

CONSTRUÇÃO DE BANCADAS DE CONTROLE DE POSIÇÃO COMO MÉTODO DE ENSINO NO DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CRIATIVO NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

André Felipe Souza da Cruz – andcruz@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente.

68464-000 – Tucuruí – Pará.

Felipe Silveira Piano – felipe.s.piano.99@gmail.com

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente.

68464-000 – Tucuruí – Pará.

Amanda Beatriz Ferreira Bezerra – amanda.f.bezerra1@gmail.com

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente.

68464-000 – Tucuruí – Pará.

Dywles de Souza Soares – dywles.souza@gmail.com

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente.

68464-000 – Tucuruí – Pará.

Rafael Suzuki Bayma – rafaelbayma@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente.

68464-000 – Tucuruí – Pará.

Resumo: A habilidade de utilizar os conhecimentos teóricos na resolução de problemas reais é um dos requisitos cruciais para o profissional que busca atuar na engenharia. Para o estudante de Engenharia Elétrica, durante a graduação são ofertados conhecimentos teóricos referentes às quatro grandes áreas: Eletrônica, Sistemas de Controle, Potência e Telecomunicações. Numerosos trabalhos reportam e enfatizam a necessidade do suporte aos estudantes no que se refere ao termo “pensar com criatividade”. Além disso, a realização de experimentos técnicos laboratoriais auxilia no aprendizado multidisciplinar necessário para que estes estudantes adquiram habilidades cognitivas, que serão muito importantes em sua futura atuação profissional. No entanto, a disponibilidade de equipamentos e componentes para a realização destes experimentos técnicos é precária. Uma forma de contornar tal problema tem sido a reutilização de equipamentos eletrônicos, de onde são retirados os componentes necessários para a realização de experimentos simples e criativos. Pensando em incentivar tais atividades, neste trabalho são apresentadas as etapas de construção de uma bancada de controle de posição, realizada por estudantes da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFPA. Os principais resultados são os conhecimentos adquiridos a partir da montagem e funcionamento adequado da bancada.

Palavras-chave: Experimento técnico. Pensar com Criatividade. Baixo Custo. Arduino.

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de elaborar projetos é considerada como a principal característica de um engenheiro. Ela se baseia em reunir informações teóricas, técnicas e de planejamento, associadas ao conhecimento científico e experiência adquirida, para propor soluções adequadas que atendam alguma necessidade da sociedade (DYM et al., 2006). A habilidade de empregar um processo criativo para solucionar um problema, ou projetar um novo dispositivo, é essencial na engenharia, e atualmente com os avanços tecnológicos, esta habilidade se torna especialmente necessária para os futuros engenheiros (DYM et al., 2006; DALY et al., 2014). Atualmente, pesquisadores têm relatado e enfatizado em seus trabalhos a importância do suporte aos estudantes de engenharia no que se refere ao “pensar com criatividade” (DYM et al., 2006; DALY et al., 2014).

Nas últimas décadas, a grade curricular dos cursos de engenharia tem sido baseada em um modelo denominado “Ciência em Engenharia”, cujos ensinamentos de engenharia são apresentados depois de uma sólida base de matemática e ciências (DYM et al., 2006). Contudo, pesquisadores têm mostrado a possibilidade de versatilidade na reestruturação da grade curricular dos cursos de engenharia, introduzindo durante o processo de aprendizagem básica a realização de experimentos práticos (POWELL et al., 2015). DYM (2006) afirma que durante o primeiro período de curso, com a introdução de experimentos e projetos, os estudantes tem a oportunidade de provar o que a engenharia realmente é, enquanto experimentam o aprendizado de conceitos básicos juntamente com o processo de produção de projetos aplicados a problemas reais. Uma das principais vantagens desta abordagem é a possibilidade da realização de trabalhos multidisciplinares durante o processo de formação do engenheiro, tendo em vista que fora da academia os problemas de engenharia são dificilmente resolvidos pela aplicação de conhecimentos de apenas uma área. Tais estratégias têm sido aplicadas em conjunto com metodologias de ensino, das quais podemos destacar a metodologia de aprendizagem baseada em problemas (PBL – *Problem Based Learning*) (NEVES et al., 2007). Esta metodologia auxilia na integração dos conhecimentos teóricos e práticos mediante a resolução de problemas reais, encorajando os alunos a refletirem sobre o conhecimento prévio e a experiência.

Em particular, a Engenharia Elétrica é dívida em quatro áreas: Eletrônica, Sistemas de Controle, Sistemas de Potência e Telecomunicações. O desenvolvimento de experimentos utilizando plantas de controle de sistemas envolve conhecimentos de circuitos elétricos, eletrônica analógica e digital, análise de sinais e sistemas, programação, além das disciplinas ferramentais de cálculo diferencial e integral, entre outros. É notável a interdisciplinaridade durante projetos deste tipo. No entanto, uma das dificuldades encontradas pelos cursos de Engenharia Elétrica (assim como outros cursos de engenharia) são os custos dos *kits* e bancadas comerciais, que possuem valores elevados de aquisição para as universidades públicas e particulares (LOPES et al., 2013). Uma forma de contornar tal problema é a utilização de bancadas produzidas a partir de peças reutilizadas de dispositivos eletrônicos descartados e componentes de baixo custo.

É fato que, para o projeto e montagem de dispositivos eletrônicos que possam vir a ser utilizados como bancadas de ensino, apenas o conhecimento teórico de um estudante na metade de seu curso de graduação, na maioria das vezes, não é suficiente. Muitas variáveis podem afetar no sucesso ou falha dos processos de projeto, mas o pensamento criativo, individual, ou em conjunto, em um ambiente de desafios pode ser a chave para ideias inovadoras (DALY et al., 2014). Isto demonstra a necessidade da inclusão do aluno às práticas de projeto desde os primeiros momentos de sua carreira acadêmica.

A palavra criatividade pode parecer subjetiva e ambígua, mas no contexto do ensino em engenharia, a obtenção desta habilidade é uma parte valiosa da educação de um estudante. O processo de aquisição da habilidade de pensar criativamente não é simples, e nem exato, mas envolve passos sistemáticos de descoberta de novas informações baseadas na tentativa e erro, redirecionados sempre com um embasamento teórico na direção dos resultados esperados.

Na Engenharia Elétrica, o processo de pensar criativamente pode ser aplicado na programação e até mesmo no desenvolvimento técnico de circuitos e aparatos tecnológicos. Com o intuito de absorver tais conhecimentos, adquirir habilidades técnicas e futuramente providenciar bancadas de ensino de baixo custo, estudantes da faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí, desenvolveram bancadas de controle de posição. Para isso, foram reutilizados componentes retirados de equipamentos sucateados, em conjunto com componentes de baixo custo. O processo de montagem foi realizado sobre orientação docente, sendo enfatizados em todas as etapas da construção os conceitos teóricos obtidos durante o curso de graduação.

Neste trabalho é apresentado o processo de montagem de uma bancada de controle de posição como método de ensino no desenvolvimento do pensamento criativo no curso de Engenharia Elétrica, com ênfase na habilidade técnica e redução da abstração dos conceitos teóricos. Como resultados são apresentadas as discussões a respeito do conhecimento absorvido, da habilidade técnica adquirida, do pensamento criativo exercitado durante o processo de montagem e a utilização dos conceitos teóricos aplicados.

2 METODOLOGIA

Para a construção das bancadas de controle de posição foram selecionados três alunos do quarto semestre (segundo ano de curso) do curso de Engenharia Elétrica da UFPA, no período de dezembro de 2018. Naquele momento, os alunos finalizavam suas atividades curriculares referentes ao núcleo básico de ensino de engenharia, e iniciariam no próximo ano as disciplinas profissionalizantes do curso. Com base nestas informações, enfatizamos que esta foi a primeira vez que os discentes tiveram contato com atividades práticas de experimento técnico na Engenharia Elétrica.

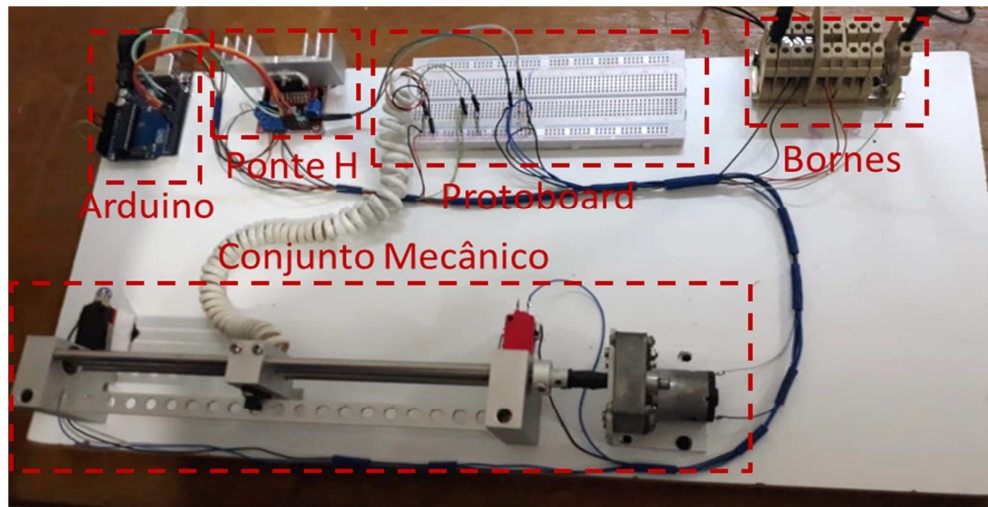
No processo de aprendizado e experimentação, os alunos desenvolveram as atividades de construção de seis bancadas, sendo a primeira um protótipo inicial, e as cinco restantes expansões da primeira. Nas próximas seções são descritos o processo de montagem, materiais utilizados e o funcionamento das bancadas de controle de posição.

2.1 Processo de construção das bancadas

Nos primeiros momentos de atividade, os discentes foram orientados a reutilizar os materiais de um *kit* comercial danificado, para construir um protótipo da bancada de controle de posição. Deste *kit*, foram retirados um motor CC e um conjunto mecânico de deslocamento, constituindo de uma peça móvel e uma estrutura fixa. De posse de uma ponte H (circuito de controle de motores CC) e um microcontrolador Arduino, e sob orientação docente, o primeiro protótipo foi desenvolvido sem muitas dificuldades. A Figura 1 mostra a descrição de cada parte do primeiro protótipo da bancada de controle de posição desenvolvido pelos discentes.

Neste primeiro protótipo, os alunos tiveram a oportunidade de entrar em contato pela primeira vez com técnicas de soldagem, cortes de madeira, testes de continuidade de corrente, medição de resistência elétrica, medição de tensão elétrica, além da noção estética de montagem. Com o mínimo conhecimento de programação, eles também tiveram a oportunidade de enviar comandos de deslocamento para a bancada

Figura 1 – Protótipo da bancada de controle de posição



Fonte: O Autor, 2019.

Este primeiro experimento serviu para introduzir os alunos ao processo de montagem. No entanto, a utilização deste conjunto mecânico pode não ser a melhor opção, principalmente pela disponibilidade de difícil acesso. Buscando solucionar este problema, foi proposto utilizar estruturas disponíveis em equipamento sucateados, como por exemplo, impressoras a jato de tinta danificadas. Especificamente, a parte mecânica retirada destas impressoras é comumente chamada de “carro de impressão” (Figura 2). Em contraste com o conjunto mecânico apresentado na Figura 1, o carro de impressão apresenta fácil acesso principalmente pela atual substituição que as impressoras a jato de tinta têm sofrido, sendo trocadas por impressoras a toner. Uma característica interessante no carro de impressão é sua velocidade de deslocamento e precisão do conjunto de encoder óptico, abrindo a possibilidade de desafios de controle para estudantes desta área. A partir deste ponto, passaremos a nos referir ao conjunto mecânico retirado destas impressoras como “carro da bancada”.

Figura 2 – Carro de impressão retirado de uma impressora a jato de tinta.



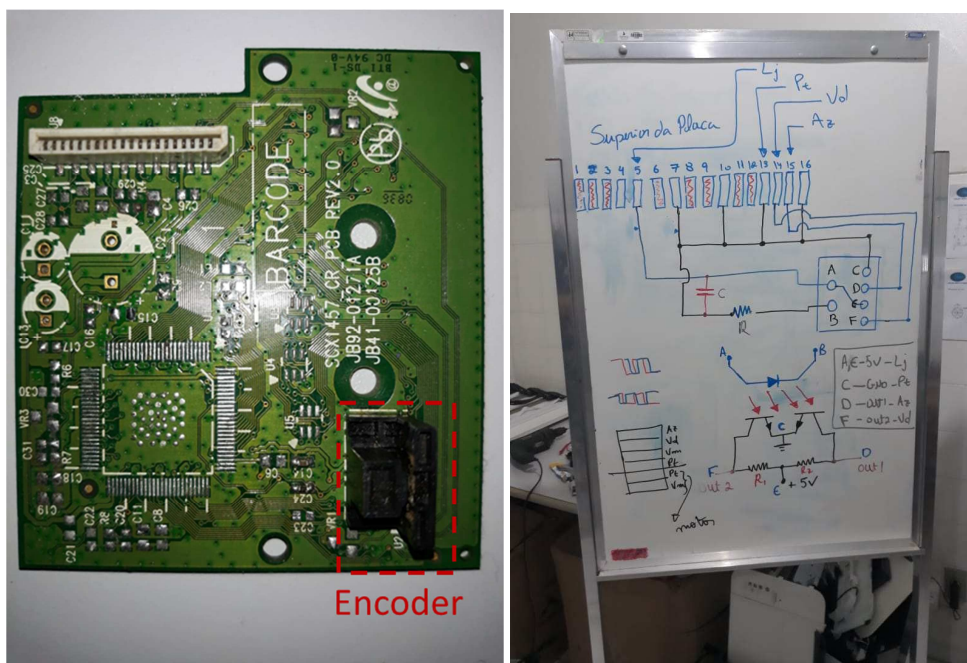
Fonte: O Autor, 2019.

Apesar dos benefícios da estrutura do carro da bancada, houveram alguns desafios a serem superados pelos discentes, destes, o principal foi a identificação do circuito de *encoder* óptico. A partir deste ponto, são descritas as etapas de construção das bancadas de controle de posição baseadas no primeiro protótipo. O processo envolve duas etapas principais: Identificação do circuito de *encoder* óptico; e Montagem estrutural das bancadas.

Identificação do circuito de *encoder* óptico

Retirados os carros das impressoras, a próxima etapa se resumiu na identificação do circuito do *encoder* óptico. Para isso, foi necessário retirar todos os componentes da placa de *encoder*, e então, por meio do teste de continuidade, identificar todas as trilhas de condução dos terminais do *encoder* óptico, ao cabo *flat*. Na Figura 3, são demonstrados o circuito após a limpeza e extração de todos os componentes (com exceção do sensor óptico), e o esquema de identificação do circuito.

Figura 3 – (a) Circuito de *encoder* óptico com apenas o sensor óptico; (b) Esquema de identificação do circuito de *encoder* óptico.



Fonte: O Autor, 2019.

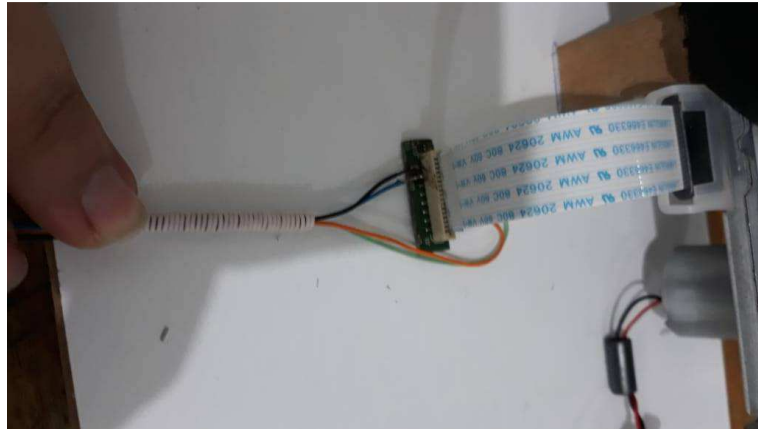
(a)

(b)

O *Encoder* óptico utilizado nas bancadas possui leitura dupla, ou seja, no processo de sensoriamento da fita *encoder* há duas informações defasadas entre si, onde o atraso ou o avanço relativo entre os sinais possibilitam a informação do sentido de deslocamento do carro da bancada.

O esquema na Figura 3b foi montado a partir do teste de continuidade entre os pinos do *encoder* óptico e os terminais do conector do cabo *flat*. Uma vez identificados os terminais, foram preparados conectores apropriados para receber o sinal na outra ponta do cabo *flat* (Figura 4). Identificados os sinais da primeira bancada, o processo foi repetido para as quatro bancadas restantes.

Figura 4 – Terminal conector do cabo *flat*



Fonte: O Autor, 2019.

Devido ao fato de que estes componentes foram reaproveitados de impressoras sucateadas, infelizmente não foi possível recolher todos os carros idênticos, já que as próprias impressoras eram diferentes. Contudo, isso apenas reforçou o aprendizado na identificação dos circuitos de *encoder* óptico, pois apesar de serem diferentes, apresentavam o mesmo funcionamento.

Montagem estrutural das bancadas

As bancadas foram montadas utilizando peças de madeira MDF (*Medium Density Fiberboard*) de 15 mm de espessura, e dimensões de 17,5 cm por 46 cm. Na parte inferior das peças de MDF, foram fixados quatro discos de borrachas para servirem como pés de apoio. Os carros das bancadas foram fixados utilizando bases feitas de madeira, cuidadosamente perfurados e dimensionados de acordo com a estrutura de cada carro (Figura 5).

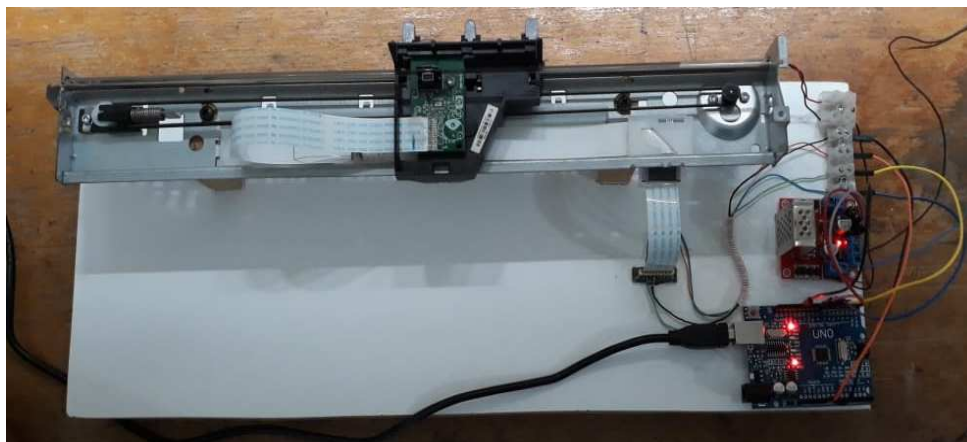
Figura 6 – Fixação dos carros nas peças de MDF.



Fonte: O Autor, 2019.

Por fim, foram também parafusados à estrutura das bancadas os circuitos de ponte H, os microcontroladores Arduino, e os terminais *bornes*. A estrutura finalizada da bancada de controle de posição proposta neste trabalho é mostrada na Figura 6.

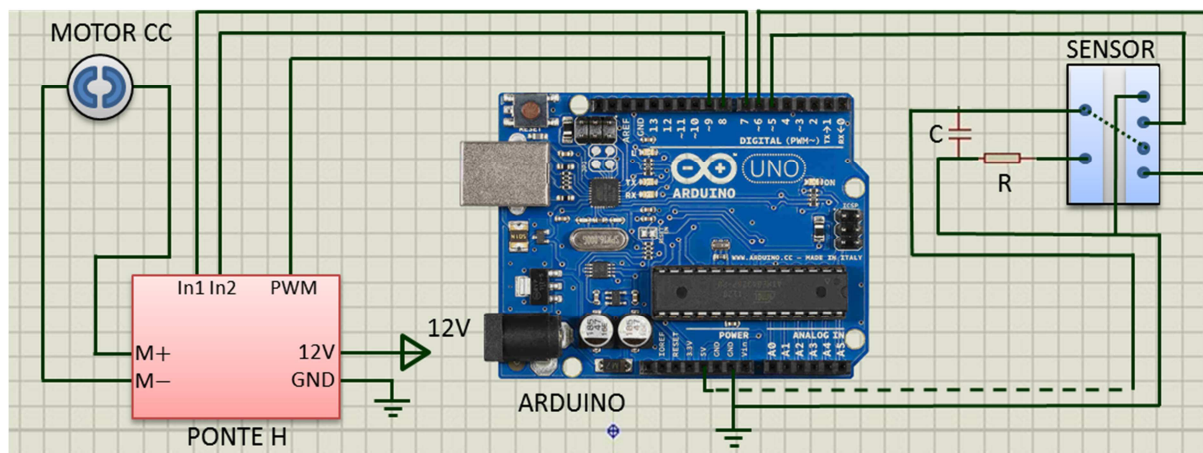
Figura 6 – Bancada de controle de posição finalizada



Fonte: O Autor, 2019.

O circuito elétrico da bancada de controle de posição é demonstrado na Figura 7. Basicamente, o circuito pode ser dividido em duas partes: A direita do Arduino está o sensoramento de deslocamento, e a esquerda está o circuito de força que controla o motor CC.

Figura 6 – Bancada de controle de posição finalizada



Fonte: O Autor, 2019.

2.2 Materiais Utilizados

Os custos dos materiais utilizados na construção de uma única bancada de controle de posição são descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Componentes e materiais utilizados.

Quant.	Descrição	Modo de aquisição	Custo
01	Peça de madeira MDF	Reaproveitado	—
01	Carro de impressão	Reaproveitado	—
04	Pés de Borracha	Reaproveitado	—
01	Bornes terminais	Comprado	RS 12,00
01	Ponte H	Comprado	RS 15,30
01	Arduino	Comprado	R\$ 39,80

Fonte: O Autor, 2019.

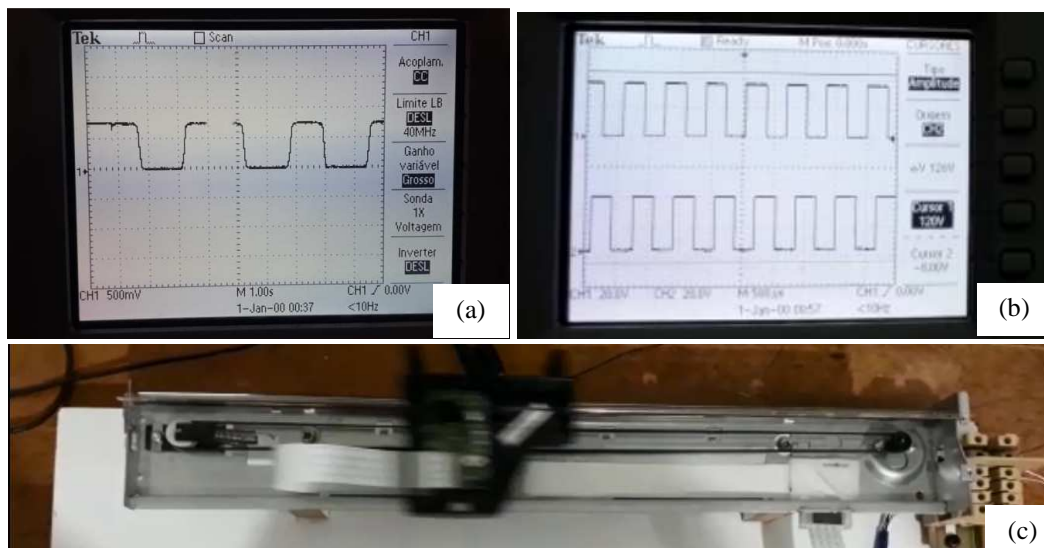
2.3 Funcionamento da bancada de controle de posição

Na Figura 6, o pino 9 PWM controla a velocidade de movimento do carro, e os pinos 8 e 7 controlam o sentido de rotação. Para o estado 8 = HIGH e 7 = LOW, o carro move-se para a direita, e para o estado 8 = LOW e 7 = HIGH, o carro move-se para a esquerda.

No centro do sensor óptico há a presença da fita de *encoder*, uma fita plástica transparente listrada fixa na bancada. O sensor óptico dispara um sinal infravermelho que pode ser bloqueado pela listra da fita plástica, ou pode passar diretamente para o receptor, dependendo da posição do carro. A leitura do sensor óptico envia dois sinais digitais defasados entre si, cujo atraso ou avanço relativo depende do sentido de deslocamento do carro. Estas informações são suficientes para a criação de uma rotina de controle na *sketch* do Arduino, ou no MATLAB, para controlar o posicionamento do carro, tanto em malha aberta, quanto em malha fechada.

Os sinais do *encoder* óptico podem ser lidos com o auxílio de um osciloscópio. Comparada ao sinal do primeiro protótipo (Figura 7a), os sinais das bancadas com carro de impressão (Figura 7b) são muito mais sensíveis e rápidos, o que permite um controle dinâmico de posição muito mais interessante. A Figura 7c mostra a captura da imagem do carro em movimento.

Figura 7 – (a) Leitura no osciloscópio do primeiro protótipo; (b) Leitura no osciloscópio do *encoder* do carro de impressão; (c) Imagem capturada com o carro em movimento.



Fonte: O Autor, 2019.

3 RESULTADOS

Durante o processo de montagem das bancadas, os alunos foram estimulados a desenvolver o pensamento criativo, assim contornando as dificuldades encontradas com estratégias planejadas e adequadas na resolução dos problemas, sempre buscando utilizar os materiais disponíveis ao alcance.

Na etapa de desmanche das impressoras sucateadas, os discentes desenvolveram habilidades com as ferramentas básicas. Neste processo, ouve a orientação para evitar maiores danos as peças da impressora, pois estas poderiam vir a ser utilizadas em outros experimentos (neste contexto, deve-se pensar sempre na possibilidade de reutilização). Retirados os carros

das impressoras, a etapa de extração dos componentes das placas de *encoder* contribuiu firmemente para o aprendizado da técnica de soldagem.

A etapa de identificação do circuito de *encoder* foi uma das mais importantes no aprendizado, pois envolveu a utilização de conhecimentos de continuidade de corrente (Leis de Kirchhoff), análise de circuitos, medição de resistência e capacitância elétrica, identificação de junções semicondutoras, leitura de sinais no osciloscópio. Este processo contribuiu para que os estudantes desenvolvessem a habilidade técnica de manuseio dos instrumentos de medição.

A escolha das peças na montagem da estrutura da bancada exigiu o uso de ações criativas por parte dos alunos. O processo de fixação dos componentes nas peças de MDF demandou certo trabalho manual, e apesar de cansativo, ajudou para integrar o trabalho em grupo dos alunos. O circuito elétrico da bancada foi implementado de acordo com a Figura 6, neste processo os alunos também se preocuparam com a estética da bancada, por este motivo optou-se por manter os cabos *flat* dos carros de impressão para conectar a placa de *encoder* óptico.

Os primeiros testes foram realizados para identificar os sinais gerados pelo *encoder* óptico no processo de deslocamento do carro da bancada. A Figura 8a mostra o registro do processo identificação do sinal da Figura 7b realizada por um dos discentes. Neste processo, os alunos tiveram a oportunidade de entrar em contato pela primeira vez com o osciloscópio, uma ferramenta de medição de sinais, extremamente utilizada na Engenharia Elétrica. Por fim, talvez a etapa que demande maior criatividade, a criação dos algoritmos de controle de posição, que foram implementadas em malha aberta na *sketch* do Arduino. A Figura 8b mostra o registro do processo de criação do algoritmo de controle da bancada.

Figura 8 – (a): Processo de identificação dos sinais do *encoder* óptico; (b) Processo de criação do algoritmo de controle da bancada.



Fonte: O Autor, 2019.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado o processo de construção de bancadas de controle de posição, juntamente com as experiências adquiridas pelos alunos na execução desta atividade. Foi verificado que os alunos desenvolveram maturidade durante o processo de construção das bancadas, principalmente pela aplicação dos conhecimentos teóricos aliados as práticas técnicas. Apesar de qualitativos, os resultados mostram que os objetivos de introdução dos alunos às práticas técnicas, com o foco no desenvolvimento do pensamento criativo, foram atendidos.

Para trabalhos futuros é proposto o desenvolvimento de uma interface gráfica de fácil acesso e programação para permitir o uso das bancadas desenvolvidas em aulas de laboratório nos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos integrantes do Laboratório de Eletrônica – LETRON – UFPA, e ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

DALY, Shanna R.; MOSYJOWSKI, Erika A.; SEIFERT, Colleen M. Teaching creativity in engineering courses. **Journal of Engineering Education**, v. 103, n. 3, p. 417-449, 2014.

DYM, Clive L. et al. Engineering design thinking, teaching, and learning. **IEEE Engineering Management Review**, v. 34, n. 1, p. 65-92, 2006.

LOPES, Leonardo Bruno; ENOQUE, Luccas; DE SOUZA OLIVEIRA, Everthon. Proposta de Aerostabilizador como bancada didática para o ensino de controle de processos. **Seminário Nacional de Sistemas Industriais e Automação**, 2013.

NEVES, Renato M. FORMOSOS, Carlos T. Aprendizagem baseada em problemas: Estudo exploratório com alunos de graduação em cursos de engenharia civil. **Congresso Brasileiro de Educação – COBENGE**. 2007.

POWELL, Harry C. et al. Restructuring an electrical and computer engineering curriculum: a vertically integrated laboratory/lecture approach. In: **Proceedings of American Society for Engineering Education**. p. 12-14. 2015

CONSTRUCTION OF POSITION CONTROL BENCHES AS A METHOD OF TEACHING IN THE DEVELOPMENT OF CREATIVE THINKING IN THE ELECTRICAL ENGINEERING COURSE

Abstract: *The ability to use theoretical knowledge in solving real problems is one of the crucial requirements for the professional looking to work in engineering. For the student of Electrical Engineering, during the graduation is offered theoretical knowledge referring to the four major areas: Electronics, Control Systems, Power Systems and Telecommunications. Numerous papers report and emphasize the need to support students with regard to the term "thinking with creativity". In addition, the accomplishment of laboratory technical experiments assists in the multidisciplinary learning necessary for these students to acquire cognitive skills that will be very important in their future professional performance. However, the availability of equipment and components for these technical experiments is precarious. One way around this problem has been the reuse of used electronic equipment, where the necessary components for simple and creative experiments are removed. Thinking of encouraging such activities, in this work are presented the steps of building a position control bench, carried out by students of the Department of Electrical Engineering from UFPA. The main results presented are the experience acquired and the knowledge absorbed during the assembly process of the workbench.*

Key-words: *Technical experiment. Think with Creativity. Low cost. Arduino.*