

## **DESENVOLVIMENTO DE UM KIT DIDÁTICO PARA UTILIZAÇÃO EM AULAS DE LABORATÓRIO DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Pedro Henrique de Menezes Maximo – [pepitemaximo@hotmail.com](mailto:pepitemaximo@hotmail.com)

Universidade Federal do Ceará – Campus Sobral

Rua Estandislaus Frota ,S/N - Centro

CEP 62010-560 – Sobral - Ceará

Rafael Ponte Ferreira – [rafaeleletrico@gmail.com](mailto:rafaeleletrico@gmail.com)

Universidade Federal do Ceará – Campus Sobral

Rua Estandislaus Frota ,S/N - Centro

CEP 62010-560 – Sobral - Ceará

Vandilberto Pereira Pinto– [vandilberto@ufc.br](mailto:vandilberto@ufc.br)

Universidade Federal do Ceará – Campus Sobral

Rua Estandislaus Frota ,S/N - Centro

CEP 62010-560 – Sobral – Ceará

**Resumo:** *Dada a importância e a necessidade das atividades práticas nas disciplinas de engenharia, e diante do custo normalmente elevado dos equipamentos dos laboratórios, o presente artigo aborda as etapas para o desenvolvimento de um kit didático de baixo custo que poderá ser utilizado em diversas disciplinas como: Controle de Sistemas Dinâmicos, Identificação de Sistemas dentre outras. Trata-se de uma esteira transportadora inicialmente em malha aberta, destinada principalmente ao estudo de forma práticas das disciplinas da área de controle, tendo como objetivo além de motivar os estudantes, proporcionará um melhor entendimento dos conteúdos teóricos através de aulas práticas. Em um segundo momento será desenvolvido um sensor de velocidade e a aplicação de técnicas de controle tendo a esteira com uma planta de teste.*

**Palavras-chaves:** *Kit didático, Malha aberta, Controle.*

### **1 INTRODUÇÃO**

A educação em engenharia deve ser realizada com equipamentos técnicos e computadores. De acordo com (COELHO *et AL.*,2001 *apud* D.S. Bernstein,1998) somente experimentos por simulação não são suficientes. Os exercícios práticos devem estar organizados e sincronizados com as aulas e exercícios teóricos. Entre os objetivos dos trabalhos práticos tem-se: i) adquirir experiências por repetição e implementação utilizando-se experimentos e instalações atrativas; ii) balancear o treinamento teórico e prático; iii) envolver os estudantes em atividades de grupo no desenvolvimento de atividades práticas; iv) aplicar o conhecimento adquirido nas aulas teóricas em laboratório.

Para Rothe-Neves *et al* (2004) o uso de protótipos didáticos no ensino e pesquisa de sistemas de controle é importante tanto para motivar alunos e professores como para não limitar o estudo aos métodos tradicionais, tais como: quadro, projetor e simulações, que com

sua forma abstrata, podem dificultar o entendimento não-matemático e ocultar problemas inerentes a sistemas reais.

Partindo desse princípio, foi desenvolvido um protótipo didático, que corresponde a uma esteira transportadora para auxiliar alunos e professores nas disciplinas teóricas e de laboratório. Trata-se de um protótipo de baixo custo que poderá ser utilizado em diversas disciplinas do curso de engenharia, tendo um enfoque maior na área de controle.

Após uma revisão bibliográfica para a construção de um protótipo que pudesse ser utilizado no processo de ensino aprendizagem do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFC – Campus Sobral, chegou-se a definição de um equipamento que consiste em uma esteira de 65cm movida por um motor CC de 15V, existe também um segundo motor de 9V que funcionará como Taco-gerador.

A criação desse kit tem como objetivo contribuir com o melhoramento do desempenho acadêmico, envolvendo discentes em atividades de desenvolvimento que exigirão destes uma abordagem mais aprofundada de conteúdos já vistos ou em concomitância com as disciplinas de engenharia.

*Um protótipo construído numa Instituição de Ensino Superior, pelos seus alunos e professores, resulta num equipamento de manutenção facilitada, personalizado para uma dada finalidade e proporciona ao mesmo tempo um processo de independência tecnológica bem como contato com as tecnologias mais atuais, além de ser uma oportunidade singular para seus construtores sedimentarem grande parte do conhecimento teórico adquirido na sala de aula (CARMO et al, 2008).*

## 2 DESENVOLVIMENTO DO KIT DIDÁTICO

### 2.1 Idéia inicial do protótipo

Durante a idéia inicial de criação, buscou-se desenvolver um protótipo físico utilizando materiais de refugos (Trabalhar com materiais reciclados), que suportasse transportar de ponto inicial a um ponto final um determinado peso. Com a utilização de um software criou-se o modelo de um protótipo inicial mostrado pela Figura 1.

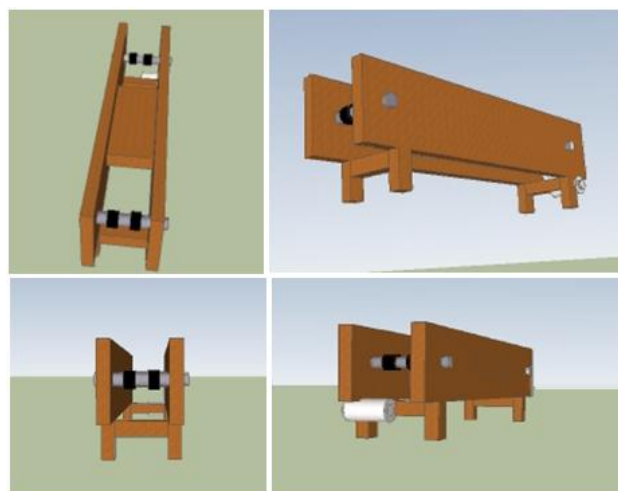


Figura 1: Vistas do modelo criado por software

Percebe-se tratar de uma estrutura relativamente simples, com duas madeiras servindo como base, e dois eixos responsáveis pela movimentação da esteira.

## 2.2 Criação da Esteira Transportadora

Inicia-se a fabricação do modelo previamente projetado. Algumas alterações foram feitas, perante o modelo inicial, a posição do motor, que inicialmente estava em uma das extremidades, passou a ser centralizado alimentando assim a esteira e o taco gerador por meio de uma correia. A esteira, Figura 2, possui 80cm de comprimento por 15cm de largura e 24cm de altura. O comprimento do tecido da esteira é 65cm e a largura é 10cm.

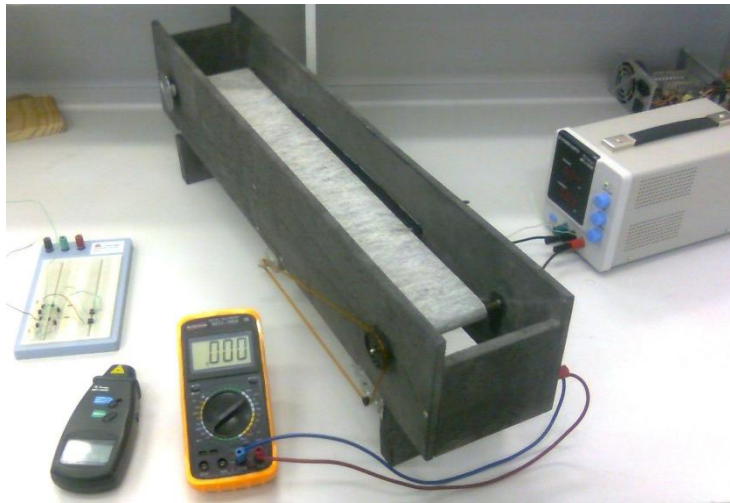


Figura 2: Esteira Transportadora(kit didático)

Para movimentar a esteira utilizou-se um motor cc de 15V, produto retirado de uma impressora, motor excelente para projetos de controle de pequena escala e de baixo custo. Um segundo motor é utilizado como gerador, que será chamado de taco gerador. Também retirado de uma impressora e estima-se que seja de 9V.

A primeira etapa para a utilização do kit é verificar as engrenagens, verificar se estão bem encaixadas e se a correia não está muito frouxa.

A segunda etapa é verificar alimentação de entrada no motor da esteira, não podendo passar de 15V. Deve-se colocar também um amperímetro na entrada do motor, pois a corrente não pode ultrapassar de 600mA. Além desse valor o motor poderá queimar, pois seus enrolamentos não suportarão essa corrente por muito tempo. O valor da corrente do motor determinará o peso máximo suportado pela esteira.

A terceira etapa é conectar um voltímetro na saída do tacogerador verificando-se tensão de referência que serve como parametro para determinar a velocidade da esteira. Assim, a esteira estará pronta para o funcionamento e realizações de testes que serão mostrados a seguir.

## 3 TESTES

### 3.1 Teste da resposta de um pulso quadrado

Neste teste o motor foi alimentado com uma tensão de 5,8V. Um osciloscópio foi utilizado para uma representação gráfica dos sinais de entrada e saída. O Canal 3 do

osciloscópio representado pela onda quadrada (margenta) da Figura 3, apresenta a tensão de entrada. O Canal 1 do osciloscópio representado pela onda quadrada (laranja) da Figura 3 apresenta o taco-gerador respondendo a entrada produzindo uma tensão de aproximadamente 1V.

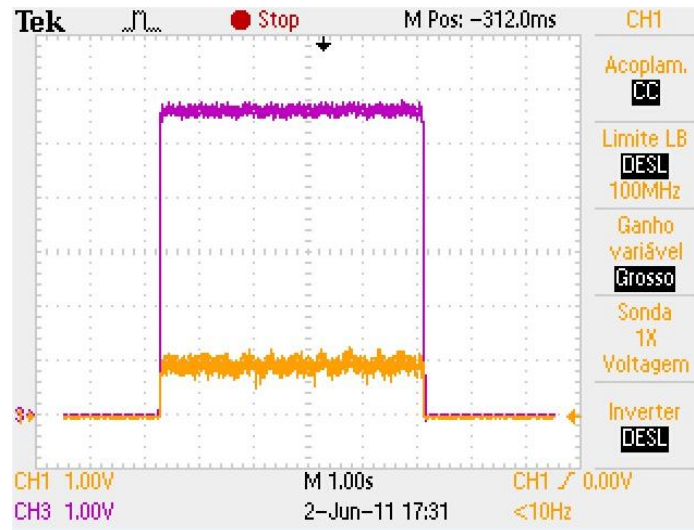


Figura 3: Resposta do Taco-gerador a entrada de um pulso quadrado

Verificando assim que o sistema taco gerador está funcionando corretamente e que a resposta ao sinal quadrado de entrada foi satisfatória.

### 3.2 Teste da inversão do movimento da esteira

O segundo teste foi realizado com o auxílio de um circuito chamado de Ponte-H, na qual tem como principal funcionalidade a inversão da tensão de entrada, ocasionando em motores cc a mudança no sentido de rotação. A Ponte-H utilizada no teste possui 4 transistores BC 548, 4 diodos 1N4007, 4 resistores de 330Ω e 2 chaves como mostra a figura 4 e 5.

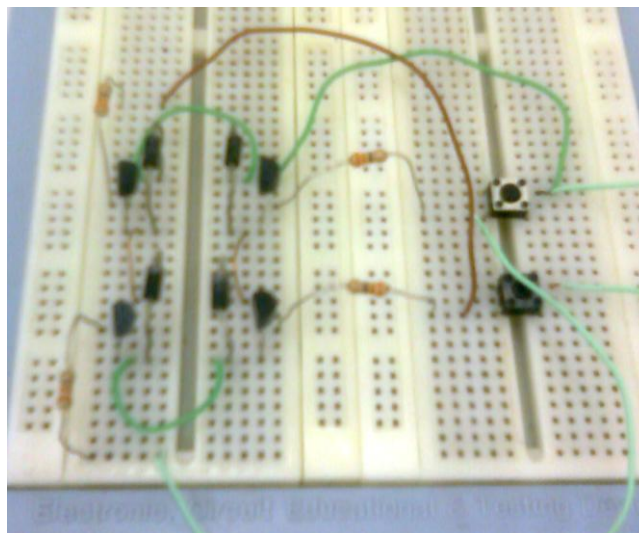


Figura 4: Circuito Ponte-H montado na protoboard

Ao pressionar uma das chaves do circuito Ponte-H a esteira se movimenta da esquerda para a direita e o taco-gerador mostra uma tensão positiva. Ao pressionar a outra chave do



circuito Ponte-H a esteira se movimenta da direita para a esquerda e o taco-gerador mostra uma tensão negativa, pois o motor está girando no sentido contrário.

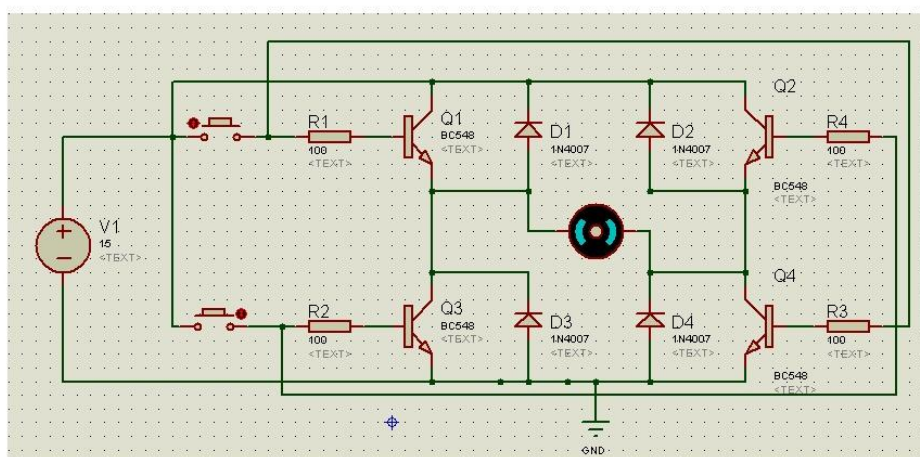


Figura 5: Circuito Ponte-H – Simulação

### 3.3 Teste da esteira sem carga - Taco gerador x Velocidade

Finalmente variando as tensões de entrada é montada uma tabela com os valores de velocidades medidos no eixo em RPM, o tempo que a esteira percorre sua extensão 64cm, e a velocidade da esteira em cm/s.

Tabela 1: Teste sem carga

Teste sem carga				
Tensão	Velocidade em RPM	Tempo(s)	Taco-gerador(V)	Velocidade cm/s
6V	106	6,41	0,9	9,984399376
7V	149	4,7	1,18	13,61702128
8V	184,5	3,75	1,51	17,06666667
9V	230	3,01	1,84	21,26245847
10V	265	2,67	2,11	23,97003745
11V	307	2,34	2,51	27,35042735
12V	344	2,17	2,75	29,49308756
13V	371	1,93	3,06	33,16062176
14V	390	1,62	3,41	39,50617284
15V	427	1,4	3,65	45,71428571

Como o taco gerador não depende da tensão de entrada, e sim da velocidade em que a esteira se movimenta, pode-se determinar a relação entre velocidade e a tensão gerada pelo taco. A partir desse conceito, foi gerado gráficos tensão do taco x Velocidade em RPM e tensão do taco x Velocidade em cm/s, representados respectivamente nas Figuras 6 e 7.

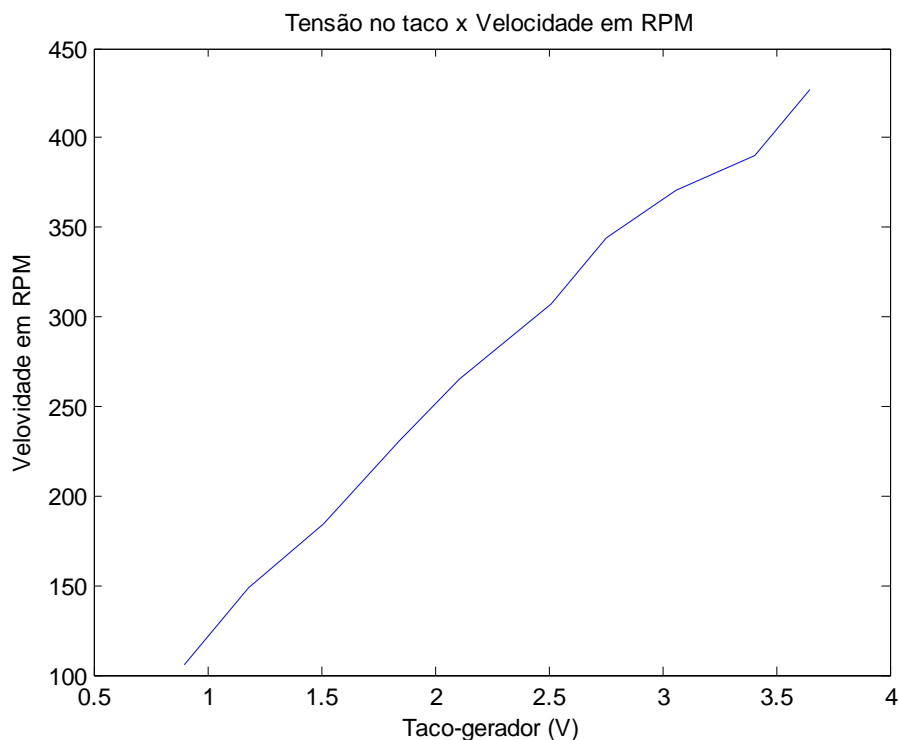


Figura 6: Tensão no taco x Velocidade em RPM

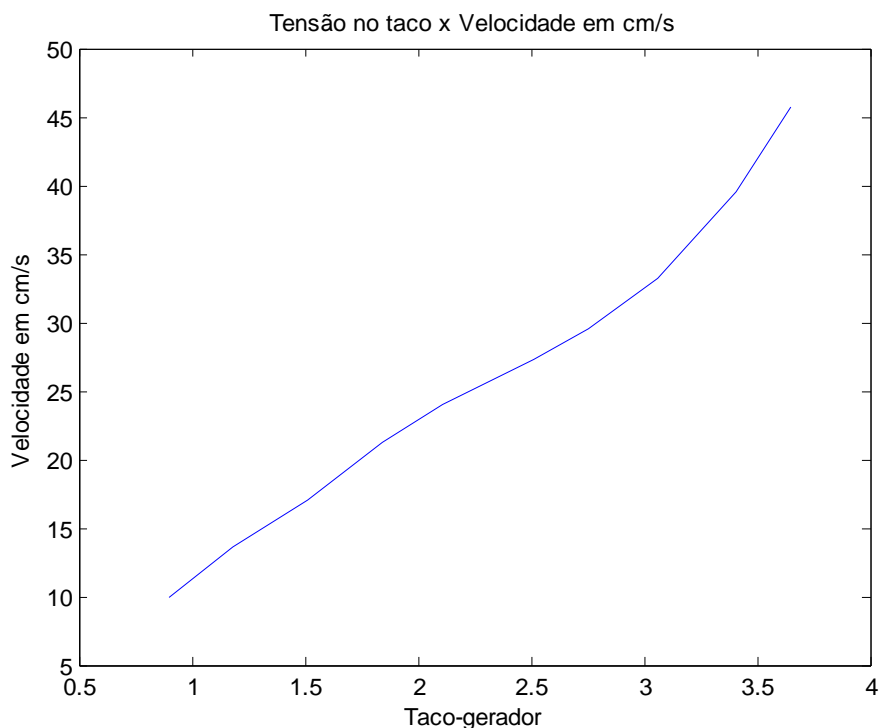


Figura 7: Tensão no taco x Velocidade em cm/s

### 3.4 Curva característica

Com a utilização do osciloscópio e um degrau na entrada, pode ser determinada a curva característica do sistema, conforme mostrado na Figura 8. Apesar da presença de grandes oscilações por conta da parte mecânica do projeto, o sistema pode ser definido como superamortecido.

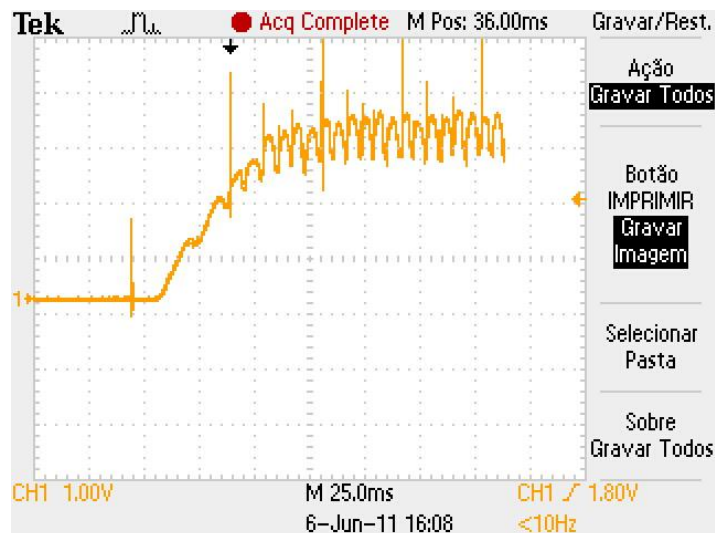


Figura 8: Curva característica do sistema

## 4 PROPOSTA FUTURA

Pretende-se construir um sensor de velocidade mais preciso, através de um circuito com a utilização de um *encoder*, servindo de entrada para um controlador PID, podendo funcionar também como uma medida de comparação com a saída do taco. Pode-se ainda utilizar uma placa de aquisição de dados para melhor visualização dos resultados obtidos e melhor entendimento do controle.

## 5 CONCLUSÕES

Diante do contexto apresentado por algumas instituições de ensino, verifica-se que existe uma carência de alguns instrumentos de laboratório. Percebe-se que a criação de um protótipo pelos próprios alunos, desenvolve o conhecimento técnico alinhado a criatividade e ao trabalho em equipe. Avalia-se assim sendo uma proposta viável que deve ser expandida e multiplicada.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNSTEIN, D.S., Control Experiments and What I Learned From Them: A Personal Journey. IEEE Control Systems, 18, 1998, pp. 81-87.

CARMO, *et al.* **Construção de protótipo didático: Uma abordagem diferenciada no processo de ensino/ aprendizagem de engenharia.** Disponível em: <<http://www.deec.ufpa.br/~peteletrica/artigos/>> Acesso em: 06 junho 2011.

COELHO, *et al.* Experimentos práticos de controle adaptado na graduação COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Florianópolis: UFSC,2001.

ROTHER-NEVES, M., Silva, O.F., Barreiros, J.A.L. (2004). Metodologia para a construção de protótipos didáticos para os cursos de controle e automação de sistemas, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. COBENGE.

## DEVELOPMENT OF A KIT FOR USE IN TEACHING CLASSES OF CONTROL AND AUTOMATION LABORATORY

**Abstract:** *Given the importance and necessity of the practical activities in engineering disciplines, and in front of the usually high cost of laboratory equipment, this article discusses the steps for developing a low-cost educational kits that can be used in various disciplines such as: Control Dynamic Systems, Identification Systems and others. This is the first in a conveyor belt open mesh, designed primarily to study how practices of subjects in the area of control, as well as aiming to motivate students, provide a better understanding of theoretical concepts through practical classes. In a second phase will develop a speed sensor and the application of control techniques tend to mat with a test plan.*

**Key-words:** *Teaching Kit, Open Mesh, Control.*