

ESTRATÉGIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA: TEORIA, PRÁTICA E MULTIDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DA PLATAFORMA ARDUINO

Ellen Ribeiro Lucena¹; Camila Machado de Araújo²; Caio Victor Aires Diniz³; Lucas Danrley Cajé de Souza⁴; Wamberto José Lira de Queiroz⁵, D.Sc. (Orientador)

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica^{1,2,3,4,5}, Programa de Educação Tutorial em Engenharia Elétrica – PET Elétrica, pet@ee.ufcg.edu.br, {ellen.lucena, camila.araujo, caio.diniz, lucas.caje}@ee.ufcg.edu.br, wamberto@dee.ufcg.edu.br

Resumo: Esse artigo visa descrever a estrutura e os impactos do Minicurso de Arduino oferecido aos alunos de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande pelo Programa de Educação Tutorial do referido curso. A multidisciplinaridade das ferramentas expostas aos participantes e a metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas permitem o estímulo de habilidades fundamentais ao engenheiro, como desenvolvimento lógico-criativo na resolução de problemas, utilização de programação em um sistema real, manipulação de microcontroladores, uso de sensores e atuadores, construção de circuitos elétricos com aplicações no cotidiano. Além disso, esse modelo de atividade desafiador para o estudante desperta o interesse por engenharia, fator crucial para reduzir as taxas de evasão de cursos de tecnologia.

Palavras-chave: Arduino, Multidisciplinaridade, Engenharia Elétrica, Aprendizagem Baseada em Problemas.

INTRODUÇÃO

Os microcontroladores são circuitos integrados programáveis que podem realizar diferentes funções. Esses dispositivos são extremamente importantes para a Engenharia Elétrica e seu uso é crescente, tanto na indústria (em circuitos para a automação e ferramentas de bancada, como o multímetro), quanto no cotidiano popular (em portões eletrônicos, celulares, impressoras, televisores).

Por esse motivo, estudantes de Engenharia Elétrica deveriam conhecer ao máximo essa ferramenta. No entanto, microcontroladores são mais caros que outros componentes comuns em circuitos eletrônicos. Desse modo, projetos que os envolvem são onerosos. Além disso, são dispositivos complexos e frágeis, pequenos erros podem danificá-los facilmente. Sendo assim, usá-los requer muita precisão e conhecimento avançado em programação e eletrônica, o que os torna pouco acessíveis a alunos no início do curso e a qualquer um que não conheça profundamente a arquitetura de microcontroladores.

Pensando nisso, em 2005, cinco pesquisadores criaram a plataforma Arduino, que facilita a manipulação do microcontrolador ATmega 328 [2], além de integrá-lo a outros dispositivos, todos dispostos em uma placa. Ele foi desenvolvido para que estudantes e projetistas

amadores pudessem facilmente programar o *hardware* com uma linguagem baseada em C/C++. A simplicidade do Arduino permite que o ATmega seja utilizado em diversas aplicações, com risco de danificação do dispositivo reduzido. Como o preço do Arduino é similar ao de outros microcontroladores, substituí-los por arduinos torna os projetos mais baratos.

Essa plataforma tem sido muito usada em todo o mundo e, devido à sua versatilidade, é útil na aplicação do método de ensino *PBL-Problem Based Learning* (Aprendizagem Baseada em Problemas), desenvolvido no final das décadas de 60 e 70 [4] e comumente aplicado em países da Europa e nos Estados Unidos da América. Os docentes, que desempenham o papel de tutores, o implementam confrontando os estudantes com um problema e expondo o conteúdo necessário para a solução [4]. Foi introduzido inicialmente em universidades de medicina, a partir da Universidade de McMaster (1969) [3], e ganhou notoriedade por permitir que o aluno desempenhe um papel ativo em sua educação, conseguindo memorizar melhor o conteúdo estudado. O Arduino pode ser usado como ferramenta para a aplicação do PBL no ensino em engenharia e ciências da computação, permitindo que os alunos resolvam problemas diretamente relacionados às áreas em que poderão atuar quando profissionais.

Devido aos fatores supracitados, pode-se dizer que os objetivos que impulsionaram a realização desse trabalho foram: aplicar um método de familiarização de graduandos com o Arduino, bem como motivá-los a aprofundar-se nas diversas aplicações dessa ferramenta, além de estimular o interesse deles por Engenharia Elétrica. Ademais, a aplicação do PBL, permitiu ajudá-los a pensar e resolver problemas de forma interdisciplinar.

Observando a necessidade dos estudantes de graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), o Programa de Educação Tutorial (PET) do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE), da referida universidade, estruturou um minicurso de Arduino para os alunos que tivessem conhecimentos em linguagem C. Nesse trabalho serão apresentadas as ferramentas e a metodologia utilizadas na execução do minicurso, possibilitando que ele seja realizado por outros grupos que percebam a mesma necessidade em suas comunidades.

METODOLOGIA

1. Disposição Teórica

O minicurso de Arduino é disposto em quatro dias em que são abordados conceitos básicos da plataforma, uma introdução ao universo dos microcontroladores e às várias facilidades que eles oferecem à engenharia. Expõem-se aplicações mais complexas, como *PWM* e *Shields*, à medida em que o conhecimento é construído.

O curso inicia com a abordagem de conceitos sobre *software* e *hardware*, para introduzir os estudantes no mundo digital. Após esse momento, é possível instalar a IDE e começar a utilizá-la. Para programar o microcontrolador, existem duas funções principais: *setup()* e *loop()*, a primeira é executada apenas uma vez e deve conter configurações gerais, e a segunda é executada repetidamente. Ao final da introdução geral à plataforma, são abordadas as funções básicas da linguagem.

Em seguida, é apresentada uma teoria muito importante para a Engenharia Elétrica: as diferenças entre a representação Analógica e a Digital. Essa abstração é significativa pois separa os sinais percebidos no dia a dia daqueles processados pelos sistemas computacionais e será utilizada frequentemente no decorrer do curso.

Avançando no nível de complexidade, os alunos aprendem a utilizar bibliotecas externas e *Shields*. Estas últimas são placas adicionais de *hardware* que podem ser acopladas ao Arduino, dando a ele funções adicionais. Ao final, os alunos adquirem conhecimento para utilizar sensores e atuadores, os quais são muito importantes para interagir com o ambiente em torno do dispositivo.

2. Multidisciplinariedade

Durante o minicurso, um aspecto importante para o ensino de engenharia é empregado, acompanhado dos sensores e atuadores que são utilizadas com o Arduino, trata-se da multidisciplinaridade. Os sensores são dispositivos que transformam uma grandeza física em uma grandeza elétrica, para que possam ser tratadas por um circuito. Por esse motivo, são abordados fisicamente, agregando conhecimentos de outras áreas da ciência e ampliando o aprendizado dos participantes.

2.1 Sensor Ultrassônico

Os sensores que possibilitam medir a distância de objetos têm seu modo de funcionamento variado, podendo ser baseado em radar, ultrassom, laser ou infravermelho. Embora existam diferentes formas de realizar a medição, todas possuem o mesmo princípio: tempo de propagação. Uma onda é emitida pelo sensor e refletida pelo ambiente à sua volta após incidir sobre uma superfície. O tempo que a onda leva para realizar esse processo permite que seja calculada a distância entre o dispositivo e o objeto identificado.

Nesse contexto, o minicurso aborda, como principal ferramenta para esse fim, o sensor Ultrassônico (HC-SR04), dispositivo que utiliza ondas sonoras para determinar a distância de um algum objeto. Utilizando-se de um emissor, a onda é enviada e, ao tocar o objeto, ela é refletida e captada no receptor. Uma vez conhecido o tempo que essa onda levou em seu trajeto até ser recebida e a velocidade com que ela se propaga, é possível determinar a distância desejada.

A partir do dispositivo de medição, são trabalhados vários conceitos físicos como: tipos de onda, velocidade de propagação e comprimento de uma onda, reflexão e refração. Além disso, durante o minicurso são realizadas montagens com esse sensor a fim de familiarizar os alunos com seus fundamentos, deixando-os aptos a utilizá-lo em várias aplicações.

2.2 Resistor Dependente de Luz

Um sensor resistivo é um resistor que varia sua principal característica, a resistência, de acordo com alguma grandeza física. Tal componente oferece uma resistência à passagem de corrente elétrica no ramo do circuito em que está inserido, dissipando energia por Efeito Joule. Esse dispositivo, então, dependendo do seu princípio de funcionamento e de suas propriedades físicas e químicas, varia sua resistência de acordo com características do ambiente, como temperatura ou luminosidade.

Um sensor resistivo muito utilizado é o LDR (*light dependent resistor*). Seu princípio de funcionamento é simples, a resistência varia de acordo com a quantidade de luz que incide em sua superfície, feita de sulfeto de cádmio (CdS). Este material é um semicondutor e diminui sua resistência elétrica quando a luminosidade sobre ele aumenta, uma vez que os fótons cedem energia à substância, fazendo com que

os elétrons que compõem a camada de valência fiquem livres para circular pelo material, formando a corrente elétrica. A partir de sensores como o LDR, conceitos físicos e químicos são passados aos alunos, como efeito fotoelétrico, estrutura atômica e física de semicondutores.

2.3 Motores

O motor é um dispositivo utilizado para converter outras formas de energia em energia mecânica. No passado, utilizou-se como fonte de energia a tração animal, as correntes de água, o vapor, etc. No minicurso, os alunos aprenderam a lidar com motores elétricos, que recebem esse nome pois transformam energia elétrica em energia mecânica.

Os motores elétricos são os atuadores mais comuns. Presentes em diversos equipamentos, possibilitam inúmeras aplicações na Engenharia Elétrica, se tornando componentes essenciais. Diante disso, o minicurso proporciona ao aluno o contato com alguns tipos de motores, como os servomotores e motores de passo, buscando habilitá-lo ao manuseio e utilização desses dispositivos que atualmente estão presente em vários projetos, principalmente de automação industrial. E, a partir deles, é possível abordar variados assuntos relacionados à física, como força, torque e velocidade angular.

2.4 Linguagem de Programação para Arduino

A programação faz parte do cotidiano de muitos engenheiros nos dias atuais e com certeza continuará presente nos próximos anos, chegando a ser considerada por alguns uma ferramenta essencial para o futuro. Durante o minicurso é abordada a linguagem específica para o Arduino, e esse é mais um conhecimento consolidado nas aulas.

A utilização de microcontroladores está intimamente ligada à elaboração de uma rotina de programação que determine a função a ser executada pelo *hardware*. Ao dominar o universo dos controladores digitais, diversas aplicações podem ser feitas para facilitar e auxiliar o trabalho humano.

A linguagem de programação utilizada pela plataforma Arduino é baseada na linguagem C, que foi criada na década de 1970. Essa se caracteriza por ser uma linguagem versátil e robusta, aliando aspectos de baixo e alto nível, por isso, teve grande adesão e se consolidou ao longo do tempo [5].

Utilizando essa linguagem de programação, é possível enviar à plataforma comandos que integrem a utilização dos sensores e atuadores para resolver os problemas propostos. Desse modo, ao participar do minicurso, o aluno tem a oportunidade de utilizar programação para resolver problemas práticos. São utilizados conceitos como estruturas de dados, estruturas de condição e repetição, funções e fluxogramas, fundamentais para a formação de um aluno de engenharia.

Infelizmente, o tempo de duração do minicurso não comporta ensinar conceitos básicos de programação, por isso é exigido que o aluno tenha noções de C para participar da atividade. Por outro lado, entendendo que esse é um conhecimento muito importante, o grupo PET de Engenharia Elétrica da UFCG fornece outro curso destinado exclusivamente à essa linguagem de programação, a fim de capacitar os alunos tanto para a vida acadêmica e profissional, quanto para participar do minicurso de Arduino.

3. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)

Outra estratégia de ensino aplicada é a PBL. O método consiste na apresentação de um problema para que os alunos resolvam em pequenos grupos, com a intenção de consolidar o conhecimento adquirido e aprender ainda mais. Além disso, a estratégia tem um objetivo maior do que apenas a solução, busca-se a cooperação entre os indivíduos, compartilhando conhecimentos, despertando proatividade, comunicação e organização nos alunos.

Durante a aula, os estudantes adquirem a base teórica para utilizar cada dispositivo, seja um sensor ou um atuador. Ao final de cada dia, é proposto um problema para o qual deverão desenvolver uma aplicação que utiliza o que aprenderam e estimula o raciocínio diante do desafio. Os alunos normalmente trabalham em duplas, o que permite compartilhar conhecimentos para descobrir a melhor solução.

Nesse estágio, a função do tutor é organizar os conhecimentos daquela aula e mostrar ao aluno o novo universo que se abre para aplicações diante do que ele aprendeu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreram três edições do Minicurso de Arduino, ofertadas aos alunos de graduação de Engenharia Elétrica da UFCG pelo grupo PET do DEE. A frequência de realização da atividade foi de 1 edição com 10 alunos participantes

por semestre letivo totalizando um universo de 30 estudantes alcançados. A Tabela 1 relaciona o número de inscritos por edição e período do curso.

Tabela 1. Número de Inscritos no Minicurso de Arduino.

| Edição do Minicurso | Total de Inscritos | Inscritos do 1º período letivo | Inscritos do 2º período letivo | Inscritos do 3º período letivo | Inscritos do 4º período letivo | Outro |
|---------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|
| 1ª | 37 | 21 | 7 | 0 | 6 | 2 |
| 2ª | 13 | 6 | 1 | 3 | 0 | 3 |
| 3ª | 10 | 5 | 0 | 2 | 1 | 2 |

Devido à limitação de material, nem todos os alunos interessados foram atendidos. No entanto, com a periodicidade do minicurso, há sempre a oportunidade de participar da atividade no período seguinte. Observa-se na Tabela 1 que a primeira edição destacou-se com número significativamente maior de inscritos, fato atribuído à curiosidade dos alunos em relação à nova atividade oferecida pelo grupo PET. Nas demais edições, constata-se que o número de vagas ofertadas é condizente com o número de alunos interessados, por isso, pretende-se manter o escopo de realização do minicurso nas próximas edições.

Constata-se, ainda, interesse majoritário de alunos entre o 1º e o 4º período, aproximadamente 88,3% dos inscritos. Os dois primeiros anos do curso correspondem ao ciclo básico, no qual estuda-se as disciplinas de física e matemática que embasam as matérias específicas de Engenharia Elétrica. Nesse estágio há pouca oportunidade de desenvolver projetos e aplicar a teoria na prática. Por conseguinte, o Minicurso de Arduino atrai alunos no começo do curso, dando oportunidade para desde cedo desenvolverem habilidades como resolução de problemas, utilização de programação em um sistema real, manipulação de microcontroladores, uso de sensores e atuadores, construção de circuitos elétricos com aplicações no cotidiano.

Esses conhecimentos são avaliados com a resolução de desafios ao final de cada dia do minicurso, o que demonstra o nível de projeto que os alunos conseguem realizar com o conteúdo aprendido. Além disso, observa-se grande

desenvolvimento lógico-criativo no uso das ferramentas ensinadas no modelo de PBL. Essa aplicação multidisciplinar do conhecimento é de grande importância para a aprendizagem de engenharia. Alguns dos projetos realizados são: uma roleta russa de LEDs, medidor de intensidade luminosa no ambiente, controlador para a velocidade de um motor a partir de um sensor de distância, controlador de rotação de motor com controle remoto, piano digital.

As habilidades supracitadas são fundamentais para a prática da engenharia e o quanto antes forem ensinadas, melhor é o aprendizado futuro dos alunos e maior é o seu interesse pela profissão. Essa última constatação é importante pois a taxa de evasão de cursos de engenharia é extremamente alta no Brasil. Segundo levantamento de dados feito pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), entre 2001 e 2011 a taxa de evasão média dos cursos de engenharia foi de 56,59% no país [6].

Do total de 30 alunos, 9 participaram de pesquisa sobre o impacto do Minicurso de Arduino nas duas vertentes citadas. Solicitou-se que preenchessem um formulário de múltipla escolha sobre como o conteúdo aprendido impactou seu interesse pela engenharia e a utilização a longo prazo das ferramentas aprendidas. Ainda, houve espaço para respostas subjetivas do que mais gostaram no minicurso. A Tabela 2 expõe os dados objetivos obtidos.

Tabela 2. Respostas do Formulário de Avaliação.

| Como as ferramentas aprendidas no Minicurso de Arduino lhe foram úteis posteriormente? | Número de alunos que escolheram a alternativa | Percentual de alunos (%) |
|--|--|---------------------------------|
| Os desafios e conhecimentos multidisciplinares me ajudaram a entender melhor o que é engenharia. | 6 | 66,7 |
| Me interessei mais por Engenharia Elétrica depois da participação no Minicurso de Arduino. | 7 | 77,8 |
| Estudei e/ou desenvolvi projetos com Arduino em meu tempo livre. | 3 | 33,3 |

| | | |
|---|---|------|
| Utilizei as ferramentas em projeto de disciplinas da graduação. | 2 | 22,2 |
| Não retive nenhum conhecimento do Minicurso de Arduino que me foi útil. | 1 | 11,1 |

Observa-se na Tabela 2 que os resultados obtidos com o minicurso foram positivos para a formação dos participantes, aumentando seu entendimento e interesse por engenharia. Em uma escala de satisfação de 1 a 5, 7 participantes (77,8%) marcaram 5 e 2 (22,2%) marcaram 4. Dentre os relatos do que os alunos mais gostaram em participar da atividade, pode-se destacar: ter contato com microcontroladores ainda no primeiro período do curso, ver aplicações de programação, solucionar desafios em cada aula, entender o funcionamento e o vasto campo de aplicação do dispositivo, ter uma noção multidisciplinar para a construção de projetos. Com a participação no minicurso, alguns alunos continuaram a trabalhar com a ferramenta por iniciativa própria posteriormente.

CONCLUSÃO

Microcontroladores estão majoritariamente presentes em projetos de engenharia, mas poucos alunos têm a oportunidade de trabalhar com essa ferramenta no desenvolvimento de projetos próprios. O contato com a mesma em disciplinas da graduação é limitado e ocorre muito à frente no curso. O Arduino é de caráter amador, mas é extremamente poderoso, fácil de compreender e trabalhar, o que o torna acessível aos alunos. Assim, pôde ser utilizado como meio para o ensino de habilidades fundamentais ao exercício da engenharia e aplicação multidisciplinar de conhecimentos na realização de projetos.

Observando o retorno de alunos que já participaram do minicurso, constatou-se que a maior parte dos participantes foi satisfatoriamente introduzida à ferramenta e teve acesso a diversas aplicações do Arduino, podendo desenvolvê-las posteriormente e, inclusive, criar novos projetos com a plataforma. Muitos estudantes também se disseram mais interessados no curso de Engenharia Elétrica após o contato com o dispositivo por meio do minicurso. Esses objetivos foram alcançados com êxito.

Além disso, nas três edições do minicurso, os alunos realizaram um projeto ao fim de cada aula, majoritariamente obtendo êxito após

algumas tentativas. Dessa forma e considerando ainda que a maior parte dos participantes respondeu positivamente ao formulário sobre o minicurso, mostrou-se que a aplicação do método PBL é muito vantajosa para o ensino de engenharia, proporcionando um aprendizado prático aos participantes de diversas habilidades fundamentais ao profissional da área.

REFERÊNCIAS

[1] Arduino. Teaching, Inspiring and Empowering. Disponível em: www.arduino.cc/en/Main/Education. Acesso em 27 de maio de 2018.

[2] Arduino: Guia Iniciante. Multilógica Shop: Open Source Hardware. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3252633/mod_resource/content/1/Guia_Arduino_Iniciante_Multilogica_Shop.pdf. Acesso em 27 de maio de 2018.

[3] Ribeiro, L. R. & Mizukami, M. G. (2004). Uma implementação da aprendizagem baseada em problemas (PBL) na pós-graduação em engenharia sob a ótica dos alunos. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, 25(1), 89-102.

[4] TOLEDO JÚNIOR, A. C. et al. Aprendizagem baseada em problemas: uma nova referência para a construção do currículo médico. *Revista Médica de Minas Gerais*; 18(2): 123:131. 2008.

[5] MENOTI, D. Programação em C: um curso básico e abrangente. Belo Horizonte, 2005. (Apostila).

[6] MONACO, Rafael. Mais da metade dos estudantes abandona cursos de engenharia. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/agenciacni/noticias/2013/07/mais-da-metade-dos-estudantes-abandona-cursos-de-engenharia>. Acesso em 25 de maio de 2018.