

IMPORTÂNCIA DO ENSINO EXPERIMENTAL NA FORMAÇÃO DE UM ENGENHEIRO MECÂNICO

Antonio de Pádua Lima Filho*

Edmar Maria Lima Lopes**

Cesar Fernandes*

Universidade Estadual Paulista-Unesp, Campus de Ilha Solteira, *Departamento de Engenharia Mecânica, ** Departamento de Matemática, 15385-000, Av. Brasil, Centro-56, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: padua@dem.feis.unesp.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é mostrar o desafio enfrentado pelos alunos de graduação do curso de Engenharia Mecânica da FEIS-UNESP na fabricação de um sistema de trefilação. Este sistema foi totalmente construído nas dependências da oficina do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM). Ferramentas foram especialmente construídas para usinar as três trefilas empregadas na redução de área (27% em cada redução) de um arame de cobre de 4,8mm de diâmetro. As trefilas, após usinadas, foram temperadas em óleo seguidas de revenimento para obter uma dureza de 52HRC. Um motor trifásico (3/4cv) transmite um movimento a um redutor que aciona, por corrente, duas engrenagens de tamanhos diferentes, para variar a taxa de deformação do material no interior da trefila. Essa experiência foi muito gratificante tanto para os alunos como para o professor deste projeto. Foi observado que os alunos, durante o desenvolvimento do trabalho experimental, adquiriram confiança para vencer desafios, divulgaram o trabalho prático para as outras turmas e principalmente, desenvolveram trabalho de equipe (cooperação). A instrumentação da máquina de trefilar será possível numa outra etapa, conforme programa previsto anteriormente. O sistema de trefilação construído servirá como pesquisa e permitirá a prática da teoria apresentada em sala de aula.

Palavras-chave: Engenharia mecânica, Ensino, Trabalho experimental, Trefilação

1. INTRODUÇÃO

O domínio dos processos de fabricação é muito importante para um país, principalmente para aquele que almeja independência tecnológica. Então, o estudo destes processos e o seu desenvolvimento dentro de um curso de Engenharia Mecânica são fundamentais.

Evidentemente, durante o desenvolvimento de um processo de fabricação, será necessário estudar os tipos de materiais que devem ser aplicados para um determinado componente da máquina que está sendo construída. Neste contexto, Brito (1999) descreve a importância do ensino de ciência de materiais e tecnologia no curso de Engenharia Mecânica.

Aliado ao uso de materiais, as técnicas de usinagem, soldagem, elementos de máquina e emprego do projeto auxiliado por computador (CAD), que eventualmente foram aplicados neste trabalho, são outras frentes de estudo que tendem a desenvolver o conhecimento tecnológico do aluno.

Nesta mesma linha de raciocínio, o trabalho de equipe, com auto confiança e credibilidade são outros pontos também importantes no processo de aprendizagem. Neste

sentido, Romano e Dallmeyer (1999) desenvolveram um sistema de avaliação pessoal. Eles relatam que na primeira aula do semestre é muito importante a apresentação dos alunos. Isto visa criar um ambiente de cooperação (trabalho de grupo).

Toda a atividade de simulação, seja ela experimental ou através de modelos matemáticos, é fundamental para o sucesso na atividade industrial do aluno de Engenharia Mecânica. Entretanto, mesmo que os experimentos tenham tendência de simular uma atividade industrial (a máquina de trefilação construída neste trabalho, por exemplo), jamais poderia simular de forma real as condições industriais.

O teste no equipamento construído é a fase final do projeto. Naturalmente, o equipamento pronto precisa ser testado várias vezes até atingir o funcionamento esperado. Evidentemente, o equipamento quase sempre não funciona na primeira tentativa. Um momentâneo sentimento de desânimo ocorre. Entretanto, esta é justamente uma etapa ativa em que o aluno se enriquece mais. A vontade de solucionar o problema faz com que aumente sua criatividade. Assim, o aluno neste momento, começa a relacionar o modelo mecânico teórico com modelo mecânico prático (equipamento pronto). Certamente, este tipo de atividade prática faz com que o aluno enriqueça profissionalmente. Bernadini *et al.* (1999) citam que a experimentação é indispensável para formação em engenharia. Estes autores relatam que o uso de multimídia deve ser usada também para complementar as experimentações realizadas.

Por outro lado, Bittencourt e Feijóo (1999) têm desenvolvido somente simulação que utilizem ferramentas computacionais (softwear) e multimídia para alunos de graduação. De acordo com estes autores, estas ferramentas possibilitam ao aluno relacionar consistentemente os assuntos apreendidos teoricamente com modelos virtuais.

Braga (1999) enfatiza o uso da internet como suporte ao curso de transmissão de calor do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio. Ele analisa os custos envolvidos para implantar o material didático via internet, as vantagens e as desvantagens do uso da internet em sala de aula. Bernadini *et al.* (1999) mostra o site Metais (<http://www.materiais.ufsc.br/metais/index.htm>) como um meio educacional focalizando a área de materiais e processos de conformação mecânica. Este site também estabelece uma conexão dos diversos materiais/processos com seus respectivos fabricantes, revendedores e/ou executores.

O sistema de trefilação projetado e construído na Oficina do DEM/FEIS/UNESP, é um equipamento didático e de pesquisa não disponível para compra no mercado nacional. Este visa estudar a tecnologia de trefilação pouco pesquisada no Brasil.

Com a máquina pronta, o aluno vai poder observar o efeito do atrito na carga necessária para operação de trefilação na segunda etapa do projeto. O atrito é um dos principais fatores considerados na operação de trefilação, ou qualquer outra operação de deformação plástica dos metais. Na trefilação, este provoca aquecimento e desgaste da fieira. Disto resulta em perda da eficiência do processo. O aluno poderá também observar o efeito do encruamento, taxa de deformação sobre esta carga.

A máquina de trefilar foi totalmente construída com recursos disponível no DEM/FEIS/UNESP. Parte da reforma (pintura) contou com o apoio financeiro da iniciativa privada. No futuro, um projeto vai ser encaminhado a uma agência de fomento e pesquisa para a instrumentação deste equipamento.

2. PROCESSO DE TREFILAÇÃO EXPERIMENTAL

Existem dois tipos básicos de equipamentos para realização da trefilação experimental (Seybolt & Burke, 1969):

1. trefilado de banco (equipamento construído neste trabalho);

2. máquina de estirado tipo carretel.

Um equipamento de trefilação para laboratório não é usualmente encontrado no mercado. Assim, há necessidade de ser projetada e construída uma máquina de trefilação experimental. Para isso, empregam-se um motor de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ cavalo de força (Seybolt & Burke, 1969) (neste trabalho $\frac{3}{4}$ cv), redutores de velocidade, sistema de transmissão (bobinas, engrenagens, eixos, correntes, entre outros). Estes componentes foram entretanto usados na construção da máquina de trefilação pelos alunos neste trabalho.

3. MATERIAIS

O sistema de trefilação fabricado pelos alunos da disciplina de Conformação Plástica dos Metais do DEM/FEIS/UNESP no 1º. semestre 1993, foi remodelado para torná-lo operante. A recuperação foi feita a partir do levantamento dos materiais disponíveis e uma estimativa de preço daqueles que seriam adquiridos no mercado.

A máquina de trefilação foi projetada para trefilar arames de cobre e de alumínio com diâmetro inicial aproximado de 4,8mm. Três fieiras de aço (carbono equivalente maior que 0,4% em peso), temperadas e revenidas, foram usinadas na oficina do DEM/FEIS/UNESP para produzir uma redução de 27% em área para cada fieira (Figura 1). Esta foi uma tarefa cumprida pelos alunos da disciplina de Conformação Plástica dos Metais do 1º. semestre de 1993 (Figura 2).

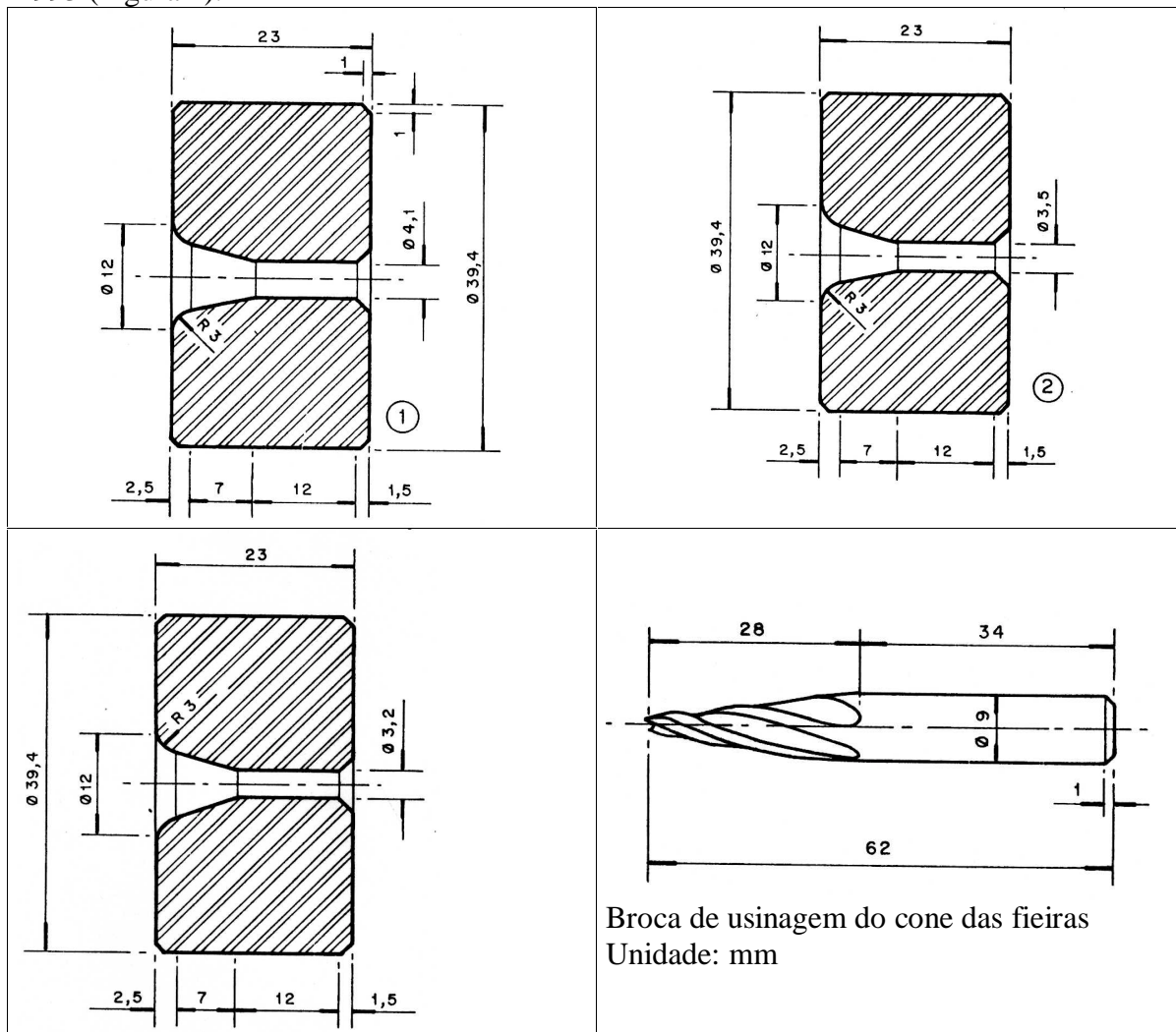


Figura 1. Geometria e dimensões das fieiras e da ferramenta usada na confecção do cone das fieiras.



Figura 2. Alunos do 1º. semestre da disciplina de Conformação Plástica dos Metais de 1993, trocam informações na finalização da máquina de trefilação.

A principal ferramenta deste trabalho foi a participação dos alunos na fabricação do equipamento de trefilação. Existiu uma descontração do grupo na checagem do equipamento construído. Esta descontração, gradativamente, fez com que os alunos trabalhassem em grupo (Figura 2). Intuitivamente, eles foram levados por tomar decisões próprias durante os testes preliminares do equipamento construído. Só após algumas tentativas frustradas o Professor e os Técnicos participaram com sugestões para resolver os problemas. Até esta etapa, pelo exercício da prática, o aluno estava construindo o seu próprio conhecimento. Isto colaborou e muito na disciplina teórica, pois leva o aluno a ter vontade de pesquisar mais sobre o assunto, fundamental para a formação do aluno de graduação. Além disso, o grupo passou a ter um certo *status* perante as outras turmas.

Esta máquina (Figura 2) apresentou problema quanto ao tracionamento do arame. Para que houvesse a recuperação e o remodelamento do equipamento de trefilar, foram verificados os materiais disponíveis. Uma estimativa de preço dos materiais necessários para o término desta máquina foi feita. Houve participação da comunidade nesta recuperação. Por exemplo, a pintura da máquina foi financiada pela empresa SERVITEC-Ltda, Empresa situada em Ilha Solteira/SP.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reforma iniciou-se pela recuperação do sistema de transmissão que interliga o redutor ao carretel tracionador por uma corrente dentada. Este sistema, através de um cabo de aço (ϕ 6mm), fornece a força necessária para o acionamento do carrinho (veja Figura 3). A função deste carrinho é tracionar o arame de cobre ou de alumínio através da fieira.

Para isto, foi necessário a adição de mais uma engrenagem cônica de dentes retos e dois mancais de deslizamento na caixa de engrenagem. Esta dá a sustentação ao eixo (ABNT 1040), através do qual, se transmite rotação ao carretel tracionador. Os dois mancais de deslizamento posicionados entre os mancais de rolamento têm a função de apoio do eixo a fim de suportar o esforço de flexão durante a operação. Na extremidade, junto aos mancais de rolamento, foi acoplado duas porcas para contrapor ao movimento axial do eixo. O deslocamento axial do eixo foi observado durante testes preliminares.

A rigidez da estrutura da máquina também foi aumentada para garantir o esforço transmitido pelo carretel, quando do tracionamento do arame através da fieira. Dois perfis “L” de abas iguais de 11/2” por 3/16” de espessura, serviram como trilhos ao carrinho tracionador (Figura 3).

Um dispositivo de segurança na máquina de trefilar foi implantado. Para isto, duas barras cilíndricas de 10mm de diâmetro de aço baixo carbono (ABNT-1020) serviram como guia do carro tracionador. Estas impedem que o carro tracionador saia dos trilhos, evitando assim futuros acidentes durante a operação (Figura 3).

A última etapa da reforma foi a pintura da máquina de trefilar. Assim, foi necessário uma pesquisa sobre padrões de cores utilizadas em máquinas. A norma NBR-N 2004 padroniza estas cores. De acordo com esta norma, a cor azul é aplicada para partes fixas, enquanto a cor amarela é aplicada para as partes móveis. Os desenhos (26 pranchas) dos componentes da máquina de trefilar remodelada foram feitos por um aluno utilizando o AutoCAD R2000. Parte da equipe que participou da recuperação desta máquina é mostrada na Figura 4.

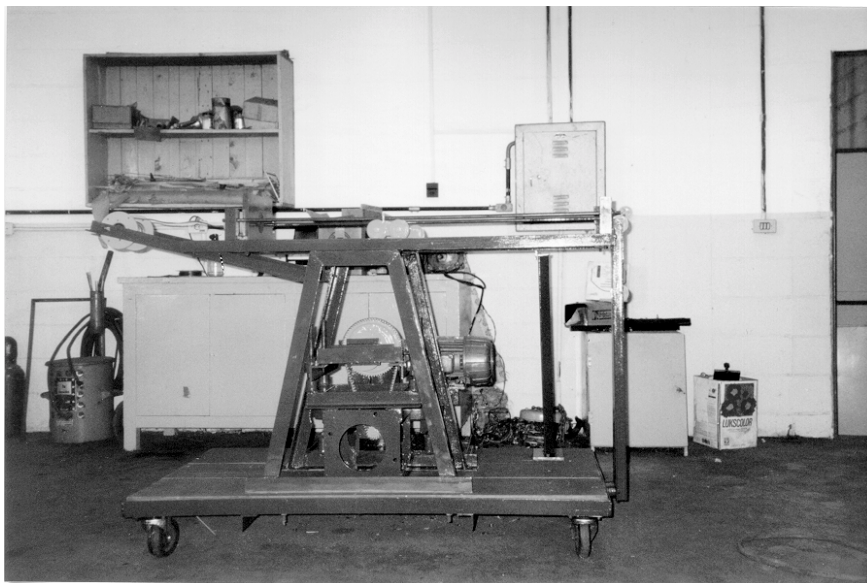


Figura 3. Máquina de trefilação pintada de acordo com a norma ABNT (NBR-N 2004). As cores azul e amarela indicam respectivamente as partes fixas e as partes móveis.

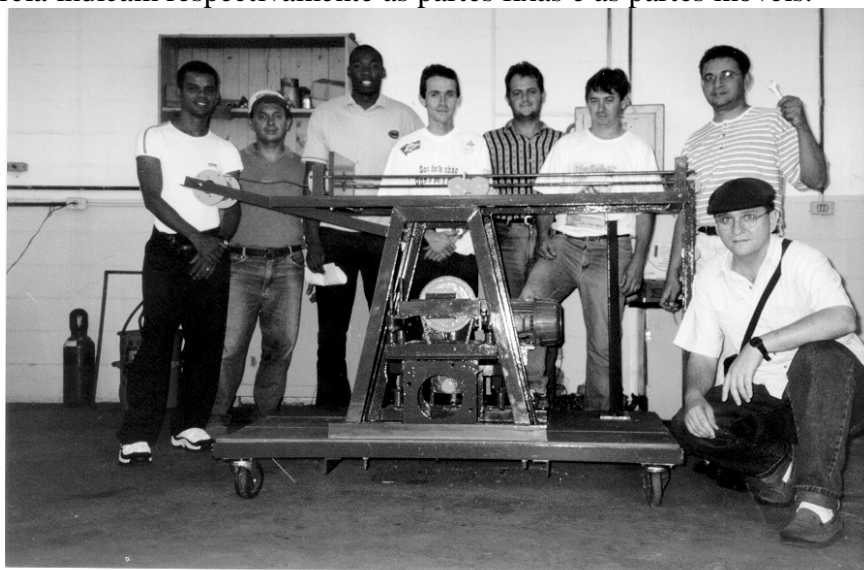


Figura 4. Alunos, técnicos e docente estão juntos com o equipamento de trefilação recuperado e remodelado.

5. CONCLUSÃO

É pensando em tornar o aprendizado ainda mais desafiador, menos passivo e com um máximo de aproveitamento possível do aluno de graduação, é que deve ser criado trabalhos experimentais nas disciplinas teóricas, principalmente nas regiões onde é difícil de oferecer estágios extracurriculares em indústrias. A simulação de um processo de manufatura tenderia a aumentar o interesse do aluno e conseqüentemente, sua aprovação na disciplina, uma vez que o conhecimento adquirido é aplicado.

Os desafios encontrados para a recuperação da máquina de trefilar foram vencidos a contento. Os problemas encontrados durante a recuperação, serviram como incentivo para prosseguir na empreitada. Em algumas situações o trabalho tinha que ser refeito, por exemplo, na usinagem de um outro eixo para o acoplamento das engrenagens.

Apesar que o trabalho foi realizado praticamente sem nenhum apoio financeiro, foi feita uma cotação do custo de material através de FAX em diversas empresas. Esta pesquisa mostrou que o orçamento feito em diversas empresas, é fundamental para a aproximação dos estudantes com o mercado. Pois, muitas vezes, a escolha do material está baseada no preço disponível encontrado no mercado.

Agredcimentos

Os autores gostariam de agradecer aos alunos Rodolfo Wurza e André Gustavo Mise que muito ajudaram durante o desenvolvimento do trabalho experimental; e o aluno Luís Gustavo Muriti pelos desenhos dos componentes da máquina de trefilar.

Ao Sr. Antonio Gomes da Empresa SERVTEC Ltda em Ilha Solteira-SP, que cedeu gentilmente as tintas e pincéis para a pintura da máquina de trefilar.

Aos técnicos da Oficina Mecânica do Laboratório de Engenharia Mecânica da UNESP de Ilha Solteira.

6. REFERÊNCIAS

- Bernadini, P. A. N., Oliveira, C. A. S., Kuhn A., I., 1999, “Veiculando Informações e Serviços via Internet: www.Metais”, Proceedings of the 15th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Águas de Lindóia, São Paulo, Brazil.
- Bittencourt, M. L. e Feijóo, R. A., 1999, “A Continuous Mechanic Approach to Teach Solid Mechanics”, Proceedings of the 15th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Águas de Lindóia, São Paulo, Brazil.
- Braga, W., 1999, “Características do uso da Internet como suporte a Curso de Engenharia”, Proceedings of the 15th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Águas de Lindóia, São Paulo, Brazil.
- Brito, A. A. S., 1999, “The Importance of Teaching Materials Science & Technology in the Course of Mechanical Engineering”, Proceedings of the 15th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Águas de Lindóia, São Paulo, Brazil.
- Romano, L. N. e Dallmeyer, A. U., 1999, “A Avaliação Pessoal discente no Ensino de Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Santa Maria”, Proceedings of the 15th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Águas de Lindóia, São Paulo, Brazil.
- Seybolt, A. V. e Burke, J. E., 1969, “Tecnicas de Metalurgia Experimental, Ed. Limusa Wiley, S. A. México, 269p.