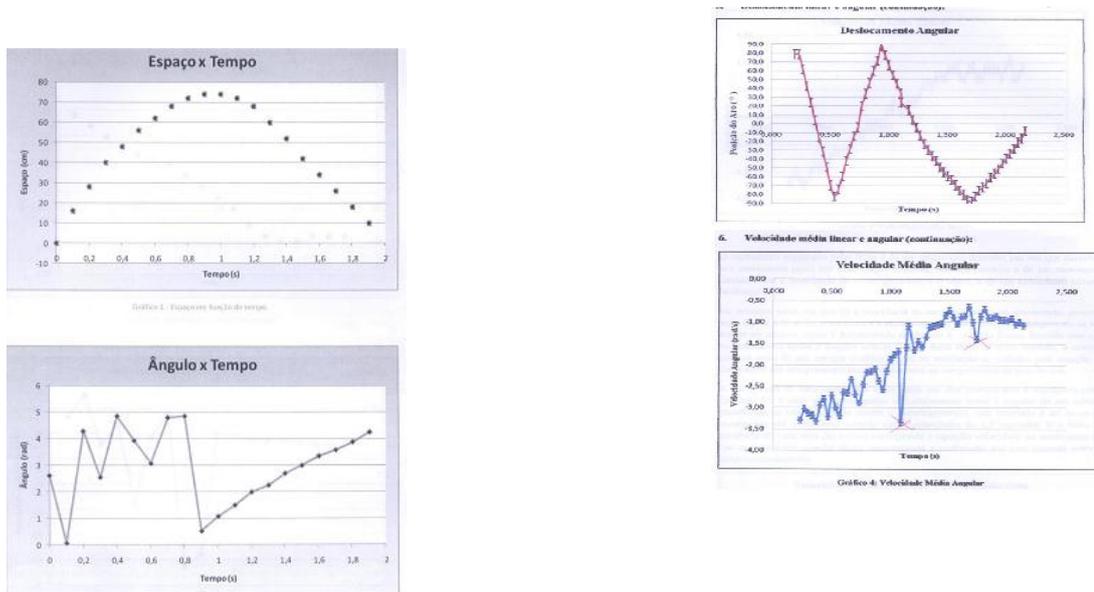


Figura 27: Gráficos apresentado por um aluno que não conseguiu fazer a tomada de dados da posição angular corretamente.

VII.1.1.1 A interpretação dos resultados

Nesta última etapa da análise, o objetivo foi estudar se o aluno conseguiu fazer uma interpretação correta do experimento realizado, articulando corretamente os resultados obtidos com a teoria estudada em sala. Uma das dificuldades enfrentadas nesta etapa de análise foi classificar quando o aluno conseguiu ou não fazer a interpretação correta do fenômeno. Isso porque, ao longo do material analisado, em muitos casos, notamos respostas bem elaboradas e não frisadas exatamente no contexto dos gráficos construídos, de modo que ficou a dúvida se tal resposta tinha

de fato sido elaborada pelo aluno, ou se seria uma copia de algum livro texto. Em todo caso, como não tínhamos como identificar, tais respostas foram classificadas como fazendo parte do grupo de alunos que conseguiu fazer corretamente a interpretação do fenômeno.

Outra dificuldade enfrentada nesta etapa diz respeito aos alunos que não apresentaram uma interpretação dos gráficos, os quais não podemos identificar se conseguiram fazer essa relação correta entre a teoria e a pratica. Entretanto, o roteiro de experimento trazia que esta interpretação deveria aparecer no corpo do relatório, de modo que podemos suspeitar que esses alunos devem ter tido algum tipo de dificuldade nesta interpretação e por isso não a apresentaram.

As tabelas 5 e trazem os dados obtidos na análise deste critério.

Conseguiu	Conseguiu de forma errada	Não conseguiu	Não apresentou
18	4	13	4
46,1%	10,3%	33,3%	10,3%

Tabela 5: Dados das respostas obtidas pelos alunos da turma de 2010 para a questão onde ele deveria fazer o gráfico dos dados tomados e notar se o comportamento está de acordo com o que ele esperava.

Conseguiu	Não conseguiu	Não apresentou
18	15	6
46,2 %	38,5%	15,4%

Tabela 6: Dados das respostas obtidas pelos alunos da turma de 2010 para a questão onde ele deveria encontrar o instante onde o aro muda e seu movimento e explicar como encontrou esse valor.

Conseguiu	Conseguiu de forma errada	Não conseguiu	Não apresentou
12	4	8	8
37,5 %	12,5%	25%	25%

Tabela 7: Dados das respostas obtidas pelos alunos da turma de 2011 para a questão onde ele deveria fazer o gráfico dos dados tomados e notar se o comportamento está de acordo com o que ele esperava.

Conseguiu	Não conseguiu	Não apresentou
12	10	9
37,5%	31,2%	28,1%

Tabela 8: Dados das respostas obtidas pelos alunos da turma de 2011 para a questão onde ele deveria encontrar o instante onde o aro muda e seu movimento e explicar como encontrou esse valor.

Entre as respostas mais freqüentes que apareceram nos relatórios para a interpretação e a apresentação do resultado do instante de mudança de movimento, para cada um desses grupos temos:

- Conseguiu

“Vemos no gráfico que acontece o esperado, pois no movimento linear o aro vai para a esquerda e depois volta para a direita, voltando para o ponto de partida, e o gráfico traduz este movimento. No gráfico 2 vemos que a posição angular só aumenta, o que deveria mesmo acontecer, pois o aro gira no sentido horário, sem mudar essa direção de rotação.

Vemos no gráfico 3 que a velocidade angular cai a uma taxa constante, o que era esperado, devido ao atrito e depois fica constante, que é o momento em que ela passa a rolar sem escorregar.”

- Conseguiu de forma errada

“O comportamento da dispersão dos pontos no gráfico 3 é o esperado pois o atrito entre o piso e o aro faz com que a velocidade linear diminua com o tempo. O comportamento do gráfico 4 possui a mesma explicação. Analisando esses dois gráficos, percebe-se que as velocidades linear e angular comportam-se da mesma maneira a partir, aproximadamente, do instante $t = 1,3s$. A partir deste instante, as duas velocidades decrescem e crescem no mesmo ritmo, ou seja, há uma relação entre v e ω .”

“Analisando as tabelas 3 e 4 podemos concluir que os resultados são compatíveis com o esperado, pois o movimento descrito pelos dados obtidos representam apenas o movimento de rolamento com escorregamento, pois ao aplicarmos a relação $v = \omega R$, em que R é o raio do aro, e notado que o módulo da velocidade linear obtida é diferente da apresentada pelos dados obtidos”.

“Esse é o comportamento esperado! Pois a velocidade angular fica constante ao longo de

todo o movimento e a velocidade linear do arco vai diminuindo (ao longo de todo o movimento) ate parar e depois começa a aumentar o modulo em sentido oposto (inverte o sinal). E assim que interpreto esses gráficos.”

- Não conseguiu

“Podemos notar pela leitura di gráfico 3 que a velocidade linear diminui ate aproximadamente o instante de tempo de 1,2s. A partir deste instante o objeto passa a se mover com velocidade negativa, ou seja, no sentido contrario ao sentido inicial. Quando ele inverte seu sentido de translação passamos a ter o rolamento sem escorregamento.”

“ Sim, o comportamento do experimento e esperado, pois conforme o filme assistido o aro vai e volta, através dos conceitos de cinemática podemos avaliar o movimento de ida como positivo e de vinda como negativo, conforme o referencial que aponta para a esquerda. Comparando-os com os dados obtidos na tabela 1, podemos afirmar que a velocidade e positiva ate dado instante, em seguida ela e nula, e no restante do percurso ela passa a ser negativa.

Entre os alunos que não apresentaram ao longo do corpo do relatório uma interpretação para o fenômeno observado, notamos um conjunto deles que se fixou em calcular dados e comparar com os valores da previstos pela teoria, como e o caso trecho abaixo, retirado de um dos relatórios.

“Então concluímos que tanto as acelerações como as velocidades, angulares e lineares, calculadas acima são compatíveis com as experimentais calculadas nos gráficos pelas linhas de tendência.”

“Os processos teóricos que demonstram os tipos de movimentos com e sem escorregamento são totalmente satisfatórios uma vez que os valores extraídos experimentalmente comprovam sua validade.”

VIII. Discussão dos resultados

O objetivo do experimento

Com base nos dados apresentados na seção anterior surgem alguns pontos que podemos destacar neste trabalho. As tabelas 1 e 2 mostram que parte dos alunos ou não apresentaram o objetivo como copia do que estava no roteiro. Conforme já foi explicitado anteriormente, este foi um dos pontos que dificultou esta analise, haja vista que não termos como saber o porquê de tais atitudes apresentadas por esses alunos. Quanto aos que não apresentaram o objetivo e nem o citaram

na conclusão do trabalho, nos fica a dúvida se ele realmente compreendeu a razão do experimento ou não, uma vez que isso não apareceu em nenhuma parte do roteiro, uma vez que o roteiro do experimento pedia de forma clara para que o objetivo da atividade experimental fosse apresentado no corpo do relatório. Como não fora pedido para que os alunos o fizessem com suas próprias palavras, pode ser que alguns deles o tenham copiado do relatório, não porque não tenham conseguido compreender o intuito do experimento, mas porque acharam que não havia problemas. Entre os alunos que fizeram essa cópia do roteiro, analisando a conclusão por eles apresentadas notamos que em alguns casos o aluno parece ter sim compreendido o intuito da atividade e o procedimento utilizado na análise, e com base nisso conseguiu fazer uma boa interpretação dos dados. Este é o caso do aluno que conseguiu identificar nos gráficos obtidos dois movimentos distintos, caracterizando cada um deles, e identificar o momento da transição de um movimento para outro. Em outros casos a conclusão do experimento apresentada pelo aluno mostra que ele não conseguiu ver no experimento o que o roteiro tinha intenção que ele visse, como é o caso dos trechos transcritos acima, onde os alunos não conseguiram, ao realizar o experimento, identificar os dois tipos de movimentos realizados pelo aro ou o instante de tempo onde ocorre essa transição.

No caso destes alunos, haja vista o que apresentamos na discussão acerca do papel de uma teoria na atividade experimental guiada por Hanson (1975), o que pode ter levado a essa não identificação dos movimentos pode ter sido uma compreensão ainda não bem consolidada sobre a teoria que busca explicar este fenômeno. Podemos interpretar que os que alunos fizeram corretamente a análise de dados e a construção dos gráficos, são aqueles que conhecem já a teoria sobre este assunto, a qual permitiu identificar de forma clara a existência de dois tipos de movimentos distintos durante o movimento do aro no intervalo analisado.

Quanto aos alunos que apresentaram o objetivo de forma confusa notamos para que para certo grupo de alunos o objetivo maior do experimento parece ter sido somente de verificar se a teoria corresponde a prática. Esses alunos, embora tenham citado que o objetivo do experimento era de analisar os movimentos de rolamento com escorregamento e de rolamento sem escorregamento, ao longo do corpo do relatório e da interpretação dos dados e gráficos, eles não se ativeram a este ponto, mas sim na comparação dos valores experimentais e teóricos apresentados pelo experimento. Como conclusão estes alunos escreveram que o experimento atingiu o seu objetivo, pois os dados experimentais se mostraram de acordo com os teóricos levando-se em conta as incertezas instrumentais. Este resultado recai sobre em um dos problemas citados por Camilo (2011), onde os alunos, por não se darem conta das intenções do professor quando ele propôs atividade, acabam concluindo que o objetivo dela é extrair dados e comparar com a teoria, deixando de lado a investigação do fenômeno e a interpretação dos dados obtidos.

Outro grupo de alunos apresentou erros conceituais quanto ao fenômeno estado, como aqueles que citaram a influência do torque da força peso na mudança de velocidade do aro, o que está errado, uma vez que em relação ao centro de massa o peso não está exercendo toques no aro. Os alunos que comentaram que o aro apresenta um movimento de rolamento com escorregamento com movimento de ida e um movimento de rolamento sem escorregamento quando volta, o que novamente está errado e a análise dos gráficos deve permitir ver isso, uma vez que o aro tem uma variação de velocidade ainda quando esta passa a ser negativa e somente instantes depois é que ele passa a ser mover com velocidade constante.

Outro grupo de alunos relacionou ao experimento fenômenos físicos que não têm relação com ele e atribuiu ao mesmo o objetivo de analisar grandezas que na verdade não foram analisadas no corpo do relatório, como é o caso dos alunos que comentaram que o movimento do aro era semelhante ao do bumerangue, já que o movimento do bumerangue está relacionado a dinâmica dos fluidos, em particular ao movimento turbulento, enquanto que no caso do aro, temos somente a força de atrito de contato exercendo influências sobre o movimento do aro, ou dos alunos que apresentaram que objetivo do experimento era analisar o comportamento do momento angular e do momento linear do aro em movimento, que em nenhum instante foi usado na análise.

Para um grupo de alunos parece, como ocorreu para uma parte daqueles que apresentaram como objetivo uma cópia do roteiro, que a teoria sobre o assunto ainda não estava clara, de modo que seu olhar para o experimento, por não estar guiado por uma compreensão melhor do fenômeno, acabou prejudicando a compreensão do que fora feito.

Por fim, para aqueles que tiveram seu objetivo classificado como de forma clara, o que notamos é que para esses foi citado o intuito de analisar o movimento de rolamento com e sem escorregamento, bem como as causas desses e como o procedimento indicado no roteiro seria útil para tal objetivo.

Uma observação que cabe na análise destes resultados obtidos diz respeito a uma comparação entre as tabelas 1 e 2, que nos mostram que no ano de 2011 uma quantidade maior de alunos conseguiu apresentar o objetivo do experimento de forma clara, o que nos remete a mudança introduzida neste ano, conforme já citado, de dividir o experimento em duas etapas, sendo a primeira delas mais qualitativa. Este procedimento parece ter ajudado, pelo menos em parte, para que os alunos compreendessem um pouco do experimento, de forma a conseguir elaborar de forma mais clara o intuito do experimento, relacionado com o procedimento a ser tomado na investigação e com as grandezas a serem analisadas para que fosse possível atingir o objetivo elucidado.

A tomada de dados

Quanto aos dados extraídos da leitura das fotos, conforme os dados apresentados na tabela 3, podemos concluir que grande parte dos alunos conseguiram obter os dados corretamente, principalmente quanto a posição linear do aro em movimento. Mesmo no caso da posição angular, foram poucos os alunos que apresentaram problemas.

As figuras 26 e 27 trazem alguns dos gráficos encontrados nos relatórios entregues pelos alunos. Nos casos de problemas com a tomada de dados da posição angular, parece pelos resultados obtidos pelos alunos, que eles não fizeram a compensação do ângulo toda vez que se mudava de quadrante, de modo que os gráficos por eles obtidos ficaram com uma aparência de uma função periódica.

Em suma, pode-se notar que os alunos conseguiram fazer a tomada de dados sem grandes problemas, de modo que os resultados por eles obtidos permitem uma análise de forma clara, para quem tem um olhar já guiado pela teoria desenvolvida sobre os assuntos.

Um ponto comum que apareceu em alguns relatórios, que embora não comprometa a análise pode dificultá-la diz respeito a forma da curva escolhida pelos alunos para traçar o gráfico. No caso do trabalho aqui realizado a forma mais adequada é o de dispersão, mas muitos alunos usaram linha, o que pode ter dificultado a interpretação dos dados, embora isso não comprometa completamente a análise.

A interpretação do fenômeno por meio das curvas obtidas na tomada de dados

Analisando as respostas obtidas pelos alunos quanto a interpretação do fenômeno observado identificamos uma série de pontos que merecem atenção. Entre os alunos que não conseguiram fazer a interpretação correta do fenômeno, temos um grupo apreciável que parecem ter fixado o olhar para outro fenômeno, no movimento de rolamento do aro e não para a questão da existência dos movimentos de rolamento com e sem escorregamento. Tais alunos atentaram para o movimento de ida e volta do aro, o que é muito mais fácil de notar, pela simples observação do filme disponível aos alunos, ao contrário dos movimentos de rolamento com e sem escorregamento, que exigem uma análise mais cautelosa das curvas de posição e velocidade versus tempo, para que seja possível identificar o rolamento. Isso retoma a discussão feita nas seções anteriores sobre o papel do professor na realização do experimento, especificando qual o seu objetivo com aquela atividade experimental e dado este objetivo, para que ponto ele irá querer que os alunos fixem sua atenção.

Sem esse cuidado corremos o risco, como parece ter acontecido aqui para alguns alunos, que eles se fixem em outro ponto do fenômeno, não olhando para o ponto que o professor quer que ele olhe naquele momento, como discute Gaspar (1997). Embora ao longo do corpo do roteiro do experimento, tenha aparecido em diversos momentos, o ponto de ele estar explorando o rolamento com e sem escorregamento. Isso parece não ter sido suficiente para que tais alunos notassem essa questão, assim, poderia ser interessante uma participação maior do professor, no momento de propor este experimento, de deixar claro ao grupo de alunos o que ele quer que seja observado e analisado naquela atividade experimental. Essa participação do professor é importante também para que, conforme coloca Camilo (2011) o aluno não se limite a pensar que o objetivo da atividade é somente verificar a compatibilidade da teoria com a prática, como apareceram em alguns dos relatórios analisados e se volte para o caráter investigativo do problema analisado e não para o mecanicismo de cálculos e manipulação de planilhas.

Outro grande grupo entre os alunos que não conseguiram fazer a interpretação do fenômeno de forma correta estão aqueles que identificaram como ponto de mudança do movimento como o ponto onde o aro inverte o sentido de sua velocidade linear e não o ponto onde passamos a ter velocidade linear e angular constantes. Esse resultado parece ser consequência do fato dos alunos não terem ainda essa teoria sobre movimento de rolamentos com e sem escorregamentos bem articulada, de modo que ele ainda não consegue identificá-la no movimento analisado, comprometendo assim a interpretação do mesmo. Conforme coloca Hanson (1975), esse grupo de alunos parece não ter ainda o olhar que se esperava que ele tivesse ao se propor essa atividade. Isso também aparece no grupo de alunos que consegui identificar apenas um tipo de movimento ao longo do percurso descrito pelo aro. Para estes alunos falta ainda uma teoria sobre o fenômeno estudado que lhes permite ver aquilo que se quer que eles vejam.

Cabe destacar aqui que certamente os alunos que não conseguiram fazer corretamente a tomada de dados também não conseguiram fazer a interpretação correta do movimento, tais alunos, apesar de terem sido classificados como aqueles que não conseguiram fazer a interpretação correta, não estão entre os citados acima, que se fixaram para outro ponto e não para o rolamento com e sem escorregamento, nem entre aqueles que identificaram apenas um movimento ou apresentaram uma justificativa errada para a ocorrência dos dois movimentos.

IX. Conclusão do trabalho

Este trabalho teve como foco analisar algumas das dificuldades enfrentadas pelos alunos

diante de uma proposta de atividade de laboratório virtual, na área de Mecânica, sendo esse material desenvolvido no âmbito do projeto Ensinar com pesquisa. Buscou, em particular, se fixar no experimento “Rolamento”, nas dificuldades que poderiam estar relacionadas ao roteiro disponibilizado para a realização do experimento ou para a forma com que ele é abordado em sala de aula.

Esse material consiste na filmagem de objetos em movimento real e sua disponibilidade no sítio <http://www.fisfoto.if.usp.br/>, por meio de filmes e quadros extraídos dessas filmagens, possibilitando a utilização do aluno, que com esse material, consegue visualizar no computador o instante de tempo e a posição do corpo durante seu movimento. Para o caso do experimento de “Rolamento”, as montagens filmadas foram semelhantes àquelas que se usa em laboratórios convencionais, envolvendo um aro e um papel quadriculado para servir como referência da posição do aro ao longo do seu movimento.

Os recursos computacionais permitiram aos alunos fazer a tomada de dados e a análise do experimento, envolvendo cálculos de velocidade e aceleração, feitos com os dados de posição obtidos por meio da leitura dos quadros disponibilizados.

Na condição que foi produzida, esse material se constitui como uma ferramenta extra que o professor conta para usar em sala de aula, permitindo ao aluno uma visualização do fenômeno em estudo, o que ajuda a diminuir o grau de abstração que é muitas vezes exigido dos alunos nas aulas de física, além do mais, esse material conta com a possibilidade de poder ser usado pelos alunos em outros momentos, fora da sala de aula, quando está, exemplo, estudando o conteúdo trabalhando, o que não é possível no caso de um experimento presencial, uma vez que este envolve um aparato experimental, muitas vezes sofisticado e que o aluno não encontra fora da escola. Cabe destacar, que essa ferramenta não tem o intuito de substituir o laboratório presencial, mas sim de ser usado como um complemento a este, servindo como uma ponte entre as aulas teóricas e as aulas de laboratórios presenciais.

Dentre as possibilidades de laboratórios virtuais encontradas na literatura, as mais comuns são as simulações, assumindo os *applets* um papel de destaque dentro desse grupo, haja vista as possibilidades de interação que ele possibilita.

Essas simulações foram discutidas nos trabalhos de Lapa et al. (2002), Coelho (2002), Lopes e Feitosa (2009) entre outros. Sendo que o que foi possível notar nessa revisão bibliográfica foi que as simulações parecem se configurar como uma ferramenta já bem consolidada, a qual se costuma chamar de laboratório virtual. Entre vantagens que essa ferramenta apresenta, os autores questões como o fato das simulações poderem ser usadas na tentativa de diminuir o grande grau de abstração que muitas vezes se exige que os alunos tenham nas aulas de física, no caso dos *applets*, permitem a participação dos alunos no processo de ensino aprendizagem e o acesso a esse material é simples e

muitos vezes é encontrado gratuitamente na internet.

O segundo de material que se encontrou com a classificação de laboratório virtual foram os experimentos que são filmados e disponibilizados aos alunos para análise, sendo este segundo grupo mais semelhante ao laboratório virtual ao qual se refere essa monografia. Encontrou-se essa proposta de laboratório virtual nos trabalhos de Barbeta et al. (2002) e Magalhães et al. (2002). Os autores defendem que este recurso pode permitir uma grande interatividade do aluno com o conhecimento a ser construído, uma vez que os vídeos podem ser construídos pelos próprios alunos, em cima de assuntos que são do seu próprio interesse.

Para guiar a análise a ser feita, foram usados como eixos norteadores, alguns pontos da teoria de Vigotski sobre as teorias de aprendizagem, que foram obtidas por meio do trabalho de Gaspar (1997), em particular a necessidade de um parceiro mais capaz durante o momento de ensino-aprendizagem, cuja função é de guiar o olhar do aluno para o ponto em estudo, além de fornecer a ele esse contato com a linguagem nova e que ele visa aprender naquele momento. Segundo Vigotski o aprendizado de algo novo ocorre por meio da interação entre o indivíduo que quer aprender esse algo novo e o objeto de estudo, sendo que o parceiro mais capaz assume um papel importante neste contexto, como mediador entre esses dois mundos.

Também foi usado neste trabalho as idéias de Hanson acerca do papel da teoria durante a realização de uma atividade experimental, em particular a idéia de que, se não se tem a teoria necessária para olhar para um dado fenômeno a interpretação deste pode ficar comprometida, uma vez que não se dispõe do olhar necessário para fazer a análise.

Foram analisados neste trabalho os relatórios entregues pelos alunos do experimento de “Rolamento” nos anos de 2010 e 2011 que correspondem aos dois primeiros anos em que o experimento foi proposto aos alunos nas disciplinas de mecânica dos corpos rígidos e dos fluidos. Nestes relatórios olhou para três pontos em particular.

O primeiro deles consiste em notar se o aluno conseguir compreender qual o objetivo da proposta do experimento que ele vai realizar, para que fenômeno ele vai olhar e com que finalidade vai fazer isso. Esse critério foi colocado aqui, porque, com base na leitura de Camilo (2011) parece ser essencial que o aluno tenha em mente qual o objetivo do experimento, já que isso vai lhe permitir compreender todo o processo de tomada de dados e lhe deixar claro quais grandezas devem ser analisadas para a interpretação do fenômeno.

O segundo critério diz respeito a tomada de dados. Buscou-se notar, por meio das tabelas de dos gráficos apresentados no roteiro se os alunos conseguiram compreender o processo de tomada de dados do experimento, já que sem um conjunto de dados obtidos de forma correta, a interpretação do fenômeno fica comprometida.

Por fim, o terceiro critério foi criado com base em duas questões presentes no roteiro do experimento que pediam aos alunos que discutissem se os gráficos de posição e velocidade linear e angular em função do tempo estavam de acordo com o que era esperado por eles e que encontrassem ao longo o instante de tempo onde se tem uma mudança de movimento do aro, explicando qual foi o processo que ele usou para chegar em tal resultado. Esse item buscou investigar se os alunos fizeram uso da teoria desenvolvida até o momento durante a análise dos gráficos.

Os resultados obtidos permitiram notar que quanto ao objetivo do experimento, em 2010 cerca de 70% dos alunos não conseguiram compreendê-lo a ponto de enunciá-lo de forma clara no relatório entregue, em 2010 esse número de reduz a cerca de 50% dos alunos, mas que não deixa de ser um número grande e que pode estar trazendo informações relevantes. Quando se olha para os textos trazidos pelos alunos, de fato é possível notar que há bastante confusões apresentadas, sendo que alguns deles não conseguiram se quer notar que o experimento iria tratar da existência de dois movimentos distintos durante o rolamento de um aro, o que é o ponto principal do experimento. Cabe destacar que este ponto, estava inclusive destacado no roteiro do experimento (Anexo 2). Como coloca Camilo (2011) em seu trabalho, sem compreender o objetivo do experimento, toda a sua análise seguinte fica comprometida, uma vez que o aluno não compreenderá todo o processo envolvido na tomada de dados, além de ter a problemas com a interpretação dos resultados, uma vez que ele não sabe basicamente, para que ponto concentrar o olhar. Até pode acontecer, como de fato, foi notado em alguns relatórios analisados, do aluno fazer corretamente a tomada de dados, até porque há um roteiro explicando esse processo, mas ela se torna uma tarefa mecânica e sem sentido, se reduzindo a mera manipulação de dados, uma vez que o aluno, não compreendendo o objetivo do experimento, terá dificuldades em relacionar quais as grandezas que são relevantes na análise.

Olhando para o que traz Vigotski sobre as teorias de aprendizagem, talvez a presença de um parceiro mais capaz, seja um professor ou um monitor, explicitando claramente o objetivo do experimento, destacando o que vai ser feito, para que ponto vai ser olhado e dado isto, quais grandezas serão relevantes na análise, poderia ajudar os alunos a compreender um pouco mais a fundo este ponto. É discutível aqui o fato de que já se trata de uma turma de ensino superior, onde se espera uma independência maior dos alunos para irem buscar informações em outras fontes, além da sala de aula, mas talvez muitos alunos ainda não acostumados com essa situação, ainda tenham a necessidade de uma presença maior da figura do professor, de modo que seria interessante essa tentativa de um espaço, seja na aula ou nos horários de monitoria, para discutir somente este experimento, sem, é claro, deixar de incentivar os alunos a procurarem outros meios e caminhos, até mesmo porque este é um aprendizado que também se constrói com o tempo e com a experiência.

Quanto ao segundo critério de análise, que diz respeito a tomada de dados, é possível notar que a grande maioria dos alunos conseguiu fazer de maneira correta a tomada de dados, principalmente no que se refere a tomada de dados da posição linear. ‘

Olhando para os relatórios entregues pelos alunos, nota-se que entre aqueles que não fizeram corretamente a tomada de dados da posição angular, o maior problema foi o fato dos alunos não fazerem a compensação do ângulo, sempre que o raio vetor tomado como referencia mudasse de quadrante, o que levou os alunos a encontrarem uma curva com aparência de um movimento periódico, embora o roteiro de tomadas de dados da posição angular (Anexo 3) explicasse que essa compensação fosse necessária, de modo que talvez uma leitura não atenta do roteiro o levasse a ter esquecido de fazer essa correção com a mudança de quadrante do aro.

Cabe aqui compararmos esse resultado com o obtido para o critério anterior, quando a apresentação de um objetivo para o experimento. É possível notar que, embora a grande maioria dos alunos não tenha compreendido o objetivo do experimento, grande parte deles conseguiu fazer a tomada de dados. Isso retoma ao que Camilo (2011) discute, parece que a tomada de dados foi feita aqui, de forma bastante mecânica, sem uma compreensão das etapas que estavam sendo feitas de porque se estavam tomando dados de posição e não de outra grandeza.

Para o último critério usado na análise, o que é possível notar é que um pouco menos da metade dos alunos cujos relatórios foram entregues conseguiram interpretar corretamente os dados e responder as questões propostas no roteiro.

Aqui, podemos já de antemão, comparar esses resultados com o do primeiro critério em análise, lá se tinha mais da metade de alunos que não haviam compreendido o objetivo do experimento e aqui se encontra um pouco mais da metade dos alunos no grupo que conseguiu fazer a interpretação do experimento de forma correta. Para esse resultado, podemos levar algumas hipóteses. A primeira deles seria que esses alunos na verdade, conseguiram entender a idéia do experimento, mas não conseguiram expressar isso de forma clara no relatório, o que acabou levando a classificá-los entre os alunos que não compreenderam o objetivo do experimento. A segunda delas é que esses alunos, já sabendo em que resultado deveria chegar, buscaram na literatura referências sobre o experimento, uma vez que o tema é clássico na literatura, e simplesmente copiaram os termos comuns ao tema. Essa última hipótese, embora tenha sido verificada em alguns relatórios, onde foi encontrado cópia de trechos de livros clássicos de mecânica, pode ainda ser colocada em dúvida, uma vez que as questões analisadas se referiam a um contexto particular do rolamento sem escorregamento, mesmo assim ela não pode deixar de ser considerada.

Quanto aos alunos que não conseguiram fazer a interpretação correta dos gráficos, o que foi possível notar foram dois pontos particulares, um deles se refere a questão que Vigotski discute,

acerca da importância da presença de um parceiro mais capaz que guie o olhar do aluno para o fenômeno que o professor quer que ele observe. Olhando para os relatórios entregues pelos alunos, muitos deles se fixaram em outros pontos do fenômeno observado, que não a questão do rolamento com e sem escorregamento, como é o caso do grupo de alunos que se fixou no movimento de ida e volta do aro. Talvez aqui, também como foi colocada quanto a questão do objetivo atividade, uma atuação maior do professor ou do monitor colocando diretamente o ponto que se quer que o aluno atente da hora da análise possa ajudar. Inclusive, a questão da compreensão do objetivo do experimento esta diretamente relacionada com esse tema, uma vez que se o aluno não compreende o objetivo, ele terá dificuldades de que ponto deve olhar durante sua análise de dados.

O outro ponto identificado entre os alunos que não conseguiram fazer essa tomada de dados de forma correta, diz respeito a questão do papel da teoria durante a realização do experimento. Alguns alunos parecerem ainda estarem bastante imaturos com relação ao tema, de modo que isso parece ter dificultado análise. Pode-se pensar dar um tempo maior para que os alunos realizem o experimento, enquanto eles estão desenvolvendo a teoria sobre o tema na sala de aula, poderia ajudá-los a ter essa teoria amadurecida o bastante para que eles possam fazer o experimento.

Com a realização deste trabalho foi possível identificar a natureza de algumas das dificuldades apresentadas pelos alunos na proposta de atividade do experimento virtual “Rolamento”, sendo possível, em alguns casos, traçar alguns caminhos na tentativa de que esse material contribua cada vez mais e melhor no processo de construção do conhecimento dos alunos.

X. Bibliografia

FONSECA, MONALIZA. Experimentos Virtuais de Mecânica. III Seminário Ensinar com pesquisa da licenciatura. (2010) São Paulo, SP.

LAPA, JANCARLOS MENEZES; HOHENFEL, DIELOSON; MARTINS, MARIA CRISTINA MESQUITA. Laboratórios Virtuais no ensino de física: uma possibilidade de aprendizagem significativa. VI Encontro Nacional de. Pesquisa em Educação em Ciências _ EMPEC 2007. Florianópolis, SC.

COELHO, RAFAEL OTTO. O uso da informática no ensino de física de nível médio. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2002.

FIOLHAIS, CARLOS; TRINDADE, JORGE. Física no Computador: O computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 3, p 259-272, 2003.

LOPES, ROSEMARA; FEITOSA ELOI. Applets como recurso pedagógico no ensino de física. Aplicação em cinemática. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física _ SNEF 2009_ Vitória, ES.

VALENTE, J. A. Por que o computador na educação? In: VALENTE, J. A. (Org.). Computadores e conhecimento: Repensando a educação. Campinas: NIED: Unicamp, 1993. p 24-44.

ALMEIDA, F. J. 500 anos de buscas sobre educação: de Anchieta até nós. In. FAZENDA, I. C. A. et. al. Intedisiplinaridade e novas tecnologias: formando professores. Campo Grande, MS. Ed UFMS. 1999. pg.: 47-73.

LOPES, R. P. et. al. Tecnologias na escola: uma proposta de inclusão e uso de softwares educativos no ensino de Matemática e de Física. Encontro Nacional de didática e prática de ensino, 14, 2008, Porto Alegre. Anais do XIV ENDIPE. Portp Alegre: PUC, 2008. (CD-ROM).

AGUIAR, MARISTELA SANTOS; CASTRO, RUY MORGADO. Atividades

experimentais e novas tecnologias nas disciplinas de física no ensino médio. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física _ SNEF 2007. São Luis, MA.

ANJOS, ANTÔNIO JORGE SENA. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: A simulação computacional na educação em física. Caderno Brasileiro de ensino de física. v. 25, n. 3, p 569-600. 2008.

DIAS, N. L.; PINHEIRO, G. e BARROSO, C. G. Laboratório Virtual de física nuclear. Revista Brasileira de ensino de física. Vol. 24, nº 2002.

BARBETA, VAGNER B; YASSAMOTO, ISSAO. Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de mecânica clássica. Revista Brasileira de Ensino de física, vol 24, nº 2, 2002.

MAGALHÃES, M. G. M.; SCHIEL, D.; GUERRINI, I. M.; MAREGA, E. JR.; Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma atividade para alunos do ensino médio. Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24. n.2, pág 97 a 102, junho 2002.

SEVERINO, ELIZABETH ZAKI GONÇALVES. Recursos visuais em aulas de laboratório de física. 2006. 155f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

MARINELI, FÁBIO; PACCA, JESUPINA LOPES DE ALMEIDA. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 28, nº 4 p. 497-505. (2006)

ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira do ensino de física. São Paulo. v. 25., n 2, 2003.

RUSSELL HANSON, N. Observação e interpretação. In: MORGENBESSER, S. (Org.).Filosofia da ciência. São Paulo: Cultrix, 1975

CAMILLO, JULIANO. Experiências em contexto: A experimentação numa perspectiva

sócio-cultural-histórica. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Instituto de Física. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

DAVIS, CLÁUDIA; OLIVEIRA, ZILMA. Psicologia na Educação. Coleção magistério 2º grau. Série formação do professor. Cortez Editora. 2ª edição (2002).

GASPAR, ALBERTO. Cinquenta anos de ensino de física: Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. XV Encontro de físicos do norte e nordeste. 1997.