

Uso da plataforma Arduino no Apoio ao Ensino de Arquitetura de Computadores

Márcio J. Mantau¹, Gustavo Pasqualini¹, Janaína Schwarzrock²,
Osmar de Oliveira Braz Junior¹

¹Departamento de Sistema de Informação – DSI
Centro de Educação superior do Alto Vale do Itajaí – CEAVI
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

marcio.mantau@udesc.br, pasqualini.gustavo@gmail.com, osmar.braz@udesc.br

²Instituto de informática – INF
Programa de Pós-Graduação em Computação - PPGC
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

janainaschwarzrock@gmail.com

Abstract. *Integrate theory with practice in classroom is a challenge. During student learning process, it is observed that teaching the concepts overlooked the practice, hampering the reflection, the questioning and the use of learned concepts. This paper reports an experiment linking theory and practice in teaching of Operating Systems and Computer Architecture disciplines using Arduino experiments. We seek to develop the students skills, making them able to model, analyze, manage and deploy software projects. This perspective is a challenge facing the complexity and multidisciplinary involving such axes. It is expected that the student can both better performance on the course subjects as a better learning of key concepts to their professional training. Among the results we can highlight the increase in participation, motivation and engagement of students as well as a more complete and effective learning.*

Resumo. *Integrar teoria a prática em sala de aula é um desafio. Durante o processo de aprendizado, é observado que o ensino dos conceitos ignora a prática, impedindo a reflexão, o questionamento e o uso dos conceitos aprendidos. Este artigo apresenta um experimento que vincula teoria e prática no ensino das disciplinas de Sistemas Operacionais e Arquitetura de Computadores através de experimentos com Arduino. Busca-se desenvolver as habilidades dos estudantes, permitindo que eles modelem, analisem, gerenciem e implantem projetos de software. Ensinar por esta perspectiva é um desafio em frente a complexidade e multidisciplinaridade envolvendo tais eixos. Espera-se que os estudantes atinjam tanto um melhor desempenho nos objetivos do curso quanto um melhor aprendizado dos conceitos essenciais para sua formação profissional. Entre os resultados obtidos ressaltam-se o aumento na participação, motivação e engajamento bem como um aprendizado mais completo e efetivo.*

1. Introdução

Na contemporaneidade, a rapidez e dinamicidade em diversas atividades que requerem o uso da tecnologia ocasionou um crescente interesse na programação em tempo real. Tal

fato pode ser associado também pela disponibilidade de hardwares acessíveis, no que se refere a valor de mercado e robustez. Robôs industriais podem ser citados como exemplos dessa automação industrial [Ripps 1993].

O homem faz uso de softwares em, praticamente, todos os processos de criação de equipamentos, artefatos. Um dos mais utilizados é o software embarcado que tem como principal objetivo o de servir ao homem quando embutido em aparelhos. [Taurion 2005] faz uma analogia com o software embarcado, afirma que funciona tal qual um sistema de injeção eletrônica encontrado em um automóvel, permitindo que o equipamento que o recebe atue com maior funcionalidade e flexibilidade.

Segundo [Taurion 2005], estes softwares eram inicialmente utilizados em equipamentos complexos, tais como sistemas industriais, aeronaves, navios e hoje os encontramos embutidos em diversos aparelhos de pequeno a grande porte, podendo fazer parte de aparelhos domésticos tais como geladeira, televisor, micro-ondas lavadora de louças e roupas. Essa utilidade exige cada vez mais sofisticação, tanto por parte do hardware que irá abrigar este software embarcado, como por parte do desenvolvedor que irá implementar o artefato presente nesta estrutura de hardware.

Para desenvolver as habilidades necessárias neste profissional, que o tornará capaz de, segundo objetivos gerais do curso de Sistemas de Informação e Engenharia de Software, modelar, analisar, gerir e implementar projetos de software torna-se necessário uma ferramenta capaz de aplicar estes conceitos. Segundo [Broy 2011], quantidade insuficiente de conhecimento prático aliado a uma competência limitada dos envolvidos é o fator chave para o fracasso de projetos de software.

Uma melhor didática por parte do professor e incentivada pela escola faz toda a diferença para o melhor aprendizado do estudante independente da sua área [Cavalcante et al. 2014]. Ferramentas educacionais digitais têm sido utilizadas para auxiliar o ensino em várias áreas da computação [Elias et al. 2011], sendo que a utilização de ferramentas que instiguem a experimentação podem ser utilizadas no processo de ensino-aprendizagem de Arquitetura de Computadores [Rodrigues and Martins 2008].

Com a utilização do Kit Arduino é possível realizar atividades que relacionam a teoria com a prática, auxiliando na manutenção do aluno em sala bem como na capacidade deste assimilar conceitos antes adquiridos somente na teoria. O Arduino é um projeto italiano feito para facilitar o acesso a um hardware de baixo custo, totalmente aberto e documentado, permitindo a técnicos criarem software para suas necessidades.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um relato uma experiência realizada articulando teoria e prática no ensino das disciplinas de Sistemas Operacionais e Arquitetura de Computadores dos Cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e Engenharia de Software do Centro de Educação Superior do Alto Vale do Itajaí (CEAVI), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), através de experimentações práticas utilizando a plataforma Arduino. Através do presente estudo busca-se ampliar e consolidar as habilidades e conhecimentos teórico-práticos necessárias ao acadêmico, tornando-o capaz de modelar, analisar, gerir e implementar projetos de software.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados com a presente pesquisa e uma breve análise comparativa com a presente pesquisa. A Seção 3 apresenta o contexto de utilização da plataforma Arduino visando a

prática experimental dos conceitos apresentados nas disciplinas de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais, bem como busca diagnosticar os problemas comuns enfrentados nestas e que podem ser abordados com a utilização do ambiente Arduino. A Seção 3.1 apresentam a plataforma Arduino. A Seção 3.2 e Seção 3.3 apresentam duas práticas experimentais conduzidas nas disciplinas. A Seção 3.4 apresenta os principais resultados obtidos através da utilização do ambiente Arduino e das experimentações práticas realizadas. A Seção 4 Apresenta as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Trabalhos relacionados

A correlação entre a teoria e prática é necessária, porém pode ser considerada como sendo um grande desafio [Broy 2011]. O processo de ensino-aprendizagem em disciplinas tais como Arquitetura de Computadores ou Sistemas Operacionais apenas utilizando recursos didáticos convencionais tais como lousa e pincel, livros-texto e slides além de serem pouco interativos não possibilita a correta fixação do conteúdo [Ullmann et al. 2014]. Estas disciplinas abordam conteúdos teórico-práticos, abstratos e de característica dinâmica [Ullmann et al. 2014], fazendo a necessidade de experimentações. Diversos pesquisadores trabalham em busca de novas formas de ensino destas disciplinas conciliando de forma efetiva a teoria e a prática [Roper and Niebuhr 1987, Renê and Francisco 2012, Bianchi 2013, Ullmann et al. 2014, Cavalcante et al. 2014].

O trabalho de [Roper and Niebuhr 1987] apresenta um simulador gráfico que permite ao usuário visualizar de forma dinâmica a execução das instruções em um computador e identificar as funcionalidades de cada um dos seus componentes. Após a escrita do código *assembly* é possível ver como estes dados trafegam dentro do computador. Este simulador é *open source* e pode ser encontrado em [ProcSIM 2015].

O trabalho de [Renê and Francisco 2012] descreve uma abordagem prática para o ensino de Sistemas Operacionais. Sob essa nova perspectiva apresenta esta plataforma para ensino e treinamento no desenvolvimento de SOs sustentada em uma metodologia de aprendizagem baseada em projeto, a qual conduz o estudante através do processo de projetar e programar um sistema operacional funcional. A utilização das ferramentas que unem teoria e prática indica um aumento no envolvimento dos alunos no conteúdo explanado.

O trabalho de [Bianchi 2013] utiliza a plataforma Arduino como ferramenta interdisciplinar no curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Mato Grosso. O projeto apresenta a dificuldade em transmitir conteúdos somente na forma teórica aos alunos e que estes, por sua vez, eventualmente questionam os conhecimentos adquiridos sob esta visão. Com a aplicação deste projeto, a plataforma Arduino revelou que, habilidades e competências foram acrescidas permitindo que os alunos compreendam melhor as disciplinas do curso e em decorrência desse fato, obtenham um melhor desempenho, elevando o interesse à graduação e a permanência em sala.

O trabalho de [Ullmann et al. 2014] apresenta um simulador gráfico para auxiliar o ensino da disciplina de Arquitetura de Computadores, permitindo que o acadêmico compreenda o processo de execução de instruções em um computador. Com a aplicação do simulador foi possível facilitar a exposição dos conceitos da disciplina, sendo que a ferramenta obteve uma boa aceitação por parte dos alunos em relação a sua utilidade e facilidade de uso.

O trabalho de [Cavalcante et al. 2014] utiliza a plataforma Arduino como meio prático no auxílio do ensino e da aprendizagem, interligando as disciplinas de engenharia, ciência da computação, matemática e física. Em seu estudo, [Cavalcante et al. 2014] identificou que com a inserção de novas abordagens de ensino, o estudante busca com maior empenho o conhecimento e se interessa por participar mais daquilo que o incentiva. Tanto pela sua curiosidade sobre o experimento quanto pelo simples divertimento pessoal.

3. Contexto de utilização

Este trabalho investiga a utilização do Arduino com ferramenta para o ensino prático das disciplinas de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais dos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação (BSI) e de Bacharelado em Engenharia de Software (BES) do Centro de Educação Superior do Alto Vale do Itajaí (CEAVI), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

No curso de BSI as disciplinas de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais está previsto uma carga de ensino prática/teórica de 18/72h e 18/36h respectivamente, conforme estabelecido no projeto pedagógico do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação e planos de ensino das Disciplinas.

No curso de BES as disciplinas de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais está previsto uma carga de ensino prática/teórica de 0/72 e 18/72, respectivamente, conforme estabelecido no projeto pedagógico do curso de Bacharelado em Engenharia de Software e planos de ensino das disciplinas.

No aprendizado de Sistemas Operacionais e Arquitetura de Computadores, vistas como disciplinas voltadas ao ensino puramente teórico, sempre foi um grande obstáculo transmitir alguns conceitos relevantes destas aos alunos. Os variados conhecimentos exigidos por parte do acadêmico afim de que este compreenda alguns tópicos contribui muito para o insucesso em sala.

O sistema educacional brasileiro é construído sobre algumas bases pouco sólidas e de valores questionáveis. Os métodos de ensino e de avaliação estimulam os alunos a construir conhecimentos superficiais sem questioná-los [Bareta 2011]. Segundo [Maia 2001], a grande parte dos professores segue um padrão, elaboram e apresentam slides em sala, aplicam uma série de exercícios propostos afim de que os alunos assimilem o conteúdo. Porém isso nem sempre é suficiente e/ou eficaz.

Os alunos passam a trabalhar conceitos necessários apenas de maneira temporária e fracionada, o que leva a um acúmulo de desconhecimento ao longo dos anos de estudo [Bareta 2011]. É preciso motivar o estudante elevando o número de aulas práticas, fazendo com que ele sinta-se desafiado a descobrir e testar os conhecimentos adquiridos [Maia 2001]. Faz-se necessário a aplicação de uma didática que torne a explicação desses conteúdos mais atrativa, envolvendo o aluno, fazendo-o questionar o tema e principalmente, visualizar de forma prática o conceito teórico passado pelo professor.

3.1. Plataforma Arduino

Segundo [Banzi 2015], o Arduino é uma plataforma eletrônica e de código aberto. Possui um microcontrolador simples, permitindo o desenvolvimento de sistemas eletrônicos e equipada com um ambiente de desenvolvimento de software que posteriormente é embarcado na placa. Esta união hardware e software pode ser utilizada para desenvolver

projetos interativos, tendo entradas a partir de uma variedade de sensores e/ou interruptores, e controle de uma variedade de luzes, motores e outras saídas físicas.

O ambiente de desenvolvimento do Kit Arduino pode ser baixado gratuitamente (<http://arduino.cc>). A programação é feita utilizando um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) no qual o usuário escreve o código na linguagem que o Arduino compreende (semelhante a linguagem C/C++).

Este ambiente permite que o aluno escreva um software, baseado em um algoritmo desenvolvido em sala, contendo uma sequência de instruções que é posteriormente executada pela plataforma Arduino. Este software é a solução de um problema proposto pelo professor, como por exemplo, o controle de luminosidade, a medição de temperatura do ambiente, a utilização de sensores de pressão, a comunicação serial e/ou *ethernet*, ou o desenvolvimento de semáforos.

O ambiente Arduino foi utilizado nas aulas de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais ao longo de dois projetos de implementação. O primeiro projeto foi a elaboração de um semáforo de trânsito, apresentado conforme seção 3.2. O segundo projeto foi desenvolvimento de uma aplicação que acione uma cafeteria elétrica através do acionamento pelo Twitter, conforme apresentado na seção 3.3

3.2. Desenvolvimento de um semáforo

Nesta primeira atividade, os acadêmicos desenvolveram um semáforo de trânsito sobre a plataforma Arduino. O objetivo central desta atividade é praticar lógica de programação (tabela verdade), conceitos de Semáforos em Sistemas Operacionais e interrupções por hardware. O enunciado (resumido) do problema é apresentado no Quadro 1.

Ao final da atividade, os acadêmicos conseguiram montar o semáforo de trânsito conforme apresentado na Figura 1(a).

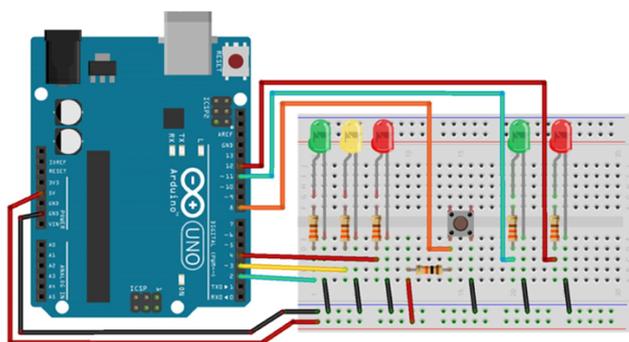
3.3. Acionamento cafeteria elétrica via Twitter

Nesta segunda atividade, os acadêmicos desenvolveram um sistema automatizado para controlar uma cafeteria elétrica, que deve ser acionada através da integração com o Twitter. Este projeto tem como objetivo de desenvolver as habilidades de integração de diferentes linguagens, integração entre software e hardware, bem como aplicar conceitos de comunicação e interface serial. O enunciado (resumido) do sistema é apresentado no Quadro 2.

Ao final da atividade, os acadêmicos conseguiram realizar o acionamento de uma cafeteria utilizando mensagens do Twitter. O protótipo desenvolvido está ilustrado na Figura 1(b).

Quadro 1. Enunciado projeto semáforo

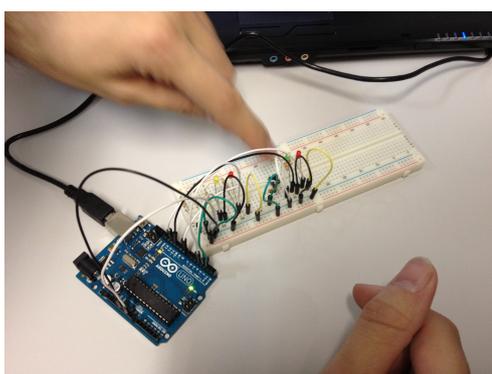
Ibirama é uma cidade pacata, mas com o crescimento dos últimos anos será necessário instalar semáforos em seus cruzamentos. A prefeitura deseja um novo tipo de semáforo para os seus cruzamentos. Para atender esta demanda, foi solicitado aos acadêmicos do curso o desenvolvimento de um semáforo utilizando a plataforma Arduino. O Semáforo deve controlar uma pista com duas faixas de trânsito (uma para cada sentido) contendo uma faixa de pedestres. Para atravessar a rua o pedestre deve solicitar passagem no sistema. O botão deve ser acionado pelos pedestres e funcionará como uma interrupção no fluxo dos automóveis. Para a montagem do sistema, foi proposto o esquema abaixo:



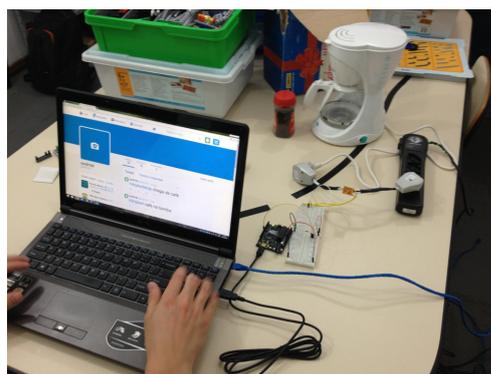
Componentes necessários para a montagem:

- i) Arduino / Cabo USB;
- ii) Resistores de 330 e 10K;
- iii) Chave Táctil / Leds.

Tempo estimado para a atividade: **2h/a.**



(a) Implementação semáforo trânsito



(b) Acionamento cafeteira via Twitter

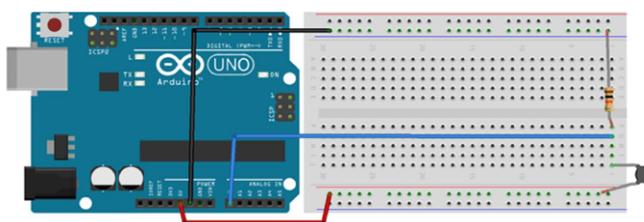
Figura 1. Protótipos desenvolvidos

3.4. Avaliação

Os experimentos na plataforma Arduino foram utilizados nas aulas de Sistemas Operacionais e Arquitetura de Computadores ao longo de um semestre, sendo que cada um dos

Quadro 2. Enunciado projeto semáforo

A “internet das coisas” se refere a conexão itens do nosso dia a dia com a internet. Considerando o termo desenvolva uma integração entre sua conta no Twitter e uma cafeteira elétrica. A cafeteira deve ligar ao twitar a mensagem “Fazer Café” em sua conta. O sistema deve estar integrado com a conta do Twitter do usuário e, assim que o comando for postado, o sistema aciona a cafeteira através do Arduino. Para a montagem do sistema siga o esquema proposto abaixo:



Componentes necessários para a montagem: *i)* Arduino e Cabo USB; *ii)* Cafeteira 220v; *iii)* Relé 200v.

Tempo estimado para a atividade: **4h/a.**

projetos foi aplicado uma vez em cada uma das disciplinas dos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e de Bacharelado em Engenharia de Software. Os protótipos foram realizados em equipes de 2 alunos. Ao todo 75 alunos matriculados nas disciplinas puderam participar das experimentações.

Após a adoção da plataforma Arduino, tivemos uma melhora percebida em vários sentidos: *i)* houve um aumento significativo na participação dos alunos; *ii)* melhorou o entendimento dos alunos durante as atividades; *iii)* houve possibilidade para explorar a criatividade dos alunos, que, precisavam identificar novas formas para a resolução dos problemas investigados; e *iv)* os alunos buscaram com maior empenho o conhecimento e se interessaram mais sobre a disciplina, como já identificado por [Cavalcante et al. 2014].

4. Considerações finais

O sistema educacional muitas vezes não estimula os alunos a questionarem o que lhes é fornecido em sala de aula. Na maioria dos casos, os estudantes limitam-se a observar o conteúdo em sala e não a praticá-lo, buscando outras referências e/ou outros meios de provar o que foi aprendido. Outro fato que se nota é que a grande parte dos professores limitam-se a elaborar conteúdos teóricos, uma vez que não dispõem de ferramentas, dispositivos ou laboratórios para aplicar conceitos de outra forma.

Após a aplicação do método de ensino utilizando a plataforma Arduino, identificamos que é possível realizar atividades relacionando teoria e prática. Notou-se uma maior presença e participação por parte dos alunos em sala, bem como uma melhora na fixação do conteúdo. Os alunos se mostraram mais interessados em quando serão utilizados os kits nas aulas. Devido a falta de tempo, nem todo o conteúdo das disciplinas pode fazer

uso do novo método de ensino, as perspectivas são enormes. Além das disciplinas, os alunos mostraram interesse em desenvolver trabalhos de conclusão de curso utilizando a plataforma e professores em desenvolver projetos de pesquisa.

Referências

- Banzi, M. (2015). Disponível em: <<<http://arduino.cc/>>>. Acessado em: Abril/2015.
- Bareta, G. e. a. (2011). O senhor feynman não estava brincando : a educação tecnológica brasileira. In *Anais: XXXIX – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*.
- Bianchi, E. e. a. (2013). Oficina de arduino como ferramenta interdisciplinar no curso de engenharia elétrica da ufmt: a experiência do pet-elétrica. In *Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*.
- Broy, M. (2011). Can practitioners neglect theory and theoreticians neglect practice? *Computer*, 44(10):19–24.
- Cavalcante, M., Silva, J., Viana, E., and Dantas, J. (2014). A plataforma arduino para fins didáticos: Estudo de caso com recolhimento de dados a partir do plx-daq. In *WEI: XXII Workshop sobre Educação em Computação. XXXIV CSBC*.
- Elias, W., Silva, J., and Tiola, F. (2011). Simulador multiciclo do processador mips 32 bits para apoio ao estudo em arquitetura de computadores. *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*.
- Maia, L. P. (2001). Sosim: simulador para o ensino de sistemas operacionais. o senhor feynman não estava brincando : a educação tecnológica brasileira. In *Dissertação (Mestrado em Ciências em Informática)*.
- ProcSIM (2015). Disponível em: <<<http://www.jamesgart.com/procsim/>>>. Acessado em: Abril/2015.
- Renê, P. S. and Francisco, M. J. (2012). Uma plataforma de aprendizado baseado em projeto para ensino e treinamento em sistemas operacionais. 1:1–10.
- Ripps, D. (1993). Guia de implementação para programação em tempo real. tradução de caetano loiola.
- Rodrigues, R. and Martins, C. (2008). Ensino e aprendizado de pipeline de modo motivante e eficiente utilizando simuladores didáticos. In *WEAC: Workshop Sobre Educação em Arquitetura de Computadores*.
- Roper, G. and Niebuhr, A. (1987). Procsim: A graphical sdl based editor and process simulator. In *Discrete Event Simulation, and Simulation and Operations Research: Proceedings of the European Simulation Multiconference, July 7-10, 1987, Wirtschaftsuniversität, Vienna, Austria*, page 51. Society for Computer Simulation International.
- Taurion, C. (2005). Software embarcado : A nova onda da informática.
- Ullmann, M., Inocência, A., Neto, E., Freitas, M., and Júnior, P. (2014). Neandersim: Simulador gráfico de apoio ao ensino de arquitetura de computadores. In *WEI: XXII Workshop sobre Educação em Computação. XXXIV CSBC*.