

AUTOMAÇÃO LABORATORIAL COM ACESSO REMOTO VIA WEB UTILIZANDO PLATAFORMA ARDUINO

Bruno Ricardo de Almeida – almeida@unifor.br

Jessica Santos Guimarães – jessicaguimaraes@unifor.br

Halisson A. De Oliveira – halisson@unifor.br

Felipe M. P. C. Bede – felipematheusbd@gmail.com

Daniel Martins Ribeiro – danielmartins@unifor.br

Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica
Av. Washington Soares, 1321 Sala J01, Tel.: (85) 3477-3047 CEP 60811-905 – Fortaleza/CE

Resumo: *Buscar o desenvolvimento de competências em alunos de graduação utilizando projetos multidisciplinares são de extrema importância no processo de ensino e aprendizagem. Pensando nisto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo e de um hardware para acionamento remoto das bancadas do laboratório de eletrotécnica, interconectando conceitos de diversas unidades curriculares e deixando como produto para a instituição um laboratório mais seguro e moderno. Para isto foi utilizado uma aplicação mobile, desenvolvida em Ionic, onde o usuário dispara comandos via TCP/IP por uma LAN interna no laboratório. Este comando vai para um hardware de acionamento composto por um Arduino e uma shield ethernet capaz de acionar uma das 6 bancadas do laboratório. Neste trabalho é descrito todo o desenvolvimento do sistema de automação laboratorial proposto, e por fim, são apresentados os resultados com o protótipo experimental instalado no laboratório de eletrotécnica.*

Palavras-chave: *Arduino, Automação laboratorial, Ionic.*

1 INTRODUÇÃO

Com o mundo cada vez mais globalizado e conectado, verifica-se uma intensa busca por aperfeiçoamentos dos processos educativos, principalmente no ensino técnico e superior. Desde a década passada, o modelo educativo tradicional tem sido criticado por pesquisadores da área pedagógica (MOREIRA, 2006; MOREIRA, 2008), sendo apresentadas diversas alternativas inovadoras que buscam aprimorar o ensino e aprendizagem. Investiga-se a necessidade de modernizar a sala de aula, aliando inovação com educação, buscando assim atrair a atenção da nova geração de estudantes que não se sente motivada no modelo tradicional de ensino.

O uso da tecnologia em sala de aula tem se tornado uma ferramenta essencial para os educadores, tanto da educação básica, quanto da educação superior (MACHADO e LIMA, 2017). Neste contexto, constata-se nos cursos de engenharia um maior interesse dos alunos na área da domótica visto que, utilizando plataformas microcontroladas e com aplicações definidas, estes alunos conseguem aplicar, na prática, conhecimentos das diversas áreas estudadas durante sua formação acadêmica tornando, assim, o aprendizado muito mais significativo (MARTINHO, 2016).

A domótica, mais conhecida como automação residencial, surgiu no início da década de 70, oriunda da automação industrial, que foi fortemente impulsionada pelos avanços tecnológicos da microeletrônica (OLIVEIRA et. al., 2016). Utilizando conceitos de eletricidade, eletrônica e tecnologias da informação no ambiente residencial, torna-se possível realizar a gestão da mesma, de forma local ou remota, oferecendo assim uma vasta gama de

aplicações nas áreas da segurança, comunicação, conforto, gestão de energia, entre outros (OLIVEIRA e BRAGA, 2016).

Em 2016, com o dólar atingindo o pico mais caro da história do real, e com a crise que atingiu quase todos os setores da indústria brasileira, o setor de automação residencial, encerrou o ano estável. Segundo o diretor executivo da Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (Aureside), o principal motivo deste setor não sentir os efeitos da crise é resultado do seu forte potencial no mercado nacional, que ainda está longe de ser atingido. Cerca de 3% das casas no Brasil são automatizadas, enquanto nos EUA e países da Europa se têm percentuais de 25% e 20%, respectivamente (FECOMERCIO SP, 2017).

Buscando aprimorar e modernizar o ambiente de ensino e aprendizagem, e aproveitando esse mercado da domótica que está em constante ascensão, este artigo propõe o estudo e desenvolvimento de um sistema de automatização de bancadas laboratoriais. O sistema proposto consiste em, utilizando uma plataforma microcontrolada e um *smartphone*, fazer o acionamento remoto das bancadas localizadas no laboratório de eletrotécnica predial/industrial, tornando assim o ambiente mais moderno e seguro para o desenvolvimento das práticas de laboratório realizados nos cursos de engenharia.

2 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PROPOSTO

Nos sistemas de automação residencial, geralmente consta um módulo de controle (microcontrolado), o qual realiza o processamento dos dados e faz a interface com o circuito de potência o qual, por sua vez, pode acionar cargas como motores, contadores, relés, entre outros (TRETER et. al, 2014). Para o sistema proposto, faz-se o uso de um Arduino UNO e uma plataforma *open-source*, projetada com um microcontrolador ATMEL ATMEGA32, com as seguintes especificações (SOUZA, 2013):

- Dispositivo de 8 bits com arquitetura RISC;
- 32 KB de Flash e 2 KB de RAM;
- 1 KB de EEPROM;
- Clock de 16 MHz;
- 28 pinos (sendo 23 I/O);
- Periféricos (USART e I2C);

Dentre as várias opções de controle sem fio (Z-Wave, Zigbee, Bluetooth, e Wifi, por exemplo), optou-se pelo uso do Wifi, dando ênfase nos padrões IEEE 802.11.x (WLAN) e IEEE 802.3 (LAN), devido a sua confiabilidade e melhor estabilidade de conexão (FERREIRA e GODOY, 2016). Para fazer esta interface com a rede Wifi, utiliza-se um roteador *wireless* e um *shield Ethernet W5100*, o qual é conectado junto ao Arduino UNO. Na Figura 1, pode-se observar a plataforma de desenvolvimento Arduino Uno (a) e o *shield Ethernet W5100* (b). Estes *shields* são projetados de tal forma a se encaixarem nas placas de Arduino, dispensando assim o uso de solda, tornando o desenvolvimento do projeto mais versátil e rápido (LIMA e VILLAÇA, 2012).

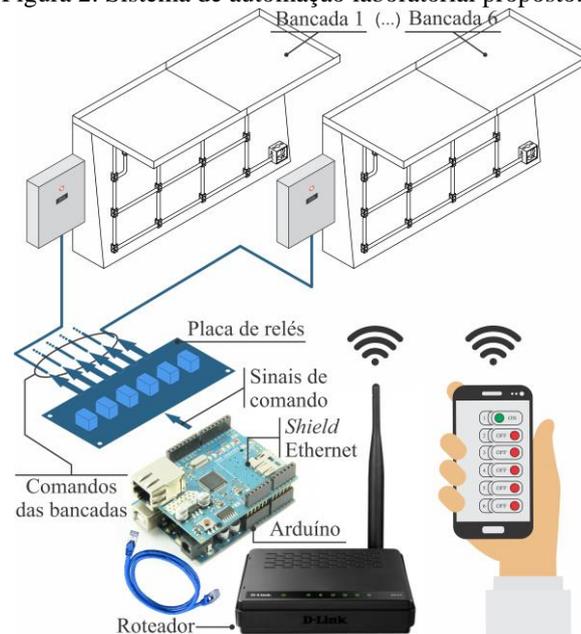
Figura 1: (a) Arduino Uno (b) Shield Ethernet W5100.



Fonte: Próprio do autor.

O sistema proposto neste trabalho pode ser dividido em três partes, sendo: 1 – Aplicativo *mobile* (app) desenvolvido em Ionic, onde o usuário seleciona qual bancada deseja ligar/desligar; 2 – Hardware de acionamento, composto pelo Arduino e a *shield Ethernet*, o qual recebe o comando do app e aciona os relés de comando; 3 – Quadros de comando, os quais recebem o sinal dos relés, acionando assim as contatoras que energizam as bancadas. Na Figura 2, discrimina-se o sistema de automação laboratorial proposto neste artigo.

Figura 2: Sistema de automação laboratorial proposto.



Fonte: Próprio do autor.

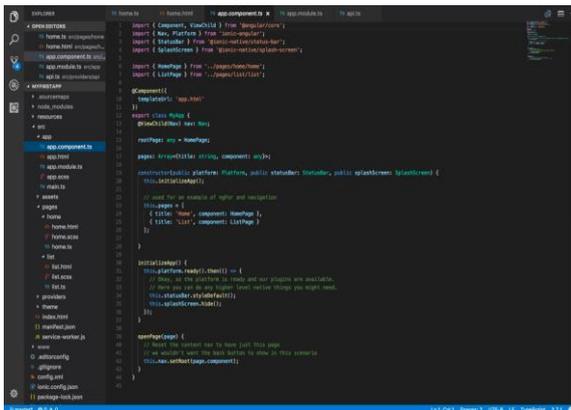
2.1 Desenvolvimento do APP

O desenvolvimento do aplicativo foi realizado visando proporcionar uma interação bastante intuitiva entre o usuário e o sistema de energização das bancadas do laboratório.

Inicialmente foi feito o estudo da arte das principais plataformas de desenvolvimento de aplicativos para *smartphones*. As empresas de telefonia móvel possuem seus próprios sistemas operacionais (como, por exemplo, iOS, Android e Windwons Phone), loja de aplicativos, e plataformas de desenvolvimento específicas para cada sistema. Com o aumento exponencial da demanda por aplicativos, surgiu-se a necessidade da criação de *softwares* para o desenvolvimento de aplicativos *mobile* do tipo multiplataforma (*cross-platform*), assim o desenvolvedor não precisa desenvolver um código específico para cada sistema operacional móvel, ganhando tempo de desenvolvimento e diminuindo os custos (MATOS e SILVA, 2016). Dessa forma, tendo em vista uma grande heterogeneidade de sistemas operacionais para telefonia móvel, foi adotado o uso do Ionic Framework para o desenvolvimento do aplicativo (GRILLO, 2015).

Ionic é um *framework* visual para aplicações híbridas que possibilita o desenvolvimento único de um aplicativo adaptável a diversas plataformas. A linguagem utilizada para o desenvolvimento da aplicação *mobile* é o AngularJS, uma das linguagens mais utilizadas para desenvolvimento de *front-end*, possuindo larga documentação na literatura e uma comunidade consolidada nos repositórios de códigos (WALTENBERG, 2016). Na literatura, há diversos ambientes de desenvolvimento para o Ionic Framework. Neste projeto, optou-se pelo uso do Visual Code, o qual apresenta grande suporte no que se refere a programação em AngularJS. Na Figura 3 pode ser vista a janela da plataforma de desenvolvimento do Visual Code.

Figura 3: Plataforma de desenvolvimento do APP.

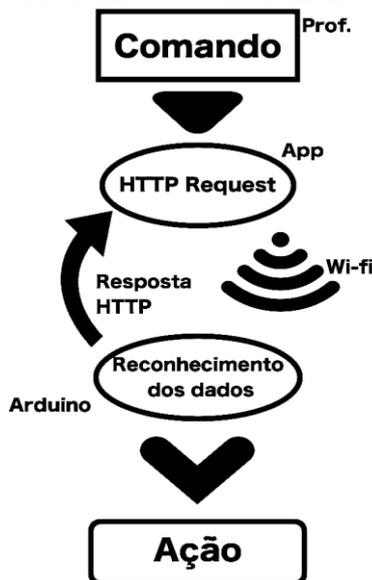


Fonte: Próprio do autor.

O aplicativo se comunica com o Arduino Uno através da *shield Ethernet W5100* utilizando um protocolo de HTTP. O microcontrolador cria e gerencia um servidor web facilitando, desta forma, a comunicação por comandos HTTP e o fluxo de informação se dá por meio de comandos realizados pelo usuário via aplicação *mobile*. A aplicação vai reconhecer tais comandos e realizar um requisição HTTP (*HTTP Request*) para o servidor web na LAN interna.

Dessa maneira, o Arduino, com a W5100, processa os dados recebidos, executa o acionamento requerido e envia uma resposta à aplicação *mobile* para confirmar o recebimento do requerimento. A Figura 4 apresenta, de modo resumido, para apenas uma bancada, o fluxo de informações no sistema.

Figura 4: Plataforma de desenvolvimento do APP.



Fonte: Próprio do autor.

2.2 Hardware de Acionamento

A escolha do *hardware* foi definida de acordo com as premissas definidas no escopo do projeto. Para atender tais tarefas, o *hardware* é capaz gerar uma LAN interna, receber dados via TCP/IP, realizar o processamento dos dados recebidos e executar as ações requeridas.

Caso haja problemas de comunicação entre a aplicação *mobile* e o servidor, é possível controlar as bancadas acessando o servidor pelo endereço em um navegador Web. Além disso,

caso o controlador apresente problemas, é possível acionar os relés no quadro de automação por meio de botoeiras proporcionando uma maior segurança ao professor no que se refere ao total controle sob o sistema.

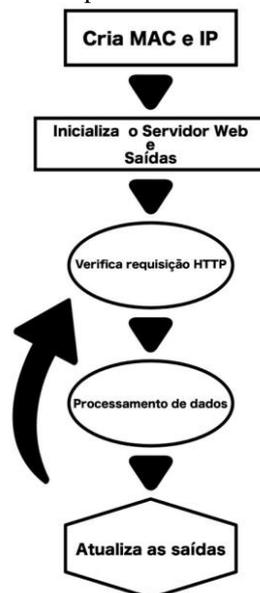
Visando maior facilidade e praticidade na aplicação proposta, o *hardware* de acionamento apresenta as seguintes configurações e funcionalidades:

- Roteador TP-Link: Responsável pela criação de uma LAN interna no laboratório;
- Ethernet W5100: Responsável pela criação de um servidor Web juntamente com o Arduino Uno;
- Arduino Uno: Responsável pelo processamento dos dados recebidos pelo servidor Web e execução das ações determinadas pela aplicação *mobile*;

Definidos os componentes do *hardware* de acionamento, segue-se para o desenvolvimento do servidor Web para receber as requisições HTTP da aplicação *mobile*, utilizando o Arduino, a *shied Ethernet* e o roteador. Toda a programação é realizada na plataforma de desenvolvimento fornecida pelo próprio fabricante do microcontrolador, gerando assim o *sketch* que comanda todas as funcionalidades do Arduino.

Após a inicialização do servidor, o Arduino gera uma página Web, na qual o usuário acessa diretamente o servidor e pode acionar as bancadas diretamente, caso ocorra algum problema na aplicação *mobile*. Em seguida, o microcontrolador aguarda os dados, realiza o processamento das instruções, e atualiza as saídas de acordo com as instruções recebidas. O fluxo de execução do *software* desenvolvido pode ser resumido de acordo com o fluxograma da Figura 5.

Figura 5: Fluxo de processamento do Arduino.



Fonte: Próprio do autor.

Caso o Arduino receba uma requisição para acionar uma bancada, o controlador irá energizar um relé responsável pelo controle da bancada conforme pode ser visto nos esquemas apresentados a seguir.

2.3 Projeto dos Quadros (Geral e Bancada)

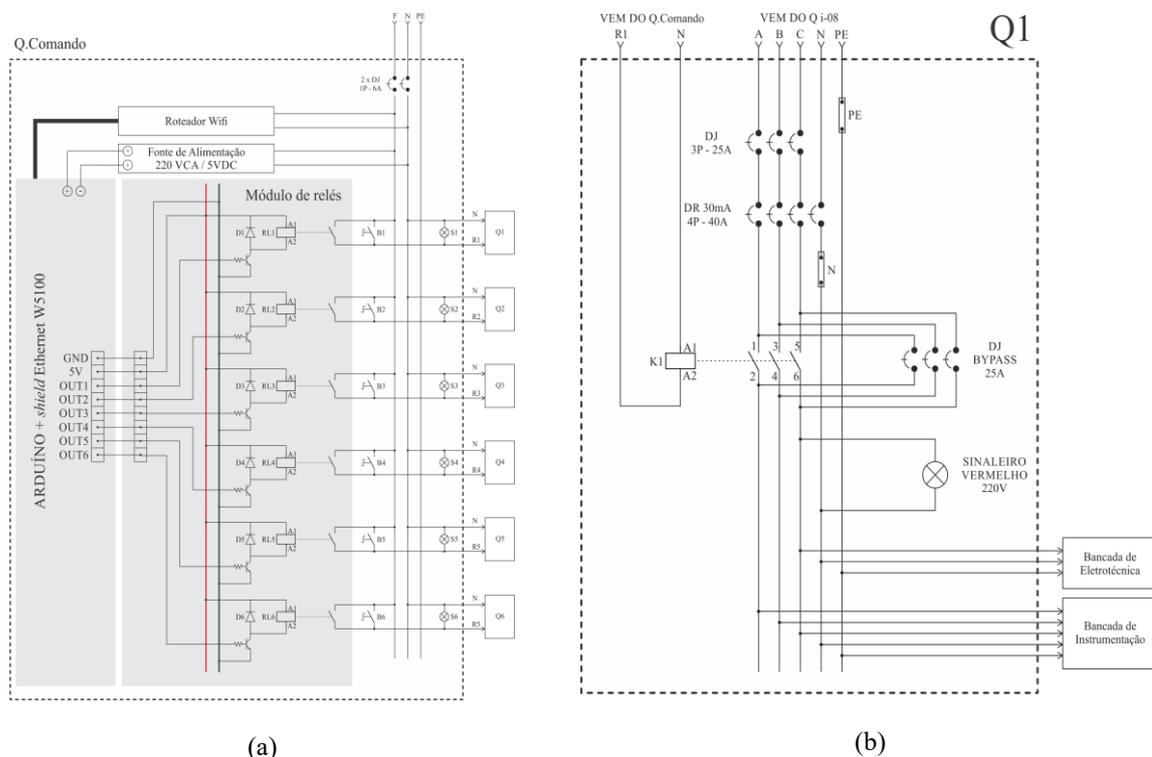
Dois tipos de quadros foram desenvolvidos. O quadro denominado Q.comando, cujo esquema de ligação pode ser visto na Figura 6 (a), concentra: o arduino; assim como o *shield Ethernet* W5100 que está interligado ao roteador; o módulo de relés (RL1, RL2, ..., RL6) os quais viabilizam a interligação entre os comandos do arduino (dados em tensão contínua de 5V)

e as contadoras presentes em cada bancada que são acionadas por tensão alternada de valor eficaz 220V; uma fonte de tensão de 220VCA/5VDC que alimenta o arduíno a partir do qual é realizada a distribuição de tensão para os demais componentes; dois disjuntores monofásicos, cuja função é proteção dos condutores do quadro; sinaleiros (S1, S2, ..., S6) fixados na porta do painel com a função de sinalizar quais bancadas estão energizadas; e, por fim, botoeiras com retenção (B1, B2, ..., B6), também fixadas na porta do painel, as quais viabilizam total controle do acionamento das bancadas em situação de falha de comunicação.

Deste quadro saem todos os condutores que realizam o acionamento das contadoras K1, K2, ..., K6, as quais estão alocadas nos respectivos quadros de cada uma das bancadas (a contadora K1 está alocada no quadro Q1, da Bancada 1, por exemplo).

Na Figura 6 (b), pode ser visto o modelo dos quadros (Q1, Q2, ..., Q6) que cada bancada possui nos quais podem ser vistos: uma contadora que, ao receber o comando do quadro Q.comando, energiza as bancadas experimentais; um sinaleiro cuja função é alertar o estudante acerca do *status* da alimentação (*ON/OFF*); um dispositivo Diferencial Residual (DR) que é responsável por garantir proteção, desenergizando a bancada, em situações nas quais existam correntes de fuga (um choque elétrico, por exemplo); e dois disjuntores trifásicos. O primeiro disjuntor trifásico (DJ 3P 25A), além de viabilizar o seccionamento da alimentação da bancada, protegerá os circuitos em situações de sobrecarga ou curto-circuito e o segundo (DJ BYPASS 3P 25A) tem a função de dar *by-pass* na contadora em uma eventual situação de falha de comando.

Figura 6: Diagrama Elétrica – (a) Geral (b) Bancadas.

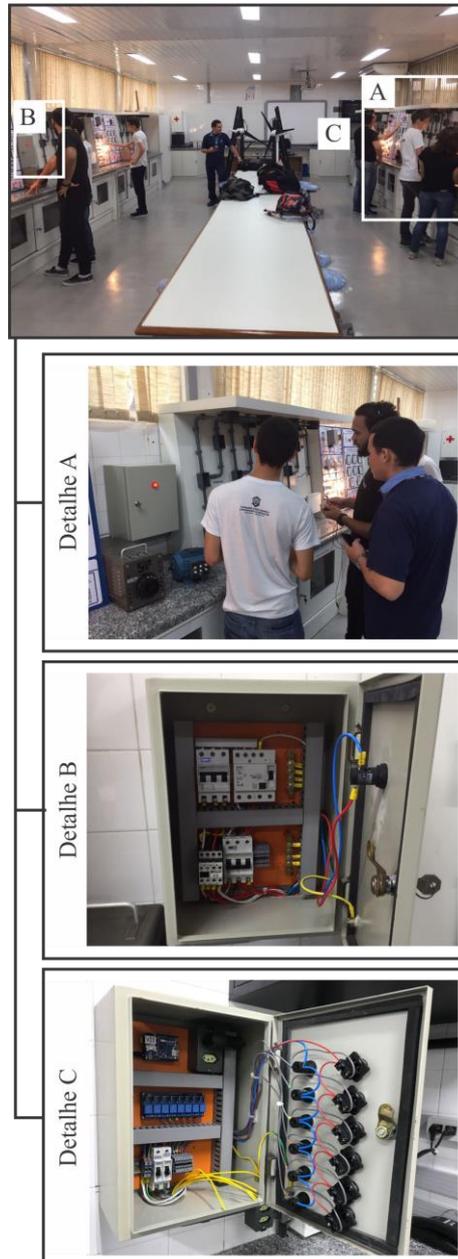


Fonte: Próprio do autor.

3 RESULTADOS

O sistema proposto foi instalado no laboratório e ambos os quadros (principal e bancadas) estão operando em fase de testes, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7: Simulação do projeto proposto.

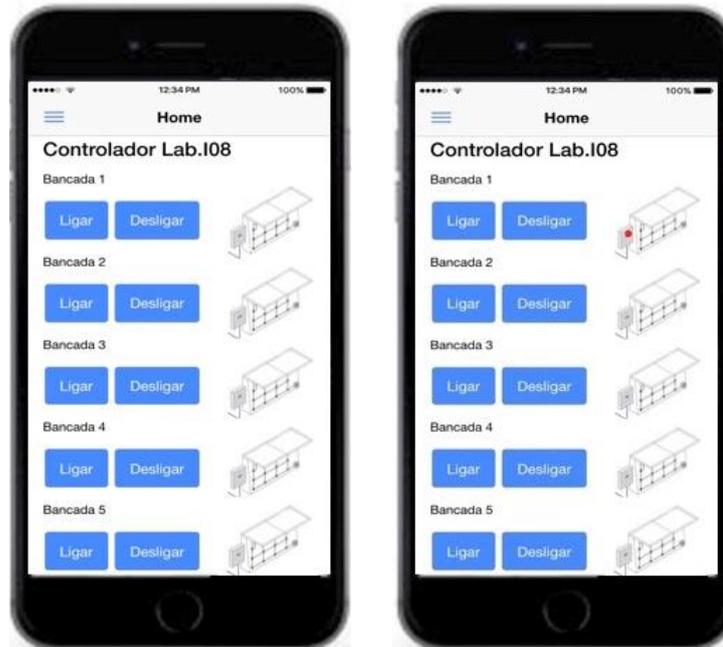


Fonte: Próprio do autor.

A Figura 7 (A) apresenta uma visão geral do laboratório no qual se realizam as práticas de eletrotécnica e como se dá a interação do sistema entre os professores e os alunos. Este sistema viabiliza, por parte do professor, o controle total das práticas realizadas, de modo que só serão acionadas as bancadas quando as ligações já estiverem sido inspecionadas. Desta forma, maior segurança, tanto para alunos quanto professores, será sempre alcançada. Na Figura 7 (B), é possível observar a inspeção realizada pelo professor na prática dos alunos enquanto, com o celular na mão, controla o acionamento da bancada. Por fim, na Figura 7 (C) e Figura 7 (D) podem ser vistos, respectivamente, o quadro do sistema de acionamento das bancadas (Quadro Q1) e o quadro geral (Q.comando).

Na Figura 8, é possível verificar, na tela do celular, a aplicação *mobile* desenvolvida. Nota-se que é possível acionar cada bancada individualmente, identificando-a no próprio app.

Figura 8: Método com maior dificuldade.



Fonte: Próprio do autor.

No cenário de uso, foi possível analisar um bom tempo de resposta entre a solicitação do acionamento das bancadas e a execução da ação. Além disto, com os testes, foi possível observar ótima interação entre o professor e o sistema, mostrando que a aplicação *mobile* desenvolvida é intuitiva e de fácil utilização.

Outro teste interessante realizado foi o acionamento das bancadas diretamente pelo servidor (página web). Caso não seja possível acessar o aplicativo por conta de algum problema (como por exemplo descarregamento da bateria do celular do usuário), é possível acessar o servidor gerado pelo Arduino, diretamente pela web. Tal página possibilita o usuário acessar de qualquer navegador web e acionar as bancadas, como mostra a Figura 9, onde o funcionamento da sinalização do acionamento das bancadas se dá pelos *check-boxes*.

Com tais resultados, o sistema irá ficar permanentemente instalado no laboratório e sendo utilizado pelos professores e técnicos da universidade.

Figura 9: Página Web gerada pelo Servidor.



Fonte: Próprio do autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um projeto multidisciplinar que envolveu conteúdos de automação, eletrônica, programação, design, entre outros.. O sistema proposto consiste em utilizar uma aplicação *mobile* para acionar as bancadas do laboratório de eletrotécnica, aplicando assim todos estes conceitos e tornando o uso do laboratório mais seguro, tanto para os alunos, quanto para os equipamentos do mesmo.

A aplicação *mobile* foi desenvolvida em Ionic, um framework visual, sendo o código compilado utilizando Visual Code, o qual oferece grande suporte para programação em AngularJS. A plataforma de desenvolvimento Arduino foi projetada para criar o servidor web, receber as requisições do aplicativo, e fazer o acionamento individual das bancadas do laboratório.

O sistema proposto foi instalado no laboratório de práticas de eletrotécnica e se encontra em fase de testes e aprimoramento. Resultados preliminares mostram uma boa aceitação pelos usuários que relataram que as práticas se tornaram mais seguras e que o aplicativo é bastante intuitivo e de fácil utilização.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Fortaleza (Unifor) e ao CNPq pelo aporte financeiro e todo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

FECOMERCIO.SP. **Crise não derruba mercado de automação.** Disponível em: www.fecomercio.com.br/noticia/crise-nao-derruba-mercado-de-automacao/. Acesso em: 09 fev. 2019.

FERREIRA, Israel V.; GODOY, Eduardo P. Integração de internet das coisas e Zigbee no contexto de eficiência energética e automação predial. In: XXI Congresso Brasileiro de Automática CBA, 2016, Vitória. **Anais.** Vitória, 2016.

GRILLO, R. **Introdução ao ionic framework.** Disponível em: <https://tableless.com.br/introducao-ao-ionic-framework/>. Acesso em: 09 fev. 2019.

LIMA, Charles Borges; VILLAÇA, Marco. **AVR e Arduino – Técnicas de Projetos.** 2ª edição, Joinville: Clube dos autores. 2012.

MATOS, Beatriz Rezener Dourado Matos; SILVA, João Gabriel de Britto. **Estudo comparativo entre o desenvolvimento de aplicativos móveis utilizando plataformas nativas e multiplataformas.** 2016. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de software, Faculdade UnB Gama (FGA), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora Universidade de Brasília. 2006.

MOREIRA, M. A. Negociação de significados e aprendizagem significava. **Ensino, Saúde e Ambiente,** Porto Alegre, v.1, n.2, p. 2-13, 2008.

MACHADO, F. C.; LIMA, M. F. W. P. O uso da tecnologia educacional: um fazer pedagógico no cotidiano escolar. **Scientia cum industria**, Caxias do Sul, v.5, n.2, p. 44-50, 2017.

MARTINHO, Miguel Fonseca Gonçalves. **Emulador de dispositivos domésticos**. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

OLIVEIRA, T. C. *et al.* Automação Residencial: Soluções Criativas e o Uso da Tecnologia em Arquitetura na Promoção da Saúde e qualidade de Vida. In: VIII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, 2016, Maringá. **Anais**. Maringá, 2016.

OLIVEIRA, G. R.; BRAGA, C. M. P. Arquitetura Híbrida De Automação Residencial De Baixo Custo Integrada A Uma Plataforma Móvel Customizável. In: XXI Congresso Brasileiro de Automática (CBA), 2016, Vitória. **Anais**. Vitória, 2016.

TRETER, M. E. *et al.* Desenvolvimento de um Sistema de Automação Residencial de Baixo Custo com Acesso Remoto Via WEB. In: XX Congresso Brasileiro de Automática (CBA), 2014, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte, 2014.

SOUZA, F. **Arduino UNO. Embarcados**. Disponível em:
<https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 09 fev. 2019.

WALTENBERG, R. **AngularJs: O que é e porque usar?**. Disponível em:
<http://blog.algaworks.com/o-que-e-angularjs/>. Acesso em: 09 fev. 2019.

LABORATORY AUTOMATION WITH REMOTE ACCESS TO THE WEB USING ARDUINO PLATFORM

Abstract: *The development of competencies in undergraduate students using multidisciplinary projects is of utmost importance in the teaching and learning process. With this in mind, this work proposes the development of an application and hardware for remote activation of the electrotechnical laboratory benches, interconnecting concepts of several curricular units and leaving a more secure and modern laboratory as a product for the institution. For this, a mobile application was developed, developed in Ionic, where the user triggers commands via TCP / IP through an internal LAN in the laboratory. This command goes to a unit hardware consisting of an Arduino and an ethernet shield capable of activating one of the six laboratory benches. In this work, the development of the proposed laboratory automation system is described and, finally, the results are presented with the experimental prototype installed in the electrotechnical laboratory..*

Key-words: *Arduino, Laboratory Automation, Ionic.*