

EXPERIMENTO DA DISCIPLINA DE INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL BASEADO EM HARDWARE E SOFTWARE ABERTOS

Alison Hideki Kaigawa Hara*

Fabio Mazzariol Santiciolli*

Resumo: A disciplina de Instrumentação Industrial requer aulas práticas a respeito do controle de variáveis de processo importantes para o curso de Tecnologia em Processos Químicos. Frente a uma realidade de recursos financeiros escassos, é necessário investigar maneiras de viabilizar tais experimentos a um baixo custo. A literatura documenta casos de uso de hardware e software abertos aplicados à diversos problemas de instrumentação e controle. Assim, nesse trabalho, propõe-se um experimento e demonstra-se seu funcionamento dentro do escopo da disciplina Instrumentação Industrial. Especificamente, utiliza-se uma combinação entre Arduino e Scilab/Xcos para o controle do nível de um tanque. Os detalhes do experimento e seus resultados são apresentados para futuras replicações.

Palavras-chave: Arduino; controle de nível; experimento de baixo custo; Scilab/Xcos.

INDUSTRIAL INSTRUMENTATION SUBJECT EXPERIMENT BASED ON OPEN HARDWARE AND SOFTWARE

Abstract: The Industrial Instrumentation subject requires practical activities regarding the control of meaningful process variables for the Chemical Process Technology course. Facing a reality of scarce financial resources, it is necessary to investigate methods to make such experiments feasible at a low cost. The literature contains use cases of open hardware and software applied to various instrumentation and control problems. Thus, in this work, an experiment is proposed, and its functioning is demonstrated within the scope of the Industrial Instrumentation discipline. Specifically, a combination of Arduino and Scilab/Xcos is used to control the level of a tank. The details of the experiment and its results are presented for future replications.

Keywords: Arduino, level control; low-cost experiment; Scilab/Xcos.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores dificuldades em realizar processos utilizando sistemas de aquisição de sinais e equipamentos de controle é o custo. Para fins didáticos, segundo Souza *et al.* (2012), a grande dificuldade se encontra na aquisição de equipamentos,

* Faculdade de Tecnologia de Campinas:
alison.hara@fatec.sp.gov.br, fabio.santiciolli@fatec.sp.gov.br

por meio de fornecedores comerciais, que em geral apresentam custos muito elevados. Já para fins industriais, segundo Gali (2017), muitos desses equipamentos são cotados em valores superiores a 30,000 dólares, além da necessidade de mão-de-obra especializada, o que dificulta o acesso por pequenas empresas que possuem fundos mais limitados. Por outro lado, é possível executar montagens de sistemas integrados com Arduino, que apresentam baixo custo e podem ser preparados sem mão-de-obra especializada em eletrônica.

O Arduino é um hardware de fonte aberta que possibilita a coleta e a leitura de dados, o controle e a atuação em um determinado processo. A placa Arduino pode ser utilizada com a vantagem de ser portátil e flexível, aceita diversas aplicações e possui um baixo custo de aquisição (SOUZA *et al.*, 2011).

As aplicações da plataforma Arduino estão presentes desde simples projetos de equipamentos pessoais até grandes projetos científicos na utilização em pesquisa e desenvolvimento. Um fato que justifica essa penetração é que a plataforma é acessível para leigos em programação. Existe uma grande comunidade de usuários no mundo todo, constituída desde amadores, estudantes, até programadores e profissionais, que compartilham experiências, conhecimento, novidades e dicas para novos usuários (ARDUINO, 2019a).

Um Arduino pode ser atrelado ao um microcomputador, formando um interessante sistema e aquisição de dados e controle de processos. Nessa configuração, o Arduino se comportaria como uma interface física de entrada e saída de sinais, processados no microcomputador. Para que esse processamento ocorra, é necessário o uso de um software de computação numérica (CAMARGO *et al.*, 2015).

O Scilab é um software de computação numérica de uso gratuito e fonte aberta que pode ser utilizado para fins acadêmicos ou industriais. Ele possui similares como o software livre GNU Octave, e os softwares não-livres como o LabVIEW, Mathematica e MATLAB. O programa apresenta centenas de funções matemáticas e um alto nível de programação, possibilitando também seu uso para controle de processos (SCILAB, 2019a).

O software apresenta uma ferramenta para lidar com sistemas dinâmicos por meio de diagramas de blocos chamada Scilab/Xcos. É um sistema eficiente para simular circuitos hidráulicos, sistemas de controle e sistemas mecânicos (SCILAB, 2019b). O Scilab/Xcos também contém conjuntos de blocos que exercem funções de

comunicação com sistemas de aquisição de dados e controle por meio de alguma porta serial, como é o caso da “*toolbox Arduino*” que fornece comunicação entre o microcomputador e a placa Arduino (SCILAB, 2019c).

Dados os recursos apresentados e o baixo custo, a união do Arduino com o Scilab/Xcos é uma ferramenta frequentemente empregada em ambientes acadêmicos. Este artigo descreve como foi feita, na Fatec Campinas, a montagem de um sistema de instrumentação e controle de nível de tanque utilizando Arduino e Scilab/Xcos. Tal experimento, pode ser reproduzido pelos alunos nas aulas experimentais de Instrumentação Industrial.

USOS DO ARDUINO EM DIVERSAS CIÊNCIAS

A utilização da placa Arduino em alguns sistemas apresenta um resultado promissor e preciso. Um exemplo disso foi relatado por Santoshkumar e Hiremath (2012) que utilizaram a placa para monitoramento de parâmetros em águas presentes nas fazendas criadoras de peixes. Os parâmetros medidos incluem nível de pH, salinidade e temperatura na água, fatores que indicam a condição ideal para garantir a qualidade de vida dos peixes que habitam o ambiente analisado. Nesse experimento foram considerados 1,3 g/kg como um valor limite máximo para a salinidade da água e 0,8 g/kg como sendo o valor limite mínimo em que o sistema começaria a atuar. Para o parâmetro de nível do pH, foi utilizada uma combinação de eletrodos para a coleta de dados e os limites mínimos e máximos foram respectivamente 7 e 8. Para o parâmetro de medição da temperatura, os limites mínimos e máximos foram respectivamente 20 e 30 graus célsius.

Outro sistema que apresentou resultados consideráveis, segundo Mkamel *et al.* (2018), foi um extrator de veneno de escorpiões utilizando o Arduino UNO. O extrator de veneno que pode ser configurado de forma personalizada para cada espécie de escorpião. Ao ser pressionado o botão da espécie desejada, as configurações adequadas para a extração do veneno daquela espécie eram ativadas e um painel de LED que disponibilizava a informação executada simultaneamente. O equipamento garante a extração do veneno do animal através de micro estímulos sem oferecer um nível de estresse considerado perigoso e sem oferecer risco de vida, contribuindo para a sua preservação e qualidade de vida. As vantagens apresentadas nesse sistema

são a dimensão portátil de todo o equipamento, a possibilidade de suportar configuração para a extração de mais de quatro espécies diferentes de escorpiões e o baixo custo. Além disso, o processo de extração do veneno é rápido, seguro e pode ser realizado por apenas uma pessoa (em geral esse tipo de atividade necessita de pelo menos duas pessoas).

Em um terceiro exemplo, segundo Gali (2017), além dos resultados apresentados na proposta da criação de um sintetizador automatizado de peptídeos baseado na plataforma Arduino serem promissores e atingirem as expectativas, os custos comparados entre equipamentos encontrados no mercado e da proposta apresentada é relevante. Enquanto os equipamentos disponíveis no mercado apresentam valores maiores de 30.000 dólares, o projeto similar com Arduino apresenta um orçamento menor que 4.000 dólares. O projeto também conta com a possibilidade de o sistema ser construído por mão de obra não especializada.

Devido ao grande campo de aplicações possíveis para o uso do Arduino e seu baixo custo, segundo Souza *et al.* (2011), a placa pode ser utilizada com fins didáticos para substituir equipamentos que, em geral, apresentam um custo muito mais elevado.

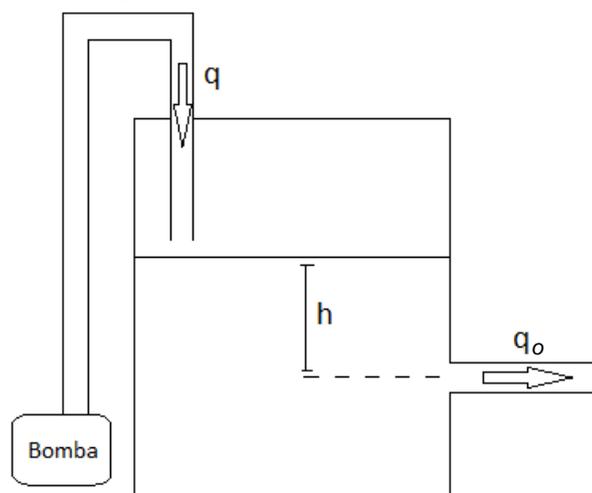
MATERIAIS E MÉTODOS

Uma variável de processo que frequentemente deve ser instrumentada e controlada em uma indústria química é o nível de tanques. Controlar essa variável de processo é importante para evitar o transbordamento (o que causaria desde perda de fluídos de processo até danos à planta, ao meio-ambiente e aos humanos) ou esvaziamento de tanques (resultando em paradas indesejadas por ausência de insumos). Assim, é importante que o aluno de Tecnologia de Processos Químicos ou de cursos correlatos tenha uma experiência a respeito em sua formação.

Primeiramente foi esboçado um tanque que poderia ser construído em um laboratório didático com materiais do dia a dia. A Figura 1 mostra essa proposta, considerando que há uma vazão de entrada q , um nível h medido a partir da válvula de saída e uma vazão de saída q_o . A estrutura do tanque pode ser constituída por um galão ou por um recipiente para alimentos, por exemplo. Ambos são facilmente encontrados, adquiridos e manipulados pelos alunos. O restante dos materiais pode

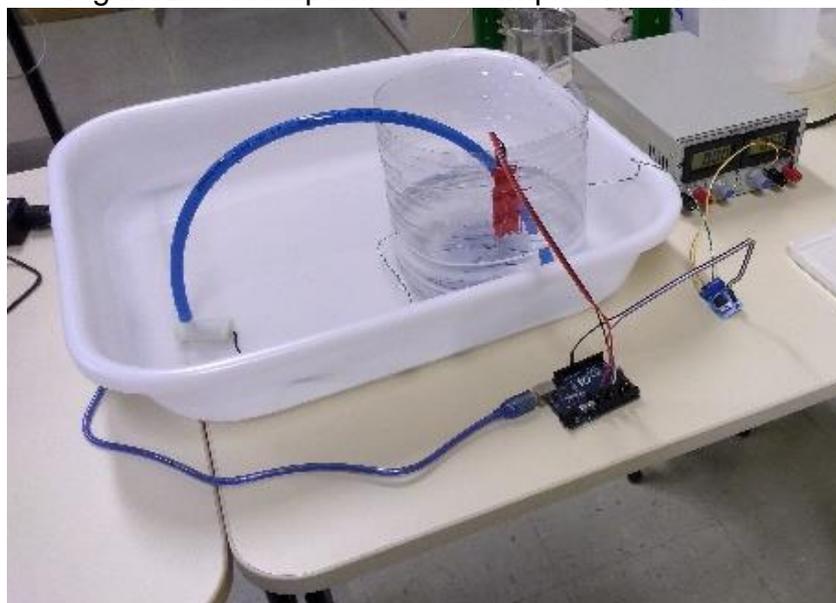
ser encontrado em lojas de varejo de eletrônica a preços acessíveis. Desta maneira os alunos poderiam, ludicamente, construir a carcaça do tanque, assim como a instituição de ensino poderia adquirir facilmente os materiais de eletrônica restantes. A instituição também contribuiria com um microcomputador com o Scilab/Xcos instalado.

Figura 1 - Esboço do tanque



Fonte: autores.

Figura 2 - Protótipo físico de tanque instrumentado



Fonte: autores.

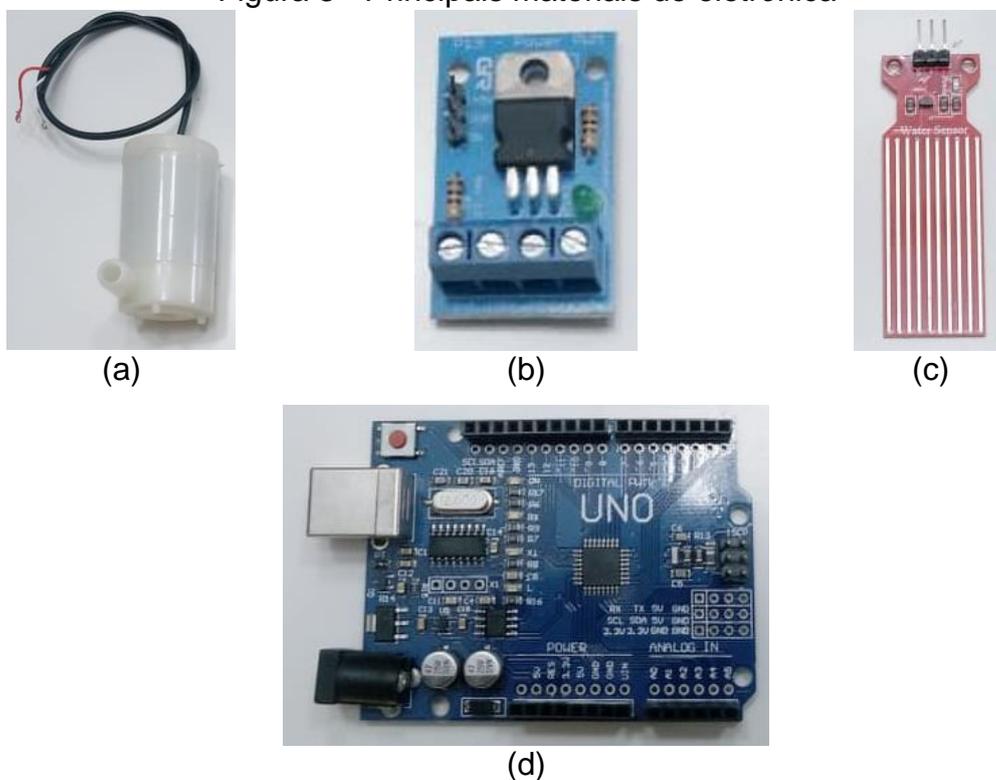
Após o a concepção do esboço, um protótipo físico de tanque foi construído (Figura 2). Neste protótipo, água contida em uma bacia inferior era bombeada para o tanque por meio de uma mangueira. Para estrutura do tanque, foi utilizado um galão

que continha água mineral, removendo-se a parte do gargalo. Para emular válvula de saída do tanque para a bacia, fez-se um orifício na parede do tanque. Tomou-se cuidado para que a válvula de saída nunca fosse afogada, assim como para que a bomba permanecesse submersa.

Os itens de eletrônica utilizados foram:

- cabo USB;
- cabos elétricos;
- fonte de tensão;
- mini bomba de água submersível, representado na Figura 3a. A bomba trabalha na tensão entre 2,5 e 6[V] e com vazão de 80 a 120 [l/h] (CINESTEC, 2019b);
- placa Arduino UNO (Figura 3d);
- sensor analógico de nível água de baixo custo, representado na Figura 3c. O sensor trabalha na tensão de 5[V], com corrente de trabalho menor que 20[mA] (CINESTEC, 2019a);
- transistor integrado a soquetes, representado na Figura 3b.

Figura 3 - Principais materiais de eletrônica

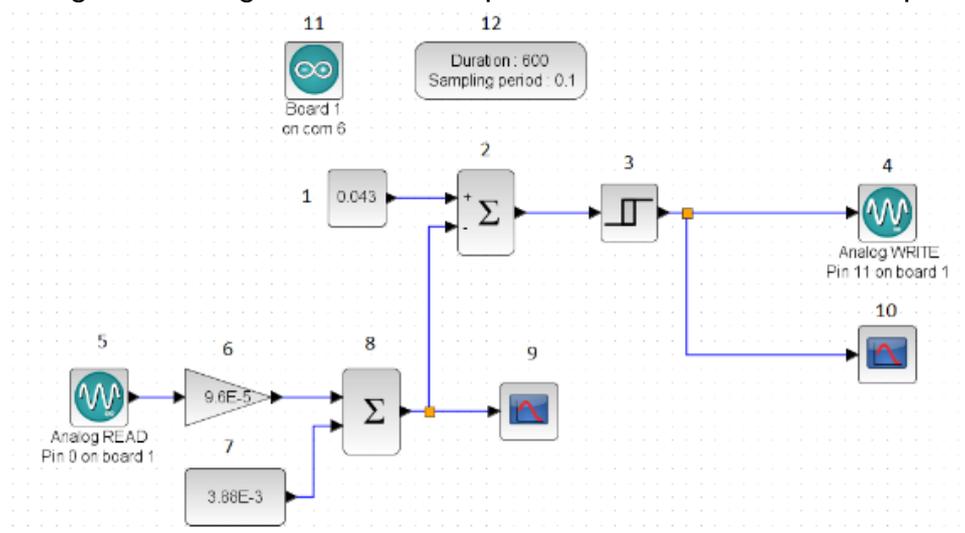


Fonte: autores.

Com o tanque instrumentado e pronto, pôde-se programar um diagrama de blocos no Scilab/Xcos para controlar seu nível (Figura 4).

No bloco 1 tem-se o *setpoint* (ou valor desejado). Colocou-se o valor de $0,043[m]$, que corresponde ao nível do ponto médio do sensor no recipiente utilizado. No bloco 2, executou-se o cálculo do erro entre *setpoint* e a variável medida. No bloco 3, programou-se um controlador liga/desliga que ao receber um erro de $0,018[m]$ aciona a bomba para enchimento do tanque, enquanto ao receber um erro de $-0,018[m]$ desliga essa bomba. Dessa maneira, o nível do tanque deve flutuar em torno do *setpoint*, desde o nível mínimo de $0,025[m]$ até o nível máximo de $0,061[m]$. O bloco 4 envia sinal do microcomputador para o hardware do Arduino, especificamente para a saída analógica número 11. O bloco 5 recebe de sinais do Arduino por meio da a entrada analógica número 0.

Figura 4 - Diagrama de blocos para controle do nível do tanque



Fonte: autores.

Para se colocar os valores dos blocos 6 e 7, foram realizadas leituras de sinais nos níveis máximo e mínimo, sendo elas $595[bit]$ e $220[bit]$ respectivamente. Como este sensor é linear, calculou-se a equação da reta com coeficiente angular $9,6 \times 10^{-5}[m/bit]$ e coeficiente linear $3,88 \times 10^{-3}[m]$. O bloco 8 concretiza a equação da reta do sensor, calculando a variável medida.

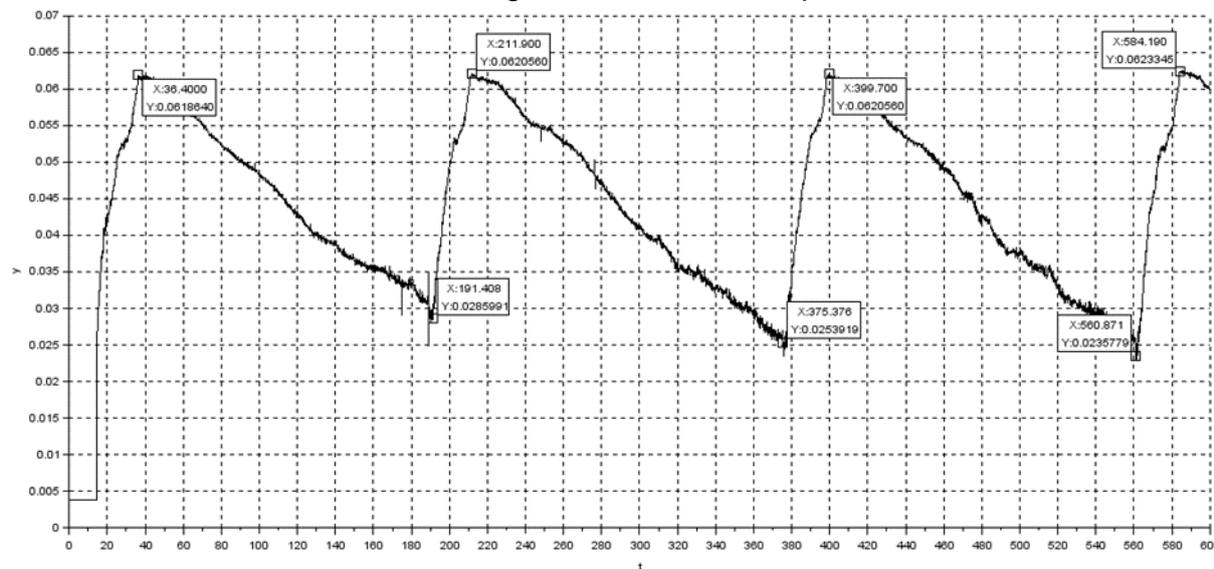
Os blocos 9 e 10 foram utilizados para coletar e projetar os resultados e gráficos obtidos. O bloco 11 configura a comunicação do Scilab/Xcos com o hardware Arduino

pela porta COM6 do microcomputador. No bloco 12 foi colocado o valor de 600[s], tempo no qual a aquisição de dados e o controle de nível foram executados.

RESULTADOS

O Gráfico 1 apresenta o nível do tanque ao longo do tempo do ensaio. Do instante inicial até 36,4[s], o nível apresenta elevação devido ao enchimento do tanque com a bomba. No primeiro pico, indicando a leitura do sinal próxima do limite máximo do nível no tanque, em 0,06186[m], o sistema de controle interrompe a atuação da bomba e o nível diminui por 155 segundos. Após o declínio, ao chegar próximo do limite mínimo em torno do instante 190[s], o sistema de controle aciona novamente a bomba, causando nova elevação de nível. Durante o processo todo, em 600 segundos, são registrados mais três ciclos de enchimento e dois ciclos de esvaziamento.

Gráfico 1 - Registro da variável de processo



Fonte: autores.

Pode-se observar que há maior exatidão para os picos de nível que para os vales. Isso é resultado do aumento de ruído do sensor com a redução do nível. Além disso, há um tempo de latência com comportamento desconhecido para a bomba entrar em regime e preencher a tubulação.

CONCLUSÕES

A literatura contém exemplos de aplicação de hardware e software livres para controle e instrumentação de diversos processos. Frequentemente é utilizada a combinação entre Arduino e Scilab/Xcos. O uso dessa combinação é especialmente difundido na academia, em ensino e pesquisa.

Essas ferramentas permitem a concepção de aplicações personalizadas. Especificamente, pôde-se conceber e executar um experimento para medição e controle de nível em laboratório didático. Os resultados derivados mostram que o experimento pode ser executado em um tempo adequado para aulas (duração $600[s] = 10[min]$). Nesse experimento é possível abordar assuntos da disciplina de Instrumentação Industrial, como “Elementos de Medição”, “Diagramas de Blocos” e “Resposta Dinâmica de Processos”.

Para trabalhos futuros, pretende-se avaliar a resposta dos discentes de Tecnologia de Processos Químicos ao experimento proposto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Tecnologia de Campinas por disponibilizar os materiais e o espaço para a execução do artigo.

REFERÊNCIAS

- Arduino, Arduino UNO REV3. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em 7 de abril de 2019b.
- Arduino, What is Arduino?. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em 7 de abril de 2019a.
- CAMARGO, Tiago Francisoni Borges *et al.* **Use of Scilab and Arduino for data acquisition environmental**. In: IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments, 12., 2015, Qindao: IEEE, 2015. p. 417 - 421.
- CASTRULLI, Plínio Benedicto Lauro; BATISTA, Léo. **Controle Linear: método básico**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- Cinestec, Mini bomba de água 5v. Disponível em: <http://www.cinestec.com.br/product_info.php?products_id=22550>. Acesso em 15 de abril de 2019b.

- Cinestec, P19 – shield modulo power pwm. Disponível em: <http://www.cinestec.com.br/product_info.php?products_id=20864>. Acesso em 15 de abril de 2019c.
- Cinestec, Shield modulo sensor de nivel e detetor de chuva. Disponível em: <http://www.cinestec.com.br/product_info.php?products_id=21126>. Acesso em 15 de abril de 2019a.
- DISFANO, Joseph J.; STUBBERUD, Allen R.; WILLIAMS, Ivan J.. **Sistemas de Retroação e Controle, com aplicações para Engenharia, Física e Biologia:** resumo da teoria. São Paulo: McGraw-Hill, 1972.
- FONSECA, S. **Metodologia da Pesquisa Científica.** 1 ed. Fortaleza, Brasil: Universidade Estadual do Ceará, 2002.
- FRANCHI, Claiton Moro. **Controle de Processos Industriais:** princípios e aplicações. 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.
- GALI, Hariprasad. An Open-Source Automated Peptide Synthesizer Based on Arduino and Python. **SLAS Technology**, 2017. V. 22, p. 493 - 499. <journals.sagepub.com/home/jala>.
- GERHARDT, T. **Métodos de Pesquisa.** 1 ed. Rio Grande do Sul, Brasil: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
- GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4 ed. São Paulo, Brasil: Atlas, 2002.
- GOLDENBERG, M. **A Arte de Pesquisar.** 8 ed. Rio de Janeiro, Brasil: Record, 2004.
- MKAMEL, Mouad *et al.* The automatic method of scorpion milking with specific voltage for safe collecting venom. **Journal of Fundamental and Applied Sciences**, 5 março 2018. v. 10 p. 508 - 510. <www.jfas.info>.
- SANTOSHKUMAR; HIREMATH, Vishal. Design and Development of Wireless Sensor Network System to Monitor Parameters Influencing Freshwater Fishes. **International Journal on Computer Science and Engineering**, 2012, v. 4, p. 1093 - 1103.
- Scilab, Description. Disponível em: <<https://atoms.scilab.org/toolboxes/arduino/1.6.2>>. Acesso em 20 de outubro 2019c.
- Scilab, What is Scilab? .Disponível em: <<http://www.scilab.org/about>>. Acesso em 15 de abril de 2019a.

Scilab, Xcos. Disponível em: <<https://www.scilab.org/software/xcos>>. Acesso em 20 de outubro de 2019b.

SOUZA, Anderson R. de *et al.* A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, 21 março 2011. v. 33, p. 1702. <www.sbfisica.org.br>.