

A RECONSTRUÇÃO DA MÁQUINA DE ATWOOD: DESPERTANDO A INICIATIVA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS NO CONTEXTO DO ENSINO DE FÍSICA

Sonia M. Dion¹, Luiz A. Toledo¹, Ricardo S. Vicente¹, João M. H. Ruiz¹
Universidade São Judas Tadeu¹, Faculdade de Tecnologia e Ciências Exatas
Rua Taquari, 546 - São Paulo - SP
03166-000 - fone (11) 6099 1766
prof.sdion@usjt.br

Resumo. *É possível despertar a iniciativa para a elaboração de projetos, entre os estudantes, desde as séries iniciais? Como desenvolver uma experiência desse tipo, a partir do contexto de uma disciplina básica? Que tipos de respostas, em termos de condutas e aprendizagem, os estudantes manifestam?*

Tendo como motivação a reconstrução de uma máquina de Atwood, equipamento relativamente simples utilizado no estudo das leis dos corpos em queda, desenvolveu-se uma experiência em ensino e aprendizagem, dentro da disciplina de Física, com estudantes do primeiro ano de Engenharia da USJT.

Nesta experiência, sem descartar a preocupação com o tratamento do conteúdo físico, buscou-se trabalhar, entre os estudantes, o desenvolvimento de algumas habilidades significativas para um futuro engenheiro como, por exemplo, a capacidade de transformação de idéias em projetos, de seleção adequada de material, de resolução de problemas na execução de projetos, etc.

Coube aos alunos, a obtenção e seleção de informações, a elaboração do projeto, a construção e a operação do aparelho, cabendo aos professores a orientação e o acompanhamento do processo pedagógico.

Neste trabalho, apresentamos um relato da experiência, contemplando seus aspectos pedagógicos, as fases do desenvolvimento e, seus resultados, em termos das questões acima colocadas.

Palavras-chave: *Projetos, Engenharia, Física, Atwood*

1. INTRODUÇÃO

Numa época em que o acesso à informação está amplamente difundido, selecionar informações e tomar decisões bem fundamentadas são competências muito valorizadas em qualquer profissão. No caso da Engenharia, espera-se que, quando formado, o estudante tenha adquirido, por exemplo, a capacidade para “resolver problemas concretos, modelando situações reais”, a capacidade de “elaboração de projetos e proposição de soluções técnica e economicamente competitivas” bem como competências no âmbito das relações humanas no trabalho tais como, por exemplo, a capacidade de “comunicação e liderança para trabalhar em equipes multidisciplinares”, Revista do Provão [1].

Nos cursos de graduação, objetivos como esses permeiam o ensino das disciplinas das séries mais adiantadas enquanto, nas séries iniciais, a preocupação é basicamente com o conteúdo. Na disciplina de Física, por exemplo, trabalha-se comumente com base na resolução de exercícios de um livro texto e na tomada de medidas no laboratório.

Seria possível, entretanto, fazer da disciplina de Física um *contexto* para que competências mais gerais, como aquelas a que nos referimos, pudessem ser exercitadas já desde as séries iniciais? Além disso, seria possível *despertar a iniciativa* para elaboração e execução de projetos, entre os estudantes, desde as *séries iniciais*? Que tipos de respostas, em termos de *condutas, tomadas de decisão e aprendizagem de conteúdos*, os estudantes manifestariam?

Neste trabalho, é apresentada uma experiência pedagógica, desenvolvida na USJT, São Paulo, em que essas questões foram objeto de investigação.

Nesta experiência, propôs-se a estudantes da primeira série do curso de Engenharia Elétrica a reconstrução de uma máquina de Atwood, equipamento relativamente simples, utilizado no estudo das leis do movimento de queda dos corpos.

Em vez da construção de uma réplica, a partir de um modelo, optou-se por transformar o processo num projeto, demandando busca e seleção de informações e, tomadas de decisão, por parte dos alunos construtores; coube aos professores fornecer as bases conceituais e conduzir o processo pedagógico.

Neste artigo, apresenta-se o contexto pedagógico que fundamentou a proposta de reconstrução de máquinas de Atwood, dentro da disciplina de Física I; tomando-se como referência um dos protótipos, apresentam-se alguns problemas técnicos gerados para sua montagem e as soluções encontradas pelos estudantes; finalmente, discutem-se os resultados, em termos das questões que este trabalho se propôs responder.

2. MÁQUINA DE ATWOOD: DESCRIÇÃO E OBJETIVOS

A máquina de Atwood é um equipamento que permite o estudo das leis do movimento dos corpos em queda, bem como a determinação experimental da aceleração da gravidade. Inventada por George Atwood (1746-1807), sua descrição aparece, pela primeira vez, em “A Treatise on the Rectilinear Motion and Rotation of Bodies”, publicado em 1784, [2].

Esse instrumento consiste basicamente de dois corpos, de mesma massa, conectados por um fio inextensível e de massa desprezível, que passa por uma polia, projetada para girar de uma forma que o atrito com seu eixo seja também desprezível.

Nessas condições, as massas permanecem em equilíbrio, em quaisquer posições em que sejam colocadas. Sobrecarregando-se, porém, um dos corpos, com um corpo de massa muito menor, o equilíbrio é rompido e o sistema adquire movimento vertical uniformemente acelerado.

O equipamento tem como um componente, também, um cursor anular, dispositivo capaz de remover, automaticamente, essa massa adicional. Feita a remoção, o movimento não cessa, mas prossegue, agora com velocidade constante.

Tendo em vista estas características, a máquina de Atwood constitui um instrumento pedagógico bastante rico.

Como instrumento para tomada de medidas, que comprovem leis da Física, a máquina permite que se façam os seguintes experimentos:

Empregando-se somente o cursor de fim de curso, e fazendo-se variar sua posição, pode-se demonstrar a proporcionalidade entre espaços percorridos e o quadrado do tempo gasto para percorrê-los.

Empregando-se o cursor anular, e variando-se sua posição, faz-se com que a massa adicional seja retida em diferentes pontos; pode-se demonstrar que a velocidade adquirida no momento da retenção, que a partir daí se mantém constante, é proporcional ao tempo contado desde o começo da queda.

Variando-se as massas adicionais e fixando-se o tempo, e utilizando-se apenas o cursor de fim de curso, pode-se, através das medidas de espaço percorrido, determinar as acelerações adquiridas; com isso, é possível uma demonstração experimental da proporcionalidade das forças às acelerações.

Finalmente, obtendo-se a aceleração de queda, da forma aqui descrita, e sendo as massas conhecidas, inclusive a da polia, é possível chegar-se a uma determinação da aceleração da gravidade.

Mas sua utilidade não se esgota na obtenção de medidas, relativas às leis do movimento ou ao valor da aceleração da gravidade.

A máquina de Atwood pode ser utilizada como instrumento para se aprofundar o entendimento de alguns conceitos da cinemática e da dinâmica como, por exemplo, o papel do momento de Inércia na rotação, do atrito no retardo ou promoção do movimento e, em particular, do princípio da Inércia.

Este último conteúdo, por exemplo, apresenta uma dificuldade, já catalogada pelas pesquisas em concepção espontânea [5] e bastante difícil de ser superada pelos estudantes: em vez de associar força à aceleração, o senso comum associa força à velocidade; um dos reflexos dessa concepção é a dificuldade que os estudantes têm em pensar na possibilidade de os corpos se moverem sem que sobre eles atue alguma força, que é um dos aspectos da lei da Inércia.

A máquina de Atwood permite que se visualize uma situação em que os corpos se movem, apesar da força resultante sobre eles ser nula. Como objeto de discussão, essa situação pode fornecer um subsídio para que uma barreira conceitual seja trabalhada em sala de aula.

Assim, a indicação desse equipamento, como objeto a ser construído pelos estudantes, foi uma escolha pensada a partir de sua utilidade como instrumento pedagógico, e de sua vinculação com os conteúdos usualmente tratados na disciplina de Física I.

3. A RECONSTRUÇÃO DA MÁQUINA DE ATWOOD COMO EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E DESENVOLVIMENTO

O projeto de reconstrução da máquina de Atwood foi desenvolvido a partir de uma visão de ensino da Física para a Engenharia que, além de se preocupar com a abordagem do conteúdo de forma rigorosa, preocupa-se também com a concepção de Ciência que os estudantes constroem; aliada a essa visão, acredita-se que as formas de interação entre professor e aluno e, especialmente, entre os próprios estudantes, pode se constituir num cenário ideal para o desenvolvimento de condutas desejáveis do ponto de vista da vida em sociedade e do exercício futuro da profissão.

Ao escolher-se um equipamento cuja utilização estivesse vinculada ao conteúdo físico usualmente tratado no primeiro ano do curso de Engenharia, ou seja, leis de Newton e seus desenvolvimentos, tanto o tratamento formal do conteúdo alimentou o processo de construção, como o próprio processo e, em particular, a utilização da máquina, contribuiu para a aumentar a compreensão dos estudantes desse conteúdo e de suas aplicações.

Ao projetar o equipamento, tendo que recorrer ao referencial de uma teoria, os estudantes puderam exercitar uma concepção de Ciência: medidas foram tomadas depois de sua possibilidade e significado terem sido antecipadas pela teoria; o próprio equipamento foi encarado como um sistema de “lentes”, através das quais foi possível enxergar os fenômenos, separando variáveis relevantes e tomando medidas significativas.

Do ponto de vista pedagógico, a maneira de se ver a utilização do laboratório dentro do ensino das Ciências básicas, que fundamentou esse projeto, traz reflexos dessa concepção. Além das aulas tradicionais, em que se exercitam a tomada e o tratamento de medidas de forma rigorosa, é possível fazer das aulas de laboratório um espaço para discussão e aprofundamento no entendimento do significado de conceitos; mais que isso, o laboratório pode ser visto como um espaço para elaboração de projetos, com experiências abertas, sem roteiros pré-produzidos, que facilitem a emergência de questões, no contexto dos experimentos, e induzam à criatividade [6].

Um outro aspecto fundamentando esse projeto é a visão de ensino e aprendizagem que leva em conta as concepções prévias dos estudantes que, embora possam representar dificuldades para a compreensão do conteúdo, podem ser tomadas como ponto de partida para a sua superação. Dessa forma, investe-se não apenas na resolução de exercícios, como tradicionalmente se faz, mas na geração de problemas, que estimulem o surgimento de discussões, durante as quais as idéias dos estudantes emergem, podendo ser então trabalhadas.

No caso específico do estudante de engenharia, em que muitos deles já têm alguma atuação na área, como técnicos, levar em conta suas concepções prévias significa também levar em conta e, valorizar, suas competências.

Tendo como ponto de partida essas concepções, propôs-se aos estudantes a reconstrução da máquina. Coube a eles o levantamento das informações, a seleção de material, seu dimensionamento, construção, ajustes e, finalmente, sua utilização para a tomada de medidas.

Organizados em grupos, 33 alunos de um total de 40 envolveram-se no projeto, tendo 26 deles permanecido até o final.

Projeto e construção tomaram, ao todo, um período de 7 meses. Ao longo desse período, a interação com os professores foi constante; providenciaram-se reuniões, onde os progressos e problemas eram discutidos, seminários para aprofundamento do conteúdo e, em especial, troca de informações entre os próprios estudantes.

Essas discussões, as avaliações intermediárias dos professores e o esforço sempre presente dos estudantes, permitiram a evolução gradual dos projetos.

Uma avaliação em particular se mostrou bastante interessante: baseada numa série de categorias significativas para o ensino da engenharia (criatividade, cooperação no grupo, habilidade de pesquisa e obtenção de informações, integração teoria-prática, habilidade na comunicação de idéias, seleção adequada de material, controle de qualidade do produto final, cumprimento de prazos) permitiu aos estudantes terem seu trabalho avaliado de uma forma diferenciada, mais próxima do exercício profissional, do que as avaliações tradicionais.

A socialização dos resultados dessa avaliação foi uma escolha que também se mostrou produtiva, estimulando a troca de informações entre os estudantes e o aprimoramento dos projetos em elaboração.

Construídos os equipamentos, a fase final constituiu o que chamamos período de “domínio da máquina”. Nas semanas finais do projeto os estudantes aprenderam a compreender o comportamento de suas máquinas, com suas peculiaridades, qualidades e defeitos, e fizeram ajustes visando a uma maior eficiência na tomada de medidas; mais que isso, dispondo agora de um equipamento concreto, puderam compreender melhor o significado das medidas propostas pela teoria, aumentando a compreensão da própria teoria por trás do projeto e construção das máquinas.

Construíram-se 6 máquinas. Destas, 4 ainda conservam um aspecto rudimentar, não permitindo a tomada de medidas rigorosas; por outro lado, duas delas revelaram-se excelentes instrumentos de medida, tendo uma, inclusive, e por sugestão e desenvolvimento dos próprios autores, acoplado ao instrumento um computador, através do qual se podem ver os resultados das medidas apresentados na forma de gráficos, diretamente na tela.

Do ponto de vista pedagógico, valorizaram-se todos os trabalhos, já que houve progresso, maior ou menor, por parte de todos os estudantes envolvidos.

Esse progresso foi avaliado a partir das várias versões dos projetos, produzidas ao longo do período, da interação nos grupos e com os professores e, de um questionário.

Um ponto importante a destacar é que em momento algum se fez referência à atribuição de nota. As recompensas apontadas foram a possibilidade de uma maior interação com os professores, o que usualmente se dá apenas em sala de aula, de aprendizagem mais aprofundada de um conteúdo, de se exercitarem competências prévias, de se ter um objeto-produto ao final e da possível participação em um evento interno da Instituição.

4. A CONSTRUÇÃO DE UM DOS PROTÓTIPOS: OS ESTUDANTES “ENGENHEIRANDO”

Para este trabalho, escolhemos enfatizar o processo de construção de uma das máquinas, aquela em que os estudantes construtores tiveram um grande envolvimento, empregando suas habilidades próprias e, como consequência, construindo um equipamento funcional e de grande qualidade.

Essa ênfase, no entanto, não estará sendo colocada na máquina como objeto, mas nos dados do processo pedagógico e em que medida estes dão conta do desenvolvimento, entre os estudantes, de características desejáveis para futuros engenheiros; estaremos, assim, focando nossa atenção nos critérios através dos quais os estudantes identificaram problemas e buscaram soluções, o que pode revelar em que medida exercitaram, de fato, estas características.

As decisões tomadas pelos estudantes estiveram relacionadas aos seguintes aspectos da construção da máquina:

- a altura da máquina

Tendo em vista a utilização do equipamento para *fins educacionais*, planejou-se inicialmente uma máquina de cerca de 1m de altura, que poderia ser colocada sobre uma mesa e vista por toda uma sala de aula.

Surge então a preocupação com sua *estabilidade*.

Como as mesas de sala de aula podem não ser muito bem niveladas, pensou-se em transferir sua utilização para o piso da sala. Isso exigiu uma ampliação de altura de 1m, para 2m. Por quê se escolheu essa como sendo a medida final?

Primeiramente, previu-se que, com essa medida, o equipamento seria *visível* a partir do chão e poderia se sustentar, tendo em sua base dispositivos para garantir o nivelamento requerido.

Um critério adicional, porém, esteve ligado ao *conteúdo físico* que se pretendia abordar com o equipamento; o grupo de alunos construtores achou que, para uma boa *observação* dos movimentos, o massor deveria percorrer pelo menos 1m de distância.

A partir daí, definiu-se a dimensão final como sendo de 2 metros de altura, com espaço útil, espaço que o corpo efetivamente poderia percorrer, de até 1,6 metros.

- o material para o fio

Nesse caso, o critério de escolha deveria se basear em duas condições: o fio deveria ter *massa desprezível* em relação aos demais componentes e ter *deformação desprezível* no sentido do comprimento.

Fio de fibra de carbono foi descartado pela dificuldade de ser encontrado; fio de nylon pela alta deformação; optou-se então pela utilização de um cordonê, fio de algodão nº 0, extraforte.

- a cor do fio

Estranho como possa parecer, em dado momento do projeto, a cor do fio se mostrou ser relevante.

Tendo em vista a utilização de sensores óticos, estes detectavam também o movimento do fio; como o que se queria estudar era o movimento dos massores e não do fio, resolveu-se o *problema* pintando-se o fio de preto, com uma caneta hidrográfica.

- a polia

Nesse caso o que se exigia era uma polia que girasse com um *atrito desprezível* e cuja *massa não interferisse* de forma indesejada na obtenção de medidas dos movimentos dos massores.

Quanto à massa, uma primeira escolha baseou-se na idéia de se ter uma polia de massa desprezível, pois é assim que trabalham os livros didáticos, quando tratam de queda de corpos vinculados a polias.

Uma polia de plástico, de massa 50 g, e diâmetro 10,2 cm, mostrou-se completamente *ineficiente* pois não dava conta de colocar a máquina em movimento.

Esse foi um dos momentos em que se fez necessária uma interrupção para um *aprofundamento conceitual*; com o apoio da teoria, chegou-se à conclusão de que é perfeitamente aceitável uma polia de massa não desprezível, desde que essa massa seja levada em conta nos cálculos das interações; a partir daí, utilizando-se também cálculo para eixos, foi possível se chegar a uma decisão final para o material, diâmetro e massa da polia.

Quanto ao atrito com o eixo, percebeu-se, mesmo após várias trocas de rolamentos, que era impossível eliminá-lo completamente.

- o equilíbrio do sistema

O equilíbrio do sistema foi projetado a partir da fixação da coluna de 2 metros, perpendicularmente a uma base, a partir de uma espiga de aço, colocada por dentro de um perfilado de alumínio. Como, porém *fixar* a polia na

outra extremidade, representou um problema a ser resolvido; se a fixação fosse feita em um dos lados da coluna poderia representar um fator de *desequilíbrio*.

Resolveu-se o *problema* embutindo a polia no centro da coluna, mantendo, assim, todo o peso na linha que passava pelo *centro de gravidade* do sistema.

- a frenagem dos massores

Tendo a máquina sido colocada em funcionamento, verificou-se que, dependendo da velocidade adquirida pelos massores, não era possível efetuar o movimento até o final; ocorriam *problemas* como: o massor que descia batia com grande *impacto* na base; o que subia continuava, por inércia, seu movimento, fazendo com que o *fio escapasse* da polia e, até mesmo, se cortasse na quina da coluna, ao cair.

Essa situação foi *resolvida*, elaborando-se um aparador mecânico, com uma borracha, visando a amortecer o impacto do massor que descia e, um novo cursor de fim de curso, para parar e amortecer o cursor que subia, evitando definitivamente a desmontagem do sistema, independentemente da velocidade atingida.

Exemplos como esses ilustram algumas das decisões tomadas pelos estudantes. A forma como os problemas foram identificados, como as soluções foram encontradas, a busca constante pelo respaldo da fundamentação teórica, a criatividade, a preocupação com a qualidade do produto final, revelam, no mínimo, embriões de condutas de engenharia que, em nosso entendimento, merecem ser trabalhadas, já desde as séries iniciais.

5. A RECONSTRUÇÃO DA MÁQUINA DE ATWOOD: RESULTADOS DE APRENDIZAGEM

A reconstrução da máquina de Atwood teve como objetivo, como instrumento pedagógico, despertar a iniciativa para elaboração e execução de projetos, entre os estudantes, a partir de uma disciplina básica, a disciplina de Física.

Conforme já dissemos, mais que a apresentação das máquinas, como objetos-produto, estivemos interessados em avaliar os resultados do ponto de vista do progresso manifestado pelos estudantes na construção de condutas de futuros engenheiros.

Dessa forma, tivemos como objeto de pesquisa, procurar respostas em termos de quais condutas, tomadas de decisão e aprendizagem de conteúdos, os estudantes manifestariam; sendo assim, nossos resultados de pesquisa estão apresentados a partir de uma análise qualitativa de dados.

Ou seja, em vez de nos concentrar em dados estatísticos, estivemos interessados em identificar a *natureza da aprendizagem* promovida; para isso, extraímos e, apresentamos aqui, trechos selecionados do discurso dos estudantes, que consideramos como resultados válidos de aprendizagem, num sentido amplo.

- O futuro engenheiro executando e melhorando seu projeto

- “Talvez *escolhesse* uma *polia* de diâmetro maior, para minimizar ainda mais o efeito do *atrito* entre o eixo e a polia”.

- “Após a construção, *reduzimos os pesos* dos dois massores; *chegamos experimentalmente* ao peso de um massor que anulou a força de atrito do sistema; *umentamos a estria* da polia”.

- O futuro engenheiro e seu contexto de trabalho

- “*Começaria a execução mais cedo*, porque *algumas etapas não dependem de nós*, mas sim de outros profissionais como torneiro, ferreiro, etc.”

- “Trouxe uma *experiência de ‘como se virar’* para procurar materiais e mão de obra”.

- O estudante e suas experiências de aprendizagem

- “Eu acho que pude passar um pouco de meus conhecimentos a meus colegas ...”

- “Tivemos a ajuda de outros grupos na escolha do material e onde comprá-lo; esse *companheirismo* é essencial para que possamos *crescer juntos*”.

- “É claro que tivemos que correr atrás, senão não seria um *projeto nosso!*”

- “Apesar de não ter ficado uma maravilha, nós *confeccionamos* a máquina e a *criamos* do mesmo jeito que a *projetamos*”.

- “Aprendi a *compartilhar idéias e colocá-las em prática*, além de *umentar o conhecimento* sobre alguns conceitos de Física, como a queda de corpos”.

- “A *satisfação* de ver seu projeto funcionar após tanta dedicação é surpreendente!”

- “... a partir de um tema apenas colocado para os alunos, tivemos a oportunidade de ‘engenheirar’, ou seja, *pesquisar, projetar, construir* o protótipo, *encontrar os problemas* e *resolvê-los* e, finalmente, *aperfeiçoá-lo* e *incrementá-lo*”.

Vemos aqui os estudantes fazendo escolhas técnicas, tomando decisões ou refletindo posteriormente sobre escolhas possíveis, a partir de objetivos bem definidos; isso além de revelar aprendizagem de conteúdo, com conseqüências sobre a relação teoria-prática, revela também o aparecimento de condutas desejáveis para um futuro engenheiro, como, por exemplo, criatividade, preocupação com seleção adequada de material e controle de qualidade do produto final.

Já outros trechos indicam que houve aprendizagem quanto às possíveis relações que o trabalho do engenheiro envolve; embora no contexto de uma disciplina básica, a necessidade de procurar materiais e competências, de gerenciar um “projeto”, resolvendo problemas previstos ou inesperados, parece ter sido um objetivo atingido.

Algumas frases indicam que houve também conseqüências em termos de relacionamento humano, com o trabalho colaborativo em grupos e troca de conhecimentos e experiências.

Finalmente, os estudantes revelam um sentimento de valorização, tanto pela oportunidade de exercitar suas competências como de poder viver uma experiência, embora ainda num contexto limitado, de como “engenheirar”.

6. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados demonstram, em nossa concepção, ser possível, de fato, despertar a iniciativa para a condução de projetos, entre os estudantes de engenharia, já desde as séries iniciais; outro aspecto a se levar em conta é a ocorrência dessa experiência dentro de uma disciplina usualmente encarada apenas como básica, no sentido de oferecer fundamentação teórica para aquelas consideradas como mais instrumentais.

De forma algumas vezes ainda tentativa e rudimentar, os estudantes puderam ser iniciados no processo de tomadas de decisão, de resolução de problemas e aprimoramento na busca de resultados, a partir de uma base teórica cientificamente acreditada.

Embora o nível de envolvimento dos estudantes não tenha sido homogêneo, a maioria deles aproveitou-se do espaço para exercitar e desenvolver competências mais gerais, não habitualmente associadas ao ensino e aprendizagem da disciplina de Física.

A ausência de preocupação com nota revela também um certo amadurecimento dos estudantes, em relação às expectativas que trazem do 2º grau, onde a ênfase é colocada na aprovação.

A abertura desse espaço, dentro do ensino da disciplina de Física, proporcionou-lhes a oportunidade de perceber uma gama de possibilidades envolvidas na aquisição do conhecimento e apontou, para os estudantes, uma meta a ser perseguida nas séries à frente, quando estarão envolvidos com conteúdos mais específicos da modalidade de Engenharia que escolheram.

Assim, fundamentando-nos nos resultados obtidos através desta experiência, pretendemos colocar em discussão a atribuição de um papel mais amplo para o ensino das disciplinas básicas, em particular a Física, dentro do currículo do ensino de Engenharia, como espaços possíveis para um início de desenvolvimento de competências e habilidades características do futuro engenheiro.

Agradecimentos

Agradecemos ao professor Luiz de Oliveira Xavier, diretor da Faculdade de Tecnologia e Ciências Exatas da USJT, pela sugestão de reconstrução do equipamento e pelo acompanhamento, e incentivo, ao longo de todo o desenvolvimento do projeto.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Revista do Provão, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Brasília, 2000, nº 5, pp.14,15.
- [2] <http://www.uc.pt/ihti/proj/fisica/5.htm>
- [3] <http://www.terra.es/personal/manmig/pages/atwood.htm>
- [4] The Encyclopedia Americana, vol 2, Americana Corporation, New York, p. 663.
- [5] L.Viennot, Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire , Paris, Hermann, 1979.
- [6] J. M. Sebastia, “Las Clases de Laboratorio de Física: Una Propuesta para su Mejora”, Enseñanza de las Ciencias, 1985, pp. 42-45.
- [7] S. Kunioshi, Compêndio de Resistência dos Materiais, Escola Técnica Federal de São Paulo, MEC, 1973.
- [8] Physical Laboratory Apparatus - Catalogue 59L, Griffin & George Limited, London, 1959.
- [9] Alonso & Finn, Física, vol 1, Mecânica, ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1972.
- [10] A. Siqueira, A. C. S Almeida, J. Frejlich, , “Máquina de Atwood”, Rev. Bras. Ens. Fís., vol.21, nº 1, março, 1999.