

# EXPERIÊNCIA SOBRE FENÔMENOS RELATIVOS AO MOVIMENTO CIRCULAR E EQUILÍBRIO DE UM CORPO EXTENSO

José Carlos Xavier da Silva<sup>1,4</sup> [xavier@uerj.br]  
Carlos Eduardo Leal<sup>2</sup> [ceduardo\_leal@yahoo.com.br]  
Luiz Pugginelli Brandão<sup>3</sup> [luizbrand@gmail.com]  
Sandra Mara Lanes<sup>3</sup> [sandramara.lanes@gmail.com]  
Luiz Felipe Barbosa<sup>1</sup> [soyohko@gmail.com]  
Luiz Fernando dos Santos<sup>1</sup> [lf\_santos001@yahoo.com.br]  
Marcelo Bomfim Corrêa<sup>1</sup> [mbcfisica@hotmail.com]  
Paula Rocha Pessanha<sup>1</sup> [paularodrigues@ibest.com.br]  
Soraia Rodrigues de Azeredo<sup>1</sup> [azeredosoraia@ig.com.br]  
Thomas Fejolo<sup>1</sup> [fejolo18@hotmail.com]  
Welleson Jackson Silva<sup>1</sup> [taquitouerj@yahoo.com.br]

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Instituto de Física

<sup>2</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Faculdade de Engenharia

<sup>3</sup>Colégio Estadual João Alfredo – Rio de Janeiro

<sup>4</sup>Colégio Andrews

## RESUMO

*Neste trabalho desenvolvemos um equipamento para a elaboração de aulas experimentais de Física em escolas públicas e privadas do Ensino Médio. O equipamento proposto é construído a partir de materiais simples, de baixo custo e de fácil aquisição por parte dos professores e alunos, tais como: bolas de gude, linha, régua de madeira e transferidores. Visa-se promover a compreensão, por parte do estudante, da teoria envolvida em cada parte do procedimento experimental, ou seja, fenômenos que envolvem força centrípeta, equilíbrio e movimento circular. Verifica-se a força centrípeta pelas bolas que giram em torno de um eixo, o equilíbrio através da distribuição simétrica das massas em relação ao centro da régua e o movimento circular. Desta forma, permite-se a utilização do mesmo equipamento em várias aulas práticas, abrangendo assim vários conteúdos da Física. Discutimos o conceito de unidade de massa como um padrão, já que trabalhamos com unidades de massas arbitrárias, que são bolas de gude grandes e bolas de gude pequenas. A experiência elaborada permitiu a demonstração simultânea de aplicações de equilíbrio de forças, movimento circular e resultante centrípeta, facilitando a compreensão dos fenômenos envolvidos no experimento. Finalmente, pretendemos mostrar que a partir de materiais simples podem ser montadas inúmeras atividades experimentais de Física para verificação de conceitos fundamentais, e desta forma, motivar o aluno para o estudo desta ciência. Acreditamos que os estudantes obterão a noção de que a Física, por ser uma disciplina extremamente experimental, se faz presente em inúmeras atividades de nosso dia-a-dia, auxiliando a relação ensino-aprendizagem, melhorando o desempenho do professor em suas aulas teóricas.*

## **INTRODUÇÃO**

De acordo com Comenius século XVI:

"Os objetos que se quer fazer conhecer à juventude devem ser coisas, não sombra de coisas; e coisas sólidas, verdadeiras e úteis, que produzam boa impressão nos sentidos e na imaginação"

significando que desde então, já havia o entendimento por parte dos pensadores quanto a preocupação com o ensino experimental.

Desde o século passado, vários pesquisadores em ensino de Física têm realizado trabalhos ressaltando o papel fundamental da experimentação na formação dos estudantes em Física, (SÉRÉ 2003, SILVA 2007). Poucas escolas de nível médio possuem laboratórios didáticos, o que limita, sensivelmente, a capacidade de realização de experimentos durante as aulas de Física, por parte dos estudantes. Essas considerações podem ser facilmente observadas nos baixos índices de aprovação nas disciplinas de Física, nas escolas de Ensino Médio e o grande número de graus zeros nos exames de vestibulares das universidades públicas nas provas de Física, tanto específicas quanto não específicas ([www.ufrj.br/vestibular](http://www.ufrj.br/vestibular)).

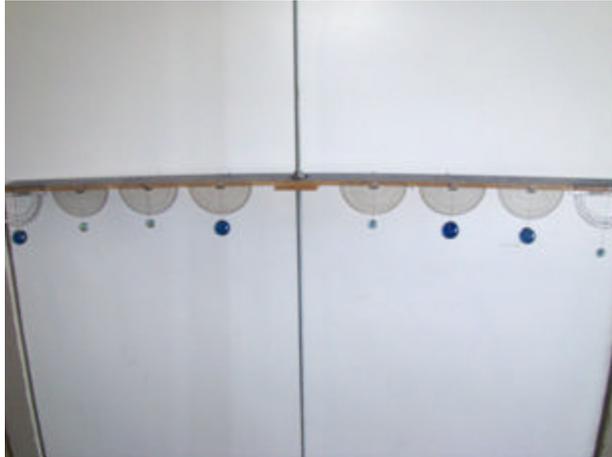
Partindo de uma reflexão sobre esse fato, percebemos ainda, que as crianças e jovens brincam com objetos e brinquedos industrializados, diferentemente do que ocorria com as gerações anteriores em que o jovem construía seus próprios brinquedos e divertimentos, tais como: pião, pipa, bolinha de gude etc. Dessa forma, a redução de tarefas que desenvolvem suas habilidades manuais durante a infância dificulta ainda mais o desenvolvimento intuitivo de conceitos físicos básicos sempre presentes nessas atividades.

Em função do exposto, temos proposto uma série de práticas de laboratório em Física a partir do uso de materiais de baixo custo, de modo a tornar viável a sua aplicabilidade, reprodução e implementação na grande maioria de escolas brasileiras. Nossa proposta envolve a elaboração e a construção de experimentos simples para uso em laboratórios, mesmo aqueles com pouca ou quase nenhuma estrutura. Estes experimentos garantem o mínimo necessário ao atendimento dos conteúdos programáticos das disciplinas de Física do Ensino Médio (XAVIER, 2003). Neste artigo, elegemos um experimento novo que pode ser usado para exemplificar os conceitos estudados nas aulas teóricas de Física, e que podem ser encontrados no dia-a-dia, tais como: pêndulos simples e físico, torque e momento angular, sistema de forças, entre outros.

## **O PROBLEMA FÍSICO**

Montamos um experimento que permite a verificação do comportamento de corpos, de massas diferentes, quando colocados para girar em movimento circular, em torno de um eixo, variando as distâncias de suas massas penduradas numa régua perpendicular ao eixo. A Figura 1 mostra o sistema físico inicialmente em repouso, no qual se observa que as linhas que prendem as massas à régua estão dispostas perpendicularmente à régua. Com o sistema girando, em movimento circular, em torno de um

eixo, verifica-se que as linhas que prendem as bolas de gude à régua formam ângulos diferentes, em relação à vertical e são iguais para as bolas que estão a mesmas distâncias do ponto central do sistema de rotação.

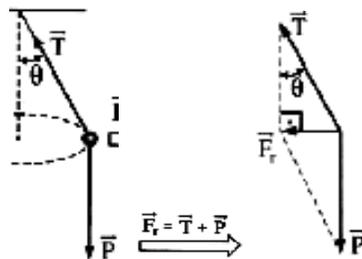


**Figura 1: Montagem do sistema físico em repouso**

O experimento é adequado para acompanhar aulas sobre os conceitos de leis de Newton e movimento circular, pois tem o objetivo de fazer com que o aluno compreenda melhor o conceito da força resultante centrípeta,  $F_r$ , conforme descrito na equação 1. A atividade prática auxilia a visualização desses conceitos em sala de aula, verificando que o resultado da solução do problema teórico está em concordância com os resultados verificados no experimento, onde denotamos  $P=mg$ , como sendo a força peso e  $\theta$ , o ângulo que o corpo em movimento faz com a vertical, vide Figura 2.

$$tg \theta = \frac{F_r}{P} = \frac{m \cdot \frac{v^2}{R}}{m \cdot g} \Rightarrow tg \theta = \frac{v^2}{R \cdot g}$$

Equação 1



**Figura 2: Pêndulo Físico**

O aluno pode ainda, entender a importância do uso de um padrão de massa, visto que neste experimento adotamos o termo massa pequena para os corpos representados por bolas de gude pequenas, e massa grande para

as bolas de gude grandes, conforme Figura 1. Pode ser verificado, também, que o somatório dos produtos de unidades de massa (pequenas) por suas respectivas distâncias em relação ao eixo seja igual aos produtos das unidades de massa (grandes) pelas distâncias dos seus pontos de fixação até o eixo do sistema, constatando uma das condições de equilíbrio do corpo extenso, isto é, soma dos momentos das forças igual a zero.

### **MATERIAL UTILIZADO**

Seguindo a proposta de elaboração de equipamentos e montagem de um laboratório para a realização de práticas de Física, utilizando materiais de baixo custo, desenvolvemos o equipamento descrito neste artigo utilizando os seguintes materiais:

- A- 1 (um) rolimã;
- B- 1 (uma) régua de madeira de 1,5 m de comprimento;
- C- 8 (oito) transferidores;
- D- 4 (quatro) bolas de gude pequenas e 4(quatro) grandes;
- E- 1 (um) parafuso de 3/8" de 1,0 m de comprimento;
- F- 4 (quatro) porcas e 4(quatro) arruelas de 3/8";
- G- 8 (oito) parafusos pequenos para a fixação dos esquadros ;
- H- 1 (uma) base de madeira de 20 cm x 20 cm;
- I- 1(um) carretel de linha.

### **MONTAGEM DO EXPERIMENTO**

O experimento foi montado numa base de madeira com um orifício no centro onde foi colocado o parafuso de um metro, preso à base por duas porcas e duas arruelas, vide Figura 1. A parte girante é composta de uma régua de madeira onde no seu centro foi feito um orifício no qual foi incrustado um rolamento (por exemplo: rolimãs usados em alternadores de automóvel). Esse rolamento é colocado no centro da régua de modo a permitir o movimento da régua em torno do seu eixo. Na régua colocamos oito transferidores, quatro de cada lado simétricos um em relação ao outro, com os seus centros distanciados de 15 cm. No centro do transferidor, onde é colocado o parafuso para fixá-lo, colocamos um fio de linha de cerca de 10 cm, onde penduramos as bolas de gude, (massas pequenas e grandes). Equilibramos o sistema colocando uma seqüência de bolas: pequena, grande, grande e pequena por um lado e outra seqüência de bolas: grande, pequena, pequena e grande no outro lado, todas localizadas do centro da régua para a extremidade, mantendo o equilíbrio do sistema na horizontal, i.e., somatório dos momentos angulares igual a zero.

Para a ação de aula o experimento é apresentado primeiramente com o Sistema em Repouso. Mostramos que as linhas que seguram as bolas de gude ficam perpendiculares ao solo, ou seja, noventa graus no transferidor, vide Figura 3. Em seguida, o professor coloca o sistema para

girar em movimento circular, cabendo ao aluno observar os ângulos que as linhas que suportam as massas fazem no transferidor, em relação à vertical, ver Figura 4.



**Figura 3: Sistema em repouso**



**Figura 4: Sistema em movimento**

Outro aspecto interessante que o aluno deve perceber é que o ângulo  $\theta$  formado entre a linha e a vertical, não depende da massa e sim da distância entre o eixo e o ponto de rotação, pois todos os pontos possuem a mesma velocidade angular, variando apenas a velocidade escalar.

### **METODOLOGIA DA AULA COM O EXPERIMENTO**

Este tipo de aula deve ser ministrado como um laboratório do tipo demonstrativo, onde

"as atividades experimentais têm por objetivo apresentar e explicar, para e/ou pelo aluno, fenômenos físicos de modo a priorizar a análise qualitativa dos fenômenos observados" (MONTEIRO, 2002).

Primeiramente, deve-se apresentar o material utilizado e provocar na turma a curiosidade científica, evocando a sua atenção e perguntando sobre suas percepções. Toda sugestão deve ser pensada pelo grupo e o professor não deve desprezar nenhuma sugestão, teoria ou explicações, retornando os questionamentos para a própria classe de estudantes. Só após uma discussão ampla sobre o assunto, é que o professor poderá apontar os

acertos e os erros conceituais cometidos pela turma, e finalmente começar a explicar a teoria.

O primeiro contato do aluno com o experimento deve ser no momento da apresentação das leis de Newton, e neste conteúdo o professor deve fazer algumas medidas de ângulos, mesmo que com valores aproximados, de modo a verificar que os ângulos não dependem das unidades de massa, pois massas diferentes colocadas à mesma distância em relação ao centro possuem os mesmos ângulos.

Após esta verificação o professor poderá apresentar o problema do pêndulo cônico, como mostrado na Figura 2. A partir disso, deve-se aplicar os conceitos estudados para obter as relações matemáticas obtidas na equação 1. Mais tarde, retoma-se ao experimento e verifica-se a relação existente entre o fato de que quanto mais perto do centro de rotação menor deve ser a velocidade escalar, pois a velocidade escalar depende do raio. Quando o conteúdo for o de momento de força (torque), o professor pode fazer uso do experimento para mostrar uma "nova unidade de massa: bolas grandes e bolas pequenas", e assim, mostrar que o equilíbrio acontece quando o produto das unidades de bolas pela distância de um lado é igual ao do outro lado e assim o sistema não cai nem para um lado nem para o outro. Em resumo, um experimento simples como esse, pode ser enriquecido ao sabor da criatividade do professor e sua turma proporcionando uma aula motivadora e elucidativa dos fenômenos físicos referentes aos conceitos expostos.

## **RESULTADOS**

O experimento foi apresentado para cinco turmas de dois Colégios diferentes, duas de terceiro ano e três de segundo ano, durante a apresentação os alunos se distribuíram em torno do equipamento, concluindo todos os conceitos que eram objetivos da aula. Verificaram que a resultante centrípeta dependia do raio da trajetória, pois os ângulos eram iguais para o mesmo raio, que o sistema estava em equilíbrio na horizontal porque o somatório dos momentos de força se anulava e que a teoria proposta na equação 1 era verdadeira. A importância deste procedimento está na conduta dos alunos, que durante a aula debatem sobre o assunto até esgotá-lo totalmente, proporcionando um aprendizado significativo para todos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Consideramos a experimentação como parte integrante de um bom aprendizado em Física. Não há grau de comparação entre a experiência e a teoria, pois acreditamos que a experimentação sem a teoria e vice-versa, não produz o efeito pedagógico pretendido, que o estudante ao terminar o Ensino Médio seja capaz de atingir as metas dos planos curriculares nacionais (PCNs) e o conhecimento mais aprofundado de Física lhe proporcionará uma maior capacidade de interagir com o meio em que vive, exercendo sua cidadania e/ou se inserindo melhor no mercado produtivo. Este experimento de fácil montagem e baixo custo tem muito a contribuir

para a formação dos alunos e para um melhor desempenho do professor de Física em sua atividade pedagógica. A experiência elaborada permitiu a demonstração simultânea de aplicações de equilíbrio de forças, movimento circular e resultante centrípeta, facilitando a compreensão dos fenômenos envolvidos no experimento e proporcionando, para o aluno, uma aula mais agradável. Além disso, este experimento estimula o aluno quanto ao entendimento do conteúdo, proporcionando uma melhor relação ensino-aprendizagem. Para o professor o experimento possibilita uma aula mais interessante, motivando o aluno a se interessar pelo aprendizado da Física, dando um melhor desempenho à sua aula e à sua maneira de explicar o conteúdo abordado.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a FAPERJ – Proc. E-26/110.222/2007 – Apoio à Melhoria do Ensino nas Escolas Públicas RJ. L.P. Brandão e S.M. Lanes agradecem à FAPERJ pela bolsa de apoio docente.

#### **REFERÊNCIAS**

SILVA, Monique Nonato da - Investigação da Aprendizagem com o Uso de Experimentos Alternativos em Eletrostática Aplicados ao Ensino Médio, Monografia de fim de Curso de licenciatura em Física, Instituto de Física UERJ, 2007.

XAVIER, J.C.- Material didático para o uso do professor do ensino fundamental- XV SNEF – 2003.

SÉRÉ, M. G. - O papel da experimentação no ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2003.

MONTEIRO 2002, Atividades Experimentais de Demonstração e o Discurso do Professor no Ensino de Física, IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2002.

MONTEIRO, I. C. C. (2002), Atividades de demonstração em sala de aula – uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski. Dissertação Mestrado. 129p. FC – UNESP - Campus de Bauru.