

Laboratório de acesso remoto para controle, experimentação, automação e validação de processos em tempo real – “Baseado em *Websocket*”

Marcos Pereira dos Santos¹, Marco Túlio Chella²

¹Coordenação de Computação e Informática – Universidade Tiradentes (Unit)
Av. Murilo Dantas, 300 CEP: 49032-490 – Aracaju – SE – Brazil

²Departamento de computação – Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – São Cristovão – SE – Brazil

marcos@acad.unit.br, chella@ufs.br

Abstract. This paper proposes to develop and demonstrate the use of virtual tools remote system based on software and hardware, with real-time response, called *Laboratory Virtual Learning Electronics (LABVAE)*, proposing to facilitate the teaching and learning of students in engineering courses electrical, electronics and mechatronics, allowing remote access to real instruments and equipment physically installed in laboratories. The main function of the system is to perform the analysis results of the experiments in real time, directly on the web user interface being displayed its effects via a webcam. The use of features such as HTML5, JavaScript, OpenCV, Django, SVG, and SQLite Pywebsocket enabled better use and exploitation of the resources available for preparing the **LABVAE**.

Resumo. Este trabalho propõe desenvolver e demonstrar o uso de ferramentas virtuais remotas de um sistema baseado em software e hardware, com resposta em tempo real, denominado de *Laboratório Virtual de Aprendizagem Eletrônica (LABVAE)*, propondo facilitar o ensino e aprendizagem dos estudantes dos cursos de engenharia elétrica, eletrônica e mecatrônica, permitindo o acesso remoto aos instrumentos e equipamentos reais fisicamente instalados em laboratórios. A função principal do sistema é realizar a análise de resultados dos experimentos em tempo real, diretamente na interface web do usuário sendo visualizados seus efeitos através de uma webcam. O uso de recursos como o HTML5, JavaScript, OpenCV, django, SVG, SQLite e Pywebsocket possibilitaram uma melhor utilização e aproveitamento dos recursos disponíveis para elaboração do **LABVAE**.

1. Introdução

O processo tradicional de formação de conhecimento baseia-se em aulas teóricas e práticas. A experiência de realizar aulas práticas propiciadas pelos laboratórios experimentais são elementos vitais na formação do profissional de engenharia (Hua e Ganz, 2003 apud Chella e Ferreira, 2005). Desta forma, organizar, configurar e manter a logística de um laboratório por meio de um acesso remoto permite a melhora na utilização e otimização dos recursos. Os laboratórios de acesso remoto ficam disponíveis 24 horas, podendo ser aproveitado por qualquer instituição de ensino e por um número significativo de estudantes que atuam em experimentos em locais e horários distintos.

Este trabalho propõe desenvolver e demonstrar o uso de ferramentas remotas de um sistema baseado em software e hardware, com resposta em tempo real, denominado Laboratório Virtual de Aprendizagem Eletrônica de (LABVAE). Por meio deste, será possível usufruir da análise de experimentos na área de sistemas digitais e de controle, eletrônica e mecatrônica, com o objetivo de que tudo seja feito a distância e com diversos experimentos disponibilizados e implementados em laboratórios reais nas universidades. Tudo isso visa elevar o grau de aprendizagem das disciplinas com características práticas laboratoriais.

Este artigo aborda, sequencialmente, sobre: motivação, como condição, um impulso, no contexto do tema em questão; trabalhos relacionados ao tema; a arquitetura do LABVAE; o estado atual do referido laboratório, as conclusões e as referências.

2. Motivação

Objetivando fazer a investigação sobre o uso de laboratórios de acesso remoto no meio acadêmico, foi feita uma busca na literatura que envolvia não somente o termo em questão, mas também aqueles que nos auxiliassesem no tocante aos conceitos relacionados à aprendizagem, habilidade e competência. Toda essa pesquisa teve o objetivo de servir como uma ferramenta auxiliar aos estudantes que necessitam complementar e fixar os conhecimentos abordados em sala de aula.

Com o surgimento de abordagens de ensino ativo e o desenvolvimento da educação a distância, o trabalho colaborativo é necessário como uma atividade eficaz para apoiar a aprendizagem. Além disso, os laboratórios remotos têm sido usados para a transferência de identificação do equipamento real.

Ferramenta como o LABVAE, coincidem com o surgimento de novas abordagens de aprendizagem que levantam questões sobre o papel potencial do trabalho de laboratório na formação de estudantes que as necessitam. Conforme Almeida e Freitas (2013), a tecnopedagogia está revolucionando o modo de formação tradicional, trazendo a experiência do laboratório em sala de aula, nos ambientes domésticos e em outros locais, permitindo ao estudante manter mais contato com a realidade tecnológica do laboratório e com o próprio espaço laboratorial através de visitas virtuais.

3. Trabalhos Relacionados

Com o intuito de conhecer e aprofundar os conhecimentos sobre a elaboração de laboratório de acesso remoto, os trabalhos relacionados ao tema que fundamentaram a elaboração deste artigo são apresentados a seguir.

Valls e Val (2013) descrevem as configurações práticas que permitem aos alunos simular o monitoramento e controle online de sistemas remotos, ou seja, o tráfego de trens em um sistema simulado. Observa-se que se trata de uma simulação que não tem o objetivo de obtenção de resposta em tempo real. O trabalho de Santana et al. (2013) descreve as experiências que utilizam laboratórios remotos de ensino e pesquisa na área de controle Engenharia, sendo possível constatar que este trabalho demonstra as experiências que usam experimentos remotos. Já Lerro et al. (2012) incluem, em seu projeto, a implementação de uma interface que permite que os usuários da plataforma e-learning tenham acesso a futuro desenvolvimento de laboratórios remotos. Verifica-se no referido projeto a proposta de uma ferramenta de educação a distância, que viabiliza o desenvolvimento de recursos remotos que, no entanto, não se preocupa com um mecanismo de apresentação dos resultados. Na pesquisa de Maarouf et al. (2012), laboratórios remotos para a educação em assuntos de controle é um método comum,

usado pelas universidades, ficando claro que, embora os recursos remotos sejam comuns, não se preocupa em focar em uma forma de implementação. No trabalho de Maiti, Mahata e Maiti (2012) foi desenvolvida uma plataforma de interface construída para melhorar a eficiência do instrumento utilizado, depreendendo-se, portanto, que a preocupação dos se restringe à construção de uma ferramenta melhor explorar a eficiência de um instrumento. A pesquisa de Cubillo et al. (2012) identifica que a variedade de tecnologias avançadas de aprendizagem surgiu para o seu melhoramento, para promover experiências práticas e aumentar o interesse em engenharia e ensino técnico. Já dessa pesquisa infere-se que há uma preocupação em atrair os alunos nas disciplinas que são classificadas como difíceis, mas não existe uma preocupação com a forma de como os resultados finais dos experimentos devem ser apresentados. Koike (2012), em seu estudo, observa e descreve projeto lógico da vida real e ambiente *FPGA* oferecendo experiências da vida real para estudantes, estando esses em locais remotos ou em ambientes locais. Na leitura deste artigo entende-se que há uma necessidade de testar soluções usadas no dia-a-dia através ambiente virtuais, sem focar e especificar sua implementação de resultados dos experimentos.

4. Arquitetura do LABVAE

Atualmente, existem muitas tecnologias com recursos para desenvolvimento de aplicações e obtenção de resultados em tempo real, como, por exemplo, o *HTML5* que, através do protocolo *websocket*, baseado em *python*, viabiliza experimentos dessa natureza.

O LABVAE é um sistema que faz a aquisição de dados para a realização de experimento e testes em instrumentos eletrônicos para acionamento e medições. Esse sistema é baseado em computador e, do ponto de vista de *hardware*, é constituído de placas para controle, cabos e interfaces para conexão e uso de um protocolo de rede que viabiliza uma resposta em tempo real. McRoberts e Michael (2011) afirmam que através do LABVAE é possível estabelecer comunicação com o *hardware* das placas arduino e de controle e, com o uso do protocolo *pywebsocket*, garantir as visualizações e resposta em tempo real dos experimentos. A programação dos experimentos é enviada diretamente para a placa do arduino, a depender do tipo do laboratório que o estudante pretende realizar, possibilitando a visualização de informações em tempo real.

A construção do LABVAE foi fundamentada no uso de ferramentas como o *HTML5*, *JavaScript*, *openCV*, *django*, *SVG*, *SQLite* e *pywebsocket*. Este último, segundo Pimentel e Nickerson (2012), é o principal utilizado na pesquisa por se tratar de uma *API* de desenvolvimento, que permite às páginas da web usar os recursos do protocolo *websocket*, definido pelo *IETF*, a fim de estabelecer a comunicação de duas vias com um *host* remoto. Uma vez estabelecida, a conexão permanecerá aberta, possibilitando comunicação permanente entre o cliente e o servidor, sendo fechada somente por determinação explícita do desenvolvedor. Isso garante uma conexão *full-duplex*, ou seja, simultânea nas duas direções: cliente/servidor e servidor/cliente, com pacotes extremamente pequenos em relação às conexões dos sistemas atuais, que não usam o *websocket*. A figura 1 demonstra sequenciamento de comunicação do protocolo até o estabelecimento da conexão usando o protocolo *websecket*.

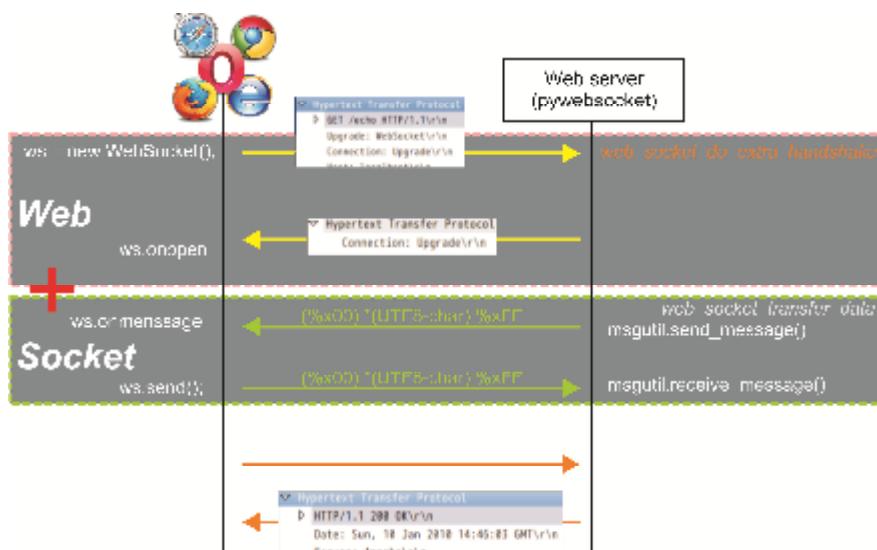


Figura 1. Sequência do Protocolo *WebSocket*

Conforme demonstrado na figura 1, é possível o desenvolvimento de experimentos na área de engenharia elétrica/eletrônica/mecatrônica. O sistema possui as seguintes características: os estudantes devem se cadastrar no sistema e agendar seus experimentos previamente; a comunicação do arduino e da placa de controle com o computador dá-se por meio das portas *Universal Serial Buss (USB)*, interligadas a um servidor; a placa arduino é o objeto de obtenção das informações e leituras pretendidas para cada experimento; o uso do *OpenCV* tem a finalidade de promover eficiência computacional, focando numa resposta em tempo real para a aplicação; o estudante deve fazer a programação para realizar seu experimento através do uso da *IDE* de desenvolvimento do arduino e transferir o *firmware* remotamente para a placa, a fim de testar seus experimentos; a placa de controle realiza o papel da mão do estudante para girar o potenciômetro quando necessário; toda e qualquer informação enviada remotamente da aplicação para o *hardware* e do *hardware* para a aplicação será feita através do protocolo *websocket* baseado em *python*; os dados são armazenados no banco de dados *SQLite* nativo do *python* compatível como o *SQL*; para a comunicação com a página *HTML* e o *websocket*, existe uma camada de software em *JavaScript* e outra em *python* para intermediar a comunicação; e os resultados são apresentados em tempo real na página *web* e via *webcam* na tela do sistema do estudante. Para atender as características enumeradas acima, foi desenvolvido um sistema constituído de *software* e *hardware* conforme demonstrado na figura 2.

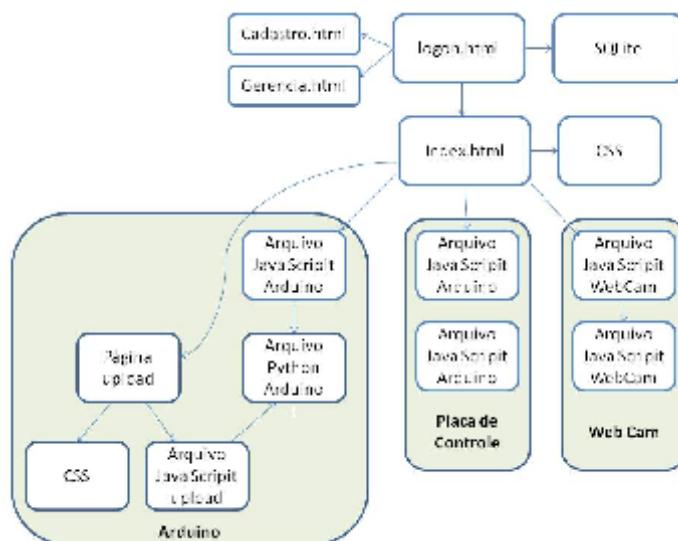


Figura 2. Arquitetura Laboratório Virtual de Aprendizagem Eletrônica

5. Estado Atual do LABVAE

O LABVAE possui uma estrutura pré-estabelecida (Figuras 3a e 3b) que permite controlar o login e acesso dos estudantes e, consequentemente, a realização de experimento para acionamentos de leds e medição de tensão através da alteração do posicionamento do potenciômetro, que é acionado remotamente. Há também a possibilidade de construir novos laboratórios remotos, a depender da necessidade de cada curso – engenharia elétrica, eletrônica ou mecatrônica –, possibilitando o compartilhamento de equipamentos de custo elevado e facilitando o gerenciamento dos laboratórios, que é um desafio dentro das universidades.

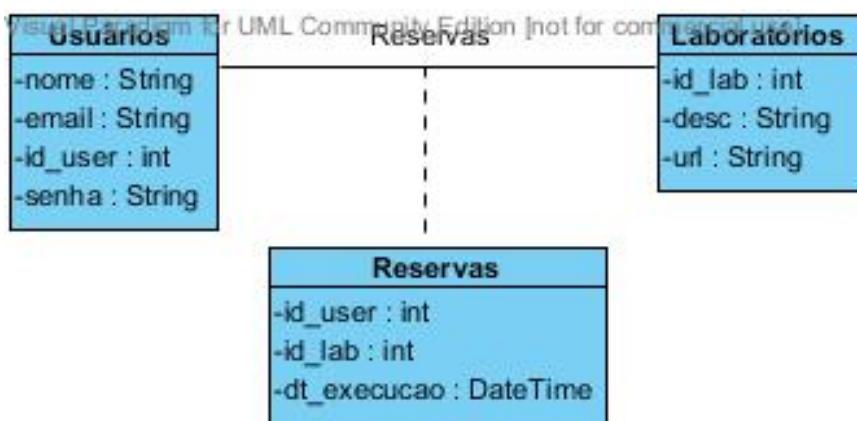


Figura 3a. Diagrama de classe do LABVAE

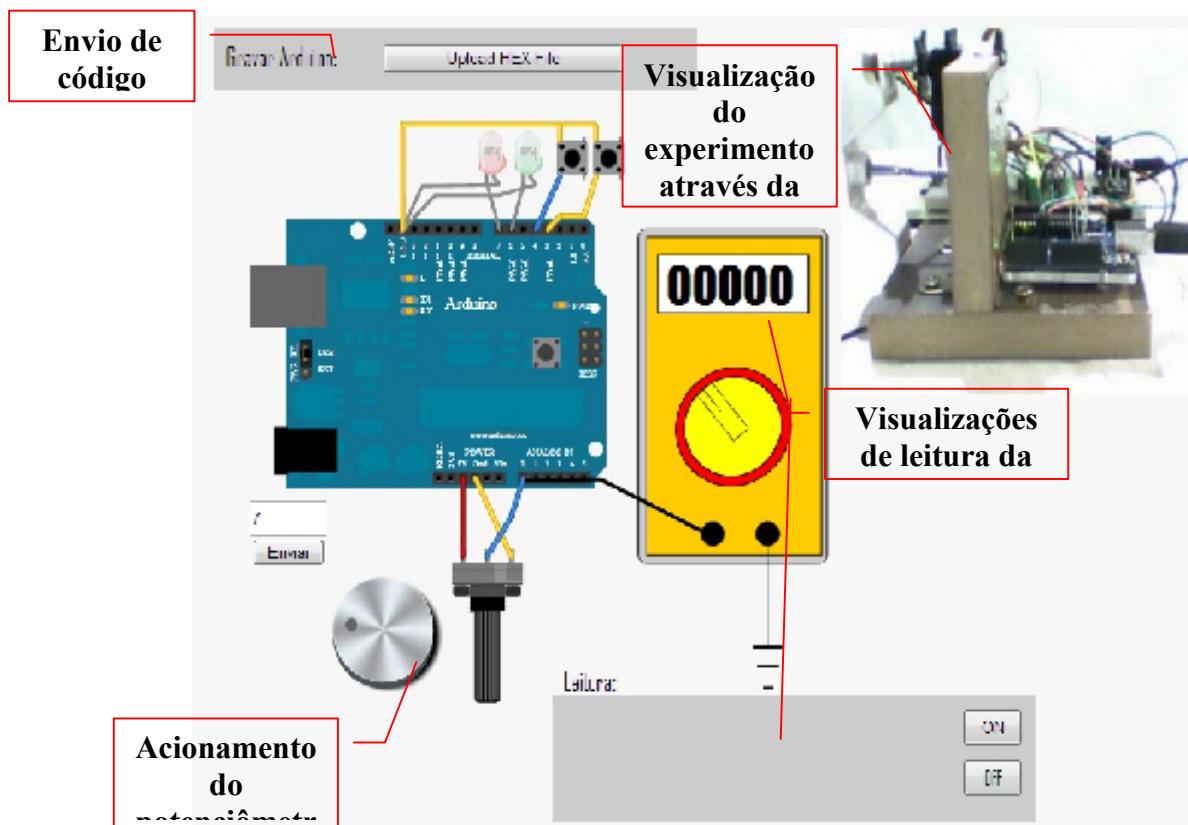


Figura 3b. Tela Inicial dos Experimentos

Depois que o estudante é cadastrado no sistema, por um administrador, ele recebe seu usuário e senha por e-mail e, ao logar no sistema, faz uma reserva de uso do laboratório a ser experimentado; na data e horário exatos de seus experimentos, ele desenvolve um código e transfere remotamente para a placa arduino, usando a página de transferência de código, conforme figura 4 e, em seguida, testa e visualiza os resultados em tempo real na página web através de gráficos e imagem da webcam, de acordo com a figura 3b.



Figura 4. Tela de transferência do arquivo programado pelo estudante

O estudante visualiza o resultado do experimento na página web, através de exibição de gráficos e multimento virtual, conforme mostrado na figura 3b e visualiza

os efeitos do seu código desenvolvido, através da imagem que é transmitida pela internet, conforme ilustra a figura 5.

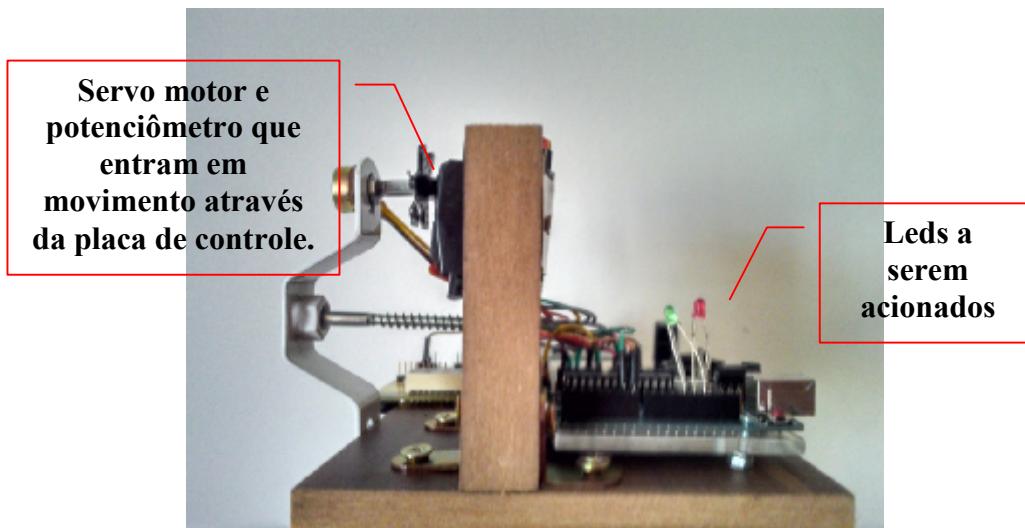


Figura 5. Imagem da Webcam exibida na página web apresentada na figura 3a

Desse modo, o estado atual do trabalho já está com a implementação do código finalizada e testada e os laboratórios eletronicamente prontos, sendo possível fazer quatro experimentos, que serão validados pelos alunos do curso de mecatrônica da Universidade Tiradentes, localizada na cidade de Aracaju, no Estado de Sergipe. Os alunos responderão a um questionário online para avaliar o LABVAE de um modo geral. Há uma notória evolução das ferramentas tecnológicas para elaboração desses estudos que permite um ambiente significativamente semelhante com a realidade virtual como o *Second Life*. Sendo assim, fica como sugestão para trabalhos futuros, a disponibilização de um ambiente de educação virtual com esta nova característica de funcionalidade.

6. Conclusões

Ao longo da última década, os laboratórios remotos têm sido valiosos recursos educacionais, proporcionando o potencial para a melhoria dos resultados educacionais dos estudantes, possibilitando experiências mais ricas e consequentemente o compartilhamento de recursos. Além disso, os laboratórios remotos permitem acomodar muitos estudantes para realizar experimentos, como se estivessem em um real, compartilhando o mesmo dispositivo físico. Este projeto estimula a aprendizagem fora da sala de aula, trazendo contribuições para a sociedade, para a comunidade estudantil e para a pesquisa científica.

Com esta pesquisa, observa-se que é possível a disponibilização do LABVAE junto à comunidade acadêmica das universidades, de modo a contribuir para a geração de conhecimento, servindo como material didático para as aulas práticas das disciplinas, através do uso de circuitos reais e virtuais com êxito em tempo real.

Referências

- Almeida, M. G. and Freitas, M. C. D. (2013) “A Escola no Século XXI: Virtualização das Relações: um Desafio da Gestão Escolar”. 1st edition, Rio de Janeiro, Brasport.
- Chella, M. T. and Ferreira, E. C. (2005) “Arquitetura para laboratório de acesso remoto com aplicação no ensino de engenharia eletrônica”. In: *Revista de Ensino de Engenharia*, 24(1), pages 33–38.
- Cubillo, J. et al. (2012) “Control of a Remote Laboratory by Augmented Reality”. Electrical and Computer Engineering Department National University of Distance Education (UNED) Madrid, Spain; Electrical Engineering and Computer Science Department Milwaukee School of Engineering Milwaukee, WI, USA.
- Koike, N. (2012) “Cyber Laboratory for Hardware Logic Experiments”. Faculty of Computer and Information Sciences Hosei University 3-7-2 Kajino-cho, Koganeishi, Tokyo 184-8584, Japan. In: *Cyberworlds (CW) International Conference*, 25–27 September, pages 236–240.
- Lerro, F. et al. (2012) “Integration of an e-learning Platform and a Remote Laboratory for the Experimental Training at Distance in Engineering Education”. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina.
- Maarouf, S. et al. (2012) “Collaborative activities in the remote laboratory work”, Electrical Engineering Department École de technologie supérieure (ÉTS) Montreal, Canada. In: *Interactive Collaborative Learning (ICL), 2012 15th International Conference*, 26-28 Sept., pages 1–6.
- Mait, A., Mahata, S. and Maiti, C. K. (2012) “Common Interface Platform for Development of Remote Laboratories”. In: 9th International Conference on 4-6 July, Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), Bilbao, Spain.
- McRoberts, M. (2011) “Arduino básico”. Tradução Rafael Zanolli, Novatec Editora, São Paulo.
- Pimentel, V. and Nickerson, B. G. (2012) “Communicating and Displaying Real-Time Data with WebSocket”. In: *IEEE transactions on industrial informatics*, 16(4), July-Aug., pages 45–53.
- Santana, I. et al. (2013) “Remote Laboratories for Education and Research Purposes in Automatic Control Systems”. In: *IEEE transactions on industrial informatics*, 9(1), February, pages 547–556.
- Valls, M. G. and Val, P. B. (2013) “Usage of DDS Data-Centric Middleware for Remote Monitoring and Control Laboratories”. In: *IEEE transactions on industrial informatics*, 9(1), February, pages 567–574.