

# MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIOS DA ENGENHARIA FEITA PELOS PRÓPRIOS ALUNOS

**Luciano Temistocles<sup>1</sup>; Frederico Filipe Roveri<sup>2</sup>; Davi Carlos<sup>3</sup>; Antonio G. de Mello Jr<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia, Laboratório de Soldagem

Rua da Consolação, 930

CEP: 01302-907 São Paulo, SP

<sup>1</sup> temistocles.mack@gmail.com

<sup>2</sup> froveri@terra.com.br

<sup>3</sup> davicarlospinto@gmail.com

<sup>4</sup> mellojr@mackenzie.com.br

**Resumo:** *O presente trabalho apresenta a proposta de que os próprios alunos possam realizar a manutenção de equipamentos dos laboratórios da Engenharia Mecânica. Através da manutenção que está sendo realizada na ponte rolante da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, é descrito o método como alunos de graduação lidam com a proposta, a fim de complementar seu conhecimento aplicando a teoria adquirida à prática da engenharia em si com a inspeção dos componentes, avaliação qualitativa e funcional dos mesmos bem como o re-projeto de componentes deficientes e ou obsoletos. Após a manutenção e verificado o funcionamento com aproveitamento será enviado um projeto de automação da ponte rolante ao MackPesquisa, fundo que tem como objetivo básico incentivar a prática da investigação aplicada, financiando projetos de pesquisa, de acordo com a viabilidade econômica e da relevância científica do projeto. A automação proposta tem como foco executar operações de transporte e elevação de cargas com maior segurança e tecnologia, basicamente serão instalados: freios, motores de avanço, controlador PID (Proporcional Integral Derivativo) e controle tipo joystick. O apoio para a execução do projeto é dado por laboratoristas, técnicos e docentes da instituição.*

**Palavras-chave:** *Manutenção, ponte rolante, laboratórios, participação de alunos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Alguns conhecimentos teóricos sobre máquinas e ferramentas adquiridos durante as primeiras etapas do Curso de Engenharia Mecânica tornam-se vagos, no sentido de que os acadêmicos não têm matérias específicas que levem ao conhecimento prévio do comportamento de algumas máquinas, tais como motores, bombas, máquinas ferramentas pontes rolantes e outras. O ambiente dos laboratórios aproxima os alunos de algumas atividades que irão exercer após a conclusão do curso. Tal experiência pode vir a ser prejudicada se por acaso as máquinas e ou equipamentos da universidade estiverem danificados. Portanto, visando maior envolvimento e conhecimento, foi proposto por alunos à Coordenação da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie que os

mesmos realizassem a manutenção e automação de máquinas e equipamentos dos laboratórios.

Existe uma gama de serviços que independem de supervisão especializada ou não estão dentro de certas garantias especificadas pelo fabricante, ou o prazo da mesma já está vencido, por exemplo verificar se há folgas dos parafusos, integridade de buchas, lubrificação de partes móveis.

A proposta feita é de que os acadêmicos realizassem a manutenção da ponte rolante do laboratório de processos de soldagem, de modo que ambas as partes obtivessem vantagens: aos acadêmicos a experiência, e à instituição, o benefício de ter seus equipamentos vistoriados pelos próprios alunos, evitando despesas com a cara mão-de-obra especializada.

Para o desenvolvimento do projeto estão sendo aplicados os conhecimentos práticos e teóricos adquiridos até o momento, com o auxílio de professores e técnicos. Com isso está sendo possível o adiantamento da aprendizagem da teoria sobre máquinas de elevação, no Mackenzie, a matéria correspondente é denominada Máquinas Transportadoras e de Mineração I e II, que se dará nas etapas posteriores do curso, respectivamente na sétima e oitava etapa. A saber, os acadêmicos participantes do trabalho pertencem à sexta etapa do curso de engenharia mecânica. Junto a manutenção, será também realizada a automação da ponte rolante. Serão implementados controladores de velocidade, freios, controle de avanço, que visam, prioritariamente, a segurança do operador, além de otimizar seu trabalho.

É interessante ressaltar que essa não é a única atividade que está sendo desenvolvida pelos acadêmicos. Paralelamente ao tema desse trabalho, os mesmos estão no desenvolvimento dos programas de iniciação científica, sendo bolsistas do Fundo Mackenzie de Pesquisa (Mackpesquisa), além de o segundo autor fazer parte de um dos projetos temáticos da universidade, o aerodesign. Os três primeiros autores estão envolvidos com o projeto de co-geração de energia a partir de um motor a combustão interna, que está sendo adaptado para utilizar biodiesel, através do projeto ENER-BIOG, coordenado pela Prof. Dra. Silvia M. S. González Velázquez, docente da instituição.

## **2. ESTUDO DE CASO: Manutenção da PONTE ROLANTE**

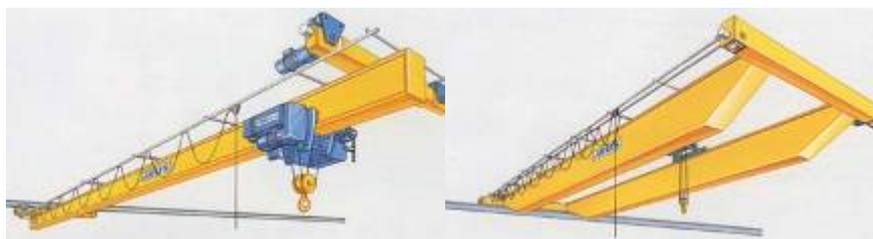
### **2.1 Conceito**

Ponte rolante é um equipamento aéreo que funciona sobre trilhos, e é utilizado para realizar elevação e transporte de cargas relativamente pesadas (a ponte em estudo foi projetada para suportar cargas de até cinco toneladas). Podem ser utilizadas em indústrias, oficinas, caldeirarias, usinagem, ferramentarias, pátios de chapas, transportadoras de perfis, usinas térmicas e hidráulicas, estações de abastecimento e tratamento de água dentre muitas outras aplicações. A figura 1 mostra exemplos de aplicações.



**Figura 1.** Exemplos de aplicação das pontes rolantes.  
Fonte: MELLO JR, 2007.

Dentre os principais tipos de ponte rolante, temos a de viga única (tipo o qual está sendo realizada a manutenção na universidade) e a de dupla viga caixão, como mostra a figura 2.



**Figura 2.** Tipos de pontes rolantes. À esquerda a de viga única, e à direita a de dupla viga caixão.  
Fonte: MELLO JR, 2007.

## 2.2 Manutenção

A ponte rolante possui uma gama de peças que são submetidas a grandes esforços mecânicos, sendo assim, há a necessidade de se observar e estudar detalhadamente cada componente para que haja um bom funcionamento da mesma. Em um equipamento de elevação existem pontos críticos que devem ser observados, tais como, desgaste do cabo de aço, levando a uma redução de seu diâmetro externo devido ao atrito entre ele e a ranhura do dromo e polias, além de ruptura de arames, pernas e alma devido ao desgaste excessivo do cabo. Outros pontos a serem observados são sobrecarga, fadiga, lubrificação inadequada, presença de poeira e resíduos ou uso do equipamento para elevação e transporte de cargas em posições e ângulos indevidos.

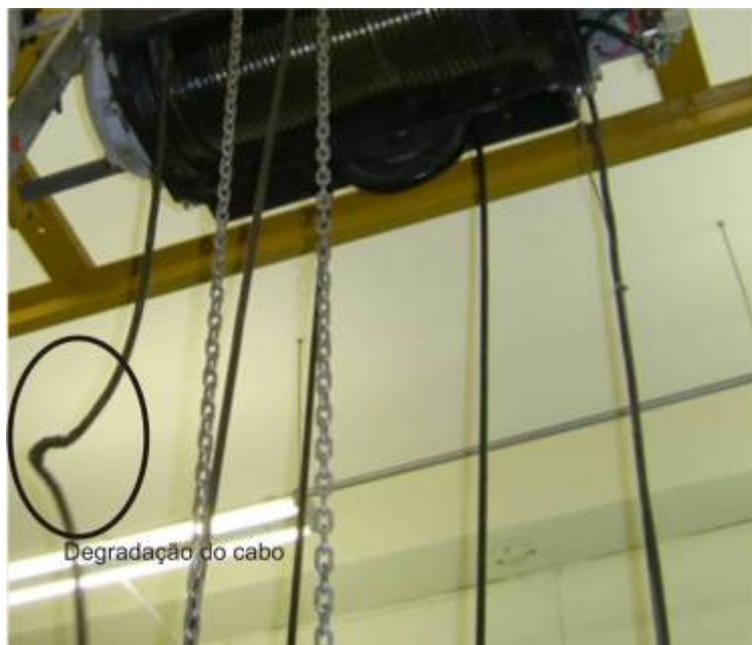
A figura 3 mostra detalhe do cabo cortado, devido ao mau dimensionamento do mesmo. O cabo fora superdimensionado, sendo selecionado um cabo de alma de aço, enquanto que, para os fatores de serviço da ponte rolante do laboratório, o mais indicado seria a utilização de um cabo de aço com alma de fibra polimérica. Outros fatores podem ter contribuído para que isso ocorresse, por exemplo, um possível travamento do cabo na polia do gancho, devido a má lubrificação ou desalinhamento do cabo.

O cabo de aço utilizado, não possuía a flexibilidade adequada para a classe de ponte rolante em questão. Seu diâmetro era, além disso, maior do que o necessário, suportando muito mais do que a própria estrutura da ponte rolante. A figura 4 mostra outra parte do cabo,

em que não chegou a ocorrer corte do mesmo, mas deformou-o plasticamente e a figura 5 mostra o defeito, comumente denominado por *gaiola*.



**Figura 3.** Corte no cabo para elevação de cargas, ocasionada pela má seleção do mesmo.



**Figura 4.** Deformação plástica no cabo para elevação de cargas, ocasionada pela má seleção do mesmo.



**Figura 5.** Deformação comumente denominada *gaiola*.

A figura 6 mostra a carcaça do gancho, que sofreu ruptura devida, provavelmente, ao desalinhamento e travamento do cabo, e posterior forçamento do mesmo. O operador, devido a falta de qualificação ou por descuido, não percebeu que o cabo estava travado e ficou tentando acionar a elevação da ponte, resultando na ruptura da carcaça.

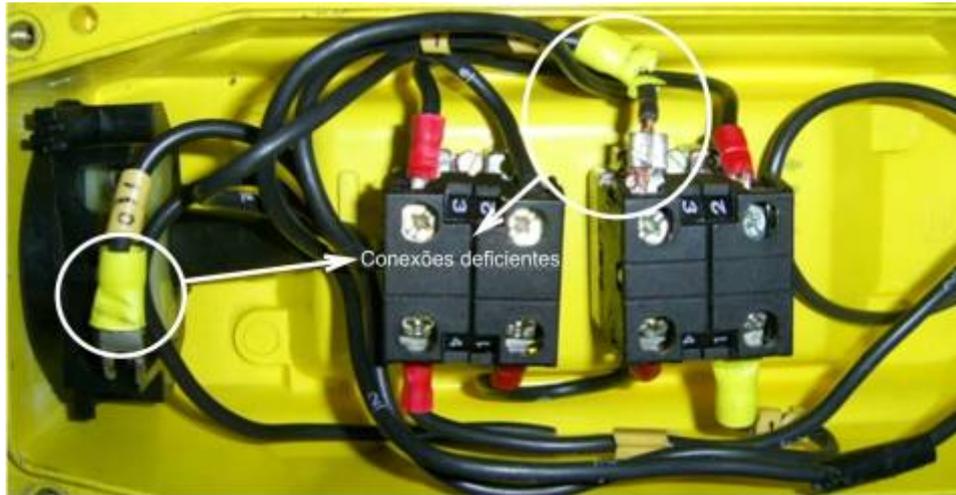
Outras potenciais fontes de possíveis danos ao equipamento que devem ser observadas durante a manutenção são a deterioração das engrenagens, que pode ser observado pelo desgaste dos dentes e causado principalmente pela falta de lubrificação; uso de material ou realização de tratamento térmico inadequado; afrouxamento de parafusos de fixação, devido à não observação da relação entre o coeficiente de atrito e o ângulo de inclinação da rosca (para saber se o parafuso é de fixação ou movimento), ou ao nível de vibração mecânica, que pode ocasionar afrouxamento do parafuso, caso não haja uma medida que impeça o movimento relativo entre os componentes.



**Figura 6.** Deformação na carcaça do gancho, devido ao desalinhamento do cabo.

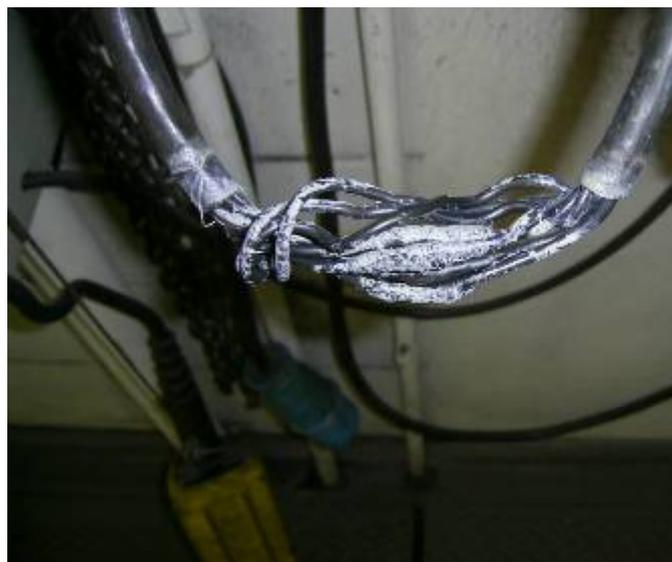
É importante verificar se há falhas ou desgaste das rodas e trilhos, para que a vibração não interfira na montagem do sistema, nem cause ruídos excessivos, prejudicando os operadores. A utilização de perfis adequados dos mesmos, assim como sua fixação e condições admissíveis de alinhamento, são pré-requisitos para um bom funcionamento da ponte.

Além disso, a falta de cuidado durante a montagem de algumas partes do equipamento é uma potencial fonte de acidentes. A figura 6 mostra a botoeira de acionamento vertical da ponte rolante desmontada, observam-se más conexões que poderiam ocasionar erros no funcionamento do motor da ponte rolante, fazendo com que a ponte suba ao invés de descer, por exemplo, acarretando um possível acidente.



**Figura 6.** Conexões deficientes na botoeira de controle para acionamento vertical.

A figura 7 indica má aplicação da união dos cabos de comando. Provavelmente, devido ao aspecto da mesma e ao estado das conexões dentro da caixa, o acionamento estava invertido, e ao invés de mudar a posição das mesmas na caixa, optou-se por cortar os fios e invertê-los. Observa-se novamente a falta de cuidado ao fazer emenda dos cabos.



**Figura 7.** União incorreta de cabos de comando.

Portanto é importante que sejam realizadas manutenções periódicas preventivas nos trilhos, roldanas, freios, fiações elétricas, caixa de comando, motor, cabos e acessórios, também é necessária a verificação da lubrificação dos componentes. Durante a utilização do equipamento é de suma importância que sejam analisados alguns aspectos quanto ao funcionamento do mesmo, como a verificação de vibrações e ruídos, se os comandos de acionamento estão obedecendo, se há vazamento de lubrificante e observar se os cabos, ganchos e fiações se encontram em bom estado, antes e depois do uso.

### **2.3 Uso de lubrificantes com propriedades alteradas**

A sobreutilização de lubrificantes de transmissão traz prejuízos para o bom desempenho das máquinas de elevação, tendo como principais conseqüências o desgaste acelerado dos dentes das engrenagens e rolamentos.

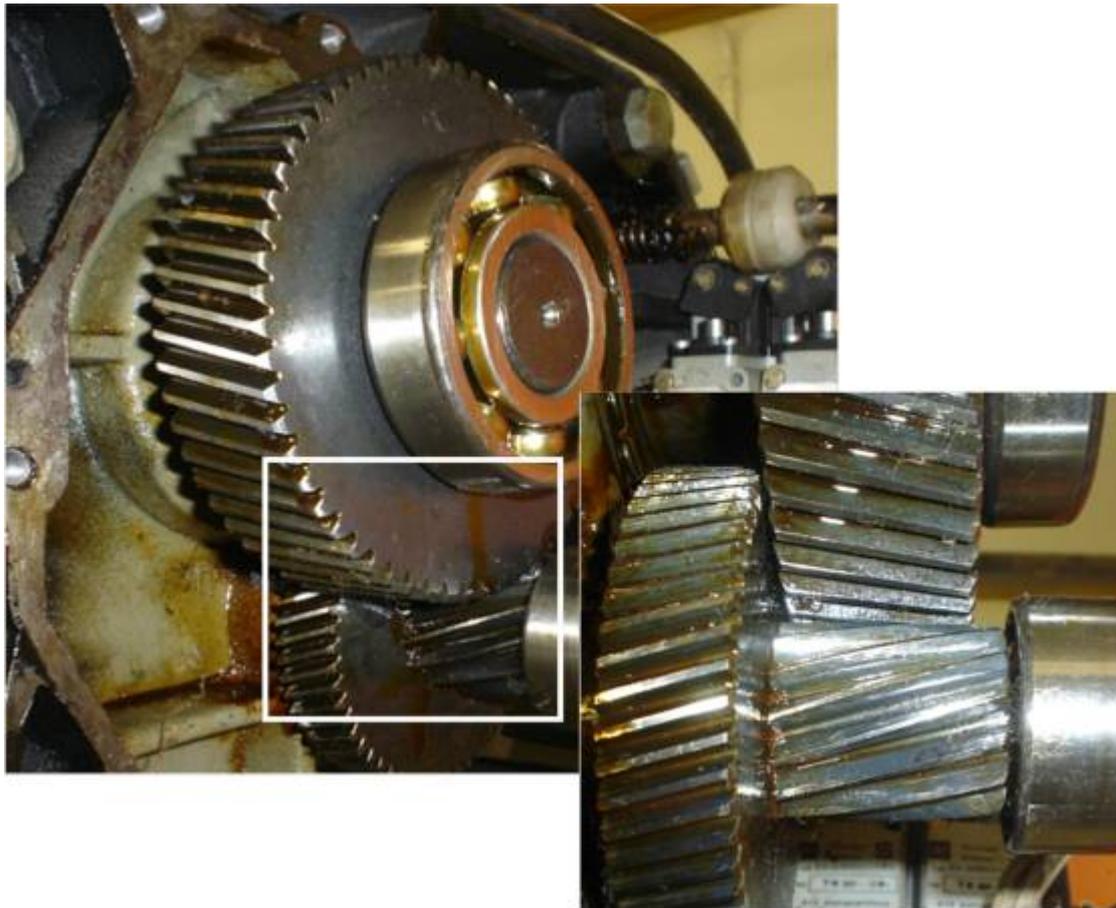
A falsa impressão de óleo limpo presente nas engrenagens de pontes rolantes leva à sua utilização acima do período recomendado. Os lubrificantes de pontes rolantes não são contaminados como um óleo de motor à combustão interna, ou seja, por resíduos de combustão que o torna escuro. A importância da substituição do óleo lubrificante da transmissão dentro dos prazos estabelecidos pelos fabricantes, só pode ser desprezada quando houver controle do estado deste óleo, através de acompanhamento de suas características por meio de análises. Este procedimento assegurará que a transmissão se dê de forma adequada. Recomenda-se, caso não haja controle dessas propriedades, que nos serviços de troca de óleo sejam obedecidas, ao menos, as recomendações feitas pelos fabricantes de rolamentos ou pontes rolantes.

O critério de determinação do desgaste de engrenagens e rolamentos lubrificados é feito pelo estudo e análise do tamanho, formato, composição e concentração de partículas contidas em uma amostra representativa do óleo lubrificante ou graxa, através da utilização de um microscópio óptico.

Devido ao tempo de trabalho, o óleo tem suas características originais modificadas. A principal característica de um óleo lubrificante é a sua viscosidade que pode sofrer uma alteração de aproximadamente 10 % em relação ao valor de medição do óleo novo.

De maneira geral, em sistemas de transmissão, o que costuma ocorrer é a elevação da viscosidade, sendo a principal causa a contaminação por insolúveis, que é a quantidade de resíduos sólidos de poeira, metais de desgaste e resíduos de oxidação por umidade (água), que se depositam no reservatório, causando o espessamento do óleo. A saber, quanto maior for o tempo de sobreutilização do óleo, maior será o aumento de sua viscosidade.

Observa-se na figura 8, que o óleo foi utilizado por mais tempo do que deveria, tendo sua viscosidade alterada. Percebe-se claramente o aumento da viscosidade citado anteriormente.



**Figura 8.** Lubrificante com propriedades alteradas – aumento da viscosidade.

## 2.4 Automação

A automação visa a produtividade, qualidade e principalmente a segurança de um processo. Em um sistema típico toda a informação dos sensores é concentrada em um controlador programável o qual de acordo com o programa em memória define o estado dos atuadores. Atualmente, com o advento da instrumentação de campo inteligente, funções executadas em controladores programáveis apresentam certa tendência de migrarem para este campo.

A automação da ponte rolante consiste no uso de dispositivos mecânicos e eletro-eletrônicos para controlar seus processos. Dentre os dispositivos eletro-eletrônicos, podem ser citados os inversores de frequência e os controladores PID (proporcionais integrais derivativos), que são dispositivos lógicos capazes de substituir os controles analógicos, que funcionam através de corrente elétrica, possibilitando maior controle e precisão no transporte e elevação de cargas.

Isso será desenvolvido numa segunda etapa do projeto, contando para isso, com o auxílio de outros docentes, como por exemplo, o professor Ms. Marco A. A. Melo, da Universidade Presbiteriana Mackenzie e outros alunos da Escola de Engenharia como o acadêmico Fábio Grecco Caressatto

## 2.5 Cronograma de Atividades

As atividades que estão sendo desenvolvidas no projeto de manutenção e automação seguem o cronograma mostrado na figura 8. O andamento do projeto está na primeira etapa,

item V, estando no momento os acadêmicos, esperando a entrega dos materiais requisitados, para dar continuidade à manutenção. Já está sendo feito o estudo de como se dará a automação da ponte rolante.



**Figura 9.** Cronograma de atividades.

### 3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Almejando o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos durante a graduação de engenharia mecânica, acadêmicos decidiram estudar o funcionamento da ponte rolante do Laboratório de Processos de Soldagem que se encontrava desativada por falta de manutenção. O principal incentivo partiu de docentes e laboratoristas da Universidade Presbiteriana Mackenzie, que sentiam certa defasagem na formação dos acadêmicos devido ao mau funcionamento de certos equipamentos, inclusive a própria ponte rolante.

A idéia principal é que os próprios alunos realizem a manutenção dos equipamentos, mesmo ainda não tendo sido lecionadas as matérias relacionadas para a sua realização, no sentido de que teriam que fazer uma ampla pesquisa, acabando por antecipar alguns conceitos que só seriam ministrados nas etapas posteriores, a fim de despertar o interesse dos mesmos e incentivar mais acadêmicos a tomarem iniciativas que dêem experiências para sua vida profissional, além de aproximá-los da instituição de ensino

Durante o projeto, os três primeiros autores estão tendo a possibilidade de entrar em contato com os constantes desafios que permearão suas vidas enquanto na atividade de engenheiros, tornando sua formação mais completa e evitando que algum mau conceito assimilado durante sua graduação permaneça após a conclusão de curso, podendo levar a um potencial erro durante o exercício de sua profissão.

### ***Agradecimentos***

Os três primeiros autores agradecem à Universidade Presbiteriana Mackenzie, em especial à Diretoria da Escola de Engenharia e à Coordenação do Departamento de Engenharia Mecânica pelo apoio e incentivo que têm oferecido e também pelo apoio financeiro pessoal concedido pelo Fundo Mackenzie de Pesquisa (Mackpesquisa) aos mesmos.

Os autores agradecem também ao acadêmico Elson B. Soares (Barão), ao laboratorista José A. S. Neto (Branco) e aos professores Dr. Edvaldo Angelo e Dr. Daniel B. Barrios, pelo apoio, assistência e principalmente pela dedicação despendida durante o desenvolvimento de projetos.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AISE PUBLICATIONS, **Reducing Crane Whell Assembly Failures at Burns Harbor**. AISE, Association of Iron and Steel Engineers, January 2003.

AISE PUBLICATIONS, **Reference Handbook for EOT Cranes, Volume I – Mechanical**. AISE, Association of Iron and Steel Engineers, Revised 2000.

BRASIL, H. V. **Máquinas de Levantamento**. Guanabara Dois, 1998.

MANNESMANN, D. **Instruções de Serviço e Manutenção para Ponte Rolante EKKE – ELKE – ZKKE**.

MELLO JR., A. G. **Apostila de Aparelhos de elevação**. 2007.

NBR – 6327. **Cabos de aço para uso geral – Requisitos mínimos**. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

NBR – 8400. **Cálculo de Equipamentos para Levantamento e Movimentação de Carga**. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984.

NBR ISO 4309, Agosto de **Guindastes - Cabo de Aço – Critérios de Inspeção e Descarte**. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

RUDENKO, N. **Máquinas de Elevação e Transporte**. LTC, 1998.

## **EQUIPMENTS MAINTENANCE OF ENGINEERING LABORATORIES DONE BY STUDENTS THEMSELVES**

***Abstract:** This paper presents an approach for the maintenance done by students in equipments at university laboratories. Through a maintenance that is being done in the overhead crane at Welding Laboratory at Mackenzie Engineering School, it's described how graduation students deal with the approach, looking for the complementation of their knowledge applying the theory learnt at engineering practice itself, with the inspection of components, qualitative and functional evaluation, before their graduation conclusion. After the maintenance and verified the functioning with profit will be sent an automation project to MackPesquisa. The focus it's to execute transport operations and elevation of charges with better security and technology. The aid is done by laboratorists, technicians and teachers of the institution.*

***Key-words:** Maintenance, overhead crane, laboratory, students.*