



Sistema de código aberto para irrigação usando conceitos de IoT

Development of an open-source irrigation system using IoT concepts

Luiz Eduardo Caldas Kramer

luizeduardockramer@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

Vinicius Pegorini

vinicius@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

João Manoel Da Luz Quevedo

joaomanoel.vene@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

Dalcimar Casanova

dalcimar@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

Érick Oliveira Rodrigues

erickrodrigues@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de irrigação voltado para a agricultura em ambientes urbanos, de modo automático ou semiautomático, a ser configurado via internet pela aplicação do microcontrolador NodeMCU, baseado em conceitos de internet das coisas (IoT) e agricultura sustentável. O protótipo envolveu a criação de 18 canteiros divididos em três setores, em que foram instaladas válvulas solenoides com o intuito de controlar o fluxo de água em cada setor individualmente. Como resultado foi gerada uma maior eficiência de distribuição e economia de recursos hídricos, devido à setorização dos canteiros. A solução proposta é voltada à irrigação de baixo custo e se aplica para áreas de plantio de pequeno e médio porte, como as hortas caseiras e escolares.

PALAVRAS-CHAVE: IoT. Irrigação-Sustentável. Código aberto.

ABSTRACT

This article presents the development and application of an irrigation system with its main purpose for agriculture in urban environments, in an automatic or semi-automatic way, to be configured by internet through the application of the microcontroller NodeMCU. Therefore, concepts of Internet of Things (IoT) and sustainable agriculture were applied. The created prototype involved the creation of 18 flowerbeds which were divided on 3 sectors, which were installed solenoid valves with the objective to control the water flow on each sector individually. As a result, was generated a better efficiency on the distribution and economy of hidrical resources, due the sectorization of the flowerbeds, presenting in that way a solution, towards irrigation, of low cost to small and medium areas with planting purposes.

KEYWORDS: IoT. Sustainable-Irrigation. Open-source.



INTRODUÇÃO

A internet das coisas (do inglês *Internet of Things*, IoT) é uma rede de objetos/aparelhos físicos, instrumentos, veículos, prédios e outros itens compostos por circuitos eletrônicos software, sensores e conexão permitindo a coleta e a troca de dados entre eles. A IoT permite controlar e monitorar objetos remotamente utilizando uma rede existente, criando oportunidades para uma maior integração do mundo físico com sistemas computacionais, resultando no aumento de eficiência e precisão (GOKHALE et al., 2018).

IoT é um conceito que surgiu com a convergência de múltiplas tecnologias que envolvem desde a comunicação sem fio, internet, sistemas embarcados e micro eletromecânicos. Cada objeto é identificado por meio do seu sistema de software embarcado e é capaz de interoperar com a infraestrutura de internet existente (OLIVEIRA et al., 2016).

É cada vez mais comum o emprego de sistemas de IoT para auxiliar na produção de alimentos. Como exemplo desses sistemas estão os trabalhos de Mumbelli (2020) e de Davcev (2018). Mumbelli (2020) desenvolveu um sistema de IoT de baixo custo para o controle remoto de aviários. Os benefícios do uso de IoT na agricultura podem trazer significativos avanços na produtividade, pois é possível coletar dados de diferentes tipos de sensores, agrupá-los e processá-los, os resultados desse processamento vão auxiliar no manejo do solo (JAIGANESH, 2017). Davcev (2018) utilizou um sistema baseado em IoT para ler dados como temperatura e umidade do solo e de acordo com esses valores empregar um sistema automatizado de irrigação.

A produção de alimentos em hortas caseiras vem ganhando cada vez mais espaço na área urbana. Esse fenômeno cresceu significativamente após a necessidade de isolamento social imposto pela eclosão da pandemia do SARS-COV-2 no fim de 2019 (TERRASOLOS, 2020). Além das hortas caseiras, podem ser criadas hortas para fins pedagógicos em escolas, visando incluir conceitos de educação ambiental, segurança alimentar, consumo consciente e gestão de recursos. Essas hortas consistem em espaços de plantio em que os alunos realizam o trabalho de cultivo, colheita e encaminhamento dos produtos obtidos, sendo este processo orientado por um professor capacitado. Os produtos colhidos podem ser utilizados para abastecimento de cantinas e restaurantes das escolas e podem ser destinados para projetos de caráter social, como o fornecimento de alimentos a pessoas em situação de risco ou vulnerabilidade social.

De acordo com o Art. 1º da Lei 9.795, de 27 de abril de 1999, “Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.”; e com o Art. 2º “A Educação Ambiental é estabelecida como “um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal” (BRASIL, 1999).

Neste contexto e escopo de hortas caseiras e escolares, pode-se usar a origem, a praticidade, a rentabilidade e a versatilidade da IoT para justificar sua aplicação neste projeto com objetivos pedagógicos a fim de agregar aos estudantes conhecimentos de eletrônica, programação, lógica, redes, entre outros.

O interesse pelo desenvolvimento agrícola de pequenos produtores e o conhecimento na área de tecnologia permitiu analisar o problema do custo e praticidade da implementação de um sistema de irrigação utilizando tecnologias e conceitos atuais. Após analisar e decidir os requisitos do projeto foram agregadas as áreas do conhecimento citadas anteriormente para apresentar um projeto que fosse inclusivo e didático.

Dada a necessidade de irrigar diariamente canteiros de hortaliças, foi idealizado um sistema semiautomatizado de irrigação para que, com auxílio de uma bomba d'água em conjunto com a distribuição equivalente de fitas de gotejo pelo canteiro, proporcionasse a distribuição homogênea de água entre as



plantas. A partir disso foi agregado ao sistema um conjunto de componentes com o objetivo de automatizar e otimizar o processo de irrigação, visando também reduzir o uso de água utilizando um microcontrolador conectado à internet, um módulo relé oito canais, uma fonte de alimentação e válvulas solenoides.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para construção do sistema de irrigação foram empregados materiais utilizados na construção civil e componentes eletrônicos que pudessem ser facilmente encontrados em lojas de materiais de construção e sites nacionais de venda de componentes eletrônicos, respectivamente. Os componentes utilizados para a construção do sistema estão listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Materiais

Material	Descrição
Bomba d'água	Para transpor a água de um poço artesiano presente no terreno para os canos da irrigação foi utilizada uma bomba submersa da marca Anauger, modelo 900 com elevação máxima de 70 metros e submersão máxima de 1 metro, possuindo uma vazão absoluta de 2300 L/h. Sua tensão para operação é 220V com a potência de 450W.
Fita de gotejo	Dentro dos três setores foram utilizadas 15 fitas de gotejo com diâmetro de 16mm cada, compostas de polipropileno e com espaçamento de 20cm entre cada gotejador, os quais têm a capacidade de vazão de 1,5 L/h.
Canos de pvc	Foram utilizados canos de diâmetro de ½ polegada para a composição estrutural do sistema e canos com diâmetro de 100mm adaptados para a passagem dos canos e fiação, com sua respectiva tampa, para a proteção individual de cada válvula solenoide. Foram utilizados aproximadamente 45 metros de cano de ½ polegada e 1 metro seccionado de cano de 100mm.
Conectores pvc ½ polegada	18 joelhos; 12 luvas; 21 adaptadores pvc solda rosca; 3 junções; 3 tampas de 100mm
Válvulas solenoides ½"	3 válvulas de composição termoplástica, cada uma com suas entradas e saídas de água com diâmetro de ½ polegada do tipo macho British Standard Pipe (BSP), tensão de operação de 220V e uma frequência de 60 Hz, contendo seus terminais elétricos constituídos de latão, suas partes metálicas de aço zincado e um filtro interno de aço inox amparado por uma membrana de borracha. Sua pressão de operação é de 0,2 kgf/cm ² à 8 kgf/cm ² , tendo sua vazão entre o mínimo de 7 L/min e o máximo de 40 L/min e suportando uma temperatura máxima do líquido de 60°C.
NodeMCU ESP8266	O NodeMCU ESP8266 é um microcontrolador com módulo wi-fi desenvolvido pela Espressif, contendo 11 portas de entrada e saída digitais e analógica, wi-fi de 2,4 GHz com suporte WPA/WPA2 com uma interface usb-serial e um regulador de voltagem de 3.3V.
Módulo Relé 8 canais	O módulo relé possui sua tensão de operação de 5V, com 8 canais que suportam até 10A de corrente. Este foi utilizado para controlar o funcionamento da bomba d'água e de cada válvula individualmente.
Sensor de umidade do ar	O sensor de umidade e temperatura do modelo DHT11 tem sua função informar ao sistema o nível de umidade do ar.
Cabeamento	Foram utilizados aproximadamente 120 metros de fio flexível com espessura de 0,5mm para conectar as válvulas. Também foram utilizados jumpers para a conexão do Node com o módulo relé e o sensor de umidade.
Painel de circuitos	Painel impresso em PLA azul com a finalidade de abrigar os circuitos de controle do sistema.
Demais Ferramentas	Para a montagem do sistema foram utilizadas algumas ferramentas auxiliares como: fita isolante, martelo, alicates de corte, serra para canos, cola de pvc, lixas, chave philips, placa de fenolite, ferro de solda, estanho, parafusos, entre outros.

Fonte: Autoria própria (2021).



A metodologia para realização das atividades foi baseada em algumas etapas:

- a) Desenvolvimento do canteiro sem o uso de componentes eletrônicos.
- b) Prototipação do circuito eletrônico e instalação dos canteiros.
- c) Avaliação do protótipo.

Todas essas etapas são apresentadas com detalhes juntamente com os resultados na seção 3 de resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema apresentado neste artigo foi instalado em uma parcela de terreno com área de 200m² localizado na cidade de Guarapuava no estado do Paraná, onde estão distribuídos 3 conjuntos de canteiros com 6 canteiros cada, totalizando 18 canteiros com hortaliças de culturas diferentes plantadas.

Para a construção do sistema, o processo foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa foi montada somente uma estrutura que possibilitasse a irrigação sem a interferência de nenhum recurso eletrônico, de modo que para iniciar o processo se faz necessária a ação humana. Essa foi constituída por 40m de canos de pvc com diâmetro de ½ polegada distribuídos entre os três setores de canteiros, em conjunto com as fitas de gotejo. Essas fitas foram escolhidas pelo seu potencial de economia de água, em que seu funcionamento permite a distribuição de água somente em uma área do canteiro de modo a seccionar as partes do solo que recebem água, no caso, onde se encontram as plantas. Proporcionando, assim, menor consumo e maior aproveitamento da água. Essas fitas também apresentam baixo custo e praticidade de instalação, tendo, assim, como as principais vantagens pela sua irrigação localizada, a maior eficiência na utilização da água pois diminui as perdas por evaporação, percolação e escoamento; sendo também propícia a instalação em regiões que possuem baixa intensidade hídrica (ESTEVEZ et al., 2012).

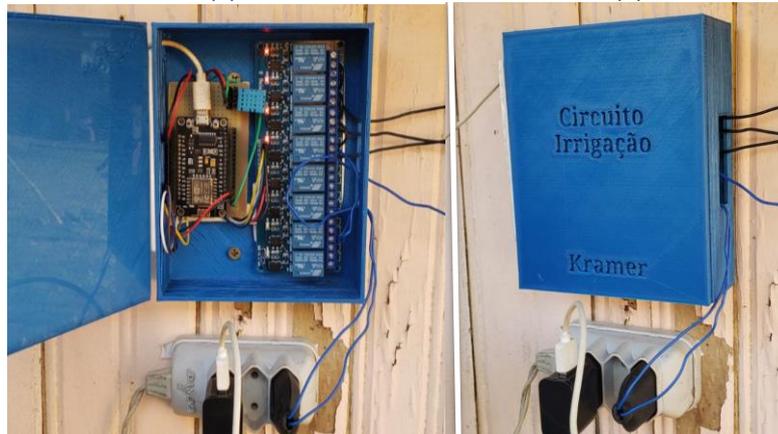
As portas digitais de D0 a D4 do Node foram conectadas às portas de entrada de 1 a 4 do módulo relé de modo a controlar o uso de cada válvula e o funcionamento do sistema, e na porta analógica A0 foi conectado um sensor de umidade do ar. Esses componentes foram acoplados em um painel que foi projetado no software Solid Edge, conforme mostra a Figura 1, materializado por meio de impressão 3D, pelo filamento PLA da cor azul e acoplados os circuitos, conforme pode ser observado nas Figuras 2 (a) e (b). A partir deste, foi feita uma trincheira de 10cm de largura e 10cm de profundidade para passar o cabeamento de modo subterrâneo até os pontos em que se encontram as válvulas solenoides e o sensor de umidade do ar.

Figura 1 - Painel central



Fonte: autoria própria (2021).

Figura 2 - Painel com circuitos. a) painel aberto b) painel fechado



Fonte: autoria própria (2021).

Na segunda etapa foram instalados, de modo gradual, os componentes eletrônicos para a automação da irrigação. Em primeiro momento o NodeMCU foi conectado a uma fonte de 5V, sendo que ele precisa de no mínimo uma tensão de 3V para operar e este foi acoplado ao módulo relé oito canais, que necessita de uma tensão de operação de no mínimo 5V de acordo com a Figura 2 (a). As válvulas foram ligadas aos relés do módulo que estão conectados à rede elétrica com tensão 220V do terreno, conforme as Figuras 3 (a) e (b). Posteriormente foi colocada uma proteção de PVC, usando um cano de diâmetro de 100mm, adaptado para a passagem dos canos e da fiação, com sua respectiva tampa, como pode ser visto na Figura 3 (a).

Figura 3 – Ligação das válvulas. a) ligação com proteção b) ligação sem proteção



Fonte: autoria própria (2021).

Para a programação do NodeMCU foi utilizado o editor web Arduino IoT Cloud, o qual proporciona a configuração do microcontrolador em relação a conexão com a internet a partir das bibliotecas "ArduinoIoTCloud.h" e "Arduino_ConnectionHandler.h".

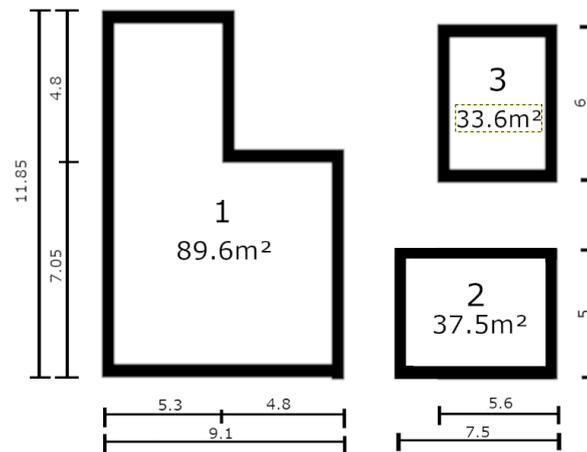
O funcionamento do sistema visa melhor aproveitamento da água. Como os canteiros são divididos em setores, conforme o esquema apresentado na Figura 4, cada um exige uma quantidade de água proporcional ao seu tamanho. Portanto, inicialmente todos eles são irrigados simultaneamente até que o processo da



irrigação inicia um método de interrupção definido por um critério de parada, o qual é estabelecido pelo tempo indicado no código fonte do sistema, tal método se inicia canteiro 3, em seguida no canteiro 2 para, por fim, encerrar completamente o processo.

Para realizar o gerenciamento do sistema de irrigação foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis. O desenvolvimento do aplicativo foi realizado utilizando o sistema web Arduino IoT Cloud, que é um ambiente de desenvolvimento e programação de fácil utilização. Ele permite desenvolver aplicações de gerenciamento e possibilita gerar aplicações para as plataformas web e dispositivos móveis.

Figura 4 – Esquema dos canteiros



Fonte: autoria própria (2021).

O aplicativo consiste em um conjunto de botões de ativação e desativação (*switch*). A aplicação possui um botão de ativação para a bomba d'água, que tem a função de abastecer a caixa d'água que fornece água para a casa e um botão associado ao *script* de irrigação, o qual dá início ao processo de irrigação citado anteriormente. Por fim, o aplicativo possui um campo que apresenta o retorno dos dados coletados pelo sensor em tempo real, como pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Tela do aplicativo



Fonte: autoria própria (2021).



Dessa maneira é possível ao usuário controlar os processos do sistema via aplicativo. Além disso, no código fonte existe uma configuração que inicia automaticamente o processo de irrigação em um horário pré-definido pelo usuário. Isto é possível graças à biblioteca “NTCPclient.h”, que tem como função extrair dados do provedor de rede. Para o sistema em questão, a cada segundo são consultados as horas e os minutos e esses dados são comparados com o horário definido previamente pelo usuário.

CONCLUSÃO

O sistema proposto apresentou resultados satisfatórios em relação à eficiência de distribuição e economia de recursos hídricos, pois a irrigação é setorizada e cada setor recebe água devido a sua necessidade, a qual é definida pela sua extensão e quantidade de hortaliças presentes este processo implica em economia de água. A implementação de recursos e conceitos de IoT, possibilitou maior eficiência em todo o processo que era manual.

O sistema desenvolvido, por meio da automação do processo irrigatório, visa proporcionar economia de água e seu uso consciente e o aumento da produção sustentável de hortaliças em áreas urbanas, sendo uma solução de baixo custo que facilita o processo de cultivo. Todo o esquema elétrico, modelo 3D e código fonte criado são disponibilizados de forma livre em <https://github.com/LuizKramer/SistemaIrrigacao>. Dessa maneira, a comunidade poderá aproveitar o código para criar seus próprios sistemas de irrigação.

O uso de tecnologias como o microcontrolador NodeMCU, em conjunto com relés, *timers* e sensores, agregada com conceitos da IOT, possibilita a criação de inúmeros projetos de automação residencial e industrial pela modularidade e facilidade de configuração e montagem que estes componentes apresentam. Assim, essas tecnologias contribuem com a formação acadêmica pois podem envolver conceitos de eletrônica, programação, lógica, redes, modelagem 3D, projeto e montagem de Placas de Circuito Impresso (PCI).

Devido à limitação de recursos materiais e pelo agravamento da pandemia do SARS COV-2, algumas funcionalidades planejadas para o sistema não puderam ser implementadas, mas pelo fato de já estarem projetadas, elas serão implementadas gradualmente no futuro. Deste modo, pretende-se melhorar a estrutura física do sistema, o que consiste em adicionar ao sistema uma caixa d'água própria para a irrigação, que não será conectada com nenhum encanamento que culmine ao consumo e utilização externo ao sistema, sendo assim a caixa se torna exclusiva para a fertirrigação. Em sequência devido algumas limitações que o sistema Arduino IoT Cloud apresenta, ideia-se construir um aplicativo somente visando a aplicabilidade para o sistema de irrigação proposto. Tal aplicativo proporcionará a implementação de recursos adicionais como: inserção de uma ou mais opções para a configuração, criação de agendas de horários para início e fim do processo, outros métodos de irrigação, registrar periodicamente os dados dos sensores, a quantidade de irrigações e suas respectivas datas e horários.

Outra atividade a ser retomada como continuidade do projeto é a apresentação do modelo proposto nas escolas com horta comunitária da região, para que os alunos das escolas possam replicar o projeto com a tutoria dos alunos da UTFPR.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os que colaboraram para a realização deste projeto, que auxiliaram no seu desenvolvimento e conclusão. Esse projeto foi financiado com uma bolsa de extensão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Pato Branco disponibilizada pela PROREC.



REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9795, de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências...** Brasília, DF, 27 abr. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 31 maio 2021.

CASA DAS VÁLVULAS (Minas Gerais). **Roscas BSP e NPT – diferenças e melhor aplicação de cada uma.** 2019. Disponível em: <https://aprovadeexplosao.com.br/diferenca-rosca-bsp-npt>. Acesso em: 31 maio 2021

DAVCEV, D.; MITRESKI, K.; TRAJKOVIC, S.; NIKOLOVSKI, V.; KOTELI, N.. **IoT agriculture system based on LoRaWAN.** In: IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS), 14, 2018 <https://doi.org/10.1109/wfcs.2018.8402368>

ESTEVES, Bárbara dos Santos; SILVA, Dione Galvão da; PAES, Herval Martinho Ferreira; SOUSA, Elias Fernandes de. **Irrigação por gotejamento.** Niterói: Programa Rio Rural, 2012. Disponível em: http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/32_Irrigacao_por_gotejamento.pdf. Acesso em: 31 maio 2021.

GOKHALE, Pradyumna et al. **Introduction to IOT.** International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology. [S.l], p. 41-41. jan. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Omkar-Bhat/publication/330114646_Introduction_to_IOT/links/5c2e31cf299bf12be3ab21eb/Introduction-to-IOT.pdf. Acesso em: 12 jun. 2021.

JAIGANESH, S.; GUNASEELAN, K.; ELLAPPAN, V. **IOT agriculture to improve food and farming technology.** 2017 Conference on Emerging Devices and Smart Systems (ICEDSS). <https://doi.org/10.1109/icedss.2017.8073690>

MUMBELLI, A.; BRITO, R. C.; PEGORINI, V.,; PRIESTER, L. F. **Low Cost IoT-Based System for Monitoring and Remote Controlling Aviaries,** 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT), 2020. <https://doi.org/10.1109/iciict50521.2020.00090>

NODEMCU - ESP8266

https://components101.com/asset/sites/default/files/component_datasheet/ESP8266-NodeMCU-Datasheet.pdf - Acesso em: 31 maio 2021

OLIVEIRA, A.; NEVES, J.; REZENDE, T.; TEIXEIRA, P. **Aplicações de automação em IoT – internet of things.** *Revista Científica e-Locução*, v. 1, n. 10, p. 19, 30 dez. 2016.

TERRASOLOS (Mato Grosso) (org.). **Pandemia de Covid-19 aumenta interesse dos brasileiros em jardinagem e horta urbana.** Disponível em: <http://www.terrasolos.com.br/pandemia-de-covid-19-aumenta-interesse-dos-brasileiros-em-jardinagem-e-horta-urbana/>. Acesso em: 01 jun. 2021.