



IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO PARA MEDIÇÃO DE FLUXO EM UMA PLANTA DIDÁTICA USANDO UM KIT ARDUINO E O SENSOR WATER FLOW G1/2

Thiago Chequer Coelho – thiagochequer@id.uff.br
Lucas Pontes Siqueira – lpsiqueira@id.uff.br
Franciele Batista de Oliveira – francielebatista@id.uff.br
Alexandre Santos de la Vega – alexandresantoslavega@id.uff.br
Grupo PET-Tele – <http://www.telecom.uff.br/pet>
Universidade Federal Fluminense – UFF
Escola de Engenharia – TCE
Departamento de Engenharia de Telecomunicações - TET
Rua Passo da Pátria, 156 / Bloco D / Sala 504
24.210-240 - Niterói – Rio de Janeiro

Resumo: *Este trabalho apresenta um projeto de colaboração realizado pelo grupo PET-Tele para o Laboratório de Drenagem, Irrigação e Saneamento Ambiental (LaDISan), da Universidade Federal Fluminense. O PET-Tele desenvolveu e implantou um sistema automático para medição de fluxo de água em uma planta didática do LaDISan, utilizando um kit Arduino e um sensor de fluxo. A planta é formada por um reservatório com controles independentes de entrada e de saída da água, conectado a um equipamento para coleta e bombeamento da água. A motivação básica do projeto foi realizar uma aquisição automática de dados, a fim de aumentar a eficiência no uso da planta didática, que é empregada em aulas práticas e também o será na modelagem de problemas reais que envolvem fluxo e retenção de água no solo. O sistema está em operação e tem apresentado uma boa receptividade por parte dos usuários.*

Palavras-chave: *Programa de Educação Tutorial (PET), Laboratório de Graduação, Planta Didática, Aquisição Automática de Dados, Arduino.*

1 INTRODUÇÃO

O Programa de Educação Tutorial (PET) (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2017) exige que os bolsistas dos seus grupos, ao serem submetidos a uma formação complementar, desenvolvam atividades que possuam, conjuntamente, itens relativos às áreas de Pesquisa, Ensino e Extensão, que consigam algum tipo de penetração no curso ao qual pertencem e que realizem trabalhos de cooperação com outros grupos, ligados ou não ao seu curso de origem. Logo, o PET busca atitudes inovadoras em educação.

Procurando atender aos requisitos do Programa, o grupo PET do Curso de Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense (PET-Tele/UFF) (PET-TELE, 2017) desenvolveu e implantou um sistema automático de medição para o Laboratório de Drenagem, Irrigação e Saneamento Ambiental (LaDISan), da Escola de Engenharia (TCE), da Universidade Federal Fluminense (UFF) (LaDISan, 2017).



O LaDISan contava com a uma planta didática que não possuía equipamentos para medições automáticas, de tal forma que a medição de fluxo de água era realizada manualmente. E, para uma aula prática, esse processo era bastante contraproducente.

Uma vez que o PET-Tele possui experiência com ensino e projetos envolvendo o *kit* de desenvolvimento Arduino (ARDUINO, 2017), o grupo foi convidado a desenvolver um sistema automático de medição de fluxo de água para a citada planta didática, utilizando um *kit* Arduino e um sensor de fluxo.

As motivações básicas do projeto foram melhorar a capacitação dos bolsistas envolvidos e realizar uma aquisição automática de dados, aumentando a eficiência no uso da planta didática, que foi criada para uso tanto em aulas práticas quanto na modelagem de problemas reais que envolvem fluxo e retenção de água no solo.

O sistema foi implantado e tem sido utilizado em aulas práticas no LaDISan. Segundo relatos, além de ter uma boa aceitação por parte dos usuários, ele melhorou a dinâmica das aulas e o interesse dos alunos pelas práticas.

O sistema de medição desenvolvido é apresentado a seguir. A Seção 2 resume as motivações e os objetivos do projeto. As atividades realizadas são descritas na Seção 3. As Seções 4 e 5 descrevem, respectivamente, as versões atuais da planta didática e do sistema automático de medição. Finalmente, a conclusão e os trabalhos futuros são apresentados na Seção 6.

2 MOTIVAÇÕES E OBJETIVO

Diversas foram as motivações para o desenvolvimento do sistema automático de medição para a planta didática do LaDISan: aprendizado e incorporação de novos conhecimentos ao grupo, colaboração entre grupos e inovação em infraestrutura.

Entre outras obrigações, um grupo PET deve procurar desenvolver certas competências nos alunos do Curso no qual ele está inserido. O grupo PET-Tele possui experiência com o *kit* de desenvolvimento Arduino (ARDUINO, 2017). Isso foi conseguido através de atividades de ensino e pelo desenvolvimento de projetos simples, cujo objetivo principal quase sempre não é o produto, mas sim a formação dos alunos envolvidos (DI RENNA *et al.*, 2014 – COBENGE - 1), (DI RENNA *et al.*, 2014 – COBENGE - 2), (DI RENNA *et al.*, 2014 - RiEi), (FONSECA & DE LA VEGA, 2011) e (PET-TELE, 2017).

O LaDISan possui uma planta didática formada por um reservatório com controles independentes de entrada e de saída da água, conectado a um equipamento para coleta e bombeamento da água.

Na sua configuração original, a planta era desprovida de equipamentos para medição automática. Por exemplo, a medição de fluxo de água era realizada de forma manual, com o auxílio de um recipiente para medida de volume e de um relógio para medida de tempo.

Dado que a citada planta didática é empregada em aulas práticas no LaDISan, bem como existe a intenção de utilizá-la na modelagem de problemas reais que envolvem fluxo e retenção de água no solo, torna-se necessário que as medições sejam realizadas com mais eficiência e precisão. Assim, o responsável pelo LaDISan, professor Dario de Andrade Prata Filho, convidou o PET-Tele a desenvolver um sistema automático de medição de fluxo de água.

Buscando a cooperação entre grupos de trabalho, a aquisição de novos conhecimentos e a propagação do conhecimento adquirido, o grupo PET-Tele aceitou o desafio de implantar o sistema automático de medição desejado, utilizando um *kit* Arduino e um sensor de fluxo.

No projeto em questão, procurou-se alcançar dois objetivos: tanto o aprendizado quanto o produto final. Deve ser ressaltado que o sistema de medição foi desenvolvido e implantado



por um esforço conjunto de bolsistas que se encontram em períodos iniciais do Curso, que não possuíam qualquer experiência nem com o problema em questão nem com o tipo de solução adotada.

3 ATIVIDADES REALIZADAS

O processo de desenvolvimento do sistema automático de medição de fluxo é descrito a seguir.

Foi montada, no LaDISan da UFF, uma planta didática formada por um reservatório com controles independentes de entrada e de saída da água, conectado a um equipamento para coleta e bombeamento da água. No período inicial de testes, a medição dos fluxos de entrada e de saída da água era realizada manualmente, com o auxílio de um recipiente para medida de volume e de um relógio para medida de tempo. Havendo a intenção de se utilizar a planta tanto em aulas práticas quanto na modelagem de problemas reais que envolvem fluxo e retenção de água no solo, tornava-se necessário que as medições fossem realizadas com mais eficiência e precisão. Com esse objetivo, o responsável pelo LaDISan, professor Dario de Andrade Prata Filho, convidou o PET-Tele a desenvolver um sistema automático de medição de fluxo de água.

Em uma pesquisa inicial, foi constatado que é comum o uso do sensor de fluxo de água WATER FLOW G1/2 (SENSOR DE FLUXO, 2017). E que também, em alguns casos, costuma-se empregar o *kit* de desenvolvimento Arduino para realizar a leitura do sensor.

Embora o grupo PET-Tele tivesse experiência com o Arduino, uma solução comum para leitura do sensor G1/2 envolve o uso do mecanismo de pedido de interrupção ao microcontrolador do *kit* e da criação de uma rotina de tratamento de interrupção (*Interrupt Service Routine* ou ISR) para realizar a tarefa. Esse conhecimento não era dominado pelos bolsistas do grupo no início do projeto.

Foi realizado um grupo de estudos com curta duração, envolvendo alguns bolsistas do PET-Tele, sobre o uso do mecanismo de interrupção no Arduino. Algumas experiências iniciais foram realizadas no Laboratório de Projetos em Eletrônica e Computação (LaPEC) (LaPEC, 2017), cujo responsável é o tutor do grupo. Após a pesquisa de material para o estudo e da sua leitura, foram encontrados alguns códigos que se mostravam potencialmente úteis na solução do problema em questão, levando-se em consideração as devidas adaptações.

Foram instalados dois sensores no reservatório. Um no tubo de entrada da água e outro no tubo de saída. Um *kit* Arduino foi programado e devidamente conectado aos sensores e a um computador. Após efetuar alguns testes iniciais e realizar as correções de eventuais problemas, conseguiu-se realizar a medição automática de ambos os sensores.

O sistema foi implantado, encontra-se em operação e é utilizado em aulas práticas no LaDISan. Segundo o prof. Dario, além do sistema ter uma boa aceitação por parte dos alunos, ele melhorou a dinâmica das aulas e o interesse dos alunos pelas práticas.

4 VERSÃO ATUAL DA PLANTA DIDÁTICA

A versão atual da planta didática é composta pelos seguintes elementos: um equipamento para coleta e bombeamento da água, um reservatório de água, um tubo de entrada de água no reservatório, um registro manual para controle de entrada da água no reservatório, um sensor G1/2 no tubo de entrada, um tubo de saída de água do reservatório, um registro manual para controle de saída da água do reservatório e um sensor G1/2 no tubo de saída.

A planta, localizada no LaDISan, pode ser vista nas Figuras 1 e 2.

Organização



Promoção





Figura 1 – Visão geral da planta didática, no LaDISan.
[Da esquerda para direita: Elton de Oliveira (técnico do lab), professor Dario (responsável pelo lab), professor Alexandre e Thiago (PET-Tele)]



Figura 2 – Testes iniciais com o sistema de medição na planta didática.
[Da esquerda para direita: Thiago, Lucas (PET-Tele) e professor Dario]



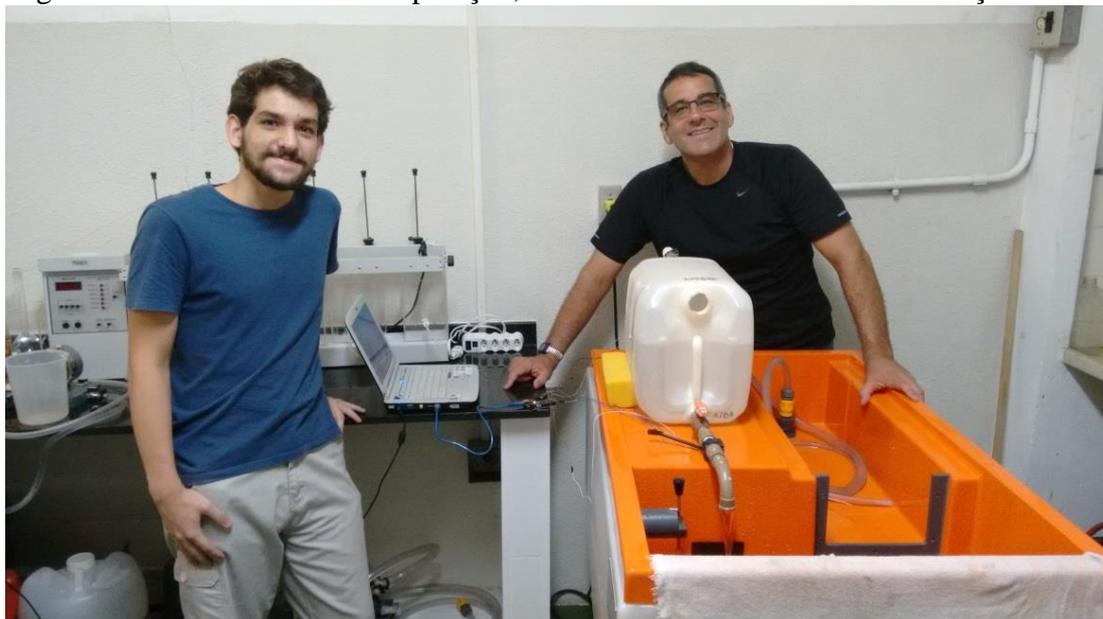


5 VERSÃO ATUAL DO SISTEMA AUTOMÁTICO DE MEDIÇÃO

A versão atual do sistema automático de medição de fluxo de água da planta didática é formada por um *kit* de desenvolvimento Arduino, pelos dois sensores de fluxo de água G1/2 e por um computador para recebimento dos dados coletados pelo Arduino.

A planta em operação, com o sistema automático de medição conectado, é mostrada na Figura 3. O sensor de saída é o anel de cor preta visualizado no tubo de saída do reservatório de cor branca. O Arduino e o computador encontram-se sobre a bancada.

Figura 3 – Planta didática em operação, com o sistema automático de medição.



O sensor de fluxo de água WATER FLOW G1/2 (SENSOR DE FLUXO, 2017) é uma hélice, que gira impulsionada pelo fluxo de água que a atravessa, gerando um sinal elétrico na forma de uma onda quadrada. A frequência de pulsação do sinal é relacionada com a frequência de rotação da hélice. Portanto, é realizada uma medida indireta do fluxo. Inicialmente, mede-se a quantidade de pulsos que ocorrem em um intervalo de tempo. Em seguida, o número obtido é convertido em uma unidade de volume por unidade de tempo, por meio de uma taxa de conversão típica do sensor utilizado, fornecida pelo fabricante. O sensor G1/2 possui três terminais de conexão, sendo dois deles para a sua energização e um para a leitura do sinal gerado por ele. No sistema implantado, a energização é provida pelo próprio Arduino.

O *kit* de desenvolvimento Arduino (ARDUINO, 2017) é um dispositivo que faz parte do conceito de *hardware* e *software* livre, sendo aberto para uso e para contribuição de toda sociedade. Ele é uma placa de circuito impresso, contendo diversos componentes eletrônicos e interfaces de entrada e saída, cujo componente principal é um microcontrolador. O *kit* pode ser usado para uma prototipação rápida e de baixo custo e/ou fazer parte da implementação final. Ele pode ser usado isoladamente ou conectado a outro equipamento por meio de uma interface USB (*Universal Serial Bus*). A sua linguagem de programação tem uma sintaxe similar a das linguagens C e C++ (KERNIGHAN & RITCHIE, 1988), contando com uma grande variedade de bibliotecas de funções. O *kit* conta ainda com um IDE (*Integrated Development Environment*) que facilita e acelera o desenvolvimento de projetos. Na versão



atual, o IDE do Arduino possui duas ferramentas que possibilitam uma interação direta do usuário com o *kit*: um terminal virtual (*Serial Monitor*) e um gerador de gráficos (*Serial Plotter*).

No sistema automático de medição implantado, o Arduino foi usado para ler o sinal gerado pelo sensor de fluxo, realizar os cálculos necessários e enviar o resultado a um computador. Atualmente, emprega-se o *Serial Monitor* para ler os valores numéricos e o *Serial Plotter* para desenhar um gráfico, durante a realização das medidas.

O código Arduino desenvolvido pode ser dividido em três partes. Inicialmente, são declaradas as variáveis que serão utilizadas. Em seguida, são realizadas as configurações necessárias, tais como: a taxa de transmissão serial do microcontrolador, os pinos de entrada considerados para a leitura dos sensores, a interrupção que será usada e a forma como ela será ativada. No caso, foi programada uma ativação provocada pela transição de subida dos pulsos gerados pelos sensores. Define-se ainda a ISR, que incrementa o conteúdo de uma variável a cada ativação. Finalmente, a parte principal do código executa um laço de programação (*loop*), onde a interrupção é habilitada, a execução é pausada por um segundo e a interrupção é desabilitada. Durante o intervalo de um segundo da pausa, a variável controlada pela ISR registra o total de pulsos gerados pelo sensor. Ao retornar da pausa e desabilitar a interrupção, a parte final do *loop* realiza a conversão da quantidade de pulsos em um valor de fluxo e o envia para o computador. Portanto, é realizada uma medição de fluxo por segundo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O responsável pelo LaDISan, professor Dario de Andrade Prata Filho, contactou o grupo PET-Tele da UFF a fim de verificar a viabilidade do desenvolvimento e da implantação de um sistema automático para medição de fluxo de água em uma planta didática do laboratório. A planta didática em questão é usada em aulas práticas, mas pretende-se que ela seja utilizada também na modelagem de problemas reais que envolvem fluxo e retenção de água no solo.

O PET-Tele aceitou a tarefa, realizou um grupo de estudos, desenvolveu um protótipo e realizou alguns testes no LaPEC. Por fim, o protótipo foi levado ao LaDISan e, após uma série de testes e de ajustes, o sistema foi implantado e está em operação.

Na versão atual, o sistema é baseado no sensor de fluxo de água WATER FLOW G1/2 e no *kit* de desenvolvimento Arduino. Os dados provenientes da medição e dos cálculos realizados pelo Arduino são enviados para um computador. Nele, o *Serial Monitor* ou o *Serial Plotter* do IDE do *kit* podem ser usados para visualizar os dados.

Segundo os responsáveis pelo LaDISan, o sistema tem sido bem aceito pelos usuários, aumentando a dinâmica das aulas e a motivação dos alunos pelas práticas.

O PET-Tele pretende acrescentar novas funcionalidades ao sistema, em versões futuras. A primeira delas é que os dados recebidos pelo computador sejam armazenados em arquivos, para posterior processamento.

Agradecimentos

O grupo PET-Tele da UFF faz parte do Programa de Educação Tutorial (PET), financiado pelo Ministério da Educação (MEC).

O grupo PET-Tele agradece ao responsável pelo LaDISan, professor Dario de Andrade Prata Filho, pelo convite, pela confiança e, obviamente, por ter gerado uma oportunidade que permitiu aos alunos do grupo desenvolverem conhecimentos e habilidades, por meio de um projeto extremamente útil para a comunidade acadêmica.

Organização



Promoção





Os autores agradecem aos demais bolsistas do grupo PET-Tele pela colaboração no desenvolvimento do projeto e na preparação do presente artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. **Website oficial**. Disponível em: <<http://arduino.cc>> Acesso em: 15 maio 2017.

DI RENNA, R. B.; CUNHA, T. E. B.; BRASIL, R.D.R.; PAIVA, L. M.; DE LA VEGA, A.S.. Projeto e Implantação de um Curso Piloto Realizado pelo Grupo PET-Tele para Alunos do Curso de Engenharia de Telecomunicações da UFF. Anais: XLII - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE. Juiz de Fora, MG, 2014.

DI RENNA, R. B.; CUNHA, T. E. B.; PAIVA, L. M.; SIQUEIRA, L. P.; DE LA VEGA, A.S.. Elaboração de Material Didático para a Disciplina Optativa “Tópicos Especiais em Eletrônica II: Introdução ao Kit de Desenvolvimento Arduino”. Anais: XLII - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE. Juiz de Fora, MG, 2014.

DI RENNA, R. B.; CUNHA, T. E. B.; DE LA VEGA, A.S.. Estudio, Desarrollo y Resultados del Curso: Temas Especiales en Electrónica II. X Seminario Internacional – 2014. Red Internacional para la Educación de Ingenieros (RiEi). Mérida, Yucatán, México, sept/2014.

FONSECA, E.G.P.; DE LA VEGA, A.S.. Tutorial sobre Introdução a Projetos Utilizando o *Kit* de Desenvolvimento Arduino. Anais: XXXIX - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE. Blumenau, SC, 2011.

KERNIGHAN, Brian W.; RITCHIE, Dennis M.. The C Programming Language. 2nd ed.. Prentice-Hall, 1988.

LaDISan. **LaDISan – Laboratório de Drenagem, Irrigação e Saneamento Ambiental da UFF**. Disponível em: <<http://www.ladisan.uff.br>> Acesso em: 15 maio 2017.

LaPEC. **Website oficial**. Disponível em: <<http://www.telecom.uff.br/delavega/LaPEC>> Acesso em: 15 maio 2017.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Apresentação – PET**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12223&ativo=481&Itemid=480> Acesso em: 15 maio 2017.

PET-TELE. **PET – Engenharia de Telecomunicações da UFF**. Disponível em: <<http://www.telecom.uff.br/pet>> Acesso em: 15 maio 2017.

SENSOR DE FLUXO. **Website do sensor de fluxo de água WATER FLOW G1/2**. Disponível em: <http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2_Water_Flow_sensor> Acesso em: 15 maio 2017.



DEPLOYMENT OF AN AUTOMATIC SYSTEM FOR WATER FLOW MEASUREMENT IN A TEACHING PLANT USING AN ARDUINO KIT AND THE SENSOR WATER FLOW G1/2

Abstract: *This work presents a collaborative project carried out by PET-Tele group for the Laboratório de Drenagem, Irrigação e Saneamento Ambiental (LaDISan), at Universidade Federal Fluminense. The PET-Tele developed and implemented an automatic system for water flow measurement in a teaching plant at LaDISan using an Arduino kit and a flow sensor. The plant consists of a reservoir with independent controls for the input and the output of water, connected to a device for collecting and pumping the water. The basic motivation of the project was to perform an automatic data acquisition in order to increase the efficiency in the use of teaching plant, which is used in practical classes and it also should be used in the modeling of real problems involving flow and retention of water in the soil. The system is in operation and has shown a good receptivity on the part of the users.*

Key-words: *Tutorial Education Program (PET), Undergraduate Laboratory, Teaching Plant, Automatic Data Acquisition, Arduino.*

Organização



Promoção

