



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

IMPLANTAÇÃO DO LABORATÓRIO DE SOLDAGEM DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE: UMA EXPERIÊNCIA BEM SUCEDIDA

Antônio Gonçalves de Mello Jr. mellojr@mackenzie.com.br

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo

Pedro Martins. engmartins@globocom.com

Giovanni S. Crisi. gscrisi@mackenzie.com.br

Daniel Benitez Barrios. danielbb@mackenzie.com.br

RESUMO: Em 2002, depois da inclusão de Processos de Soldagem como disciplina da carreira de Engenharia Mecânica, a Universidade Presbiteriana Mackenzie decidiu implementar um laboratório de soldagem para o aprendizado prático dos alunos. As duas maiores dificuldades enfrentadas pelos organizadores foram a falta de um local adequado para acomodar as instalações e o limitado orçamento disponível. Com respeito à primeira, foi finalmente encontrada uma sala de 12 por 5 metros. Quanto à segunda, foi decidido suprir o laboratório com os equipamentos e materiais absolutamente necessários, não somente para solda mas também para segurança e proteção pessoal. O laboratório está em serviço desde o primeiro semestre de 2003 e inclui os equipamentos encontrados comumente nas plantas industriais que fazem uso extensivo de soldagem. Os testes necessários para verificar a qualidade das soldas são levados a cabo nos outros laboratórios existentes na Universidade. *Sendo o Mackenzie uma Universidade privada, com as limitações orçamentárias típicas de todas as congêneres, esta experiência poderá servir de exemplo a outras Universidades privadas brasileiras que pensem em implantar um laboratório semelhante.*

Palavras chave: *Processos de soldagem, Laboratório de solda.*

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é mostrar a experiência bem sucedida da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo (UPM) na implantação do Laboratório de Soldagem para o aprendizado prático dos alunos da carreira de Engenharia Mecânica. Sendo o Mackenzie uma Universidade privada, com as limitações orçamentárias típicas de todas as congêneres, esta experiência poderá servir de exemplo a outras Universidades privadas brasileiras que pensem em implantar um laboratório semelhante.

2. HISTÓRICO

Em 2002 foi incluída, no Currículo escolar do Curso de Engenharia Mecânica, a disciplina chamada *Processos de Soldagem*. O objetivo era, e continua sendo, ensinar aos alunos os fundamentos e procedimentos da soldagem, capacitando-os para escolher o método e materiais de adição mais adequados para cada caso, prever e resolver os problemas que se apresentam durante a solda e caracterizar a qualidade da mesma.

Em um primeiro momento o enfoque da disciplina foi exclusivamente teórico, pelas dificuldades em implantar um laboratório adequado devido à falta de espaço disponível. Com efeito, a UPM, que tem mais de 100 anos de existência, encontra-se em um terreno na região central de São Paulo, contornada por edificações, sendo impossível sua expansão no sentido horizontal.

Para substituir, dentro do possível, a falta de aprendizado prático dos alunos, foram utilizadas durante os dois semestres de 2002, fitas de vídeo editadas pela empresa Videocipa, com o patrocínio da Associação Brasileira de Solda. As fitas são oito no total, com uma duração média de 30 minutos e abordam os seguintes assuntos:

- *Soldagem por eletrodo revestido*
- *Soldagem MIG/MAG*
- *Soldagem TIG*
- *Soldagem por arco submerso*
- *Soldagem oxiacetilenica*
- *Corte de metais*
- *Soldagem de manutenção*
- *Segurança em soldagem*

Dessa maneira os alunos poderiam, sem a oportunidade de praticar, pelo menos assistir como se executam essas soldas e os cuidados necessários que devem ser tomados. As fitas mencionadas são, até o momento, as únicas editadas no Brasil, e segundo informação dos produtores, as únicas existentes em língua portuguesa.

A exibição dessas fitas, entretanto, foi considerada insuficiente pelo Departamento de Engenharia Mecânica, que se propôs implementar um laboratório de solda no prazo mais breve possível, levando em conta que, além do aprendizado, o laboratório poderia ter outra utilidade. Com efeito, alguns anos atrás foi incluído no Currículo Escolar das carreiras de Engenharia da UPM a elaboração do “Trabalho de Graduação Interdisciplinar” (TGI), obrigatório para a obtenção do título de Engenheiro. O TGI consiste na preparação de uma monografia sobre um assunto relacionado com a carreira cursada, escolhido pelo aluno e orientado por um professor. Começa no 8º semestre com a seleção da bibliografia, continua no 9º semestre com a redação do texto e conclui no 10º semestre, o último da carreira, com a exposição do trabalho perante uma Banca Examinadora composta por três professores.

Os alunos são fortemente incentivados a elaborar um TGI que inclua uma parte experimental realizada em laboratório para comprovar na prática o que se expõe na teoria, ou para tirar dados experimentais que sirvam de apoio às deduções apresentadas. O Laboratório, uma vez em operação, serviria para realizar a parte prática dos TGI's na área de soldagem que os alunos se interessassem em fazer.

Uma vez decidida a implantação do Laboratório, a primeira dificuldade que teve de ser superada foi, como se disse no início, a falta de um local adequado. Felizmente, como resultado de uma busca minuciosa por todos os cantos da Universidade, achou-se uma sala de aproximadamente 12 por 5 metros que servia como depósito de material velho.

No estado em que se encontrava, a sala não poderia receber um Laboratório de solda, principalmente destinado ao ensino. Seria necessário, como primeira providência, reformá-la completamente. Logo se começou a preparar o anteprojeto e, muito importante, o orçamento

preliminar do futuro Laboratório, para ser submetido à aprovação da Entidade Mantenedora da UPM.

Neste ponto apareceu a segunda dificuldade, comum às universidades privadas, consistente na limitação econômica para obras novas ou de ampliação. Deve-se levar em conta também que a UPM depende da Igreja Presbiteriana do Brasil, não tem fins lucrativos e, pelo fato de ser confessional, mantém diversos serviços gratuitos para a comunidade. Além disso, as mensalidades estão entre as mais baratas da grande São Paulo.

Considerando que a quantidade de alunos que cursam o sétimo semestre dificilmente supera os 40, decidiu-se que a capacidade do laboratório deveria ser de 25 alunos, módulo normal para laboratórios e exercícios no caso Curso de Engenharia Mecânica, sem trabalhar simultaneamente. Por motivo de segurança, o número de alunos está sendo aumentado gradativamente a cada semestre, contando atualmente com dois grupos de 18 alunos cada, com duas horas de duração, mesmo porque o número de alunos matriculados ainda não superou o total de 36 alunos. No caso em que a quantidade de alunos aumente para 60, com a maior disponibilidade de vagas proposta para o Curso de Engenharia Mecânica, se organizariam três turnos de 20 alunos, sempre com duas horas de duração.

Por outro lado, levando em conta a limitação orçamentária, bem como o pequeno espaço disponível, os responsáveis pelo projeto decidiram prever no Laboratório apenas os equipamentos e materiais de uso mais comum nas indústrias que utilizam a solda extensivamente, deixando de lado sofisticações não indispensáveis.

Foi decidido então, o emprego de máquinas de solda de corrente contínua (retificadores), corrente alternada (transformadores), MIG/MAG e TIG, e de equipamentos de solda oxiacetilênica, bem como de corte oxiacetilênico e plasma. Com exceção dos transformadores, as demais máquinas deveriam ser compradas. Quanto aos transformadores, a oficina de manutenção da Universidade aceitou desfazer-se de duas máquinas usadas em perfeito estado de conservação, que eram pouco usadas. A mesma oficina aceitou também desfazer-se de dois cilindros usados, um de oxigênio e o outro de acetileno.

Com relação à área que seria transformada em laboratório, decidiu-se fazer as reformas estritamente funcionais, isto é, deixar de lado as que não tivessem uma real função a cumprir. Dentro dessa idéia foram feitas seis baias individuais separadas entre si, nas quais poderiam trabalhar doze alunos simultaneamente, das quais três seriam destinadas à solda com corrente contínua, duas a corrente alternada e uma a TIG e MIG/MAG.

Ao mesmo tempo, foram previstas 8 bancadas, seis para solda oxiacetilênica e duas para corte oxiacetilênico e com plasma, além de 6 bancadas para solda elétrica. A diferença entre as 8 primeiras destinadas à solda oxiacetilênica e corte e as demais é o fato das mesmas estarem revestidas com lajotas refratárias.

Foi necessário também refazer a instalação elétrica da sala para adequá-la ao grande consumo de energia demandado pelas máquinas de solda. Para a solda e corte oxiacetilênico foram instaladas tubulações que, partindo da central de cilindros localizada fora da sala, por motivos de segurança, chegam até as bancadas.

Não poderia ser esquecido o aspecto Segurança, tanto para cuidar da integridade física dos alunos como para que eles aprendessem “in loco” as precauções que devem ser tomadas quando se efetua uma solda ou corte. Dessa maneira, as baias individuais foram providas de cortinas especiais que permitem ver de fora o soldador trabalhando dentro das mesmas, mas não deixam passar os raios ultravioletas prejudiciais para a visão. Foi instalado também um sistema de eliminação dos gases produzidos pelas operações, que são prejudiciais para a saúde. O sistema consiste de um ventilador central de aspiração, dutos e bocas de captação junto a cada máquina de solda.

Felizmente não foi necessário comprar máquinas para os ensaios de qualidade das soldas, qualificação de processos e soldadores, especificados nas normas aplicáveis. Também não foi

necessária a compra de microscópio para o exame metalográfico das soldas, pois todos esses equipamentos já existiam em outros laboratórios da UPM e seriam usados quando necessário.

O anteprojeto pronto foi submetido à aprovação do departamento de Segurança no Trabalho da UPM, que fez algumas observações de pouca importância, todas atendidas. A principal foi que as divisórias entre as baias deveriam ser de material incombustível.

O arranjo geral do laboratório encontra-se esquematizado no Anexo 1.

O próximo passo foi a elaboração do orçamento da nova instalação para aprovação da Entidade Mantenedora. Para tanto, foram consultadas empresas fornecedoras de equipamentos e materiais de solda e de segurança industrial. As obras civis, elétricas e tubulações para a adaptação da sala seriam executadas pelo departamento de Manutenção e obras da UPM, que preparou o respectivo orçamento. Junto com o orçamento global foi apresentado o cronograma dos trabalhos, para que a Mantenedora pudesse programar os respectivos desembolsos.

A planilha dos custos está mostrada no Anexo 2 e o cronograma no Anexo 3.

Embora fosse ligeiramente superior à verba prevista, o orçamento foi aprovado sem modificações, pois a Mantenedora entendeu que tinha sido preparado levando sempre em conta a economia de despesas, e que uma redução do orçamento teria significado a eliminação de equipamentos, materiais e obras de primeira necessidade.

O Laboratório de Solda iniciou suas atividades em janeiro de 2002, para atender os alunos do primeiro semestre do ano. As fotografias anexas mostram vários aspectos do mesmo.

As aulas de laboratório trouxeram grande motivação aos alunos do 7.º Semestre do “Curso de Engenharia Mecânica” na disciplina Processos de Soldagem.

Durante as aulas práticas os alunos possuem uma pequena introdução dos trabalhos a serem executados e dos materiais e cuidados que devem ser tomados. Essa preleção é feita em um quadro branco móvel.

Após essa preleção os alunos iniciam a parte prática com o uso adequado do material de segurança, consumíveis e corpos de prova para solda.

A execução do trabalho é acompanhada pelo professor da disciplina e pelo técnico responsável pelo laboratório, orientando e corrigindo os parâmetros necessários para a boa execução do processo.

3. PROJETOS A CURTO PRAZO PARA AMPLIAR OS SERVIÇOS PRESTADOS PELO LABORATÓRIO

Para melhorar os serviços prestados pelo laboratório existem dois projetos para realização a curto prazo. O primeiro consiste na compra de aparelhos para alguns ensaios não destrutivos de solda, como ultra-som, líquido penetrante e partículas magnéticas.

O segundo projeto consiste na compra de uma máquina para solda de tubos de plástico (polietileno, polipropileno e outros). Dessa maneira, o aprendizado prático dos alunos não se limitará à solda de metais, mais abrangerá também a de polímeros, cuja importância não pode ser negada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sem pretender de maneira nenhuma que seja o único exemplo, os autores consideram que a implantação do Laboratório de Solda da UPM, dentro das limitações comuns a

universidades privadas, foi uma experiência bem sucedida que pode oferecer idéias úteis aos Professores que se encontrem face a uma tarefa semelhante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradem às Autoridades da Universidade Presbiteriana Mackenzie, de São Paulo, pela autorização e apoio para a apresentar este trabalho no XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA-COBENGE.

REFERÊNCIAS

ALTHOUSE, A. D.; TURNQUIST, C. H.; BOWDITCH, W. A. – *Modern Welding*. The Goodheart-Willcox Company, Inc.. 8.a edição. Illinois, USA. 1997.

DA COSTA, A.R. “*A soldagem em canteiro de obras*”, em: Instituto Brasileiro do Petróleo: “*Curso de montagem de plantas de processos*”, edição do próprio IBP, Rio de Janeiro, 1993.

ESAB. *Catálogos de Equipamentos para Soldagem*. S. Paulo. 2002

PARANHOS, R.. *Segurança em operações de soldagem e corte*. Coleção soldagem 2000. FIRJAN/ SENAI. Rio de Janeiro. 1998.

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY. *The procedure handbook of arc welding*. 13.a edição. Ohio. 1994.

WHITE MARTINS. *Catálogos de Equipamentos Técnicos e Consumíveis para Soldagem*. S. Paulo. 2002.

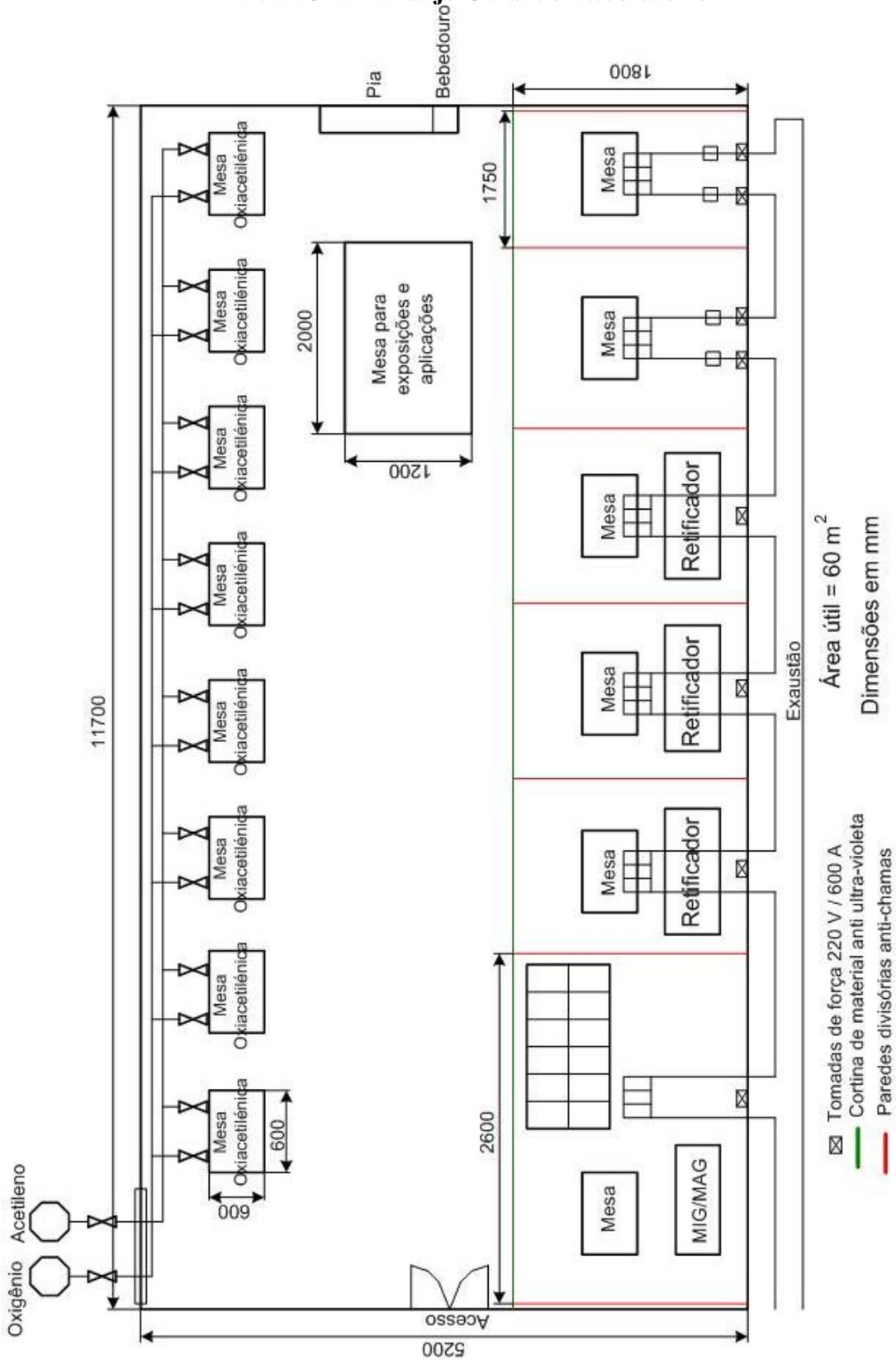
ZIEDAS, S.; TATINI, I.; e outros. *Soldagem* - Coleção Tecnologia Senai. 1.a edição. S. Paulo. 1997.

IMPLEMENTATION OF THE WELDING SHOP AT THE ENGINEERING SCHOOL OF MACKENZIE PRESBYTERIAN UNIVERSITY: A SUCCESSFUL EXPERIENCE

***ABSTRACT:** In 2002, after the inclusion of Welding Processes as a subject of the existing career of Mechanical Engineering, Mackenzie Presbyterian University decided to implement a Welding Shop for the practical training of the pupils. The two main difficulties faced by the organizers were the lack of a suitable space to accommodate the facilities and the limited budget available. As for the first, a room of 12 per 5 meters was eventually found. As for the second, it was decided to provide the shop with the equipment and material absolutely necessary, not only for welding but also for safety and personnel protection. The shop is in service since the first semester of 2003 and includes the equipment most commonly found in industrial plants that make an extensive use of welding, The tests required to check the quality of the welds are carried out in the existing Laboratories of the University. Being Mackenzie a private university, with the limited resources that are common to all of them, this paper may serve as an example for other Universities.*

***Key-Words:** Welding processes, Welding shop.*

ANEXO 1. Arranjo Geral do Laboratório



Área útil = 60 m²
 Dimensões em mm

- ☒ Tomadas de força 220 V / 600 A
- Cortina de material anti ultra-violeta
- Paredes divisórias anti-chamas

ANEXO 2. Planilha de Custos

Item	Quantidade	Descrição	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Conjunto	Obras civis, elétricas, tubulações e instalação de aspiração de gases	30.000,00	30.000,00
2	3	Máquina de solda de corrente contínua, marca ESAB 402, 400 A, incluindo cabos, alicate porta eletrodos e grampo de aterramento	2.500,00	7.500,00
3	1	Máquina de solda MIG/MAG marca TOP 316 para arame de 1,2 mm, incluindo alimentador de arame, porta cilindros de gás inerte e cabo de alimentação	7.000,00	7.000,00
4	1	Máquina de solda TIG marca ESAB 255	18.700,00	18.700,00
5	1	Pistola para solda MIG marca ESAB SU 230	320,00	320,00
6	1	Pistola para solda TIG marca ESAB SU 26 seco	250,00	250,00
7	3	Conjuntos de solda oxiacetilénica com 6 maçaricos, extensões e reguladores de pressão, marca Ledan	280,00	840,00
8	3	Conjuntos de solda oxiacetilénica com 5 maçaricos, extensões e reguladores de pressão, marca Ledan	320,00	960,00
9	1	Jogo de bicos para solda e corte oxiacetilénico	320,00	320,00
10	1	Máquina de corte a plasma marca ESAB P36 com pistola SU70, capacidade de corte até 8 mm, incluindo difusor de ar, eletrodo, anel isolante e bico de corte.	6.500,00	6.500,00
11	1	Forno para armazenagem de 10 kg de eletrodos revestidos	350,00	350,00
12	1	Forno portátil para armazenagem de eletrodos revestidos	80,00	80,00
13	1	Cilindro de dióxido de carbono	1.000,00	1.000,00
14	1	Cilindro de argônio	1.000,00	1.000,00
15	6	Bancadas para solda	180,00	1.080,00
16	6	Bancadas para corte	200,00	1.200,00
17	Conjunto	Material consumível: eletrodos de tungstênio, aventais, jaquetas, perneiras, máscaras, óculos, picaretas, escovas de aço, lapiseiras de temperatura etc.	2.000,00	2.000,00
18	Total			79.100,00

ANEXO 3. Cronograma de execução

Item	Tarefa	Setembro 2002	Outubro 2002	Novembro 2002	Dezembro 2002	Janeiro 2003
1	Desenho do Lay-out	██████████				
2	Aprovação do Lay-out		████			
3	Desocupação de área		██████████			
4	Limpeza			██████████		
5	Complementação do piso no poço		██████████	██████████		
6	Compra do material da instalação		██████████	██████████		
7	Instalação de rede oxiacetilénica				██████████	
8	Instalação das cabines de solda				██████████	
9	Instalação das tomadas de força				██████████	
10	Confecção das bancadas de solda			██████████	██████████	
11	Instalação das bancadas					████
12	Confecção sistema de exaustão			██████████	██████████	
13	Instalação do sistema de exaustão				██████████	
14	Compra das máquinas de solda			██████████	██████████	
15	Instalação das retificadoras					██████████
16	Instalação da MIG/MAG					██████████
17	Compra dos acessórios			██████████	██████████	
18	Compra do material EPI			██████████	██████████	██████████
19	Compra da estufa para eletrodos					██████████
20	Compra do material consumível				██████████	██████████
21	Teste da rede oxiacetilénica					████
22	Teste dos retificadores					████
23	Teste da MIG/MAG					████
24	Limpeza geral					██████████
25	Apresentação aos alunos					████
26	Início das aulas					████ ↓