

**APRESENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MATERIAL DE SUSTENTAÇÃO E  
EXPERIMENTAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**  
(Presentation and evaluation of support and experimentation materials for the teaching of  
physics)

**Valderez Marina do Rosário Lima** [valderez.lima@puers.br]

**João Batista Siqueira Harres** [joao.harres@puers.br]

**Regina Maria Rabello Borges** [rborges@puers.br]

**João Bernardes da Rocha Filho** [jbrfilho@puers.br]

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática - EDUCEM

Faculdade de Física - FAFIS

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS

Av. Ipiranga, 6681, prédio 10, sala 209

Porto Alegre, RS, CEP 90.619-900

Telefone (51)33203535 ramal 7776

### **Resumo**

Este artigo descreve e avalia o uso de um conjunto didático modular não-comercial destinado ao ensino de Física, no Ensino Médio, desenvolvido tanto para sustentação de experimentos gerais quanto para aplicação exclusiva em certos experimentos próprios do ensino da Mecânica. O material foi avaliado em sala de aula, em um curso de Licenciatura em Física, por licenciandos que utilizaram o conjunto ao longo de seus estudos. O artigo apresenta os resultados da pesquisa, a partir da análise das respostas dos licenciandos a um questionário. Os resultados sugerem que o material se constitui em um bom incentivo à proposição de atividades de laboratório no ensino de Física porque facilita a realização de experimentos de Mecânica e também de outros tópicos que exigem meios de sustentação. Os estudantes também assinalaram que o conjunto confere praticidade e ludicidade à experimentação, é de utilização simples e de fácil reprodução, sendo disseminado de forma livre, permitindo que professor e escola evitem os custos elevados de produtos comerciais destinados ao mesmo fim.

**Palavras-chave:** ensino de Física; experimentação; material de sustentação.

### **Abstract**

This paper describes and evaluates a non-commercial modular educational set designed for physics teaching in high school that was developed to support general experiments and to the exclusive application in some experiments in mechanics. It also presents findings of an inquiry through which this set was evaluated based on the answers given to a questionnaire applied to a group of physics students who had used the set in their studies. These findings suggest that this set encourages laboratory activities in the teaching of physics because it seems to facilitate experiments in mechanics, as well as other topics that demand support tools. Students also said that the set offers practicality and enjoyment to experimentation, that the set is easy to be used and reproduced, and that it can be disseminated without further restrictions, allowing the teacher and the school to avoid the high cost of similar commercial products available for the same purpose.

**Keywords:** teaching of physics; experimentation; support materials.

### **Ensino de Física, experimentação e uso de materiais de sustentação.**

Os professores de Física do Ensino Médio devem contribuir para que seus alunos alcancem as competências preconizadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+ (Brasil, 2002, p. 62), relacionadas às capacidades de: a) realizar investigações e compreender a Física; b) utilizar a linguagem física e ser capaz de comunicar-se por meio dela, e; c) contextualizar histórica e socialmente os conhecimentos físicos. Entre as diversas ações que auxiliam o professor a ter

sucesso nesse empreendimento, uma das mais potentes é a experimentação, que enfatizamos neste trabalho por intermédio da apresentação e análise de um material didático destinado à realização de atividades investigativas em Física. Sobre isso, os PCN+ (Brasil, 2002, p.84) afirmam que

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.

A experimentação, portanto, ocupa um papel fundamental no ensino de Física porque se constitui em uma estratégia propícia ao estabelecimento do diálogo crítico que o estudante deve desenvolver com o conhecimento, que por sua vez é uma forma de fazer com que este ganhe significado. Além disso, na manipulação da realidade material o jovem é confrontado com aspectos do conhecimento físico que dificilmente podem ser compreendidos em sua complexidade simplesmente pela exposição a descrições teóricas. Em acréscimo, o caráter lúdico, esclarecedor e desafiador da experimentação favorece o desenvolvimento da auto-estima do estudante, do apreço pelo processo educativo em que está inserido, assim como de sua capacidade para operar cooperativamente. Sobre isso, os PCN+ (Brasil, 2002, p.36-37) também propõem que

Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado através de um diálogo constante, entre o conhecimento, os alunos e os professores. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno [...]. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo.

Por isso, ao propor atividades experimentais o professor de Física deve considerar também o potencial de contextualização do experimento em questão, pois é justamente isso que determina o nível de significação que pode ser alcançado por esse meio. Apesar da ênfase com que é afirmada essa diretriz nos PCN+, a experimentação ocupa lugar de pouco destaque entre as tarefas do cotidiano do ensino de Física, e uma parte considerável de nossos jovens cursa o Ensino Médio sem participar de investigações ou experienciar fenômenos ligados aos temas tratados na disciplina, no contexto escolar. Por isso, pesquisadores como Bonadiman e Nonenmacher (2007, p.196-197), preocupados com aspectos afetivos da educação científica, destacam que entre as causas das dificuldades de aprendizagem da Física escolar está “a pouca valorização da atividade experimental”. Esse é um problema grave para o qual os PCN+ chamam atenção, em uma tentativa de sensibilizar os professores para a urgência da proposição de tarefas experimentais no ensino de Física.

Mas como experimentar nas aulas de Física? Nossos professores são preparados para isso em seus cursos de graduação? As escolas têm condições materiais de dar suporte a um professor que deseja realizar atividades experimentais? Essas são perguntas que não possuem respostas simples, principalmente se considerarmos a variedade de condições materiais entre diferentes escolas, ou entre o poder econômico de diferentes regiões de nosso país, mas a pesquisa em ensino de Física vem oferecendo reflexões e alternativas. Uma delas, que tem sido difundida ao longo das últimas décadas por intermédio de diversos livros e artigos, é a proposição de experimentos com utilização de materiais do cotidiano dos estudantes. Essa prática tem se mostrado uma alternativa eficaz para um número significativo de tópicos da Física do Ensino Médio.

Uma das mais tradicionais publicações de grande impacto que considera a utilidade e a necessidade da experimentação na educação científica dos jovens, apoiada em materiais do cotidiano, é o livro *700 Science Experiments for Everyone*, compilado e publicado pela Unesco, em 1956. Embora uma análise epistemológica contemporânea talvez detectasse certo pragmatismo ingênuo na proposição dos experimentos – característica do empirismo que foi comum a muitas obras de ensino de ciências das décadas de 1950 e 1960 - a preocupação dos autores em disseminar

a Ciência continua tão louvável hoje quanto foi no pós-guerra, assim como a ênfase na utilização de materiais de baixo custo, presentes no dia-a-dia dos estudantes e professores.

Em muitos casos, porém, as montagens experimentais que utilizam objetos do cotidiano esbarram em dificuldades de ordem prática relacionadas à fixação, ao suporte e acoplamento dos elementos centrais dos experimentos. Por exemplo, ao propor experimentos de Óptica utilizando lentes de óculos é provável que os estudantes precisem de bom tempo para buscar materiais e elaborar bases de sustentação e movimentação para as lentes e anteparos. Ao propor experimentos envolvendo tubulações e reservatórios de água, no ensino da Hidrostática, a fixação de diferentes recipientes e tubulações, em diferentes alturas, pode constituir um obstáculo de superação demorada. No desenvolvimento de experimentos sobre Máquinas Simples, com polias e roldanas, são necessários pontos de apoio para fixar as cordas, e construí-los pode consumir um tempo precioso. Há situações semelhantes envolvendo quase a totalidade dos experimentos que podem ser relacionados aos conteúdos da Física do Ensino Médio.

O tempo despendido na confecção destes elementos de sustentação, evidentemente, não é *perdido*, pois a elaboração de partes acessórias aos experimentos pode ajudar o estudante a desenvolver o sentido do prazer pela descoberta, e até certos conhecimentos de Geometria e Equilíbrio. No entanto, a não ser que o professor consiga mobilizar seus alunos para que realizem essa parte da tarefa fora do horário das aulas, o tempo consumido no desenvolvimento da sustentação será, inevitavelmente, significativo, limitando a quantidade de tópicos que podem ser objeto de proposição de atividades experimentais. Além disso, estudantes com menor motivação para o estudo da Física, ou com habilidades manuais pouco desenvolvidas, podem perceber este desafio como uma barreira a mais ao seu aprendizado. Por este motivo os elementos de sustentação, como hastes, presilhas, roldanas e bases de plástico e metal estão sempre presentes nos conjuntos e catálogos das indústrias e distribuidores de equipamentos para laboratórios didáticos. Infelizmente, o custo elevado de aquisição e reposição de peças destes conjuntos comerciais faz com que apenas uma pequena parcela das escolas brasileiras possa utilizá-los.

Assim, o oferecimento aos estudantes de meios práticos para o desenvolvimento rápido de estruturas de sustentação para seus experimentos resulta em uma espécie de meio-termo entre a experimentação exclusivamente baseada em materiais do cotidiano e a experimentação apoiada em conjuntos dedicados comerciais. Esse *caminho do meio* supera os inconvenientes dos materiais de experimentação comerciais, como a pouca participação criativa exigida dos alunos e o custo elevado de aquisição e reposição das peças. Simultaneamente, evita que os alunos se envolvam demoradamente na construção de suportes e incentiva-os a participarem criativamente do desenvolvimento do experimento, reduzindo as dificuldades e o tempo necessário para o projeto e elaboração de bases, apoios, suportes, hastes e demais elementos acessórios. Isso resulta em ampliação do número de experimentos que o professor pode propor, mantendo o investimento baixo e um índice elevado de participação dos estudantes na criação da atividade experimental, o que representa um fator decisivo para o sucesso do ensino de Física porque

Uma metodologia fundamentada na construção do material experimental favorece a investigação em nível fenomenológico e técnico dos dispositivos e as ações de fazer e testar o material incitam o sujeito a questionar e investigar os princípios e conceitos envolvidos no experimento e a atribuir um significado pessoal a esses conceitos. (Coelho et al., 2008, p.13)

Assim, ao professor cabe oferecer condições para que os conteúdos ganhem significado e as descobertas sejam sustentadas e incentivadas pela experimentação, o que pode ser conseguido com o uso de materiais familiares que desafiem naturalmente o estudante a manipular a realidade. Quando o engajamento na tarefa experimental absorve toda a atenção do estudante o professor pode ter certeza de que a aprendizagem está ocorrendo. Mais uma vez a capacidade pessoal do professor em propor desafios compatíveis com os interesses, os conteúdos e a estrutura experimental que disponibiliza ao grupo é fator decisivo, e quase sempre esta capacidade é posta à prova múltiplas

vezes durante a experimentação, pois é praticamente impossível realizar uma preparação tão detalhada a ponto de incluir ações preventivas e corretivas capazes de limitar os efeitos de tantas variáveis interferentes. Por isto concordamos com Perrenoud (2001, p.17) quando afirma que “ensinar mobiliza um talento pessoal que não se deve tanto à formação, nem mesmo à experiência; ele se deve muito mais à personalidade ou à inteligência do professor.”. O tipo de aprendizagem que a experimentação pode proporcionar situa-se complementarmente às formas simbólicas de apropriação da realidade, pois emerge dela numa complexidade que não pode ser traduzida senão pelo experimentar direto. Depois dessa imersão na natureza complexa da realidade as descrições podem ser vagas, mas assimiláveis, porque descrevem facetas já compreendidas no seu todo, e as teorias podem ser exploradas quantitativamente em seus aspectos formais.

Algumas pesquisas sobre as origens da baixa utilização de experimentação no ensino de Física, na Educação Básica, indicam que os próprios professores podem demonstrar alguma rejeição pelo trabalho experimental. Isso ocorre por diversas razões, entre as quais possivelmente se destacam o rigorismo com que os programas tendem a ser cumpridos, a falta de tempo do professor para a organização dos experimentos e a preparação insuficiente oferecida em seus cursos de graduação. Os professores Stella e Choit (2006, p.8), em pesquisa realizada na cidade de Dourados, apontam justamente a “falta de profissionais capacitados” como a principal causa da “não utilização de atividades experimentais” no ensino médio. A preparação deficiente conduz tanto ao abandono do laboratório, como também à utilização equivocada da experimentação, que ocorre quando professores optam por aplicar o recurso experimental em um contexto empirista, ou a partir de roteiros e relatórios, por exemplo, resultando em atividades pouco atraentes, que distorcem o significado e o papel da experimentação no desenvolvimento da Ciência. O benefício de conduzir atividades de experimentação capazes de motivar os estudantes é apresentado pela professora Thomaz (2000, p.362), quando afirma que

De acordo com as idéias atrás referidas, caso se pretenda que os alunos estejam motivados para a execução de trabalhos experimentais (e este aspecto estende-se a qualquer nível de ensino, desde o básico ao universitário), é preciso que a tarefa que os professores lhes proporcionem seja apelativa, que constitua um desafio, um problema ou uma questão que o aluno veja interesse em resolver, que se sinta motivado para encontrar uma solução.

Além das dificuldades de ordem material que acompanham a experimentação, e daquelas inerentes à formação inadequada dos professores, o excerto acima apresenta um detalhe sutil da atividade experimental, que se relaciona à necessidade de que os experimentos sejam capazes de mobilizar o interesse dos alunos, motivando-os ao estudo e à pesquisa. Este é um ponto crucial na proposição de experimentos didáticos, e talvez um dos que menos recebem reflexão, pois há uma tendência natural de que o professor escolha experimentos com base em fatores não relacionados aos interesses, necessidades curriculares e contexto dos estudantes, mas sim às condições materiais existentes na escola ou às suas preferências e conhecimentos pessoais. Além disso, em face do conhecimento de Física do professor ser presumidamente maior e mais profundo do que o de seus alunos, pode acontecer de aquele não se dar conta da dificuldade de significação ou contextualização associada aos experimentos que propõe. Desse modo, ainda que o professor promova atividades experimentais, se não obtiver sucesso em fazer com que estas atividades ganhem significado na vida dos estudantes fora do ambiente escolar é provável que elas cooperem apenas fracamente para o aprendizado. Mas, há vários modos de despertar o interesse dos alunos.

Algumas escolas têm promovido concursos de robótica a partir de brinquedos comerciais, e têm alcançado bons resultados, principalmente ao incentivar seus estudantes a seguirem carreiras na engenharia eletrônica, mecatrônica e algumas áreas da computação. Infelizmente, estes materiais são caros, por isso poucas famílias, escolas, comunidades ou sistemas de ensino, podem oferecer aos jovens esta oportunidade. Outras instituições promovem mostras científicas, incentivando seus alunos à pesquisa e à apresentação de seus trabalhos. Esta é uma ação igualmente louvável, pois promove a alfabetização científica e tecnológica, permite o uso pleno da criatividade, mobiliza toda a comunidade escolar, é flexível quanto ao respeito aos interesses dos estudantes, e os trabalhos são

desenvolvidos dentro das possibilidades individuais de dispêndio de recursos. A metodologia utilizada no desenvolvimento de experimentos para mostras científicas, porém, é diferente da usada na experimentação didática, e não pode ser transposta para o laboratório de Física porque os tempos e os saberes envolvidos são distintos. Por isso, tanto na experimentação em laboratório didático ou salas de aula, quanto em feiras de ciências, a disponibilidade de conjuntos de sustentação constituídos de elementos de construção simples, que utilizem peças e matérias primas encontradas no comércio local, é favorável à melhoria da qualidade do ensino de Física. Nesse sentido, o conjunto que utilizamos pode ser reproduzido com facilidade a partir de materiais disponíveis em praticamente qualquer cidade do País, e a avaliação dos formandos da licenciatura em Física pode contribuir com idéias para a continuidade de seu desenvolvimento.

### **O conjunto de sustentação**

O conjunto utilizado nesta pesquisa, apresentado no Anexo A, é resultado de um estudo iniciado em 1994 por um grupo de pesquisadores universitários envolvidos com a formação de professores, que sondaram as limitações e dificuldades do uso da experimentação no ensino. Os levantamentos que fizeram conduziram-nos ao projeto do conjunto, assim como aos aperfeiçoamentos que se seguiram, e envolveram as necessidades mais freqüentes que surgem durante a realização de experimentos na Física no Ensino Médio, especialmente relacionadas à sustentação de montagens didáticas (Rocha Filho; Salami; Pastorini, 2002). Esses pesquisadores utilizaram informações oriundas de catálogos de instrumentação para o ensino de Física e listas de experimentos sugeridos em livros didáticos e paradidáticos, assim como considerações relativas à economia, ergonomia e psicomotricidade. Suas conclusões culminaram no desenho das partes de madeira que constituem o núcleo do desenvolvimento, definido com base nas premissas de que as peças: a) deveriam ser simples, baratas e de poucos tipos diferentes, para reduzir o custo e a complexidade de produção e de reposição; b) deveriam ser acopláveis entre si por meio de ferragens comerciais, também de baixo custo, de modo a formar estruturas que suprissem as principais demandas de sustentação da experimentação didática; c) deveriam ser resistentes, de forma que cada peça do conjunto pudesse ser usada múltiplas vezes, e; d) permitissem a livre reprodução e adaptação, desonerando professores e escolas, liberando-os da dependência de produtos comerciais de aquisição e reposição caras.

O conjunto resultante desse desenvolvimento é constituído por doze tipos/tamanhos de peças de madeira perfuradas, na forma de blocos e ripas, e nove tipos/tamanhos de peças metálicas, como parafusos, arruelas, porcas, morsas e chaves comerciais. As peças de madeira são tais que podem ser associadas com o auxílio das peças metálicas, formando estruturas de sustentação que, por sua vez, podem ser fixadas a mesas ou outros pontos fixos. As peças de madeira são de poucos tipos diferentes, não específicas ou dedicadas, de manufatura simplificada e reposição econômica. A confecção das peças de madeira exige ferramentas disponíveis mesmo em marcenarias modestas ou caseiras, e pode ser encomendada a um marceneiro local ou a pessoas da comunidade escolar que disponham de algumas ferramentas e um pouco de habilidade e tempo. As peças metálicas, por sua vez, podem ser compradas em ferragens ou lojas de autopeças, têm dimensões comerciais padronizadas e serão livres de corrosão se forem de latão ou aço inoxidável.

Para simplificar a manufatura e incentivar professores e escolas a construir seus próprios conjuntos, o número de tipos diferentes de peças foi minimizado e não foram projetadas partes com destinação específica, como carros, bases, tripés, ganchos e presilhas, como nos conjuntos comerciais, mas sim peças básicas que podem ser combinadas de forma a suprir estas funções com o auxílio de objetos caseiros ou disponíveis no comércio local. Esta opção garantiu simplicidade e baixo custo na confecção e reposição das peças, mantendo estudantes e professores no controle da atividade criativa da elaboração e construção de estruturas de sustentação. Isso contribui para a criação de envolvimento psicomotor com a tarefa experimental, conforme observamos nas aulas de laboratório em que estes conjuntos vêm sendo utilizados. Para o professor que decida reproduzir

individualmente o conjunto, ou pretenda solicitar à sua escola que o encomende a um marceneiro local, incluímos informações detalhadas sobre as dimensões das peças, como propostas pelos pesquisadores que as projetaram, no Anexo A.

### **Exemplos de utilização do conjunto**

O conjunto possui duas funções didáticas relativamente distintas: a) pode ser utilizado como material de sustentação, na realização de experimentos envolvendo outros equipamentos, instrumentos ou materiais, que constituem o foco central do conteúdo abordado, ou; b) pode ser utilizado como material experimental, quando o conjunto constitui a totalidade, ou é utilizado como elemento central da experimentação.

Exemplos da utilização do conjunto como material de sustentação são:

- suporte de termômetros, em experimentos de calorimetria;
- fixação de molas, cordas e pêndulos, em experimentos de ondas e elasticidade;
- suporte de aros girantes, no estudo da dinâmica rotacional;
- construção de trilhos para determinação de forças de atrito ou estudo do movimento;
- suporte de enrolamentos elétricos, para estudo do eletromagnetismo;
- suporte de alto-falantes e tubos, em experimentos de ondas sonoras estacionárias;
- construção de motores elétricos, como sustentação dos enrolamentos rotores.

Exemplos da utilização do conjunto como material experimental são:

- construção de alavancas, no estudo do torque;
- construção de peças girantes, no estudo da composição de forças centrípeta e gravitacional;
- construção de tesouras ou treliças, no estudo dos graus de liberdade dos movimentos;
- construção de balanças, no estudo da gravitação;
- associação de polias e roldanas, no estudo das máquinas simples;
- construção de sistemas em rotação, no estudo do movimento circular;

Nas atividades investigativas o professor geralmente pode restringir sua atuação apenas à orientação quanto às metas, oferecendo o conjunto como uma possível ferramenta de apoio para a realização da tarefa. Após um curto período de familiarização com o material os alunos ganham confiança e habilidade, e deslocam sua atenção das peças do conjunto para os objetivos educacionais que se quer alcançar com os experimentos.

A figura 1 apresenta três montagens realizadas com o conjunto, no contexto de proposições investigativas. No pêndulo de Newton (fig. 1a) o conjunto é usado como sustentação, pois os elementos básicos do experimento são as esferas de bilhar e os fios de nylon. Esta montagem foi elaborada por um grupo dedicado à investigação do coeficiente de restituição das esferas a partir de um trabalho prévio com esferas maciças de chiclete mascado e esferas plásticas de desodorantes roll-on. O lançador de projéteis (fig. 1b) foi desenvolvido e utilizado por estudantes que pretendiam investigar a distância atingida pelo projétil, como função do ângulo de lançamento, assim como o comportamento de projéteis lançados por veículos em movimento, e neste caso o conjunto pode ser considerado o centro da experimentação, pois à exceção de um elástico a montagem foi realizada unicamente com as peças do conjunto. Já o plano inclinado (fig. 1c) foi construído para medição de coeficientes de atrito estático e sua relação com o ângulo em que o deslizamento inicia, sendo que o

conjunto é acessório, pois a experimentação é centrada na superfície da rampa e nos blocos que nela deslizam. Os alunos que trabalharam neste último experimento criaram uma estrutura que permitia controlar suavemente o ângulo da rampa com o plano horizontal, apenas com o afrouxamento de parafusos.



Figura 1 - Pêndulo de Newton (a), lançador de projéteis (b), plano inclinado (c).

### Percepção de formandos da licenciatura em Física

A pesquisa envolveu oito formandos de licenciatura em Física, alunos de uma disciplina do final do curso, para conhecer suas percepções sobre o conjunto e colher subsídios para propor melhorias no projeto das peças. Entre esses formandos, três eram professores regulares do nível médio, três estagiavam em escolas de ensino médio, um era professor do ensino superior, e um trabalhava fora da área de ensino, mas tinha experiência docente obtida nos estágios curriculares realizados em escolas. Todos haviam utilizado previamente o conjunto em pelo menos mais uma disciplina da graduação.

Elaboramos um questionário com perguntas abertas, disponíveis no Apêndice A, englobando seis diferentes aspectos que queríamos estudar, e cada uma delas definindo, a priori, uma categoria de análise. Dessa forma, estruturamos as seguintes categorias: (A) Possibilidade de utilização do material por alunos de diferentes níveis sócio-econômicos; (B) Contribuição do uso do material para o ensino de Física; (C) Formas de utilização dos conjuntos; (D) Adequação do uso do material aos conteúdos trabalhados; (E) Comparação entre o uso do conjunto, o uso de materiais do cotidiano e o uso de materiais comerciais; (F) Aperfeiçoamentos que poderiam ser feitos no conjunto.

Usamos o método Análise Textual Discursiva (Galiuzzi; Moraes, 2007) para análise das respostas fornecidas pelos licenciandos. O processo de unitarização, ou desmontagem das respostas dadas a cada pergunta, produziu fragmentos que permitiram captar a emergência de novas compreensões acerca de suas percepções quanto ao material em questão. Os pontos principais que emergiram do processo de análise são descritos a seguir.

Em relação à Categoria A (Possibilidade de utilização do material por alunos de diferentes níveis sócio-econômicos), a maioria dos licenciandos crê que o perfil econômico dos estudantes “não é um fator decisivo em relação à aplicabilidade do conjunto”, exceto, talvez, quanto ao custo de produção que, embora represente uma pequena fração do custo de materiais comerciais de apoio ao ensino de Física, pode ainda ser impeditivo para as escolas de “comunidades muito carentes”. Os respondentes apontaram que tanto estudantes de classes pobres quanto de classes abastadas provavelmente se sentiriam motivados a realizar atividades investigativas usando os materiais propostos, e seriam beneficiados em termos de aprendizagem. Os formandos que têm regência de classe no ensino médio, porém, assinalaram que os maiores beneficiados pela utilização do conjunto provavelmente seriam os alunos de baixa renda familiar, pois para estes há “poucas oportunidades de manipulação de material concreto e experimentação na escola”, que normalmente se restringe à utilização do “quadro negro e giz”.

Sobre a Categoria B (Contribuição do uso do material para o ensino de Física), os licenciandos vêem o conjunto como “incentivador da aprendizagem” porque permite que os estudantes se “envolvam na preparação dos experimentos” propostos, aproximando-os da Física, propiciando o “exercício da criatividade, da coordenação motora e da percepção espacial”. Também emergiu das respostas o argumento de que o uso do conjunto implica a “manipulação de variáveis” usualmente predefinidas em sistemas dedicados, representando um fator favorável à aprendizagem, mas exige que os professores estejam dispostos a usar o material corriqueiramente, para que os alunos se familiarizem com ele e estejam receptivos e preparados para sua utilização.

De forma geral, as respostas mostraram que os licenciandos investigados estavam atentos aos perigos da experimentação ingênua (Medeiros; Filho, 2000), provavelmente porque haviam participado recentemente de um seminário sobre o tema. Nesse seminário eles tiveram contato com textos e discussões sobre a eficácia de atividades de experimentação didáticas a partir de críticas sobre o uso de roteiros, de procedimentos que consomem muito tempo ou desestimulam a reflexão e reconstrução do conhecimento, ou utilizam materiais desvinculados da realidade do estudante. Em especial, os licenciandos tinham estabelecido que os estudantes não aprendem simplesmente porque experienciam um fato a partir da manipulação de materiais concretos, mas sim porque se sentem comprometidos com a busca por soluções para uma dada questão que lhes toca pessoalmente. A experimentação, nesse contexto, pode contribuir para a aprendizagem quando é proposta como meio auxiliar nessa busca, ou se é, em si mesma, um elemento que amplifica ou dispara o processo de comprometimento pessoal.

No que se refere à Categoria C (Formas de utilização do conjunto), os respondentes vêem no material uma oportunidade de manter o estudante “no controle da experimentação”, cabendo ao professor a tarefa de propor atividades investigativas, “como medições ou descoberta de relações”, ou incentivando e acompanhando com certo distanciamento o processo de elaboração que se desencadeia. As tentativas fracassadas que podem anteceder um sucesso são, nesse caso, fontes de conhecimento que não podem ser desprezadas no ensino de Física. Os respondentes também sugeriram que “os estudantes devem ser apresentados previamente ao material”, e os diversos grupos criados no contexto de uma aula “devem trabalhar próximos”, de maneira a permitir que os alunos vejam a forma de encaminhamento dada pelos colegas ao problema que são desafiados a resolver. Os formandos também indicaram vários experimentos e tipos de experimentos que podem ser realizados com o auxílio do material.

Em relação à Categoria D (Adequação do uso do material aos conteúdos trabalhados), as respostas evidenciaram que os licenciandos julgam que o material pode ser diretamente aplicado ao ensino de Mecânica, mas que com a associação de outros materiais do cotidiano o uso pode ser estendido a qualquer conteúdo da Física do Ensino Médio, como Termologia, Fluidos, Ondas, Ótica e Eletromagnetismo, que também foram citados.

No que diz respeito à Categoria E (Comparação entre o uso do conjunto, o uso de materiais do cotidiano e o uso de materiais comerciais), as respostas mostraram que os licenciandos entendem que o material é de “confeção fácil”, de “baixo custo” em relação a conjuntos comerciais, “dá significado ao trabalho do professor e de seus alunos”, “não necessita importação”, “pode ser utilizado em todos os níveis de ensino”, “exige poucos pré-conhecimentos e habilidades”, “pode ser usado por estudantes, professores e escolas em quase todas as situações econômicas”, é “menos sofisticado”, exige “poucos cuidados de manutenção”, permite a “replicação de experimentos”, se adapta bem ao “uso simultâneo com materiais do cotidiano”, é “reutilizável”, “adaptável” e tem “partes facilmente reproduzíveis e substituíveis”, pode ser aplicado a um “número indeterminado de conteúdos”, “facilita a realização de experimentos”, é “durável”, “exercita a criatividade”, tem “baixo custo de manutenção”, é “complemento adequado” aos experimentos com materiais do cotidiano e de baixo custo. Como característica possivelmente negativa, os respondentes alertam que o uso do conjunto pode demandar “tempo maior para a realização de experimentos” em relação a conjuntos comerciais dedicados.



Sobre a categoria F (Aperfeiçoamentos que poderiam ser feitos no conjunto), as respostas mostraram que os licenciandos crêem que: a) o material deveria incluir parafusos com partes lisas, para diminuir o atrito de rolamento das roldanas; b) seria conveniente a existência de peças maiores, de formatos diferentes e com furos adicionais, e; c) as porcas das bases dos blocos poderiam ser substituídas por luvas com rosca interna e externa, objetivando melhorar a fixação, para evitar que se soltem sob esforços maiores. Todas as recomendações são pertinentes, e apontam aspectos que poderiam ser melhorados no projeto, porém como uma das qualidades fundamentais do conjunto é ser constituído por peças não específicas, objetivando redução de custos e complexidade na produção, permitindo que mais escolas e professores possam disponibilizar este material a seus alunos, entendemos que a inclusão de peças de outros formatos no conjunto básico não se justifica. Porém, frente ao caráter completamente aberto do projeto, cada professor pode introduzir novos formatos das peças de madeira, ou comprar peças metálicas de uso mais dedicado, como roldanas, presilhas e ganchos, compatibilizando-o às suas necessidades, interesses e possibilidades econômicas.

A análise global das respostas mostrou que os licenciandos entendem que o uso do conjunto favorece a aprendizagem de Física porque facilita a proposição de atividades de laboratório, oferecendo um substrato que pode ser usado como elemento central ou coadjuvante às aulas, resolvendo muitas das dificuldades relacionadas ao desenvolvimento de experimentos. As respostas também indicaram que os licenciandos percebem qualidades positivas no conjunto, como o baixo custo, a durabilidade, a facilidade de produção e manutenção das peças, o incentivo à criatividade que seu uso representa, as numerosas utilizações diferentes e replicações que admite, além de sua compatibilidade com outros materiais.

## Referências

- BONADIMAN, H; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v.24, n.2, p.194-223, ago. 2007.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 144p.
- COELHO, S. M.; NUNES, A. D.; WIEHE, L. C. N. et al. Formação continuada de professores numa visão construtivista: Contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v.25, n.1, p.7-34, abr. 2008.
- GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2007, 224p.
- MEDEIROS, A.; FILHO, S. B. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino de física. *Ciência & Educação*, Bauru, v.6, n.2, p.107-117, 2000.
- ROCHA FILHO, J. B.; SALAMI, M. A. Material de sustentação e experimentação em física: Suportes simples, baratos e eficazes para o ensino. *Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia UBEA/PUCRS*, Porto Alegre, n.7, p.169-184, 2002.
- STELLA, S. F.; CHOIT, S. Y. O não uso do laboratório de Física nas escolas de ensino médio da cidade de Dourados. *Revista Eletrônica de Ciências da Educação*, Campo Largo, v.5, n.1, mar. 2006, disponível em: <http://www.facecla.com.br/revistas/rece/rece-num5.html>, acesso em: 20 de ago. 2008.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.17, n.3, p.360-369, dez. 2000.

UNESCO. *700 science experiments for everyone*. New York: Doubleday, 1956, 252p.

Recebido em : 23/04/09

Aceito em : 14/04/09

## **Apêndice A**

### **Instrumento de coleta de dados aplicado a formandos da Licenciatura em Física**

- 1- De que forma os diferentes perfis sócio-econômicos dos alunos podem interferir na aplicabilidade didática do material?
- 2- De que forma uma metodologia de ensino que utilize este material contribui para a aprendizagem em Física, comparativamente ao uso de outras metodologias?
- 3- Imagine uma situação escolar típica na qual você decida utilizar o conjunto no desenvolvimento de certo conteúdo. Descreva como você encaminharia esta situação.
- 4- Tente relacionar os conteúdos que se apresentam como mais convenientes para utilização do conjunto, e cite os conteúdos que você acredita que não são adequados para utilização do material, explicando o porquê você pensa assim.
- 5- Explícite as vantagens e desvantagens de uma aula que utilize este material, em relação a outra, realizada exclusivamente com conjuntos pré-fabricados industriais, e outra, baseada unicamente em materiais de baixo custo obtidos pelo professor ou pelos alunos.
- 6- Enumere os aspectos que necessitam aperfeiçoamento em relação ao uso do material.

**Anexo A**

**Descrição das peças que constituem o conjunto**

[extraído de Rocha Filho, Salami e Pastorini (2002)]

As peças de madeira são de 3 tipos básicos. Cada um destes tipos tem dimensões e furações variadas, mantendo as peças compatíveis entre si. Dados completos para construção das peças constam na tabela 1. As peças do tipo 1 são ripas de 25mm de largura e 7mm de espessura, com comprimentos de 6cm, 9cm, 15cm, 21cm e 33cm, com furos de 7mm de diâmetro espaçados por 3cm (centro a centro) em todo o comprimento. Assim, a ripa de 6cm tem 2 furos, a de 9cm tem 3 furos, a de 15cm tem 5 furos, a de 21cm tem 7 furos e a de 33cm tem 11 furos. A figura 1 mostra as peças do tipo 1.

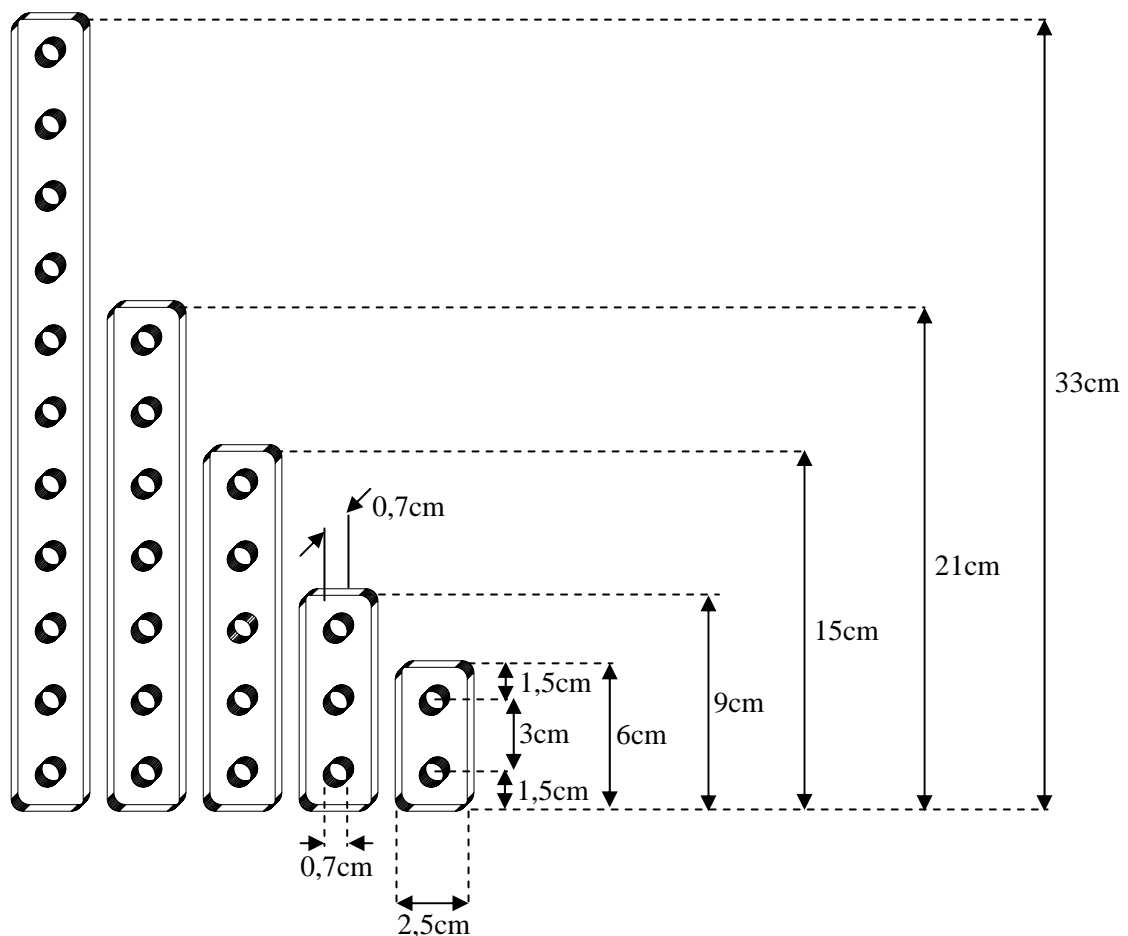


Figura 1: Peças do tipo 1 – Ripas

As peças de madeira do tipo 2 são blocos de base quadrada, de 2,5cm de aresta. Esses blocos têm comprimentos de 3cm, 6cm, 9cm e 15cm, e são mostrados na figura 2. Também neles os furos têm 0,7cm de diâmetro com separação entre centros de 3cm, e atravessam (vazam ou transpassam) os blocos de lado a lado. Na figura 2 esse detalhe foi omitido para evitar poluição visual que poderia dificultar a interpretação dos desenhos.

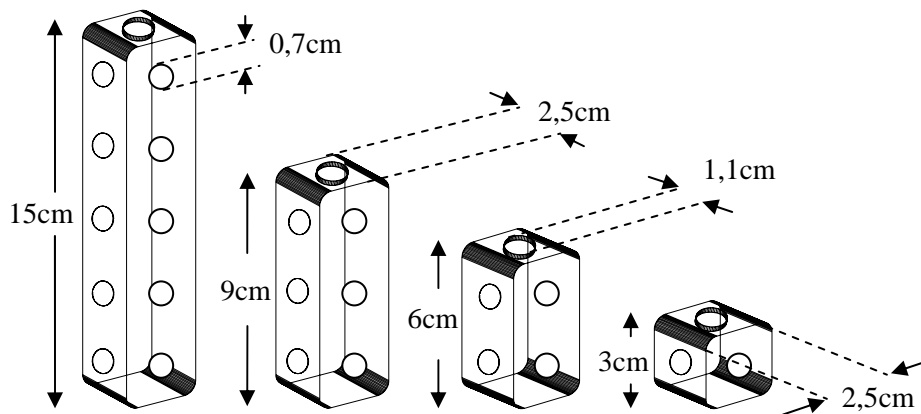


Figura 2: Peças do tipo 2 - Blocos

Os furos localizados nas duas bases quadradas de cada peça do tipo 2 devem ser ampliados com auxílio de uma broca de 1cm, ou de uma fresa de tupia de mesma bitola, até uma profundidade de 0,6cm. Nestas cavidades ampliadas serão inseridas porcas, sob pressão e com um pouco de cola própria para metal e madeira (Bonder ou Araldite, por exemplo). As porcas encaixadas nestas cavidades devem ficar embutidas e rentes à superfície do bloco. A figura 3 mostra uma ampliação do bloco de 6cm, com destaque para as furações e para o rebaixamento nas bases.



Figura 3: Peça do tipo 2 – Detalhe da inserção das porcas nas bases

As peças de madeira do tipo 3 são discos de 1,2cm de espessura, com um furo central de 0,7cm, rebaixo de 0,5cm ao longo de toda circunferência da borda externa (para que a peça sirva como polia), e raios medindo 3cm, 6cm e 12cm. A figura 4 mostra uma representação das peças de madeira do tipo 3.

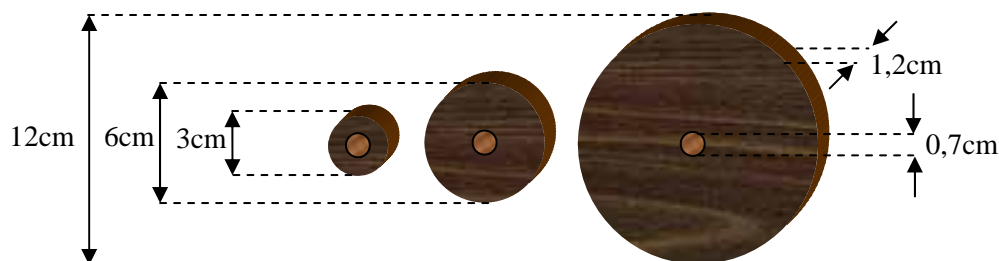


Figura 4: Peças do tipo 3 - Polias

As porcas, parafusos, arruelas, chaves e morsas, todas de metal, são descritas em detalhes na tabela 2, e um exemplar de cada tipo e tamanho das peças que formam o conjunto pode ser visto na figura 5.

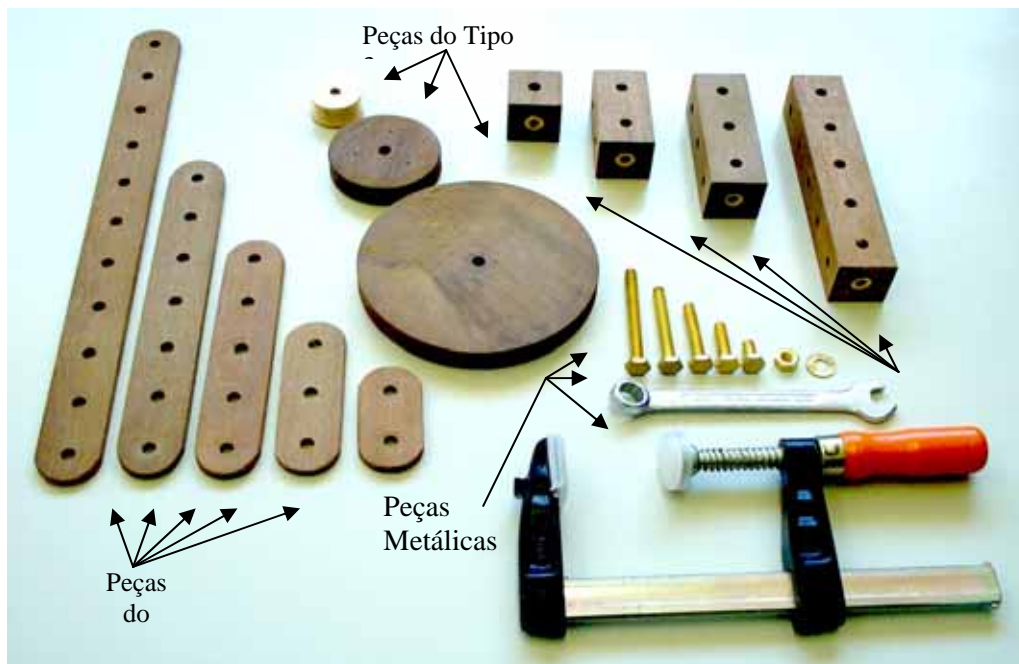


Figura 5: Exemplos das peças que compõem o conjunto

Como as aulas de laboratório de Física no Ensino Médio normalmente são realizadas com a organização dos estudantes em pequenos grupos, o número sugerido de peças metálicas e de madeira, de cada tipo e dimensão, foi calculado com base nessa premissa. Cada conjunto foi dimensionado para que um grupo consiga desenvolver ou sustentar experimentos, tantos quanto a imaginação permitir, quase sempre com o auxílio de materiais colhidos no cotidiano da comunidade escolar. Se em uma aula típica um professor organiza seus alunos em 4 grupos, então deve providenciar 4 conjuntos, e assim por diante.

A descrição minuciosa dos detalhes e dimensões das peças, fornecida nas tabelas 1 e 2, pode fazer o professor julgar que o conjunto é de difícil construção, ou caro. Na verdade, as peças são de manufatura simples para qualquer marceneiro que utilize apenas as ferramentas básicas de sua profissão, usando qualquer tipo comercial de madeira dura. O conjunto de experimentação é composto por 20 peças de madeira de cada um dos tipos e tamanhos já descritos, e a primeira remessa foi encomendada por um valor equivalente a 1/3 de um salário mínimo vigente na ocasião, em uma marcenaria local, incluindo o material (madeira tipo *cedrinho*) e o serviço. Mas este preço depende muito da localização da marcenaria. Em cidades distantes dos grandes centros urbanos o preço da confecção das peças é, geralmente, menor. Já as porcas, parafusos, arruelas, morsa e chaves foram compradas em lojas de ferragens e peças automotivas, por um valor equivalente ao das peças de madeira. Estas peças metálicas, ao contrário das de madeira, são geralmente mais baratas nas capitais. Escolhemos porcas, parafusos e arruelas de latão, devido à possibilidade de corrosão do aço carbono.

Assim, um conjunto básico, suficiente para um grupo de alunos, é composto pelas peças mostradas na figura 5, cada uma nas quantidades descritas abaixo:

- 20 peças de madeira de cada um dos 12 tipos e tamanhos (totalizando 240 peças), identificadas na tabela 1;
- 260 porcas, 100 arruelas e 100 parafusos de 5 tamanhos diferentes (20 de cada tamanho), descritos na tabela 2;
- 2 chaves adequadas para a cabeça dos parafusos e porcas, descritas na tabela 2;
- 2 morsa comuns, também conhecidas por *sargentos*, utilizadas para fixar as montagens à mesa, descritas na tabela 2.

Tabela 1 – Descrição das peças de madeira do conjunto proposto

Peça	Dimensões Todas as peças em madeira dura (Ipê, Cedrinho, etc)	Quantidade
Tipo 1 Ripa com 2 furos	Seção : Retangular Lados : 25 mm X 60 mm X 7 mm Furação : 2 furos Diâmetro dos furos : 7 mm Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 1 Ripa com 3 furos	Seção : Retangular Lados : 25 mm X 90 mm X 7 mm Furação : 3 furos Diâmetro dos furos : 7 mm Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 1 Ripa com 5 furos	Seção : Retangular Lados : 25 mm X 150 mm X 7 mm Furação : 5 furos Diâmetro dos furos : 7 mm Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 1 Ripa com 7 furos	Seção : Retangular Lados : 25 mm X 210 mm X 7 mm Furação : 7 furos Diâmetro dos furos : 7 mm Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 1 Ripa com 11 furos	Seção : Retangular Lados : 25 mm X 330 mm X 7 mm Furação : 11 furos Diâmetro dos furos : 7 mm Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 2 Bloco com 3cm	Seção : quadrada Lados : 25 mm X 30 mm X 25 mm Furação : 1 furo em cada face lateral e 1 furo em cada base (para a porca) Diâmetro dos furos : 7 mm transpassantes nas faces laterais, e 10mm @ 6mm de prof. nas bases Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 2 Bloco com 6cm	Seção : quadrada Lados : 25 mm X 25 mm X 60 mm Furação : 2 furos em cada face lateral e 1 furo em cada base (para a porca) Diâmetro dos furos : 7 mm transpassantes nas faces laterais, e 10mm @ 6mm de prof. nas bases Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 2 Bloco com 9cm	Seção : quadrada Lados : 25 mm X 25 mm X 90 mm Furação : 3 furos em cada face lateral e 1 furo em cada base (para a porca) Diâmetro dos furos : 7 mm transpassantes nas faces laterais, e 10mm @ 6mm de prof. nas bases Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20
Tipo 2 Bloco com 15cm	Seção : quadrada Lados : 25 mm X 25 mm X 150 mm Furação : 5 furos em cada face lateral e 1 furo em cada base (p/ a porca) Diâmetro dos furos : 7 mm transpassantes nas faces laterais, e 10mm @ 6mm de prof. nas bases Distância entre furos : 30 mm centro-a-centro, simetricamente colocados em relação às laterais das peças	20




Tipo 3 Disco com 3cm	Disco de 30 mm de diâmetro Furo central de 7 mm de diâmetro Espessura de 12 mm Rebaixo de 5 mm no centro de toda a circunferência externa (para uso como polia)		20
Tipo 3 Disco com 6cm	Disco de 60 mm de diâmetro Furo central de 7 mm de diâmetro Espessura de 12 mm Rebaixo de 5 mm no centro de toda a circunferência externa (para uso como polia)		20
Tipo 3 Disco com 12cm	Disco de 120 mm de diâmetro Furo central de 6 mm de diâmetro Espessura de 12 mm Rebaixo de 5 mm no centro de toda a circunferência externa (para uso como polia)		20

Tabela 2 – Peças metálicas componentes do conjunto de experimentação

Material	Caracterização (dimensões aproximadas)	Quantidade
Parafuso	de latão ou aço carbono, cabeça sextavada, 2,5 polegadas de comprimento, ¼ polegada de diâmetro, 20 roscas por polegada	20
Parafuso	de latão ou aço carbono, cabeça sextavada, 2 polegadas de comprimento, ¼ polegada de diâmetro, 20 roscas por polegada	20
Parafuso	de latão ou aço carbono, cabeça sextavada, 1,5 polegadas de comprimento, ¼ polegada de diâmetro, 20 roscas por polegada	20
Parafuso	de latão ou aço carbono, cabeça sextavada, 1 polegada de comprimento, ¼ polegada de diâmetro, 20 roscas por polegada	20
Parafuso	de latão ou aço carbono, cabeça sextavada, ½ polegada de comprimento, ¼ polegada de diâmetro, 20 roscas por polegada	20
Arruela	de latão, aço inoxidável ou aço carbono, 5/8 polegada de diâmetro externo, ¼ polegada de diâmetro do furo	100
Porca	de latão, aço carbono ou aço inoxidável, sextavada, 7/16 polegada, adequada aos parafusos acima	260
Chave	estrela de um lado e boca de outro, 7/16 polegada, adequada à cabeça dos parafusos e porcas especificadas acima	2
Morsa (Sargento)	de tamanho adequado ao uso em mesas comuns, com abertura de 5 cm ou 10 cm, por exemplo	2

As dimensões das peças têm principalmente uma correlação interna, porque devem ser compatíveis entre si para permitir o desenvolvimento de estruturas, porém a origem das dimensões básicas é externa, e está associada à disponibilidade de material do mercado. A largura das ripas e blocos foi pensada em termos de polegadas, pois é assim que os sarrafos são comprados em madeiras, por isso nossa opção por 25mm, que é aproximadamente 1 polegada. A espessura das ripas, de 0,7cm, é compatível com a dimensão comercial das molduras dos marcos de porta, sendo encontrada com facilidade no mercado. Já os discos têm 1,2cm de espessura porque esta é a dimensão padrão para as tábuas aplainadas mais finas que podem ser encontradas comumente, e o diâmetro menor, de 3cm, foi dimensionado para ser ligeiramente maior do que a largura das ripas e blocos, para que o disco possa ser nelas encaixado, formando pequenos carrinhos. Os discos com diâmetros de 6cm e 12cm mantêm com o primeiro relações inteiras de 2X e 4X, para que sistemas de transmissão por correias mantenham razão inteira e facilmente verificável. Os furos são de 0,7cm de diâmetro por duas razões: porque esse é um diâmetro padrão de brocas, facilmente encontrado em lojas de ferragens, e porque é ligeiramente maior do que o diâmetro dos parafusos de ¼ de polegada, também facilmente encontrados no mercado, de maneira que os parafusos se encaixam nos furos com um pouco de folga. As arruelas servem para que, no caso de necessidade de um aperto mais forte numa dada associação, as porcas não danifiquem as peças de madeira, distribuindo a força de compressão em uma área maior.