

USO DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS ALTERNATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA:

O LABORATÓRIO EM UMA CARTEIRA

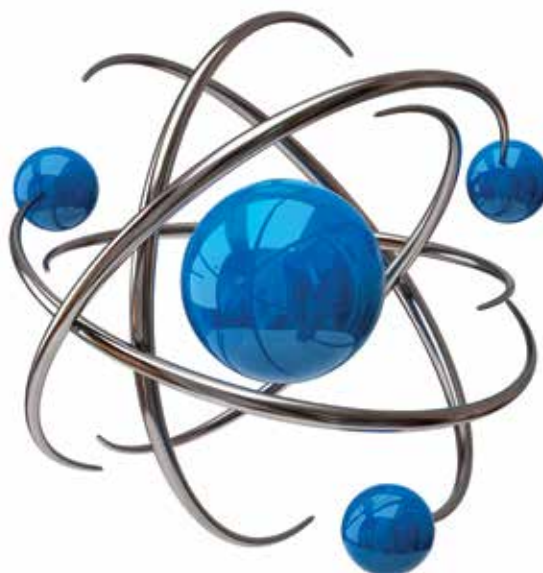
Cristine do Nascimento Mutti¹
Giovanni Maria Arrigone²

RESUMO

O objetivo deste estudo pretende descrever a elaboração e aplicação de experiências práticas de física na sala de aula do curso superior de Automação Industrial no SENAI CTA em Florianópolis/SC. O estudo foi conduzido durante um período de quatro anos. Todas as experiências foram aplicadas durante o segundo semestre do curso, por um período de duas horas. A inovação da proposta está na possibilidade de operar nos ambientes normais de aula sem estruturas ou implementos específicos operando experimentos simples e de fácil instalação (experimentos de carteira). Relata-se também a experiência anterior no campo da prática de ensino laboratorial na área de atividade experimental e de laboratório alternativo. Observa-se o desempenho dos alunos na resolução de exercícios depois da aplicação das experiências e um questionário aplicado para obter um retorno dos mesmos. Os resultados obtidos com os alunos do curso foram satisfatórios em termos de aprendizado e de compreensão de técnicas aplicativas da teoria física explicada em sala de aula. Os efeitos altamente positivos da aplicação destas atividades experimentais encorajam, para o futuro, o aprimoramento e a divulgação desta experiência.

1. Doutora, e-mail: cristine.mutti@ufsc.br
2. Doutor, e-mail: gio_arrigone@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física. Laboratório de Física. Experimentos de Carteira.



1 INTRODUÇÃO

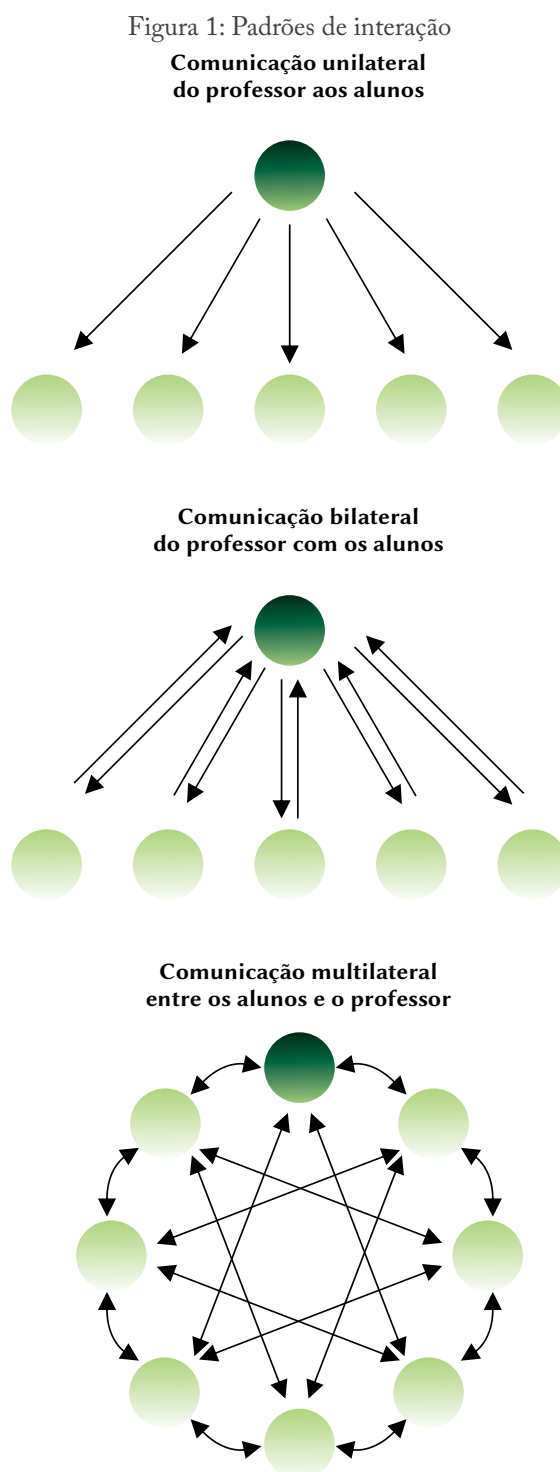
O uso de práticas experimentais alternativas no ensino de física em laboratório de uma carteira apresenta a relação entre docente e aluno no contexto de ensino e aprendizagem.

Segundo Zimmermann e Evangelista (2007), para ser um instrumento de mudança, o professor-formador deve:

- a) planejar instrumentos de coleta de dados para fazer avaliações constantes sobre o conhecimento dos alunos;
- b) planejar debates;
- c) problematizar;
- d) desafiar os alunos;
- e) prestar atenção nas opiniões e ideias individuais de seus alunos;
- f) propor atividades diferentes que levem os alunos a aprender independentemente;
- g) oferecer opinião (*feedback*) constante.

Mesmo assim na realidade, de tudo quanto se ensina apenas uma parte é efetivamente aprendida, o que é lamentável: horas de exposição por milhares de professores “resvalam pela epiderme” dos alunos, sem atingi-los. O aluno às vezes fica confuso sobre o conteúdo teórico (não apoiado por uma ação prática de suporte experimental) ou não entende exatamente a razão ou o significado teórico das atividades práticas laboratoriais por causa da defasagem temporal entre as aulas teóricas e experimentais. O professor pode e deve criar uma ponte entre a teoria e a prática às vezes mudando até o padrão de comunicação entre ele mesmo e os alunos e também estimulando um padrão novo de comunicação entre os alunos. (ARRIGONE, MUTTI, 2011).

Segundo Bordenave e Pereira (1977), em uma situação de ensino-aprendizagem, três padrões principais de comunicação e interação entre professor e alunos podem ocorrer num dado momento, observe na figura 1 a seguir:



Fonte: Bordenave, Pereira (1977)

Na figura 1 são apresentados três tipos de interação professor-aluno:

- a) Esta é uma comunicação unilateral que pode ser relacionada com a ideia de uma educação de tipo “tradicional”.
- b) Esta é uma comunicação bilateral onde a distância entre professor e os alunos é reduzida, mas não eliminada completamente.
- c) Esta comunicação multilateral é a mais ousada e desafiante para o professor. Aqui o professor é imerso na discussão ativa sobre o tópico e os alunos participam e problematizam.

Este último tipo de interação demonstra que a comunicação se adapta perfeitamente à prática laboratorial com o professor imerso no meio dos alunos mediando um trabalho de equipe entre eles e com a toda a turma (*team working*).

Por isso, no momento de ensinar física aos alunos pode-se ter, em geral, duas atitudes diferentes:

1. pode-se ensinar tentando moldar o aluno com, por exemplo, exposições verbais transmitindo a ele instruções codificadas e possivelmente imutáveis;
2. pode-se tentar ensinar o aluno a aprender independentemente do tópico específico ou da sequência curricular do conteúdo.

É difícil determinar qual das duas atitudes seja a mais viável. No primeiro caso tem-se uma postura academicamente rigorosa, possivelmente pouco flexível ou adaptável às mudanças ambientais, mas certamente mais segura e ordenada. No segundo caso, a dificuldade pode estar na capacidade de propor uma forma de ensino tão original e independente dos modelos canônicos, mas certamente mais conectada com

o nosso mundo em contínua evolução. A única coisa certa é que o professor deve lembrar que depois de ter ouvido todas as possíveis teorias ou tendências deve, no final, lidar com alunos que são pessoas e não objetos teóricos passivos inseridos em uma teoria pedagógica. Ao ouvir definições ou *slogans* sobre a pedagogia é sempre interessante lembrar o que Rosa (1999, p.288) nos diz sobre um exemplo deste tipo de frase que é: “devemos ensinar os alunos a pensar!” Isto levanta a questão: será que os alunos só pensam depois de ensinados pelo professor?



Muxfeldt (2002) desenvolveu uma pesquisa sobre a qualidade dos professores nas universidades e os métodos didáticos por eles utilizados. Segundo tal autora, um dos aspectos importantes para uma boa qualidade didática é a utilização de métodos diversificados para tornar o conteúdo fácil e interessante. Outros aspectos revelados importantes em tal pesquisa foram a inovação e o incentivo à participação dos alunos por parte do professor. A participação ativa é também experimentação e atividade prática (... mão na massa).

O ensino de Física é caracterizado seguramente pela dualidade entre lado teórico e lado prático. O lado teórico tende a introduzir, explicar e fundamentar os conteúdos básicos dos vários componentes da física, tais como da cinemática, dinâmica, ótica, termodinâmica e física quântica.

O lado prático consiste em experiências práticas (experimentos) de aplicação dos conteúdos apresentados precedentemente na teoria. De acordo com Hurd (1969), os fins do laboratório eram:

[...] envolver o aluno na utilização de procedimentos e estratégias lógicas, para demonstrar as implicações das teorias científicas e as leis, para proporcionar uma experiência em fazer boas perguntas de natureza, para proporcionar prática de reconhecer regularidades, simetrias, diversidades e semelhanças entre observações. Em geral, o objetivo do laboratório é ajudar o estudante impor intelectual ordem em dados, as habilidades que ele precisa é mais intelectual do que manipulatória. (p. 111-112).

Portanto, Eiras (2003) diz que, com a utilização das atividades demonstrativas, o aluno participa ativamente do processo de negociação do saber, contrariando a visão equivocada de muitos educadores para quem, frente às atividades demonstrativas, o aluno tem uma postura de expectador passivo e acrítico. Dessa forma, a atividade demonstrativa pode ser considerada um instrumento didático eficiente e viável para ser utilizado no processo ensino-aprendizagem de Física.

Porém, se é verdade que a aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontraremos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório, isso não significa que ele faça uso do mesmo em suas aulas. Esta falta de ressonância

entre o discurso e a prática pedagógica é tolerada pela comunidade de educadores, pois a função ou papel do laboratório didático ainda não está bem compreendido no processo de ensino-aprendizagem. (ALVES FILHO, J., 2000).

Os autores concordam plenamente com Redish (1997), um torcedor saliente de uma abordagem construtivista¹ no ensino de Física, quando diz:

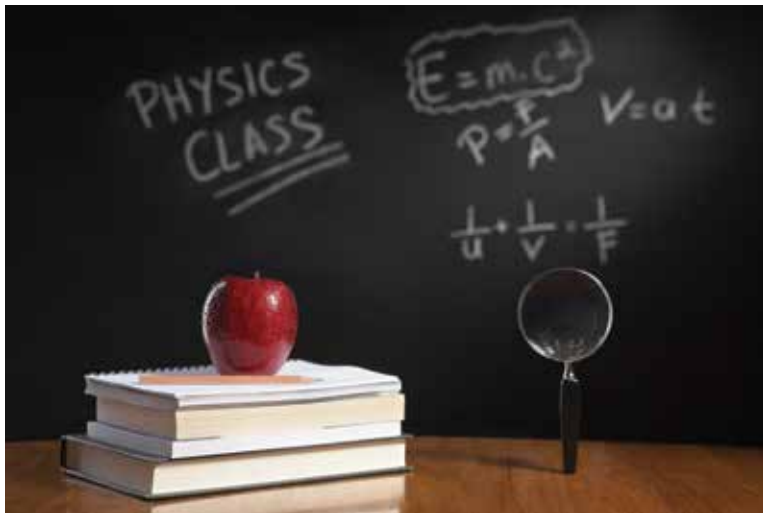
Como professor de física eu não estou satisfeito de ver meus alunos memorizar algumas equações e algoritmos e ser capaz de aplicá-los em exemplos limitados. Eu gostaria que eles entendessem sobre o que é a física, como ela funciona, e por que acreditar. Eu gostaria que eles entendessem os conceitos básicos e as diferentes representações usadas pelos físicos e entender como estes se relacionam com o mundo real. Eu quero que eles vejam as ligações entre as diferentes idéias em física e para a construção de um forte, precisa e útil intuição para os fenômenos físicos.

Essas duas realidades, a teórica e prática, são normalmente separadas até fisicamente. Para a parte prática, é normalmente utilizado um ambiente específico, o laboratório, onde se podem executar os experimentos que requerem bancadas, aparelhos de medida e implementos materiais específicos para cada atividade. Mesmo assim é um equívoco confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem

¹ Uma perspectiva construtivista concebe o conhecimento pessoal como sendo construído pelos alunos que interpretam as novas experiências em termos de seus conhecimentos prévios e experiências anteriores. Essa perspectiva enfatiza a abordagem cognitivamente ativa para a aprendizagem no qual os alunos constroem o conhecimento como é viável para eles, e integrá-lo dentro de suas visões de mundo (POPE, GILBERT 1983).

a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados. (BORGES A. T., 2002).

No Curso Superior de Automação Industrial do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial



(SENAI-CTAI) de Florianópolis está presente, no segundo semestre da unidade curricular de Física, a maioria dos tópicos básicos, a seguir:

- a) medidas e erros;
- b) cinemática;
- c) dinâmica;
- d) fluidos e termodinâmica;
- e) física moderna e ótica.

Para ser um curso de alto conteúdo prático, decidiu-se conectar o ensino teórico dos tópicos de Física com atividades práticas experimentais de simples execução, baratas e desenvolvidas, em grupos, inteiramente em sala de aula, substituindo a bancada do laboratório pela carteira como demonstra a figura 2.

Figura 2: A sala de aula como laboratório



Fonte: Dos autores (2013)

Durante quatro anos, foram desenvolvidas e aplicadas, junto com a teoria, várias experiências práticas. Todas foram aplicadas durante o segundo semestre do curso, por um período de duas horas.

O fato de acontecer no segundo semestre do curso representa uma vantagem também pelo fato da turma estar mais unida e os alunos mais acostumados e favoráveis ao trabalho de grupo.

O período de duas horas para cada experiência poderia parecer limitado, mas é necessário lembrar que a fase de elaboração de dados não precisa ser necessariamente incluída na fase prática; os alunos são normalmente encorajados a fazerem os cálculos, gráficos e relatório depois, priorizando a coleta de dados em sala durante o experimento.

As práticas experimentais cobrem os tópicos principais da unidade curricular de Física: medidas e erros, cinemática e movimento, dinâmica e forças, fluidos e empuxo e ótica e interferência. As atividades práticas desenvolvidas nesta modalidade podem propiciar ao estudante imagens vividas e memoráveis de fenômenos interessantes e importantes para a compreensão dos conceitos científicos normalmente relegados à pura teoria.

2 PRÁTICAS EXPERIMENTAIS EM SALA DE AULA

O professor apresenta e explica o experimento que será realizado, em seguida, executado em grupos de três ou quatro alunos. Particular atenção é dada às explicações das várias fases operativas do desenvolvimento prático e aos objetivos e requisitos de cada experimento.

As fases operativas do desenvolvimento da experiência são apresentadas na figura 3.

Figura 3: Diagrama das várias fases do desenvolvimento da atividade experimental



Fonte: Dos autores (2013)

No final, os alunos devem entregar um relatório sobre o experimento. Este documento é o registro da experiência e se compõe de:

1. Título
2. Resumo (ou *abstract*)
3. Descrição da experiência
4. Desenvolvimento e resultados (com análise de erros)
5. Conclusão (com respostas às perguntas teóricas da folha de instruções, o roteiro do experimento)
6. Anexos (folha de instruções com tabelas de dados coletados, gráficos, e eventual material adicional de suporte)

Não é necessária uma redação extensa, pois o relatório pode perfeitamente consolidar-se em uma página e conter informações essenciais do experimento. Solicita-se, porém, que os alunos usem um estilo formal (de redação científica) com particular atenção aos parâmetros de clareza, ordem e precisão. A ênfase destaca-se na inclusão de referências cada vez que fórmulas, teoria, ou citações são incluídas no relatório.

Não é necessário um ambiente específico (laboratório de mecânica, ótica etc.), mas as experiências podem e devem ser executadas na sala de aula como demonstra a figura 4.

Figura 4: Coleta de dados no movimento acelerado; tempo e distância/relógio do celular e régua



Fonte: Dos autores (2013)

Alguns dispositivos usados nos experimentos são disponíveis na mesma unidade (paquímetro, micrometros, régua etc.). Outros materiais são fornecidos pelo professor (molas, cliques, bolinhas, peso de pescar etc.), como demonstra a figura 5.

Figura 5: Materiais usados durante os experimentos



Fonte: Dos autores (2013)

Particular atenção é dedicada, então, à segurança, evitando situações que envolvem:

- uso de equipamento elétrico em tensão alternada;
- uso de material cortante (facas, estiletes) ou perfurante (pregos, alfinetes);
- uso de substâncias tóxicas;
- uso de dispositivos de aquecimento e substâncias a temperaturas elevadas;
- uso de radiação perigosa (*laser* de alta potência, radiações ionizantes).

Junto com os materiais, os alunos recebem uma folha de instruções, o roteiro do experimento, com tabelas em branco e papel quadriculado para os gráficos (ver apêndice 1).

Instruções são também fornecidas sobre o estilo formal de redação do relatório final da experiência.

3 APLICAÇÃO

Em seguida são apresentadas seis descrições de roteiros de experimentos aplicados no passado e aperfeiçoados através da experiência em quatro anos de aplicação com os alunos.

3.1 Experiência 1: Medidas e erros

Nesta experiência, o foco é sobre o uso de instrumentos de medidas de precisão como paquímetro e micrometro, e a análise de erros na medida.

Os alunos devem primeiro, medir o valor de π (conhecido na literatura como 3,141) medindo o diâmetro e a circunferência de uma moeda e usando para isso somente uma régua.



O erro na medida de um comprimento curvo (a borda da moeda) usando a régua é avaliado e comparado com aquele relativamente mais limitado na medida do diâmetro, usando as regras pelo cálculo de erros explicado na aula teórica e no material de referência do livro de Piacentini (2001).

Ao calcular o valor de π , os alunos devem usar as medidas obtidas inserindo-as na fórmula do perímetro da circunferência (igual a duas vezes o raio vezes π) que envolve manipulações algébricas e combinação de erros.

Na segunda parte, o roteiro da experiência inclui a medida da espessura de vários objetos como um CD, uma folha de papel e um fio de cabelo usando um micrômetro, e a medida das dimensões e do volume de sólidos complexos usando o paquímetro. Os sólidos usados apresentam

formas que permitem a utilização de todas as potencialidades de medida do paquímetro.

Junto com a possibilidade de praticar a análise de erros, os alunos fazem prática valiosa de uso de dispositivos de medida como o paquímetro e micrometro. Mesmo que o assunto seja compreendido na teoria, podem surgir dificuldades práticas no uso do nônio² (ou vernier).

3.2 Experiência 2: Cinemática

Nesta experiência é observado o movimento de um objeto redondo, nos dois casos de velocidade constante e aceleração constante.

Os alunos utilizam uma carteira oportunamente inclinada para colocar em movimento uma bolinha e observar o efeito da aceleração sobre o deslocamento da mesma como demonstra a figura 6.

Figura 6: Experimento sobre cinemática.



Fonte: Dos autores (2013)

Na primeira parte da experiência, a bolinha rola somente ao longo da carteira inclinada sob a ação de uma aceleração constante, a aceleração de gravidade (movimento retilíneo uniformemente variado, MRUV).

² Um par de escalas graduadas, geralmente em milímetros ou graus, que deslizam uma sobre a outra.

Na segunda parte, a bolinha rola abaixo da carteira inclinada e depois ao longo de outra, mas horizontal. No último trecho horizontal, a aceleração deixa de operar sobre a bolinha, que agora tem velocidade constante (movimento retilíneo uniforme, MRU).

Os alunos devem medir tempos muito breves e por isso não somente descobrem que a inclinação da carteira deve ser reduzida para reduzir a velocidade da bolinha simplificando a medida do tempo, mas também trabalham juntos para medir o tempo utilizando o cronometro de um telefone celular.

Gráficos de espaços percorridos pela bolinha em função do tempo são produzidos e analisados para confirmar a teoria sobre o movimento com velocidade ou aceleração constante, com referência no livro de Halliday (1992), respondendo também às perguntas apresentadas no roteiro sobre aceleração e velocidade.

Na fase gráfica é ensinado aos alunos como desenhar de maneira consistente e correta os pontos correspondentes aos dados obtidos experimentalmente e obter linhas de tendências³.

3.3 Experiência 3a: Dinâmica 1

Nesta experiência são observadas a força peso e o atrito, duas forças fundamentais da natureza.

Os alunos colocam sobre o plano da carteira um objeto e inclinam a carteira até o objeto começar a deslocar-se sob efeito do próprio peso. Neste instante, eles podem determinar o coeficiente de atrito estático entre a superfície do objeto e a superfície da carteira. Eles precisam medir

³ Em geral, todos os alunos tendem a conectar os pontos experimentais com uma linha em ziguezague. Esta prática não é correta e deve ser substituída com o desenho de uma linha que aproxima, em maneira melhor possível, todos os pontos experimentais.

o ângulo de inclinação da carteira utilizando simples regras trigonométricas e aplicar os conceitos introduzidos durante a aula teórica sobre as leis das forças de Newton. Vários objetos, com superfícies mais ou menos ásperas, são usados para repetir as medidas e obter um conjunto de coeficientes de atrito estático.

Em seguida, a carteira é inclinada para um ângulo tal que o objeto possa se deslocar agora livremente, mas lentamente de modo a poder medir a aceleração durante a descida e calcular o coeficiente de atrito cinético usando novamente as regras de composição de forças.

Os alunos são encorajados a pesquisar em livros ou *sites* na Internet sobre a natureza da interação das forças em ação durante o movimento e sobre a teoria atrás do fenômeno. Este trabalho de pesquisa fornece também um treinamento em pesquisa bibliográfica para o relatório.

3.4 Experiência 3b: Dinâmica 2

Nesta experiência são investigadas as duas forças que interagem durante o movimento de um pêndulo simples, a tensão e o peso e a conservação da energia mecânica.

Os alunos constroem um pêndulo utilizando um fio e um objeto escolhido por eles e colocam-no em movimento com pequenas oscilações.

Um dos objetivos da experiência é comprovar que o tempo por uma oscilação completa (período) do pêndulo não depende da massa do objeto pendurado ou do ângulo de oscilação inicial (como poderia ser erroneamente pensado), mas somente do comprimento do pêndulo e da aceleração de gravidade.

Com os resultados obtidos, os alunos podem calcular o módulo da aceleração de gravidade (dado na literatura em $9,81 \text{ m/s}^2$), com relativos erros.

O pêndulo é um sistema no qual, para pequenas oscilações e tempos curtos, a energia mecânica fica constante. Observando o movimento do pêndulo e através de poucos cálculos os alunos confirmam esta conservação da energia relacionando os dois tipos de energia que formam a energia total do sistema: as energias Cinética e Potencial. Os alunos são, de novo, encorajados a problematizar as convicções prévias sobre os conceitos de energia e de movimento comparando os resultados obtidos experimentalmente com as “percepções” sobre as características do fenômeno.



3.5 Experiência 4: Fluidos

Esta experiência é dividida em duas partes: na primeira, os alunos usam uma mola para construir um dinamômetro (um tipo de balança que utiliza uma mola que se distende à medida que se aplica a ele uma força); na segunda, os alunos utilizam o dinamômetro construído e calibrado na primeira parte para ser usado como uma balança e com ela detectar a variação no peso de um objeto antes e depois de ser submerso em água, convalidando o princípio de Arquimedes.

A calibração do dinamômetro é feita medindo a extensão da mola presa verticalmente a um suporte para cada peso pendurado a outra extremidade dela, obtendo um gráfico que dá uma relação matemática entre comprimento e massa (lei de Hooke). Os alunos são encorajados a pesar com o dinamômetro objetos que depois serão pesados em casa com balanças “oficiais” ou de peso conhecido para confirmar a precisão do próprio dinamômetro.

Agora, os alunos escolhem objetos que serão pesados no ar e sucessivamente pesados quando imersos em água. O resultado das medidas é usado para determinar o empuxo de Arquimedes.

O roteiro apresenta também o problema do *iceberg* no mar, onde deve ser calculada a porcentagem da massa do gelo que fica submersa e aquela que fica fora da água por efeito do empuxo de Arquimedes.

Um dos ensinamentos desta experiência é a correção do uso de descrever o *Peso* em quilogramas que é, na verdade, a unidade de *Massa* e não de *Peso*, que, este último, para ser uma *Força* deveria ser medido em Newton.

3.6 Experiência 5: Termologia

Esta é a experiência precisa de maior planejamento e intervenção do professor. Os alunos recebem uma barrinha fina de material metálico que será sujeita a variações de temperatura (mais o menos de -4°C até 50°C). A ideia é medir o comprimento da barrinha para 3 temperaturas e produzir uma calibração da dilatação da mesma em função da temperatura e possivelmente deduzir qual metal compõe a barrinha. O professor deve preparar a experiência colocando as barrinhas no congelador antes do início da experiência deixando-as a uma temperatura de aproximadamente -4°C . Antes do início, o professor também encherá uma garrafa térmica de água com temperatura de 50°C . O professor deve também ter um termômetro para confirmar as temperaturas durante o experimento.

Os alunos receberão uma barrinha e medirão o comprimento da mesma com um paquímetro. Em seguida as barrinhas serão colocadas em um copo de isopor cheio de água com temperatura ambiente e, depois de alcançar o equilíbrio térmico, serão medidas de novo. No final, o copo de isopor será enchido com água quente e o processo anterior será repetido de novo, obtendo uma terceira leitura de comprimento.

Agora os alunos terão a possibilidade de avaliar o coeficiente de expansão linear do metal e obter, das referências, qual o nome do metal que estão analisando.

Esta experiência é muito agradável e os alunos sempre gostam dela, mas é necessário lembrar que as medidas devem ser velozes cuidando para não alterar demais a temperatura das barrinhas (com o contato prolongado com os dedos ou outras superfícies condutoras de calor). Por isso a fase de planejamento inicial é crucial para o sucesso da experiência.

3.7 Experiência 6: Ótica

Esta experiência é a mais difícil em termos de disponibilidade dos materiais empregados. O professor fornece algumas lentes para construir dois dispositivos óticos, um telescópio e um microscópio.

As lentes, no caso analisado neste artigo, são de propriedade do professor. Outras lentes, mais básicas, foram obtidas a partir de brinquedos baratos como demonstra a figura 7.

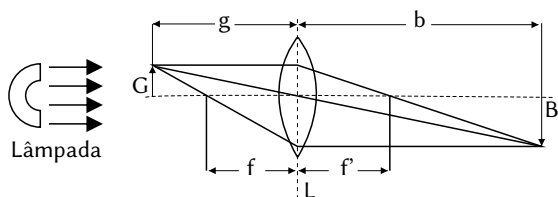
Figura 7: Lentes



Fonte: Dos autores (2012)

Três lentes L_1 , L_2 e L_3 (supostas delgadas) de comprimento focal desconhecido são usadas neste experimento. Um objeto (pequena seta G cortada em uma folha de papel) é posto na frente de uma lâmpada produzindo uma imagem, B, sobre uma tela. Medindo as distâncias do objeto, g, e da imagem, b, da lente podemos determinar a distância focal para cada lente como demonstra a figura 8.

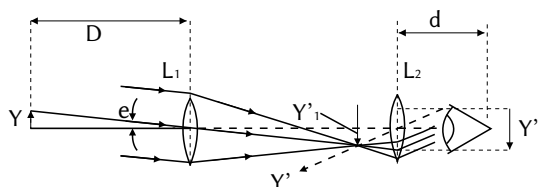
Figura 8: Medida da distância focal de uma lente



Fonte: Dos autores (2013)

Em seguida, duas lentes (a primeira, L_1 , de comprimento focal grande e a segunda, L_2 , pequeno) são usadas para construir um telescópio de Kepler (figura 9) e observar objetos distantes regulando a distância entre as duas lentes para obter a imagem melhor possível. As medidas das várias distâncias permitem a determinação da potência do telescópio.

Figura 9: Diagrama do telescópio de Kepler



Fonte: Dos autores (2013)

A mesma disposição das lentes na figura 9 é usada para construir um microscópio com a diferença de que agora a primeira e segunda lentes serão de comprimento focal pequeno. O microscópio obtido dessa maneira é usado para observar pequenas inscrições sobre moedas ou texturas de papel ou tecidos.

Uma adição recente a este experimento e ainda em fase de refinamento foi o uso de filtros polaroides adquirido de fornecedores de óculos de filmes 3-D que proporciona um aspecto ainda mais prático e realista ao experimento.

Observando através dos filtros polaroides cruzados a um pedaço de plástico, é possível detectar o efeito de estresse sobre o material observando cores na luz transmitida (figura 10, esquerda). Essa é uma técnica usada no projeto de estruturas de construção para avaliar a melhor distribuição de pesos e cargas (figura 10, direita).

Figura 10: Observando o estresse dos materiais através polarizadores.



Fonte: Dos autores (10a) e P. A. Tipler (1999) (10b)

3.8 Recuperação

Uma objeção frequente à introdução destas atividades experimentais é que é difícil contemplar recuperações ou reposição de notas depois, por exemplo, de faltas dos alunos.

Por isso é possível introduzir uma atividade de recuperação pseudo-experimental, onde o roteiro da experiência é mantido, mas a fase prática experimental de coleta de dados é substituída por dados já tabulados (fornecidos pelo professor). O aluno perde a fase manipulativa, mas mantém a fase de análise e interpretação dos dados podendo também trabalhar individualmente.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados da aplicação desta estratégia sobre o desenvolvimento e aproveitamento dos alunos foram avaliados em duas fases:

Fase 1: avaliação do professor sobre o melhoramento do desempenho. O professor nesta fase observa o desempenho dos alunos antes e depois da aplicação das atividades práticas. O professor explica a teoria e propõe exercícios de aplicação da mesma observando os resultados. Depois é aplicada a experiências e em seguida os alunos resolvem novas listas de exercícios e, outra vez, o professor observa os resultados. Foi observada uma melhora substancial na resolução de problemas das listas de exercícios depois da execução dos correspondentes experimentos. Os alunos “visualizam” agora os problemas teóricos de situações abstratas que viram em fatos reais e compreensíveis pelo aluno. Os alunos também, depois da parte prática, começam a revisar pensamentos e ideias erradas do dia a dia.

Fase 2: aplicação de formulário para obter retorno dos alunos. Concluído o semestre, o

professor propõe um formulário com perguntas sobre vários aspectos da interação e reação do aluno com a fase prática experimental (ver apêndice 2).

Os alunos são unânimes, nas suas respostas, em ressaltar a utilidade das experiências de carteira e da melhoria na compreensão da teoria e habilidade na resolução dos exercícios (100% das respostas positivas nas questões 1, 6 e 7). As respostas às questões 2, 3, 4 e 5 sobre os aspectos técnicos da aplicação das experiências (explicações sobre o funcionamento, tempo alocado, objetivos e fenômenos descritos nas experiências) foram positivas e foram usadas, juntas com os numerosos comentários finais, para melhorar e atualizar a estrutura e a clareza dos roteiros da experiência de carteira.

Quase unânime é a percepção da originalidade e novidade das experiências (questões 8 e 9).

5 CONCLUSÃO

O uso de experiências no ensino de Física é considerado particularmente importante para completar o ensino teórico da disciplina. A função básica destas atividades é ilustrar tópicos trabalhados em sala de aula. Além disso, servem para complementar conteúdos tratados em aulas teóricas, facilitar a compreensão, tornar o conteúdo agradável e interessante, auxiliar o aluno a desenvolver habilidades de observação e reflexão e apresentar fenômenos físicos.

Por isso foram introduzidas, no curso superior de Automação Industrial no SENAI CTAI de Florianópolis/SC, aulas práticas de experimentos que podem ser conduzidos na sala de aula, com uma estrutura mínima e com componentes baratos e de fácil disponibilidade, e por isso chamamos de “experiências de carteiras”.

O tempo alocado para essas experiências é justificado em função do melhoramento do desempenho dos alunos. A experiência de carteira

representa também um momento de prazer e relaxamento tanto dos alunos como do professor.

É importante destacar que a aplicação das experiências de carteira em turmas numerosas não é aconselhável. Experiência direta com turmas de até 40 alunos levou a formular as seguintes observações:

- a) o tempo necessário para conduzir as experiências, envolvendo os alunos, é, em geral, excessivo;
- b) alguns alunos ficam indisciplinados por causa da espera ou por não poder ser diretamente envolvidos na experiência.

No entanto, como já destacado na revisão bibliográfica, temos de ser cuidadosos com essas experiências de cátedra, porque o que é óbvio para o professor pode não ser tanto para os alunos. Muitas vezes, os alunos não são capazes de distinguir o fenômeno de interesse de outros aspectos mais atrativos visualmente e podem ficar confusos sobre experiências semelhantes ou são incapazes de estabelecer a relação entre os fenômenos e leis físicas. A compreensão fica facilitada se são respeitadas as seguintes recomendações:

- a) os alunos devem ter a oportunidade de explicar e discutir a base e os resultados da experiência;
- b) confirmando a literatura, se o professor planeja usar uma experiência de carteira para eliminar ideias inadequadas dos alunos sobre os fenômenos físicos, deve estar ciente de que um conflito entre as ideias próprias e os dados experimentais não necessariamente levam a questionar as ideias;
- c) é desejável que o professor cuide das possíveis interpretações errôneas que podem servir para “explicar” os resultados da experimentação. Muitas vezes, os alunos

utilizam as suas ideias alternativas para tentar explicar os fenômenos que estão estudando;

- d) é desejável que os alunos sugiram alternativas ou propostas adicionais que possam enriquecer as explicações e/ou as conclusões que são obtidas.

No futuro, pode-se pensar de estender o uso das experiências de carteira introduzindo o conceito de exercício/experiência, onde o aluno não faz exercícios somente de uma lista ou de um livro, mas observa um fenômeno durante a experiência de carteira e deduz, observando e medindo diretamente, parâmetros relevantes. Assim, o exercício não fica como uma atividade abstrata, mas como verdadeira medida de um fenômeno físico visível. Dessa forma, o exercício poderia ser uma aplicação numérica da teoria integrada com uma descrição do fenômeno físico.

Para finalizar, destacamos as palavras de Richard Feynman⁴:

O princípio da ciência, a definição, quase, é o seguinte: O teste de todo o conhecimento é experiência. Experiência é o único juiz da “verdade” científica. Mas o que é a fonte do conhecimento? De onde é que as leis que estão a ser testadas vêm? Experimento, em si, ajuda a produzir essas leis, no sentido em que nos dá dicas. Mas também é necessária imaginação para criar a partir destas sugestões as grandes generalizações a adivinhar os padrões maravilhosos, simples, mas muito estranhos atrás de todos eles, e depois experimentar para verificar novamente se temos feito o palpite certo.



⁴ Premio Nobel de Física em 1965, é popularmente conhecido para a sua incrível contribuição ao ensino de Física com os seus três volumes de lições, *The Feynman Lectures on Physics*.

USE OF ALTERNATIVE EXPERIMENTAL PRACTICES IN TEACHING PHYSICS: THE LABORATORY IN A DESK

ABSTRACT

The purpose of this article was to describe the development and implementation of practical experiences in the Physics class of the course in Industrial Automation from Senai-CTAI Florianópolis. The study was conducted over a period of four years. All experiments were implemented during the second half of the course, for a period of two hours each. The innovation of the proposal is the possibility to operate in normal class environments without structures or specific implements operating experiments of simple and easy installation (desk experiments). It was also reported past experience in the field of teaching practice in the area of laboratory experimental activity and alternative laboratory. It was observed the performance of students in solving exercises after the application of experience and also a questionnaire was used to obtain feedback from students. The results obtained by the students of the course were satisfactory in terms of learning and understanding the applicative techniques of physical theory explained in class. The highly positive effects of the application of these experimental activities encourage the future improvement and dissemination of this experience.

*Key-words: Physics Teaching.
Physics Laboratory. Desk
Experiments.*

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, J. P. **Regras Da Transposição Didática Aplicadas Ao Laboratório Didático.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 17, n. 2, ago. 2000.
- ARRIGONE, G. M., MUTTI C. N. **Uso das Experiências de Cátedra no Ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, dez. 2011.
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de Ensino-Aprendizagem.** Editora Vozes: Petrópolis, 1977.
- BORGES A. T. Novos Rumos Para O Laboratório Escolar De Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, dez. 2002.
- EIRAS, W. C. S. **Atividades Demonstrativas no Ensino de Física.** XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 24-28 jan. 2005, CEFET-RJ, Rio de Janeiro. Anais (CD-ROM).
- FEYNMAN R. P., **The Feynman Lectures on Physics** (Addison-Wesley, Reading, MA, 1963), Vol.1, Chap. I.
- HALLIDAY D., RESNICK R., KRANE K. S. **Física 1 e 2**, 4. ed.. Rio de Janeiro: LTC, 1992.
- HURD, P. **New Directions in Teaching Science**, Rand McNally, Chicago, 1969.
- MUXFELDT, F. C. A. **Arte de Ensinar: uma abordagem através do comportamento de professores e seus métodos didáticos.** 2002, 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Apêndice 1

Exemplo de roteiro (experiência nº 1) e papel quadriculado.

PIACENTINI, J. J., BARTIRA, C., GRANDI, S., HOFMANN, M. P. **Introdução ao Laboratório de Física**. Florianópolis: ED. UFSC, 2001.

POPE, M., GILBERT, J. Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science. **Science Education**, 67, 193–203. 1983.

REDISH, E. **What Can a Physics Teacher Do with a Computer?**, in Wilson, J. (ed.), Conference on the Introductory Physics Course, Wiley, New York, 1997.

ROSA, P. R. S. Fatores Que Influenciam o Ensino de Ciências e Suas Implicações Sobre os Currículos dos Cursos de Formação de Professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis., v. 16, n. 3: p. 287-313, dez. 1999.

TIPLER, P. A., **Physics for Scientist and Engineers**, 4th Ed., W. H. Freeman and Co., p. 1057, 1999.

ZIMMERMANN, É.; EVANGELISTA, P. C. Q. Pedagogos e o Ensino de Física nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2: p. 261-280, ago. 2007.

Data de recebimento: 20/09/13

Data de aprovação: 18/11/13

Experiência - Física - Prof. Giovanni M. Angone
 Medição e área

Nome(s): _____ Data: _____

Objetivos

1. Medir as dimensões de moedas com uma régua (sem as arestas).
2. Calcular a área sobre moedas e arestas.
3. Determinar o valor de π .

Material

1. Moedas;
2. Régua graduada;

Instrução

Cada aluno deve pegar duas moedas cilíndricas C e D de uma moeda pelo menos 1/2 centavo (ou moedas de uma de centavo). Os valores mais próximos de C e D serão os objetos a serem medidos das moedas cilíndricas. Os alunos devem também determinar as áreas das moedas na circunferência e diâmetro. No final, os moedas são usadas para determinar o valor de π .

Resultados

1. Montar a tabela a seguir:

Nº	Item 1. Determinar π	
	Objeto	Diâmetro D sobre de moeda
1		
2		
3		
4		
5		

2. Calcular o valor mais próximo de C e D (média aritmética dos valores da tabela 1):

Média Aritmética: $C = \dots$ $D = \dots$

3. Calcular o π em função de C e D montando a tabela a seguir:

Nº	Item 3. Determinar π					
	Circunferência	Diâmetro	Diâmetro	π	Diâmetro	Diâmetro
1						
2						
3						
4						
5						

Erro aleatório em C: \dots Erro aleatório em D: \dots

4. Medir as áreas da circunferência e diâmetro de moedas em uma régua (sem das arestas):

C: \dots D: \dots

2. Calcular o valor de π sabendo que: $C = \pi D$

$\pi = \dots$

MICROMETRO E PAQUIMETRO

Esta experiência familiariza a nossa atenção sobre o uso de micrometro e de paquímetro.

Objetivos

1. Familiarização com o uso de micrometro e de paquímetro e com a leitura de escala.
2. Calcular a área sobre moedas.
3. Determinação das dimensões de um objeto.

Material

1. Objeto;
2. Moedas cilíndricas com várias espessuras cilíndricas diferentes sobras;
3. Mico metro e Paquímetro.

Instrução

O micrometro e o paquímetro são instrumentos de medida capazes de medir dimensões na mil centésimas de milímetros (ou partes de um milímetro) com uma precisão de até 0,01 mm da régua normal (da escala de escala ou escala) que nos possibilita nos medir. São dois tipos de medidas que o paquímetro pode fazer: diâmetros externos, diâmetros internos e profundidades externas e profundidades internas.

Resultados

Micrometro

- Medir a espessura das moedas cilíndricas (sem as arestas) usando o micrometro;
- Montar a tabela a seguir:

Nº	Item 1. Determinar π	
	Objeto	Medida sobre

Paquímetro

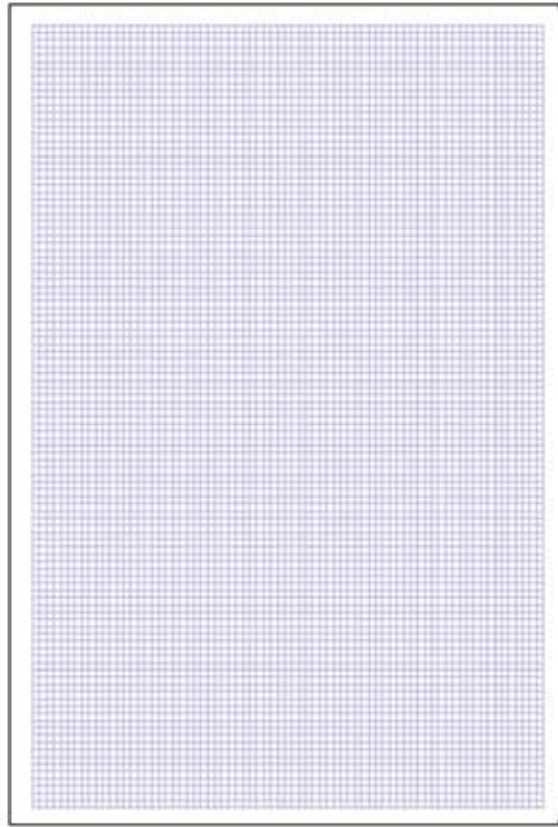
- Medir as dimensões (altura N e diâmetro D) de cada objeto Z de objeto cilíndrico lido (sem as arestas) usando o paquímetro;
- Montar a tabela a seguir:

Nº	Item 1. Determinar π	
	altura N	Diâmetro D
1		
2		
3		
4		
5		

Calcular o volume total (V) de objeto cilíndrico.

Objeto a: \dots

V: \dots



Apêndice 2

Fac-símile do questionário sobre os experimentos de carteira.

28/11/2013

Prof. G. M. Arrigone

Questionário sobre experiências de carteira (= mini experimentos de física feitos durante as aulas teóricas)

1. Quanto à iniciativa das experiências de carteira:
 - Achei a iniciativa válida
 - Achei a iniciativa desnecessária
 - Não tenho opinião
2. As explicações do professor sobre o funcionamento das experiências de carteira foram claras:
 - Sim
 - Bastante
 - Não
3. O tempo alocado para as experiências de carteira foi:
 - Suficiente
 - Insuficiente
 - Demais
4. Os objetivos das experiências de carteira estavam claros?
 - Sim
 - Bastante
 - Não
5. Você entendeu os fenômenos conectados com as experiências de carteira?
 - Sim
 - Não
 - Na maioria dos casos
6. Você acha que as experiências de carteira ajudaram na compreensão da teoria?
 - Sim, muito
 - Não ajudou
 - Bastante
 - Pouco
7. Depois das experiências de carteira você se sentiu mais seguro e hábil na resolução dos exercícios?
 - Sim, muito
 - Não ajudou
 - Bastante
 - Pouco
8. Você já tinha conhecimento (através outras disciplinas) sobre as experiências de carteira:
 - Sim
 - Não
 - Bastante
9. Você já teve aulas com experiências de carteira antes?
 - Sim
 - Não
10. Faça comentários e sugestões no verso da folha:

SOBRE OS AUTORES



Giovani Maria Arrigone

Graduado em Física (1997), Mestre em Applied and Modern Optics (1998) e Doutor em FTIR Spectroscopy

- University of Reading – no tema “Controle de emissões da fumaça de aviões - Detection of hydrocarbons from gas turbine aero-engine exhausts using Fourier Transform Infrared Spectroscopy” (2003). Atua em Física, com ênfase em Ótica, análise de gases e física quântica. Atualmente é instrutor 3 do Centro de Tecnologia em Automação e Informática de Santa Catarina (SENAI-CTAI) e professor substituto no Departamento de Física, na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Aplica física no desenvolvimento de estudos em sustentabilidade e geração alternativa de energia e é pesquisador e coidealizador do grupo SEACon (Sustentabilidade, Estratégia, Ambiente e Competitividade em projeto, tecnologia e construção), da Universidade Federal de Santa Catarina, criado em 2005. Tem patente requerida por produto para construção sustentável.



Cristine do Nascimento Mutti

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (1992),

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (1995) e Doutora em Construction Management and Engineering pela University of Reading (2004). Atualmente é professora adjunto IV da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem três livros publicados e artigos na área de gestão da construção, competitividade e sustentabilidade publicados em revistas e conferências nacionais e internacionais. Orientou vários trabalhos acadêmicos de graduação, especialização e mestrado. Em 2005, criou o grupo SEACon (Sustentabilidade, Estratégia, Ambiente e Competitividade em projeto, tecnologia e construção), grupo multidisciplinar de profissionais que desenvolve pesquisas na área de gestão, competitividade e sustentabilidade na construção. Tem patente requerida por produto para construção sustentável.

