



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.  
ISBN 85-7515-371-4

## **“PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BOMBAS D’ÁGUA” – TRABALHO SEMESTRAL NO ÂMBITO DE UMA DISCIPLINA PRÁTICA DE MEIO DE CURSO VOLTADA A PROJETO DE ENGENHARIA**

**Luís Edson Saraiva** – [saraiva@upf.br](mailto:saraiva@upf.br)

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura  
Campus I – Bairro São José  
99001-970 – Passo Fundo – RS

**Rubens Stuginski Jr** – [rubens@upf.br](mailto:rubens@upf.br)

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura  
Campus I – Bairro São José  
99001-970 – Passo Fundo – RS

**Resumo:** *Este trabalho faz o relato do trabalho semestral proposto aos alunos matriculados na disciplina de Síntese II do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo – RS, executado ao longo do segundo semestre de 2005. Este trabalho, denominado “Projeto e Construção de Bombas d’Água” se insere na proposta de duas disciplinas de meio de curso, Síntese I e Síntese II desenvolvidas no 5º e 6º semestres, respectivamente, que têm natureza e objetivos semelhantes ao “trabalho final de graduação”, mas que, diferentemente deste, possuem uma menor exigência do nível de conhecimento, forma de avaliação diferenciada e um caráter de trabalho marcadamente coletivo.*

**Palavras-chave:** Ensino de engenharia, Cursos de ementa flexível, Integração de conhecimentos.

### **1. INTRODUÇÃO**

Na grade curricular do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo, em vigência desde 2001, constam duas disciplinas, Síntese I e Síntese II, cujo objetivo primeiro é utilizar os conhecimentos adquiridos até o quinto nível do curso, bem como outras fontes de conhecimentos, (como a experiência profissional do aluno já inserido no mercado de trabalho), de modo a resolver problemas de engenharia, propostos pelos professores da disciplina. Tais problemas, denominados trabalhos semestrais, não raro resultam, além da concepção e projeto propriamente dito, na construção de algum dispositivo. Outros objetivos que se pretende alcançar com a disciplina são: desenvolver uma postura positiva e segura diante de problemas práticos e desenvolver a expressão oral (através de apresentações) e escrita (através da redação de relatórios técnicos).

Grosso modo, os trabalhos semestrais propostos para Síntese I são simples como, por exemplo, a determinação da aceleração gravitacional local com um pêndulo e a avaliação das incertezas envolvidas, trabalho proposto no mesmo semestre da experiência aqui relatada, no âmbito da disciplina Síntese II. Muito tempo é desperdiçado, entretanto, na elaboração orientada dos relatórios técnicos, sua correção e posterior re-elaboração. Em especial, atenção é dedicada ao correto emprego da metodologia científica na redação dos relatórios. Em contrapartida, em Síntese II a técnica de elaboração dos relatórios técnicos é considerada dominada pelos alunos, de forma que a maior parte do tempo e dos esforços é gasto no próprio projeto. Além disso, nos últimos anos tem-se demandado dos alunos, com excelente repercussão entre os mesmos, a elaboração de um pedido de patente (fictício) do dispositivo concebido, nos padrões exigidos pelo INPI. Um histórico das disciplinas, desde a sua concepção e regulamentação, passando pela sua implementação, contextualização na grade curricular, dificuldades superadas e projetos já desenvolvidos, pode ser encontrada em SARAIVA *et al.* (2005).

## **2. TRABALHO SEMESTRAL: CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE BOMBAS D'ÁGUA**

No segundo semestre de 2005, foi proposto como trabalho semestral a concepção, desenvolvimento e construção de um dispositivo para o recalque de vinte litros de água numa elevação vertical de três metros em um tempo máximo de quinze minutos. Para isso não foi permitido o uso de motores elétricos e motores de combustão interna. Foi permitida a utilização de tração humana e de dispositivos de combustão externa. Requereu-se também que os materiais utilizados fossem os mais simples possíveis (madeira, plástico, latas, pregos, parafuso, cola, vidro, etc.), não sendo permitidas operações de fabricação mais sofisticadas que corte, dobramento, furação e soldagem. Enfatiza-se aqui que os alunos, ao matricularem-se em Síntese II, já adquiriram a fundamentação matemática e física do curso, conhecimentos de termodinâmica, mecânica dos fluidos, materiais de construção mecânica, desenho técnico e resistência dos materiais, mas não frequentaram ainda a cadeira de Máquinas de Fluxo.

Para que a utilização do tempo disponível (um pouco mais de quatro meses) tivesse o melhor aproveitamento possível, um cronograma com prazos limite relativamente rígidos foi formulado e disponibilizado aos alunos no primeiro encontro<sup>1</sup>. Foi solicitado aos grupos (de dois ou três alunos) que, num prazo de duas semanas, redigissem uma proposta de projeto (anteprojeto) do dispositivo (uma descrição, com o maior detalhamento possível dos princípios físicos envolvidos e croquis para melhor entendimento dos passos a seguir, etc.). Durante este prazo, cada grupo deveria registrar ao menos uma idéia, mediante entrega aos professores de uma cópia escrita do anteprojeto, onde seriam anotadas pelo professor que a recebesse, a data e a hora do recebimento. Foram exigidos anteprojeto diferentes para cada grupo. Por esta razão, no caso de anteprojeto semelhantes, aqueles cuja entrega fossem subsequentes ao primeiro ficaram sujeitos a reformulação, ou mesmo rejeição, a critério dos professores da disciplina.

Foi solicitada a elaboração de três documentos, ao longo do semestre: um relatório técnico preliminar (com a descrição do dispositivo, cálculos e desenhos), a ser entregue aproximadamente quarenta e cinco dias do primeiro encontro, um relatório definitivo, (com o desenvolvimento posterior do dispositivo, acrescido de dados obtidos nos testes), e um pedido de patente do dispositivo, já no final do semestre. Para atender aos objetivos da disciplina, e também manter os alunos trabalhando no projeto ao longo de todo o semestre, foi adotada a

---

<sup>1</sup> A experiência dos professores responsáveis pela disciplina mostrou que um cronograma bem pensado do ponto de vista do tempo necessário à realização das diferentes tarefas, bem como estrito do ponto de vista do cumprimento de prazos é absolutamente necessário para o sucesso deste tipo de trabalho.

seguinte sistemática de avaliação. A avaliação da disciplina foi feita em seis etapas, a saber, defesa pública dos anteprojetos (peso 0,5); relatório preliminar (peso 1,5); protótipo e teste do protótipo (peso 3,0); relatório definitivo (peso 2,5); pedido de patente (peso 2,0) e defesa pública dos projetos (peso 0,5).

O cronograma da disciplina, abstraidos os feriados escolares é apresentado abaixo.

- 1º encontro - Apresentação da disciplina e do trabalho semestral.
- 2º encontro - Sessão de orientação
- 3º encontro - Data limite para registro das idéias sobre os dispositivos (anteprojetos).  
Sessão de orientação.
- 4º encontro - Defesa pública dos anteprojetos.
- 5º encontro - Sessão de orientação.
- 6º encontro - Sessão de orientação.
- 7º encontro - Sessão de orientação.
- 8º encontro - Entrega do relatório preliminar. Sessão de orientação.
- 9º encontro - Aula sobre patentes.
- 10º encontro - Aula sobre patentes.
- 11º encontro - Sessão de orientação.
- 12º encontro - Sessão de orientação.
- 13º encontro - Sessão de orientação.
- 14º encontro - Teste público dos protótipos.
- 15º encontro - Teste público dos protótipos.
- 16º encontro - Defesa pública do projeto, entrega do relatório definitivo e do pedido de patente.
- 17º encontro - Confraternização.

Um instantâneo de um dos dias de teste dos protótipos pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 - Teste dos protótipos.

### 3. PROJETOS DESENVOLVIDOS

Abaixo são sumariamente apresentados os projetos desenvolvidos por cada um dos grupos, em atenção ao trabalho semestral proposto.

#### 3.1. Bomba d'água de sucção de Savery

Foi utilizado o princípio desenvolvido por Thomas Savery, no final do século XVII, para remoção da água infiltrada em minas de carvão. A “máquina” de Savery baseia-se na redução de pressão que se verifica quando uma parcela do vapor que preenche um recipiente de volume constante se condensa. Tal redução de pressão permite a sucção de uma certa quantidade de água líquida para um nível mais elevado. Na construção do dispositivo foram utilizados cilindros vazios de extintores de incêndio, tubos de aço galvanizado, válvulas, manovacuômetros e um fogareiro de campanha, como mostrado na Figura 2. Embora altamente ineficiente, funcionou com perfeição, sendo que os resultados obtidos foram muito próximos àqueles preditos pelos cálculos.



Figura 2 - Bomba d'água de sucção de Savery.

### 3.2. Espiral de Arquimedes

O célebre parafuso de Arquimedes foi construído enrolando-se em espiral um tubo plástico flexível em torno de um tubo de PVC, como se pode ver na Figura 3. Inicialmente considerado um projeto sem grandes desafios, acabou se mostrando um bom exercício do emprego de trigonometria, ao se buscar os ângulos de inclinação do conjunto e das espirais que otimizassem a vazão. Empregou-se tração manual.



Figura 3 - Parafuso de Arquimedes.

### 3.3. Bomba d'água de cilindro-pistão

Uma bomba de tração manual construída com um tubo de PVC de 2", um pistão constituído de anéis de borracha separados entre si por arruelas de aço e espaçadores de nylon, acoplado a uma barra de aço, além de duas válvulas de retenção, acabou revelando-se um completo êxito, principalmente devido à qualidade da vedação obtida.

### 3.4. Bomba d'água de cilindro-pistão de dupla ação

Embora de concepção mais sofisticada que a anterior, de modo a aproveitar também o movimento de retorno do pistão para o recalque de água, não se mostrou tão eficiente devido a detalhes construtivos (Figura 4). O êmbolo construído com chinelos "havaianas" não se mostrou muito promissor...



Figura 4 - Bomba d'água tipo cilindro-pistão de duplo efeito.

### 3.5. Bomba d'água oscilatória

Constituída por uma manivela que movimenta uma biela, a qual produz movimento alternado ascendente e descendente em um tubo guarnecido por uma guia e acoplado a uma mangueira que leva a água a sua posição superior. No interior do tubo há uma esfera com movimento relativo em relação ao mesmo, em sentido contrário a este, devido à sua inércia. Quando o tubo está em seu percurso máximo descendente, a esfera está em sua posição superior, liberando a entrada da água no tubo. Quando o tubo está em seu curso máximo ascendente, a esfera está em sua posição inferior, bloqueando o retorno da água. Isso permite o recalque pulsante da água. Trabalho excelente, de concepção complexa, do projeto à construção. O protótipo pode ser visto na Figura 5.



Figura 5 - Bomba oscilatória.

### 3.6. Elevador de canecas

Concebido de modo semelhante ao elevador de canecas usado para o transporte de grãos e pós, foi construído com roldanas, cordas e embalagens de leite longa vida. No teste, houve dificuldades quanto à estabilização do conjunto. Sem grandes méritos em termos de cálculos, cumpriu seus objetivos.



### 3.7. Carneiro hidráulico

O carneiro hidráulico utiliza a vazão de um curso d'água para, além de suprir a água a ser recalçada, fornecer a energia cinética que, convertida em energia de pressão, promove o recalque. Não obstante carneiros hidráulicos terem sido desenvolvidos há, aproximadamente, duzentos anos, persistem ainda controvérsias a respeito de seu funcionamento e métodos de cálculo. No trabalho foi utilizada, entre outras fontes, a teoria prescrita por ROJAS, (2002). Foram utilizados tubos de aço galvanizado, válvulas e conexões e uma garrafa PET como “reservatório de pressão”, como pode ser visto na Figura 6. O carneiro hidráulico funcionou bem, mas com vazões bastante distantes daquelas previstas nos cálculos.

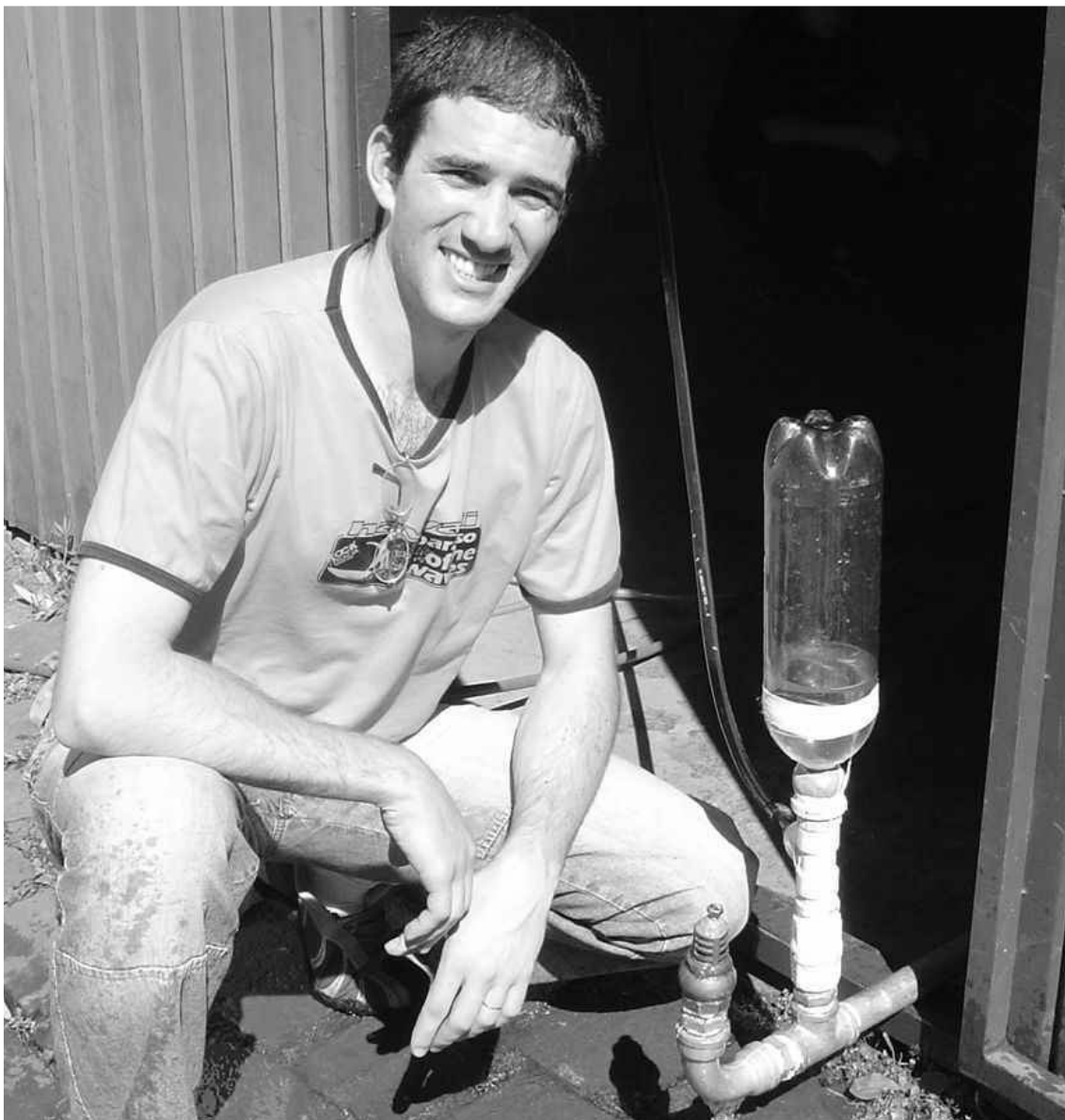


Figura 6 - Carneiro hidráulico.

### 3.8. Bomba rotativa de palhetas flexíveis

Empregaram-se palhetas de borracha acopladas a um rotor excêntrico no interior de um compartimento vedado, a não ser pelas seções de entrada e de saída. Embora os cálculos tenham sido corretamente realizados utilizando teoria apropriada (DUBBEL, (1979)), o grupo foi penalizado por utilizar rotor e compartimento prontos, obtidos em sucata. Na Figura 7 é mostrado o teste da bomba.



Figura 7 - Bomba rotativa de palhetas flexíveis.

### 3.9. Bomba peristáltica

O funcionamento da bomba peristáltica projetada pelos estudantes se dá pela compressão de mangueiras por meio de roletes acoplados a uma manivela de acionamento manual. Os cálculos empregaram uma formulação física e matemática simples e ao mesmo tempo elegante, para predição de vazões e pressões. A maior dificuldade foi de natureza tecnológica. A seleção dos materiais para a mangueira e para os rolos exigiu inúmeros testes. Por fim optou-se por roletes de nylon e mangueira de silicone. A bomba peristáltica construída pelos estudantes pode ser vista na Figura 8.



Figura 8 - Bomba peristáltica.

### 3.10. Bomba de pressão

Uma “bomba” altamente ineficiente, mas que atendeu às condições operacionais exigidas, tem seu funcionamento baseado na pressão gerada quando água vaporiza em um recipiente fechado. Um tonel cheio de água, completamente fechado a não ser por um tubo de aço que o adentra a partir de sua tampa superior e cuja extremidade mergulhada na água quase alcança sua base, serviu tanto de reservatório da água a ser elevada quanto de água a ser vaporizada. Foi fornecido calor através de resistências elétricas de grande potência, parte da água se vaporizou e, ao se expandir no topo do reservatório empurrou a água líquida (quente) através do tubo até a altura requerida.

### 3.11. Bomba de sucção com tubo de Venturi

A idéia era produzir vácuo parcial na garganta de um tubo de Venturi por onde passasse ar comprimido, de modo a gerar a sucção necessária à elevação da água. Para a fabricação do tubo de Venturi foi permitido o uso de processos de fabricação mais complexos que aqueles previamente estipulados (ver seção 2). Não obstante, a vazão produzida mostrou-se insuficiente de modo os requisitos operacionais não foram atingidos.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de trabalhos envolvendo projeto e construção de protótipos tem se mostrado altamente promissor no curso Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo. Inicialmente observa-se um grande empenho por parte do aluno, em resolver o

problema proposto de “qualquer forma” e a “qualquer custo”. Essa situação persiste até o momento que em tentativa e erro começa a custar caro em termos de tempo e consumo de materiais. Passada essa primeira fase começam os questionamentos a respeito da metodologia a ser empregada, da formulação/modelamento matemático, de qual professor pode ajudar. Tem sido função do grupo de professores orientadores da disciplina, dois ou três, promover discussões e questionamentos que levem os alunos a superar a fase da tentativa e erro o mais rápido possível. Deve-se observar que o convencimento para abandonar a técnica de tentativa e erro não é simples. Quando o aluno trabalha em grupo, usa o grupo para proteger-se da exposição que uma idéia incorreta pode causar.

No final do semestre é comum verificar que uma maioria significativa de alunos começa a compreender que projetar, em Engenharia Mecânica, é mais que desenhar, é mais que calcular algumas dimensões, é mais que modelar matematicamente o fenômeno físico. É também tomar decisões e ser responsável por elas. Isso fica evidenciado quando o aluno precisa “pedir a patente” de seu equipamento.

A avaliação da disciplina é também um momento de aprendizagem. Esta foi realizada a partir de três documentos gerados ao longo do semestre: dois relatórios técnicos e um pedido (fictício) de patente para o equipamento desenvolvido, conforme o padrão exigido pelo INPI. Também se avaliou a construção e o desempenho do dispositivo, bem como duas apresentações orais foram feitas relatando os resultados alcançados. Com isso cumpriram-se plenamente os objetivos da disciplina: desenvolver nos estudantes uma atitude de destemor em relação aos problemas práticos, integrar os conhecimentos adquiridos até a metade do curso, consubstanciando-os no projeto e desenvolvimento de um dispositivo mecânico, desenvolver a expressão oral e escrita e aplicar normas de metodologia científica à elaboração de relatórios técnicos. Também esta experiência mostrou-se exitosa ao promover a aproximação e conagração entre professores e estudantes.

### *Agradecimentos*

Os autores desejam externar seu profundo agradecimento aos estudantes envolvidos no projeto, cujo entusiasmo e colaboração foram imprescindíveis ao sucesso do trabalho ora relatado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUBBEL, H. Manual do Engenheiro Mecânico. São Paulo: Hemus, 1979.

SARAIVA, L.E.; STUGINSKI JR., R.; ISRAEL, C.L. Uma retrospectiva das disciplinas de “Síntese” no curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo – RS. In: COBENGE – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2005, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande: ABENGE/UFCP-UFPE, 2005.

ROJAS, R.N.Z. **Modelagem, otimização e avaliação de um carneiro hidráulico**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

### “PROJECT AND CONSTRUCTION OF WATER PUMPS” – TERM’S WORK OF A MIDDLE-OF-THE-COURSE PRACTICAL DISCIPLINE AIMED AT DEVELOPING ENGINEERING PROJECT SKILLS

***Abstract:** This work presents the story of the semester’s project proposed to the students who attended the discipline called Synthesis II of the course of Mechanical Engineering at the University of Passo Fundo - RS, carried out throughout the second semester of 2005. This work, called "Project and Construction of Water Pumps" is related to the proposal of two middle-of-the-course disciplines, Synthesis I and Synthesis II, developed in 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> semesters, respectively, that have similar nature and objectives to the "final work graduation", but that, differently from that, possess a lower requirement of the knowledge level, a different kind of evaluation and is developed as a collective work.*

**Key-words:** Teaching of Engineering, Practical free form courses, Knowledge integration.