

CONSTRUÇÃO DE UM MINI-ELEVADOR PREDIAL: UMA BANCADA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA

Jean C. M. Elias ¹; Fabiano T. da Silva ²; Horácio B. Polli ³; Márcio R. Baumer ⁴

Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Elétrica

Campus Universitário Prof. Avelino Marcante s/n - Bairro Bom Retiro.

CEP: 89223-100 – Joinville – Santa Catarina

¹jeancme@gmail.com; ²fabianoteorodo@gmail.com; ³horaciobp@gmail.com; ⁴dee2mrb@joinville.udesc.br

Resumo: *Este trabalho apresenta o processo de montagem de uma bancada didática, representando um elevador predial, para o uso no ensino de engenharia, tendo em vista a importância da realização de experimentos práticos na formação acadêmica de um engenheiro. São descritos detalhadamente todos os aspectos construtivos que envolveram a concepção da bancada, sendo que esta foi dividida basicamente em três partes: estrutura mecânica, painel elétrico e painel de comando. Além disso, são destacadas possíveis aplicações para a bancada, dentre elas, estudo da programação do controlador lógico programável (CLP) que realiza o controle do sistema, diferentes configurações de parâmetros para o inversor de frequência de forma a alterar as características de acionamento do motor, entre outras.*

Palavras-chave: *Elevador Predial, CLP, Inversor de Frequência, Ensino de Engenharia, Bancada Didática*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de melhorias na metodologia de avaliação da aprendizagem tem se tornado cada vez mais intensa. Baseado nesse fato é extremamente importante a busca por soluções alternativas neste processo. Uma das maneiras mais eficazes é a de complementar a teoria vista na sala de aula, com aulas práticas realizadas em laboratório, onde pode ser buscado neste último, outro tipo de avaliação além das provas comumente aplicadas.

As atividades práticas também podem estimular os alunos a realizar trabalhos em equipe, e normalmente procuram proporcionar aos acadêmicos a solução de problemas mais fiéis à vida cotidiana de um profissional de engenharia.

Com isto em mente, o curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, vem cada vez mais tentando desenvolver veículos que levem este tipo de conhecimento aos alunos, estimulando atividades que trabalhem aspectos técnicos, profissionais e sociais na formação do engenheiro.

Neste trabalho, apresenta-se o desenvolvimento de uma bancada didática que representa o funcionamento de um elevador predial. Com esta bancada, busca-se uma interatividade dos alunos de diversos cursos de engenharia com um equipamento amplamente utilizado e mostrar os diversos tipos de tecnologias que estão ligadas a ele.

Os elevadores são os equipamentos capazes de viabilizar o transporte vertical, tornando viável viver e trabalhar em edificações de altura elevada. Além disso, os elevadores são essenciais para fazer com que escritórios, apartamentos e outros tipos de estabelecimento se tornem acessíveis para pessoas com necessidades especiais.

Dada a importância desses equipamentos e a falta de referências técnicas sobre o mesmo, buscou-se a construção de um protótipo capaz de representar fielmente o funcionamento de um elevador predial, com o objetivo principal de possibilitar o estudo em diversas áreas as quais esse equipamento está envolvido, como por exemplo, programação de Controladores Lógicos Programáveis (CLP), acionamento elétrico através de inversores de frequência, sistemas supervisórios de monitoramento, entre outras.

2. O MINI-ELEVADOR

Com os objetivos de se obter um protótipo o mais próximo possível de um sistema real dessa natureza e de se construir um equipamento didaticamente eficaz, optou-se pela concepção de uma bancada didática, composta basicamente por três partes, a saber: estrutura mecânica, painel elétrico e painel de comando. Cada uma destas partes é descrita a seguir.

2.1 Estrutura Mecânica

A estrutura de um elevador consiste basicamente em uma caixa de corrida e um poço onde é inserido o elevador. Nela estão instalados todos os equipamentos mecânicos que garantem o bom funcionamento do dispositivo, além de sistemas de segurança que previnem diversos tipos de acidentes.

Apesar de estar localizada originalmente no Laboratório de Eletrotécnica da UDESC, a estrutura mecânica da bancada foi concebida de modo a ser passível de deslocamento. A idéia é que esse equipamento, assim como os demais que compõem a bancada, possam ser levados para feiras, exposições e escolas, por exemplo.



Figura 1 - Estrutura mecânica

Para a construção da arquitetura da bancada foram utilizados perfis de alumínio em “L”, sendo que estes foram fixados através de rebites. Optou-se pelo emprego de treliças para suportar principalmente os esforços relacionados ao peso da casa de máquinas, localizada na parte superior do poço, e às forças de torção e peso dos demais componentes. As dimensões

finais são 2,70m de altura, 46 cm de largura e 56 cm de comprimento. Na Figura 1 pode ser observada a estrutura mecânica montada.

Também faz parte da estrutura do elevador a cabina, o contrapeso, além de diversos componentes que colaboram na interconexão desses dois elementos. A cabina foi feita de madeira, e tem massa de aproximadamente 10 kg. O contrapeso é responsável pelo balanceamento do peso da cabina nas polias da máquina de tração, reduzindo de forma considerável o torque necessário para o motor que movimenta a cabina. Foi feito por uma chapa de materiais metálicos e tem aproximadamente 40% da massa da cabina (4 kg). Esses dois elementos estão conectados através de um cabo de aço também conhecido como cabo de tração. O cabo de tração é responsável pela ligação do conjunto cabina e contrapeso, passando pelas polias da máquina de tração. São eles que realizam a transferência de torque entre o motor e o conjunto formado pela cabina e contrapeso, efetuando o movimento do elevador.

Os elementos que garantem a linearidade do movimento da cabina e do contrapeso são as guias. Elas estão fixadas nas laterais tanto da cabina quanto do contrapeso ao longo de toda estrutura mecânica.

Para estabelecer os locais onde o elevador deve parar, foram instalados sensores de andar, utilizando transdutores do tipo *reed switch*, os quais são ativados pela aproximação de um campo magnético, neste caso fornecido por um ímã natural preso à cabina. A escolha deste sensor se deve ao fato da disponibilidade do mesmo no laboratório da Universidade e também do elevador apresentar poucos andares, somente quatro. É importante lembrar que em um edifício com grande número de andares a colocação de um sensor em cada andar poderia ser inviável e é por isso que a detecção de andar é normalmente feita através de um *encoder* ligado diretamente ao eixo da máquina de tração.

Outro fator importante à respeito da estrutura mecânica, está relacionado aos sistemas de segurança que compõem um elevador. Em um sistema real existem diversos tipos de proteções de segurança, como por exemplo, amortecedores de cabina e de contrapeso, que são instalados na parte inferior do poço para absorver o impacto caso ultrapassem o limite pré-definido; um freio de segurança, ligado diretamente a um regulador de velocidade, de modo que se o elevador exceder uma velocidade pré-estipulada o freio é automaticamente acionado e trava a cabina instantaneamente; e travas mecânicas laterais, que são acionadas concomitantemente aos freios caso seja detectado a quebra do cabo de tração.

No entanto, para a montagem da bancada didática, apenas um sistema de segurança foi implementado. Chaves fim de curso foram colocadas nos limites superiores e inferiores do poço, para o caso da cabina ultrapassar o limite do último e do primeiro andar, respectivamente. Este tipo de sistema também está presente nos elevadores reais e são conhecidos como limites de percurso. A opção pelo sistema de segurança se deu principalmente por dois motivos: o sistema de segurança protege os dispositivos independentemente da programação de controle realizada (programação do CLP e configuração do inversor) e também porque os outros tipos de sistemas de segurança são relativamente complexos de se reproduzir em escala reduzida. Finalizando a composição da estrutura mecânica, tem-se a máquina de tração, a qual é composta por um motor de indução trifásico acoplado a um moto-redutor, fazendo com que a rotação associada ao motor seja convertida em torque. A máquina de tração é responsável pelo movimento do elevador e sustentação do conjunto cabina e contrapeso. Na Figura 2 apresenta-se uma foto da máquina de tração.



Figura 2 - Máquina de tração

2.2 Painel Elétrico (Quadro de Força)

Na maioria dos elevadores existe uma casa de máquinas, onde estão presentes, entre outros elementos, a máquina de tração, o quadro de comando e o quadro de força. A casa de máquinas é normalmente localizada na parte superior do elevador e existem normas específicas para a instalação adequada deste tipo de ambiente. Existem hoje, algumas tecnologias que dispensam a criação de uma casa de máquinas, o que possibilita uma otimização do espaço destinado para o elevador, além de uma redução de custos. No entanto, os componentes que a compõem não são necessariamente eliminados, mas sim redistribuídos para outros locais do elevador.

Na bancada didática em questão, optou-se pela criação de um único painel onde abrangesse em um mesmo espaço o quadro de comando e o quadro de força, aqui denominado painel elétrico. O painel elétrico é o elemento crucial para o funcionamento correto do elevador, pois é nele que se localizam os componentes de controle do elevador e acionamento da máquina de tração, o Controlador Lógico Programável (CLP) e o Inversor de Frequência, respectivamente. Na bancada didática, o painel elétrico fica localizado fora da estrutura mecânica do elevador. A Figura 3 apresenta o painel elétrico e estão em destaque o inversor de frequência e o CLP.

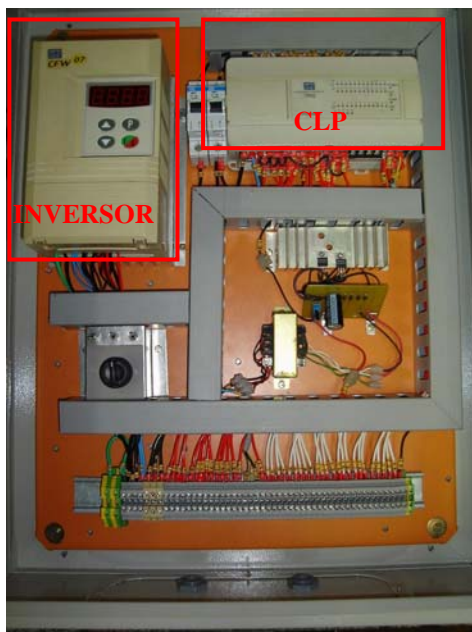


Figura 3 - Painel elétrico

O painel é alimentado através da rede monofásica de 220V, e tem como proteção geral um disjuntor de 16A, além de um disjuntor de 10A especificamente para o inversor de frequência. O CLP utilizado para o controle do elevador foi o TP02-40MR da WEG, sendo que este possui as seguintes características:

- 4kwords de memória de programa;
- Velocidade de processo de instrução básica: 0,81 a 1,02 μ s;
- Capacidade de expansão de E/S de até 2 módulos com 104 pontos;
- 24 entradas acionadas com 24Vcc;
- 16 saídas a relé.

As entradas e saídas foram inicialmente conectadas aos demais elementos do sistema conforme descrito na Tabela 1, onde Xn representa as entradas e Ym representa as saídas.

Tabela 1 - Entradas e saídas do CLP

X1	Botão Chamada Térreo (Externo)	X13	Sensor 1° Andar
X2	Botão Chamada 1° Andar (Externo)	X14	
X3	Botão Chamada 2° Andar (Externo)	X15	Sensor 2° Andar
X4	Botão Chamada 3° Andar (Externo)	X16	
X5	Botão Chamada Térreo (Interno)	X17	Sensor 3° Andar
X6	Botão Chamada 1° Andar (Interno)	X18	
X7	Botão Chamada 2° Andar (Interno)	X19	
X8	Botão Chamada 3° Andar (Interno)	X20	
X9	Botão Abre Porta (Interno)	X21	
X10	Botão Fecha Porta (Interno)	X22	
X11	Sensor Térreo Andar	X23	Saída de Erro do Inversor (RL1)
X12		X24	Saída de Erro do Inversor (RL2)
Y1	Led/Lâmpada Térreo (Externo)	Y9	Led/Lâmpada Térreo (Interno)
Y2	Led/Lâmpada 1° Andar (Externo)	Y10	Led/Lâmpada 1° Andar (Interno)
Y3	Led/Lâmpada 2° Andar (Externo)	Y11	Led/Lâmpada 2° Andar (Interno)
Y4	Led/Lâmpada 3° Andar (Externo)	Y12	Led/Lâmpada 3° Andar (Interno)
Y5	DI 1 (Inversor) – Habilita Geral	Y13	Display Indicativo Andar (LSB)
Y6	DI 2 (Inversor) – Sentido Giro	Y14	Display Indicativo Andar (MSB)
Y7	DI 3 (Inversor) – Função JOG	Y15	Led/Lâmpada Subida
Y8	DI 4 (Inversor) – Habilita Rampa	Y16	Led/Lâmpada Descida

Muitas das possibilidades de estudo de controle do elevador estão diretamente ligadas à programação do CLP. Isto é feito com o auxílio do software denominado PC-12, o qual é distribuído pelo próprio fabricante do CLP e pode ser instalado em qualquer computador pessoal. A transferência dos dados é feita através da interface serial RS-232 do computador, no entanto é necessário um conversor RS-232 para RS-422 que é o protocolo que o CLP identifica.

O inversor de frequência utilizado foi o CFW-07 da WEG, o qual recebe alimentação da rede monofásica e possui a capacidade de acionar um motor trifásico. O acionamento dos motores de indução através do controle vetorial de tensão e frequência vem sendo cada vez mais difundido e vem substituindo o que antes era feito através da partida direta. A principal vantagem deste tipo de partida está relacionada à economia de energia proporcionada por estes equipamentos. É possível alterar uma série de parâmetros do inversor de forma a acionar

o motor da melhor forma. Esses parâmetros devem ser configurados através da interface provida no próprio inversor. Depois de realizadas todas as configurações necessárias, o CLP tem controle do inversor através de quatro entradas digitais, que estão ligadas às saídas Y5 a Y8, conforme mostrado na Tabela 1.

O painel elétrico conta ainda com uma fonte auxiliar de 24 Vdc (**Figura 4** à esquerda), que provê a corrente necessária para acender as lâmpadas dos botões de chamada e uma chave para controle manual do elevador (Figura 4 à direita). Nos elevadores prediais esta chave normalmente é utilizada em situações de manutenção, e na bancada didática ela é usada para o reposicionamento da cabine quando os limites de percurso (chaves fim de curso) são alcançados.

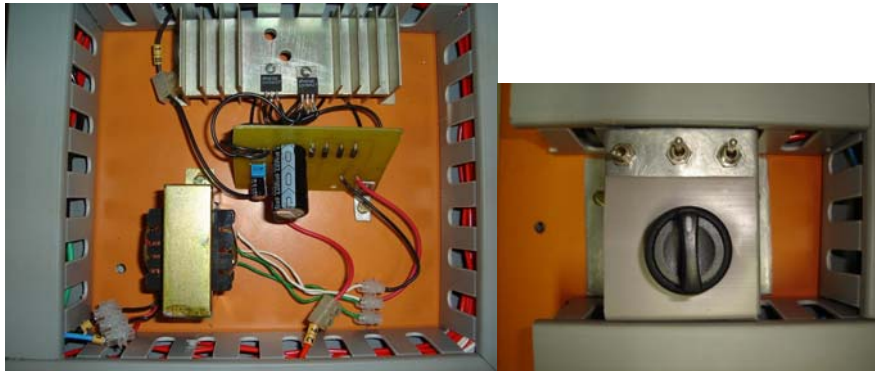


Figura 4 - Fonte auxiliar (à esq.) e chave para controle manual

As conexões do elevador com o painel elétrico são todas feitas através de bornes. Desta forma, é possível separar estes dois elementos a fim de facilitar o transporte dos mesmos. Além disso, pode-se utilizar este painel como ferramenta de apoio ao ensino de engenharia, propondo, por exemplo, que eles façam as ligações deste painel ou que encontrem erros nas mesmas.

2.3 Painel de Comando

Para completar a montagem da bancada, buscou-se a construção de um equipamento capaz de simular todas as interfaces que o usuário encontra em um elevador predial. A este, foi atribuído o nome de painel de comando.

Entre os elementos que compõem essa interface, estão os botões de chamada internos à cabine, os botões de chamada em cada andar, além de um indicador do sentido de movimento e da posição da cabine. Tradicionalmente, os elevadores prediais residenciais contêm apenas um botão de chamada, pressupondo que a pessoa que o pressiona quer sempre descer, exceto quando esta se encontra no térreo. Baseado neste fato, o projeto inicial foi feito com apenas um botão de chamada por andar.

No painel de comando da bancada didática todos os botões e indicadores foram agrupados em um mesmo local de forma a facilitar a interface com o usuário. A Figura 5 mostra o painel de comando, no qual os botões referentes ao painel interno do elevador estão à esquerda e os botões de chamada de cada andar (painel externo) estão dispostos no lado direito e possuem uma indicação acerca do andar onde estariam localizados. O painel possui ainda dois LEDs para indicar o sentido do movimento (colocados ao centro e indicados com setas) e um display de sete segmentos para indicar a posição atual da cabine.

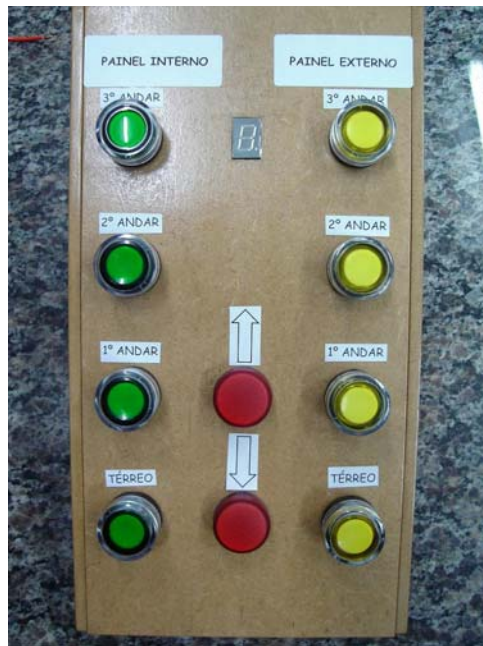


Figura 5 - Painel de comando

3. USO DA BANCADA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA

Devido à abrangência dos conhecimentos agregados à criação da bancada didática, a sua utilização em ensino pode ser amplamente explorada. No âmbito da engenharia elétrica, componentes como o motor, os sensores, o CLP e o inversor de frequência podem ser objetos de estudo dos alunos isoladamente, ou trabalhando em conjunto.

Com relação à lógica de funcionamento do elevador, podem ser propostos problemas que contemplem diferentes estratégias de operação do elevador, ficando a cargo do aluno desenvolver o programa do CLP que realizará o controle do dispositivo. A resolução deste tipo de problema de controle pode ser feita empiricamente, processo que é amplamente utilizado na maioria dos casos, ou ainda podem ser resolvidos utilizando teorias de modelagem de sistemas a eventos discretos, como por exemplo, utilizando Redes de Petri ou a Teoria de Controle Supervisório. Fazendo com que o protótipo possa ser aplicado à pesquisa científica e também a uma disciplina do mestrado em engenharia elétrica oferecido pela universidade.

Outro importante objeto de estudo presente na bancada consiste em diferentes propostas de parametrização do inversor de frequência. Estudando a configuração de seus parâmetros pode ser estabelecido, por exemplo, diversos tipos de acionamentos do motor utilizado, dado que a carga (cabina do elevador) apresenta a característica representada na Figura 6. Várias configurações poderiam ser alteradas de forma a verificar variáveis como eficiência do motor, suavização do processo de parada do elevador através da utilização de rampa de aceleração em S, entre diversos outros fatores.

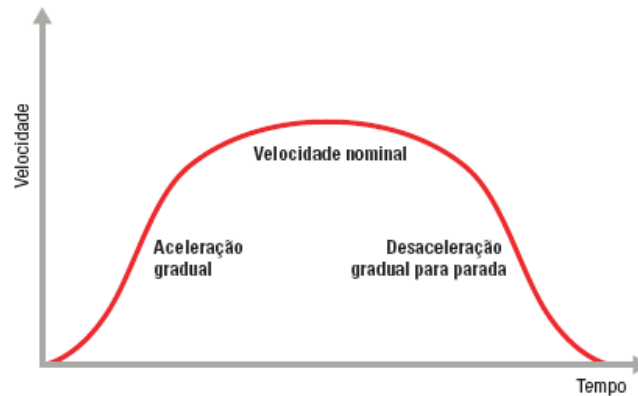


Figura 6 - Curva característica de acionamento e parada de um elevador

A integração entre o CLP e o inversor de frequência também pode ser explorada principalmente pelo fato de que a interligação destes dois tipos de equipamentos é amplamente utilizada nos mais diversos tipos de aplicações em âmbito industrial, sendo que por outro lado nenhuma disciplina do curso de graduação contempla esta aplicação.

Outra atividade cabível a utilização da bancada didática é o emprego de softwares de monitoramento, controle e aquisição, os chamados softwares supervisórios. Este é outro tipo de ferramenta amplamente utilizada nas indústrias para o controle de qualquer tipo de processo, no entanto não é abordada no curso de engenharia elétrica da UDESC. O aluno poderia criar um modelo para a bancada no software, realizar o estudo sobre diferentes tipos de protocolos de comunicação entre o referido software e o CLP, fazendo com que possa ser monitorada a evolução dos estados do elevador. Abaixo, na Figura 7, mostramos um exemplo deste tipo de aplicação, onde através do software Elipse E3, foi criada uma simples interface para o acompanhamento da posição do elevador. É importante ressaltar que apesar da simplicidade do processo que está sendo verificado, o intuito é agregar diferentes áreas de estudo para a bancada e colocar os alunos em contato com um software supervisório através de uma aplicação prática.

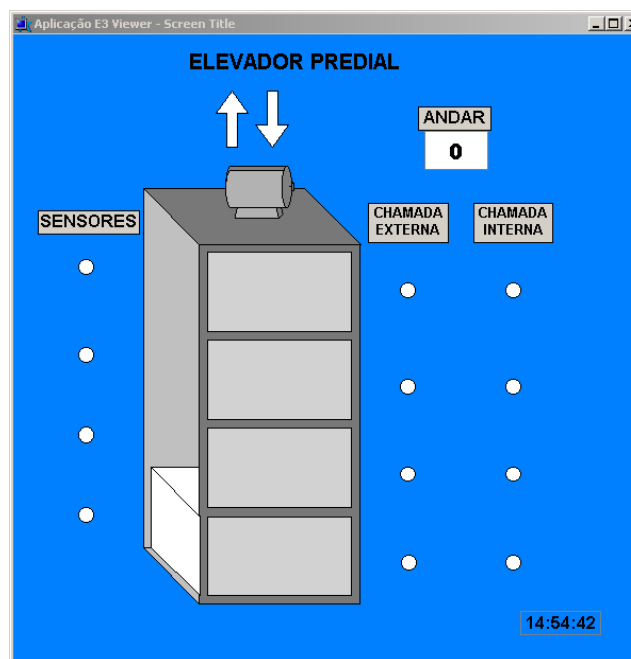


Figura 7: Interface Criada no Software Elipse E3

Extrapolando o universo da engenharia elétrica, os alunos de engenharia mecânica e civil podem fazer uso desta bancada com a finalidade de constatar na prática os aspectos construtivos do elevador. Podem ser propostos problemas semelhantes modificando os valores das grandezas envolvidas, de maneira que o uso do protótipo ajudará o aluno na visualização das variáveis dos problemas propostos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além de a bancada poder ser usada em disciplinas da graduação, há muitas melhorias e projetos que podem ser feitos para que o elevador se pareça cada vez mais com um real, um exemplo disso é a automatização das portas de entrada e uma possível implementação dos freios mecânicos.

Apesar de ser um equipamento amplamente utilizado nos dias hoje, pouco ou quase nenhum estudo sobre elevadores é feito nos cursos de graduação de Engenharia da UDESC. A importância do estudo deste tipo de equipamento se deve ao fato de envolver diversas áreas, não somente relacionadas à Engenharia Elétrica, mas também relacionadas à construção mecânica e ao estudo de esforços. Assim, se o estudo for feito de forma correta, apresentando características mecânicas e elétricas, o aluno consegue ter uma visão sistêmica do processo e não somente da parte ensinada na graduação. Com a bancada didática pronta e podendo ser utilizada para as disciplinas da graduação a partir do segundo semestre, espera-se que parte desta deficiência seja sanada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Educação Tutorial – PET, mantido pelo MEC/SESu/DIPES, pelo auxílio financeiro dos bolsistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Elevadores Atlas Schindler (Firma). **Manual de transporte vertical em edifícios**. 18. ed. São Paulo: Pini, 2001.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

WEG Automação. **Manual de Instalação e Programação – Controlador Programável TP02**. 2001

WEG Automação. **Manual do Inversor de Frequência CFW-07**. 2001

L. CHEDED, M. AL MULLA. **Control of a four-level elevator system using a programmable logic controller**. International Journal of Electrical Engineering Education, Volume 39, April 2002.

M. AL MULLA. **Control of a 4-level Elevator System Using a Programmable Logic Controller**, Systems Engineering Department, KFUPM, 1988.

CURZEL, J. L.; LEAL, A. B. **Implementação de Controle Supervisório em Liguagem LADDER para uma Célula Flexível de Manufatura Didática**, XVI Congresso Brasileiro de Automática CBA, 2006.

Universidade Nova de Lisboa. **Manual de utilização – Elevador Didático**. 1997.

WEBSITE: <http://en.wikipedia.org/wiki/Elevator>. Acesso em 25/03/2008

WEBSITE: <http://science.howstuffworks.com/elevator.htm>. Acesso em 03/04/2008

WEBSITE: <http://kahuna.sdsu.edu/~mechtron/mechatronics/plc.html>. Acesso em 17/02/2008

CONSTRUCTION OF A PREDIAL MINI-ELEVATOR: A DIDACTIC EQUIPMENT FOR THE ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *This document shows the build of a didactic bench, representing a lift, to use in engineering education, having in mind the importance of making practical experiments in the graduation of an engineer. All the building aspects involving the design of the bench are described, the bench was basically divided in three parts: mechanical structure, electrical panel and control panel. Also, the possible applications of the bench are show, among them, the study of programming the Programmable Logic Controller (PLC) that realizes the control of the system, changing the parameters of the frequency inverter in order to change the features of the start of the motor, among others.*

Key-words: *Predial Elevator, PLC, Frequency Inverter, Engineering Education, Didactic Bench*