

IoSeed – Sistema de Irrigação Automática baseado em IoT

Diana de Araujo Soares¹ Bárbara Menegassi Batista² Felipe Yuji³ Angela Alves dos Santos⁴ Josué Marcos de Moura Cardoso⁵ Gabriel Gomes⁶Everton Oliveira Dias⁷

^{1, 2, 3, 7}Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas - SP, Brasil

^{4, 5, 6}Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, Brasil
everton.deoliveira20@gmail.com

Resumo: .

Palavras-chave: Internet das Coisas; Arduino; Sistema de Irrigação Automática; Consumo de Água; Monitoramento Remoto e Síncrono.

1. Introdução

A gestão eficiente e sustentável dos recursos naturais se tornou pauta importante, principalmente no que concerne o consumo desses recursos. Segundo relatório da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura o gerenciamento dos recursos hídricos tange os “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” delimitados pela Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável. Além disso, dados desse relatório demonstraram que a agricultura consumiu a maior parte da água doce e potável, em escala global (69%) [1]. No Brasil, o consumo de recursos hídricos (m³/s) para as atividades de irrigação na agricultura em 2022 correspondeu a 66,5% do total analisado até o momento, sendo que o abastecimento de água para uso na agropecuária foi de 11,5%, na indústria (geral) 10% e abastecimento urbano 8,6%. Esses dados são atualizados constantemente pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) [2]. Como pode ser observado, os recursos hídricos são amplamente utilizados para o finalidades de trato da fauna e manejo da flora, especialmente para o cultivo e comercialização de alimentos [1-5].

Desde as civilizações antepassadas, os métodos de irrigação foram desenvolvidos para a realização de práticas de cultivos em ambientes com escassez de recursos hídricos. Em territórios com climas favoráveis, com a distribuição de chuvas espaçadas, a agricultura desenvolveu-se com mais significância em períodos mais recentes da humanidade. Entre os métodos de irrigação utilizados na agricultura têm-se o pivô central, carretela, gotejamento, microaspersão, inundação, sulcus e aspersão convencional. Entre as vantagens trazidas pelas atividades de irrigação citam-se: aumento da produtividade; elevação da renda do produtor rural com eventuais reduções nos riscos de produção; abertura de novos mercados; possibilidade de haver até três safras em um ano; estímulo a criação de novas tecnologias; entre outros [1-5].

Cada cultura de alimento necessita de uma quantidade de água específica em cada fase de seu desenvolvimento, sendo que tal montante de água varia durante esse processo. Conforme o Atlas da Irrigação produzidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico [3] “essa informação é agregada para se calcular a evapotranspiração real da cultura, ou seja, o suprimento necessário para seus processos fisiológicos naquele clima local”. Portanto, o manejo do recurso hídrico deve ser feito considerando seu uso de forma sustentável, onde o dinamismo da agricultura brasileira também deve ser contemplado nas estratégias para utilização da água em território nacional [1, 2, 11]. A quantidade de água utilizada na irrigação tem impacto direto no crescimento e evolução das plantas, sendo que a irrigação é um método artificial para garantir o cultivo e a manutenção da flora, como as plantas comestíveis e as de ornamento [6-8].

Em linhas gerais, o consumo de água em escala global tende a aumentar, principalmente para a produção de alimentos, ou seja, na agricultura e na agropecuária [1-5]. Apesar do consumo residencial de água não atingir os valores utilizados na agricultura [2,3], novas tecnologias surgiram no contexto das automações com a digitalização de diversos processos inclusive para monitoramento do consumo de água nas residências. O monitoramento de ambientes internos em edifícios pode ser uma ferramenta útil para melhorar a eficiência da infraestrutura. As perdas de água são um parâmetro importante que pode ser avaliado pelo monitoramento do consumo de água [9, 10], ou ainda com sistemas automatizados para irrigação de plantas ornamentais ou alimentícias. Assim, a partir de quesitos multifatoriais, o desenvolvimento tecnológico nas comunicações sem fio possibilitou mecanismos de automação, onde sistemas de portes distintos podem ser beneficiados por essas tecnologias acessíveis em contextos diferenciados.

Paralelo às expectativas de aumento do consumo dos recursos hídricos, os conceitos e tecnologias de “*Internet of Things*” (IoT) emergiram no contexto acadêmico e amador demonstrando assim a versatilidade de processos e ações que podem ser, de certa forma, digitalizados com o uso de tecnologias acessíveis. [11] apontou que o crescimento exponencial no uso de microcontroladores e tecnologias de comunicação no geral, acarretou em novos paradigmas como a IoT, ou Internet das Coisas. Contudo, os conceitos de IoT são reflexos de diversas tecnologias e metodologias que se desenvolveram a partir da década de 1980. Baseando-se na comunicação sem fio, as redes de sensores sem fio (RSSF), as comunicações por “*Radio Frequency Identification*” (RFID), “*Bluetooth*”, Wi-Fi, entre outros mecanismos tecnológicos transformaram a sociedade em diferentes escalas, além de impactar diretamente os setores econômicos, industriais e agrícola [6-8; 12-16]. Já recentemente, no contexto da pandemia do COVID-19 os aplicativos de IoT, como câmeras térmicas conectadas, dispositivos de rastreamento de contatos e dispositivos vestíveis de monitoramento de saúde, forneceram dados críticos necessários para ajudar a combater a proliferação do contágio, enquanto sensores de temperatura e rastreamento de encomendas ajudarão a garantir que as vacinas COVID-19 sensíveis fossem distribuídas com segurança [17]. Inclusive, segundo [18] um dos reflexos promovidos pela pandemia do COVID-19 e do isolamento social foi o aumento da procura por cultivo de plantas em residências, principalmente nas grandes metrópoles.

Sendo assim, considerando o contexto apresentado acima, o presente artigo tem como objetivo principal elaborar um “*setup*” experimental de monitoramento e irrigação automática em um sistema independente denominando IoSeed, baseado em tecnologias e conceitos de IoT. Para tanto, foi montada uma rede de sensores sem fio (RSSF) composta por um microcontrolador com plataforma de programação do algoritmo “*open-source*”, Arduino Uno, que concentrou a comunicação entre os dados coletados pelos sensores e o transmissão desses dados para um “*gateway*” modelo ESP-8266, que conectava-se à uma plataforma “*open-source*” para elaboração de sistemas de automação com interfaces gráficas e de monitoramento em tempo real. A rede de sensores foi composta por um sensor de umidade do solo, um sensor de nível de água e um sensor de luminosidade ambiente, todos conectados ao microcontrolador. Logo, trabalhos foram descritos as etapas efetuadas para a construção do irrigação automático, onde o usuário (ou operador do sistema) podem consultar a qualquer momento os índices de umidade do solo e o nível de água do reservatório utilizado para armazenamento do recurso hídrico.

2. Referencial Teórico

As tecnologias de comunicação sem fio se tornaram uma realidade vigente em institutos de pesquisa, sendo que adentraram de forma acelerada o cotidiano dos indivíduos. A Internet, outrora dedicadas a

usuários restritos, atualmente atende bilhões de usuários conectadas às redes Wi-Fi, ou à conexão móvel das operadoras de telecomunicações. Se por um lado uma quantidade demasiadamente elevada de usuários se conectam à Internet, no mundo todo diversos tipos de “coisas” também estão conectadas às redes de comunicação, promovendo o monitoramento de parâmetros, trazendo mais automação para as residências, além da vasta aplicação já no cenário com as tecnologias de IoT [6-9; 12-17; 19].

Portanto, ao contextualizar o uso de novas tecnologias de monitoramento e sensoriamento para irrigação, as referências apresentadas abaixo demonstram o estado da arte dos últimos anos no que concerne aos aparatos tecnológicos utilizados para a elaboração desses sistemas com conceitos e aplicações de IoT. São apresentados trabalhos que utilizaram tecnologias distintas e com finalidades distintas, mas que sobretudo propuseram a elaboração de redes de sensores para monitoramento de dados ambientais, tais como unidade do solo e temperatura ambiente, por exemplo, ou mesmo em sistemas mais complexos com monitoramento/acionamento remoto de sistemas de irrigação automático. Da combinação de tecnologia com o viés sustentável ao utilizar a água para irrigação de forma automática, até as novas soluções e interfaces em IoT possibilitam a visualização de dados específicos em estações receptoras portáteis, como “notebooks” e “smartphones”.

Partindo do princípio de preservação do consumo de água para irrigação do solo, [6] propuseram um sistema de irrigação automatizado utilizando o Arduino UNO. O sistema automatizado fornecia a quantidade ideal de água, dependendo do teor de umidade do solo, sendo que esse parâmetro era monitorado remotamente, o que eliminava a possibilidade de irrigação excessiva ou insuficiente. A rede de sensores detectavam o teor de umidade enviando essas leituras em valores de corrente elétrica através da resistência de saída do sensor (EC1258). Como a água conduz eletricidade, a resistência de saída determina a quantidade de água presente no solo. Sempre que a resistência aumenta, significa que o teor de umidade do solo caiu. Foi utilizado o módulo Wi-Fi ESP-8266 para transmissão dos dados à base coletora dos dados. O Arduino UNO realizava toda essa interface entre a rede de sensores, o módulo ESP-8266 e o acionamento da bomba automática para irrigação do solo. Os autores adotaram uma plataforma de IoT gratuita (“*ThingSpeak*”) para integrar a funcionalidade IoT no projeto, onde o mesmo se tratava de um código aberto para armazenar e recuperar dados usando protocolos como “*Hypertext Transfer Protocol*” (HTTP) e “*Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) pela Internet ou por meio de uma rede local. Como vantagens do sistema construído os autores concluíram que o custo operacional incluiu apenas o custo da eletricidade, que foi muito menor do que o custo da mão de obra para irrigação de plantações, por exemplo. Como limitações eles citaram que devem ser feitos ajustes para o abastecimento de água, uma vez que diferentes plantas requerem diferentes quantidades de água, sendo que a calibração do sensor precisa ser feita por meio de um “*software*” de programação específico.

[7] elaboraram um sistema para irrigação automático utilizando Arduino Uno e também tecnologias de IoT. Os autores construíram um protótipo contendo uma rede de sensores de umidade do solo e do ar, temperatura ambiente e do solo, e também uma arquitetura sistêmica para coleta desses dados por meio de um módulo Wi-Fi ESP-8266, acoplado juntamente ao Arduino. Os dados provenientes da rede de sensores eram transmitidos em meio não confinado para um “*gateway*” baseado em IoT. Esse “*gateway*” enviava os dados para a nuvem usando o módulo Wi-Fi. A nuvem em no sistema proposto incluiu um servidor Web, um banco de dados e uma lógica de decisão. O banco de dados mantinha os dados recebidos do “*gateway*” IoT. Entretanto, a lógica de decisão então decidia se havia a necessidade da ação do agricultor para regar as plantas. Os autores citaram que em países muito populosos como a Índia, estratégias e tecnologias para corroborar com o consumo do recursos hídricos em áreas como a agricultura, por exemplo.

[8] construíram um sistema de irrigação automático com a utilização do Arduino UNO para realizar o processamento dos dados provenientes de sensores de umidade de solo. Esse sistema utilizava tecnologia de sensores com microcontrolador, relé, motor DC e bateria. Seu funcionamento, essencialmente, comportava-se como um sistema de rega automatizado que detectava o nível de umidade do solo e irrigava planta, se necessário. Ainda, as leituras do sensor eram transmitidas a um computador para gerar gráficos para análise. Os autores apontaram que o sistema desenvolvido contribuiu com a otimização do tempo e energia, além de minimizar o desperdício de água. Como resultado foi identificado que a rede de sensores montada e operacional ajudou a evitar irrigação excessiva e irrigação insuficiente, sendo que o sistema funcionou como uma potencial solução para os problemas enfrentados na irrigação manual de plantas.

[20] apontou que o uso de redes de sensores na agricultura pode contribuir em diversos pontos, como a economia de água e Automação de processos manuais. Em várias culturas de plantas, o uso de nós sensores traz versatilidade, vasta aplicabilidade, possuem preços competitivos, sendo que podem ser inseridos em regiões remotas. Os autores propuseram um estudo experimental, onde RSSFs foram implementadas em cultivos agrícolas, como o milho, o pinhão-paraguaio e o eucalipto. Foi adotado o padrão de transmissão de dados, IEEE 802.14.4, com a plataforma ZigBee. Os microcontroladores adotados aos nós foram do tipo Atmega1281. Como resultado do trabalho, os autores promoveram uma discussão acerca da cobertura do sinal da RSSF nos cultivos agrícolas estudados, sendo que em boa parte dos testes a rede se comportou de forma adequada.

[21] propuseram um sistema com IoT para gerar indicadores que poderiam causar riscos de acidentes em ambientes industriais, mostrando assim a versatilidade de aplicações dessas tecnologias em setores diferenciados. Para promover espaços mais saudáveis e seguros para as atividades trabalhistas existem critérios específicos que são identificados apenas por especialistas e gestores em meio ambiente, saúde e segurança do trabalho. Contudo, a IoT se tornou um recurso tecnológico fundamental para a Indústria 4.0 e trouxe benefícios para automação e controle de processos. O sistema desenvolvido pelos autores estava baseado no uso de variáveis físicas coletadas em máquinas em uma linha de produção através de uma rede de sensores sem fio (RSSF), para criar um indicador de risco de segurança. Considerando que essas variáveis estavam disponíveis em sistemas de monitoramento baseados em IoT, foi proposto um método de análise de riscos de acidentes baseado em gráficos de multivariáveis obtidos a partir da normalização das variáveis monitoradas. Os autores concluíram apontando que esse método de exibição de risco pode ajudar nas análises de segurança por operadores e especialistas em um sistema de gerenciamento de segurança por meio dos recursos de IoT.

[22] desenvolveram um protótipo baseado em IoT para irrigação automática de jardins ou quintais. O sistema era composto por: um Arduino MEGA (ATmega2560); um sensor de umidade do solo com interface própria para interoperabilidade com o microcontrolador; um sensor de umidade e temperatura ambiente (DHT11); sensores ópticos para determinar as características do solo; um sensor de presença; um módulo Wi-Fi ESP-8266 (NodeMCU ESP-12) para transmissão dos dados oriundos dos sensores à estação base coletora dos dados, contendo interfaces e compatibilidade com o Arduino; um módulo ZigBee para atender às necessidades específicas de redes sem fio de baixo custo e baixa capacidade como um padrão global gratuito. Os autores desenvolveram um aplicativo em linguagem de programação Java para o sistema operacional Android, onde os usuários consultavam os valores dos parâmetros coletados pela rede de sensores confeccionada, tornando assim o sistema de irrigação automática mais dinâmico, acessível e portátil para visualização dos dados de interesse. Os autores explanaram que o monitoramento de fatores ambientais e climáticos com tecnologias sem fio, e a irrigação do campo agrícola com apenas o toque de um botão em um “*smartphone*” pode reduzir os custos de mão de obra e também ajuda a rastrear as mudanças de forma precisa ou instantânea no campo em tempo real.

No trabalho feito por [23], os autores também se basearam no módulo ESP-8266 e no Arduino para construir um sistema de irrigação automatizado, com configurações e aplicações de lógicas e arquitetura de transmissão de dados em IoT. Logo, o sistema conectava-se com à Internet para que ele pudesse ser operado manualmente pelo aplicativo de “*smartphone*” de qualquer lugar e a qualquer hora. Este projeto foi desenvolvido para vigilância de sistemas de irrigação em fazendas sem a necessidade de verificação manual dos sistemas de irrigação. A parte positiva deste projeto foi que o nó usado para conectar o sistema ao seu dispositivo automático controlava o fluxo de água da bomba e também os intervalos de tempo entre os ciclos de irrigação, sendo possível o controle da irrigação por comandos por computador ou por algum “*smartphone*”. Os autores concluíram que o sistema confeccionado pode colaborar com a economia de tempo e energia, sendo que com a utilização de sensores de baixo custo e com circuitos simples pode contribuir com a disseminação destas tecnologias inclusive entre agricultores e camponeses de baixa renda.

[24] construíram um sistema baseado em IoT para irrigação automática com a utilização de sensores de umidade do solo e de nível de água para acionamento do protótipo elaborado (bomba d’água), reduzindo assim a participação humana no ato de rega de plantas, reduzindo assim o desperdício hídrico. Com base nos níveis de água, o solo obtém água automaticamente ligando ou desligando o motor da bomba. O nó sensor possuía um microcontrolador Arduino UNO para colocação dos sensores e para comunicação com a base coletora dos dados (computador). Os dados de umidade do solo, bem como o acionamento da bomba era realizada de forma automática a partir dos valores de umidade do solo coletada pelo sensor utilizado compatível com a plataforma do Arduino, assim como o sensor de nível de água do reservatório. Os autores concluíram que o sistema desenvolvido no contexto da IoT caracterizou-se pelo baixo custo associado à aquisição dos dispositivos e componentes necessários a elaboração do protótipo.

Considerando a literatura vigente, este trabalho consistiu na elaboração de um sistema de irrigação que é ligado automaticamente a partir da utilização de redes de sensores sem fio, com a inserção de recursos e interfaces de Internet das Coisas (IoT). Trata-se de um “*setup*” técnico e prático, com acabamento em um recipiente apropriado para o nó sensor, adotando elementos de sensoriamento, além de um microcontrolador para conexão com um “*gateway*”, ambos compatíveis em linguagem de programação e transmissão de pacotes de dados. O sistema proposto é constituído de uma interface gráfica, com “*dashboards*” configuráveis e adaptáveis às necessidades de cada desenvolvedor e/ou operador do sistema. Abaixo são descritas as etapas para elaboração do “*setup*”.

3. Metodologia

O intuito deste trabalho foi elaborar um sistema de irrigação automático baseado em Internet das Coisas. Para tanto, o diagrama demonstrado pela Figura 1 detalha a composição sistêmica dos recursos necessários para o funcionamento adequada do IoSeed. A composição da RSSF do sistema foi composta por um nó sensor contendo um microcontrolador central, Arduino modelo UNO, com três sensores conectados a ele. Os parâmetros de interesse foram coletados por meio de um sensor de luminosidade, um sensor de umidade do solo e mais um sensor de nível de água. Todos esses sensores foram utilizados para coletar os dados de cada fator supramencionado, onde a partir da lógica de programa utilizada uma bomba d’água era acionada quando o era detectado que o solo estava seco. Esses dados eram processados pelo Arduino Uno e transmitidos ao módulo Wi-Fi (ESP-8266). Todo o sistema desenhado, conforme Figura 1, era alimentado por uma bateria de 9V.

Figura 1 – Diagrama detalhado da composição do sistema de irrigação automática IoSeed.

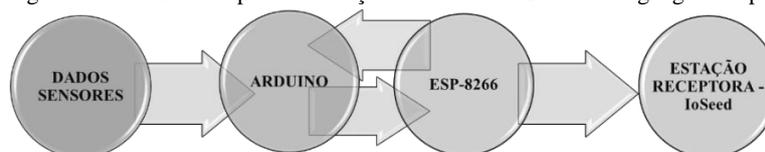


Source:..

O microcontrolador Arduino, em suas várias versões, tornou-se consolidado em projetos de pequena proporção, onde almeja-se a criação de redes de sensores sem fio [6-8; 11; 22; 24], ou ainda para aplicação em sistemas que utilizam sistemas e interfaces de IoT [15; 16]. Para que haja a comunicação sem fio entre o nó sensor e a estação receptora dos dados, um módulo Wi-Fi ESP-8266 [6; 8; 19; 22; 23]. Neste trabalho foi utilizado um Arduino UNO que possui plataforma “open-source” onde desenvolvedores de algoritmos e lógicas de programação podem compartilhar as linhas de programação confeccionadas para alguma finalidade [11; 25; 26], bem com um módulo Wi-Fi ESP-8266 NodeMCU ESP-12 [6; 27; 28].

Para elaboração do algoritmo de programação foi estruturada a lógica apresentada pelo fluxograma da Figura 2. Os dados coletados pelos sensores no nó sensor eram coletados pelo Arduino UNO que enviava comandos requisitando os valores desses sensores, onde por meio de uma conexão cabeada esses sensores coletavam os dados de interesse (umidade do solo, nível de água do reservatório e luminosidade ambiente). O Arduino por sua vez processava esses dados, convertendo os pulsos elétricos em valores numéricos. Posteriormente. Todo esse processo de coleta, processamento, envio, transmissão e monitoramento dos dados se deu de forma quase instantânea, dependendo ainda da qualidade da conexão com a Internet na estação receptora para visualização dos dados no sistema IoSeed.

Figura 2 – Fluxograma demonstrativo para elaboração do sistema IoSeed em linguagem de programação C++.



Source:..

Os sensores foram calibrados em laboratório para a correta leitura dos parâmetros de interesse (umidade do solo, nível de água do reservatório e luminosidade ambiente). Todos os componentes utilizados no sistema de irrigação possuíam compatibilidade elétrica e também pelas portas analógicas e digitais do Arduino UNO [25; 26]. A Figura 3 detalha os componentes elétricos eletrônicos utilizados para confecção do nó sensor e do circuito eletrônico para acionamento da bomba de água que estava acoplado ao reservatório de água. A comunicação entre o nó sensor com a estação receptora dos dados foi possível graças ao módulo ESP-8266 [27] que cumpriu a função de “gateway” com a interface gráfica adotada neste projeto de acesso livre e gratuito. Os dados eram coletados pelos sensores, sendo que os componentes sensoriais foram: sensor de nível de água FD10 [29]; fotosensor LDR 5mm [30]; higrômetro com controlador LM393 [31].

A Tabela 1 apresenta a lista de materiais e quantidades dos componentes utilizados na concepção e construção do “*setup*” do sistema IoSeed. Nela são descritos os materiais usados na construção do nó sensor da RSSF, além de outros componentes eletrônicos necessários para o correto funcionamento dos elementos sensoriais e demais conexões elétricas feitas. O multiplexador de 16 canais foi necessário para realizar a leitura analógica dos sensores e do fotoresistor, uma vez que o ESP-8266 possui somente uma entrada analógica. Para isso, foram utilizadas as saídas digitais D0, D1, D2 e D3 do ESP-8266 como comandos para indicar a esse módulo qual das 16 saídas estava sendo lida no momento. Foram utilizados os pinos 2, 13 e 15 do mux respectivamente para ler os sinais do fotoresistor, sensor de nível de água e sensor de umidade.

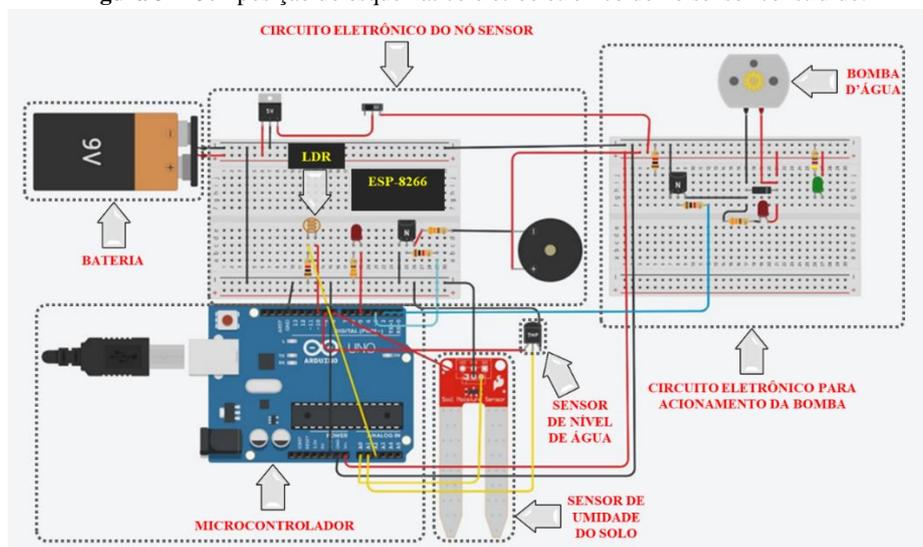
Ainda pelo circuito eletroeletrônico da Figura 3, o objetivo principal do “*setup*” experimental manter o nível de umidade do solo adequado para a planta que estava sendo cultivada. Para isso, era realizada a leitura dos dois sensores, de umidade do solo e de nível de água. Caso o nível de água estivesse abaixo do nível mínimo para a operação segura da bomba, era disparado um alarme sonoro (um bipe) e visual (LED) intermitente, que permanecia ativo enquanto o reservatório de água não era abastecido até o valor mínimo detectado pelo sensor de nível de água. Enquanto o alarme estava ativado, a irrigação era interrompida caso a mesma estivesse em funcionamento. Quando o sistema detectava que o nível de água já estava no volume não crítico, os alarmes eram desligados e, assim, retornava a rotina de irrigação normalmente. Foram utilizados transistores NPN ligados como chave, com resistores de 1K Ω , para o acionamento do circuito da bomba de água e do circuito de alarme, ligados respectivamente aos pinos D6 e D5 do ESP-8266. Foi utilizada uma bateria de 9V para alimentar o regulador de tensão L7805. A saída do regulador fornecia 5V de tensão para o restante do circuito, assim como para o ESO-8266 por meio do pino V_{IN} da placa. Todos os componentes foram inseridos em uma placa ilhada apropriada para o desenvolvimento de circuitos eletrônicos.

Tabela 1 – Lista de componentes e quantidades utilizados na montagem do “*setup*”.

Quant.	Componente
1	Arduino UNO
1	ESP-8266
1	bateria 9V (volts)
1	caixa plástica 102mm ²
1	LED verde
2	LEDs vermelhos
1	placa ilhada universal
1	regulador de tensão L7805
1	LM393 sensor de umidade do solo
1	sensor de nível de água FD10
1	fotoreistor LDR
1	multiplexador de 16 canais CD74HC4067
1	buzzer ativo 5V
1	buzzer ativo
1	diodo
2	transistores Bc548
4	resistores (2x1K Ω ; 330 Ω ; 440 Ω)

Source:..

Figura 3 – Composição do esquemático eletroeletrônico do nó sensor construído.



Source:..

Na lógica de programação do algoritmo desenvolvido, a irrigação se iniciava quando o nível de umidade do solo estava abaixo do mínimo determinado e havia água o bastante no reservatório. Nela a bomba de água era ativada e a planta era regada. O sistema finalizava a irrigação quando detectava que o nível de umidade do solo atingia seu valor máximo, ou quando o nível de água do reservatório estava abaixo do limite mínimo, previamente programado em linguagem C++ (compatível entre Arduino UNO e demais componentes do sistema). A simulação do circuito foi realizada utilizando-se o “software” WEB TinkerCad. Nele foi possível simular a estrutura funcional da captação dos valores dos sensores e o processamento da lógica do sistema, assim como a atuação por meio do alarme sonoro e da bomba de água. Foi utilizado um motor DC na simulação para simular o comportamento da bomba de água no sistema IoSeed, sendo que de forma semelhante, foi utilizado um sensor de temperatura no lugar do sensor de nível de água.

A plataforma utilizada para monitoramento e acionamento do sistema, atuando também como interface gráfica para visualização dos dados foi o Blynk IoT [32]. Essa plataforma “open-source” opera como um servidor concentrando que armazena os dados coletados pelos nós sensores sendo transmitidos pelo ESP-8266, previamente endereçado com um IP, sendo possível sua conexão em dispositivos móveis de comunicação. O Blynk fornece opções de visualização em “dashboards” de parâmetros que são monitorados por rede de sensores. O Blynk possui recursos interessantes gratuitos, sendo possível a realização de modelagens e personalizações nesses “dashboards” de forma síncrona e “on-line”, assim como no “dashboard” móvel. As variáveis mostradas no “dashboard” online foram: nível de água; nível de umidade do solo; nível de luminosidade do ambiente. Também houve dois LEDs que indicavam se o alarme de desabastecimento do reservatório estava ativado e se a bomba de água estava acionada. Através do “dashboard” também foi possível ligar e desligar a bomba de forma independente da lógica do sistema, o que permitiu aos operadores da rede obterem o controle da irrigação manual de forma facilitada, se assim fosse necessário. Também foi possível visualizar a quantidade de tempo em que o sistema estava “on-line”. No “dashboard” também foram inseridos dois controles para personalização dos valores mínimos e máximos de umidade, pois esses poderiam variar dependendo da espécie da planta que o IoSeed estava monitorando.

A plataforma Blynk [37] estabelece conexão com dispositivos “gateway” que utilizam protocolos com encapsulamento baseado na arquitetura TCP/IP. Em RSSF com a utilização do módulo ESP-8266 (“gateway”), nele pode ser endereçado um IP específico, sendo que ele conecta-se à plataforma Blynk por meio de comunicação Wi-Fi proveniente desse módulo. Sendo assim, dispositivos móveis (“notebooks”) podem ser utilizados como estações para recepção e visualização dos dados de interesse em séries históricas. Esses dados podem ser transmitidos em protocolo API HTTP, onde as mensagens com “payload” pequeno (como os dados dos sensores), o que dá a possibilidade de adotar o Blynk para armazenar dados gerados periodicamente. O API HTTP opera de forma assíncrona entre seus dispositivos conectados e o fluxo de dados trafega pela porta 8443 (SSL) do módulo ESP-8266. Portanto, utilizando a plataforma do Arduino UNO o “firmware” do módulo foi configurado no modo de operação “client/acesspoint”. Esses passos garantem que haja conexão entre o servidor do Blynk via “digital cloud”, assim os dados podem ser acessados remotamente em dispositivos “mobile” [6-8; 15; 16; 28; 31]. Neste trabalho esses passos foram feitos ao longo do desenvolvimento do algoritmo para o funcionamento, operacionalização e comunicação entre os elementos da RSSF, considerando as aplicações de IoT que integram esses elementos sensoriais em plataformas com interfaces gratuitas. A Figura 4 traz algumas linhas de commando do algoritmo desenvolvido, onde a plataforma Blynk foi inserida na lógica de programação. As devidas bibliotecas precisa sem acrescentadas ao algoritmo compatíveis com o Arduino.

Figura 4 – Algoritmo parcial desenvolvido para o sistema de irrigação automática IoSeed com interface pela plataforma Blynk.

```

/*****
 * This is a simple demo of sending and receiving some data. Be
 * sure to check out other examples!
 *****/

// Template ID, Device Name and Auth Token are provided by the Blynk.Cloud
// See the Device Info tab, or Template settings
#define BLYNK_TEMPLATE_ID    "TMPLagtczovw"
#define BLYNK_DEVICE_NAME    "Quickstart Device"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN     "3PdUdrontQaMF_dfHaaD0uq0wzObIBVt"

// Comment this out to disable prints and save space#define
BLYNK_PRINT Serial

#include <ESP8266WiFi.h> #include
<BlynkSimpleEsp8266.h>

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "OSCAR_2G";
char pass[] = "0221m4nd";

```

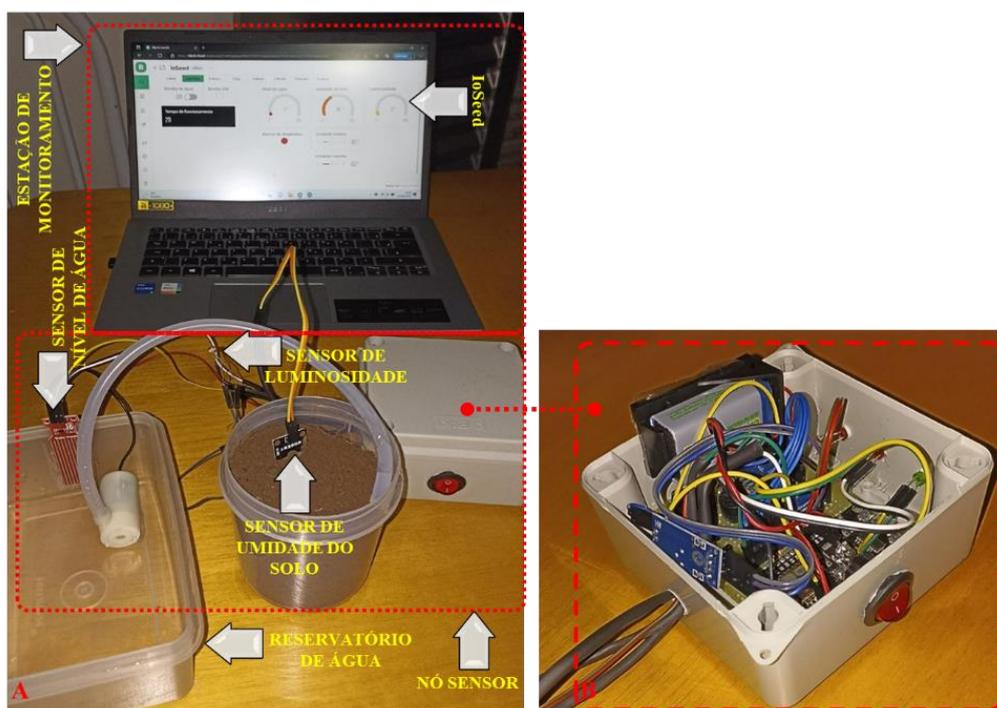
Source:..

4. Resultados

A partir da aplicação de tecnologias de comunicação e conexão sem fio, como as RSSF, a sociedade tem sido impactada pela presença cada vez mais frequente de dispositivos eletrônicos e digitais, para além da Internet, onde esses aparatos contribuem para otimização de recursos e corroboram com o comprimento de práticas sustentáveis ecológicas. Assim como introduzido, o consumo água para irrigação de cultivos, seja para alimentação ou para decoração/ornamento, é um parâmetro importante quando analisada a escassez de recursos naturais. No geral, as tecnologias – sejam físicas (“hardware”), ou digitais (interfaces, aplicativos, redes sociais, etc.) – possibilitaram uma certa evolução de processos antigos e conservadores, como a irrigação, que pode ser cada vez mais adaptada à necessidade da planta e, sobretudo, considerando o manejo adequado do recurso hídrico.

A composição de uma rede IoT residencial, por exemplo, se dá pela utilização de elementos sensoriais (sensores/nó sensor) com plataformas digitais para monitoramento e/ou operação. Partindo dos conceitos de IoT, o sistema IoSeed foi desenvolvido associando uma RSSF com a plataforma Blynk (acessada pela estação receptora – “notebook”), assim como demonstrado pela Figura 5 (A). Para tanto, os sensores foram calibrados em laboratório com a utilização de um multímetro, onde os valores de nível de água (sensor FD10), umidade do solo (sensor LM393) e luminosidade (sensor fotoresistor LDR). Como microcontrolador foi utilizado um Arduino modelo UNO, sendo que ele possui portas com leituras analógicas e digitais, logo ele converte os valores dos pulsos elétricos (sensores) em dados numéricos para visualização dos parâmetros de interesse. Esses dados por sua vez, são transmitidos ao “gateway” (ESP-8266) que foi devidamente endereçado com o IP cadastrado e também usado na plataforma Blynk. O nó sensor desenvolvido pode ser observado na Figura 5 (B).

Figura 5 – “Setup” montado do sistema IoSeed contendo o nó sensor e a estação receptora para monitoramento dos dados.



Por meio de todas essas conexões físicas e lógicas, foi possível estabelecer o monitoramento dos três dados (umidade do solo, nível de água e luminosidade) satisfatoriamente. Conforme apontado, a plataforma Blynk pode ser utilizado em projetos de IoT onde deseja-se estabelecer conexão entre “coisas”, nós sensores, com o de dispositivos “gateway” que utilizam dados encapsulados na pilha do protocolo TCP/IP. A utilização do módulo ESP-8266 (“gateway”) incrementou mais versatilidade ao sistema de irrigação automático, uma vez que foi endereçado um IP específico (dentro do algoritmo elaborado em C++). A plataforma Blynk, de cadastro e acesso gratuito, possibilita o cadastro desse IP para monitoramento de dispositivos diversos.

Conforme a Figura 6, no Blynk os parâmetros podem ser visualizados em formato de “dashboards” configuráveis e adaptáveis, demonstrando assim os dados pré-programados do sistema de irrigação

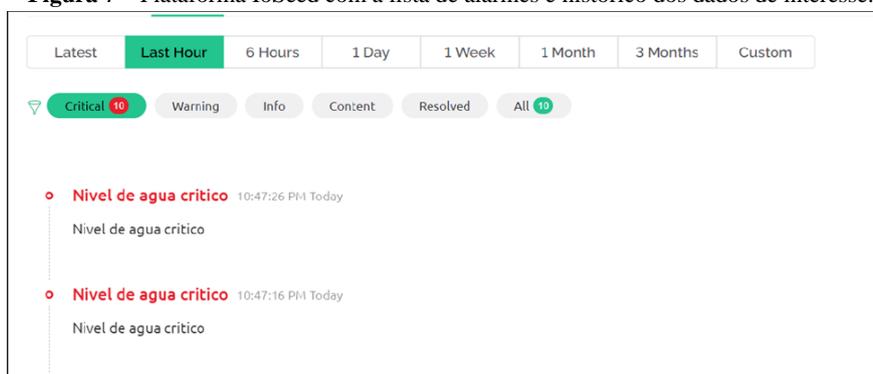
automática IoSeed. Nessa tela a bomba de água pode ser acionada remotamente, sendo que o estado da bomba “ON” ou “OFF” também pode ser consultado. Os dados de nível de água da bomba foram incrementados com um alarme de desabastecimento do reservatório para que o mesmo seja recarregado com água. O parâmetro de umidade do solo foi programado para uma porcentagem mínima (50%) e máxima (60%) para que não houvesse irrigação excessiva no solo. Os dados de luminosidade também foi programado em porcentagem. Todas essas configurações podem ser analisadas na estação receptora, sendo assim possível o monitoramento em tempo real dos dados.

Figura 6 – “Dashboards” da plataforma do sistema de irrigação automática IoSeed.



Como ferramentas adicionais, a plataforma Blynk disponibiliza os dados em séries históricas, seja dos dados em porcentagem, conforme desenvolvido no algoritmo, assim como os alarmes pré-programados também podem ser acessados ao longo do monitoramento. Os alarmes contribuem para as tomadas de decisão por parte do operador do sistema de irrigação automático, sendo que o IoSeed apresenta esses dados históricos nas escalas temporais: “Latest”; “Last Hour”; “6 Hours”; “1 day”; “1 Week”; “1 Month”; “3 Months”; “Custom”. A lista de alarmes contém a seguinte escala de criticidade: “Critical”; “Warning”; “Info”; “Content”; “Resolved”; “All”. Todas essas abas são apresentadas na Figura 7, onde pode ser verificada a tela da plataforma Blynk, com a representação do sistema IoSeed e suas respectivas abas de histórico de alarmes gerados a partir dos valores dos dados coletados pelo nó sensor na RSSF. Assim, o operador do sistema IoSeed possui essas representações dos alarmes para um monitoramento mais eficiente e em tempo real.

Figura 7 – Plataforma IoSeed com a lista de alarmes e histórico dos dados de interesse.



5. Discussão

Questões relativas ao consumo dos bens naturais têm sido objeto de estudo por pesquisadores ao redor do mundo. Reduzir, aprimorar e otimizar o uso do recurso hídrico, por exemplo, se tornou uma urgência em cenários com secas extensas e cada vez mais severas, além das diversas transformações no meio-ambiente que tendem a afetar cada vez mais a raça humana [1; 2; 4]. De modo geral, a agricultura consome a maior parte da água potável captada no mundo, sendo assim, repensar a forma como a irrigação é feita nesse setor é uma pauta muito importante nos dias atuais [2; 3; 5]. Para tanto, as tecnologias digitais – principalmente o acesso cada vez maior à Internet, pode contribuir com reflexões importantes no que tange ao uso dos recursos hídricos para irrigação de cultivos. Em países populosos, como a Índia, [6; 7; 9; 22] apontaram que o uso adequados das tecnologias de IoT pode favorecer o uso mais democratizado e acessível da água, inclusive para uso na agricultura. [17] apontou que no cenário trazido pandemia do COVID-19 os dispositivos e redes de IoT contribuíram para o mensuramento de dados importantes para delinear o avanço da contaminação, assim como possibilitou o compartilhamento de informações de forma ágil.

Neste contexto emergente de transformações, as tecnologias digitais se popularizaram em institutos de pesquisa e laboratórios, onde pesquisadores buscam por alternativas de baixo custo para aplicação de tecnologias de IoT. Em diretas escalas, esses projetos de pequena porte contribuem com a popularização do tema IoT em aplicações diversas [9; 10-15]. Quando aplicadas a negócios, a IoT pode contribuir com novas oportunidades de negócios, serviços e produtos inovadores, sendo que as funcionalidades de IoT podem agregar valor aos processos, com impacto direto em áreas como a educação, saúde, mobilidade urbana, energia, entre outros [16]. Outras redes de comunicação sem fio que envolvem recursos de IoT podem ser utilizadas nas composições de nó sensor e estação receptora dos dados, assim como [14] propuseram uma rede de sensores com *RaspberryPi*, [20] elaboraram em seu trabalho uma RSSF com a tecnologia *Zigbee*, [10; 31] ou mesmo a tecnologia *LoRa* que contribuem na identificação de picos de consumo, por exemplo. Em outros setores, [21] demonstraram que as funcionalidades de IoT podem ser aplicadas no contexto industrial para reduzir os riscos de acidente de trabalhos. Já em contextos mais recentes, [34] explicaram que os paradigmas da IoT reverberam na da Indústria 4.0, aliando tecnologias – como o *Big Data*, em transformações importantes no setor industrial e seus processos decisórios.

Desenvolver tecnologias adaptativas e com baixo custo é um desafio, porém tem sido discutido na literatura de forma expressiva. As aplicações e sistemas contendo redes e arquiteturas de IoT são pesquisados no mundo, inclusive associando o microcontrolador Arduino UNO e módulo de comunicação Wi-Fi, “*gateway*”, ESP-8266, além dos sensores imprescindíveis para a construção da rede de monitoramento [6-8; 19; 22; 23; 28]. Outros modelos de Arduino também estão disponíveis no mercado e podem ser utilizados como dispositivos microcontroladores em sistemas de IoT que se baseiam no monitoramento de grandezas, parâmetros, fenômenos, entre outros indicadores [22]. A plataforma “*open-source*” do Arduino possibilita o desenvolvimento de algoritmos para implementação direta em sensores compatíveis com a linguagem de programação C++ [31].

A viabilidade econômica de um projeto de um sistema de irrigação automática baseado em IoT foi detalhada por [28], e confirmada com o gasto com do “*setup*” deste trabalhos, onde o baixo custo pode ser um fator relevante, uma vez que a solução se mostrou eficiente para atuar nas demandas de irrigação de cultivos em residências. Tal processo de automação promove o controle e monitoramento de dispositivos sensores com interação com plataformas externas e serviços em nuvem. Consequentemente, o consumo dos recursos como água e energia, além da otimização do tempo, são algumas das vantagens observadas com a proposição sistema IoSeed.

O aplicativo Blynk pode ser utilizado como interface integradora, por meio de sua plataforma, estabelecendo conexões entre “coisas” do cotidiano com visualização e interação sendo possíveis com sua estrutura desenvolvida para soluções em IoT. Essa plataforma WEB, ou também aplicativo WEB, disponibiliza gratuitamente espaços em servidores “*cloud Blynk*” com Interfaces de Programação de Aplicativos, onde o usuário pode inserir “*widjets*” implementáveis com funções de controle, com telas visuais para observação de dados em “*dashboards*” [28; 33]. Neste trabalho, o Blynk funcionou adequadamente para recepção e demonstração dos dados provenientes da RSSF do sistema de irrigação automática proposto. A visualização fácil dos dados possibilitou o monitoramento dos parâmetros de nível de água, umidade do solo e luminosidade em tempo real e de forma gráfica e explícita.

“*Setups*” experimentais como o proposto neste trabalho demonstram que o exercício realizado por pesquisadores no sentido de propor soluções em IoT pode atingir resultados interessantes. A combinação de áreas multidisciplinares tais como computação, microeletrônica e redes de comunicação de dados promove soluções que corroboram com discussões amplas, tais como o consumo de água. As tecnologias de IoT, mesmo em cenários experimentais tendem a fortalecer o desenvolvimento e evolução, não só das indústrias, mas da própria sociedade que passa a obter informações mais precisas e dispositivos mais adaptados às realidades espaciais, sociais, econômicas e geográficas. A IoT é um passo importante para que as tecnologias sejam mais disseminadas ao redor do mundo, trazendo mais facilidade no acesso aos dados, além de agregar áreas correlatas direcionadas às necessidades humanas.

6. Conclusão

As tecnologias de IoT cumprem funções importantes no que concerne ao gerenciamento e monitoramento efetivo e de fácil acesso de dados oriundos de ações e/ou práticas humanas. Essas funcionalidades com prática multidisciplinares cada vez mais adentram os cenários sociais, além de ter impacto direto nas indústrias e setores mais técnicos da sociedade. Por meio do “*setup*” experimental proposto neste trabalhos, ficou evidente que

Referências

- [1] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021 (World Water Development Report – WWDR). Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1391220/>>. Acesso em 15 jul 2022.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Atlas Irrigação – Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2ª edição. Brasília, 2021.
- [3] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>>. Acesso em 30 jul. 2022.
- [4] HOGEBOOM, R. J. The Water Footprint Concept and Water’s Grand Environmental Challenges. One Earth 2, p. 218-222, 2020.

- [5] TESTEZLAF, Roberto. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. 2017. Disponível em: <http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf>. Acesso em 02 ago. 2022.
- [6] PATIL, V. B.; SHAH, A. B. Automated Watering and Irrigation System using Arduino UNO. *International Journal of Innovative Science & Technology*, v. 4, n. 12, 928-932, 2019.
- [7] BAVKAR, S.; PATIL, N.; BIRJE, Y. IoT Enabled Smart Irrigation System Using Arduino. In: II International Conference on Communication and Information Processing. 2020. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=3648829> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3648829>>. Acesso em 28 jul. 2022.
- [8] AKTER, S.; MAHANTA, P.; MIM, M. H.; HASAN, M. R.; AHMED, R. U.; BILLAH, M. M. Developing a Smart Irrigation System Using Arduino. *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology*, v. 6, n. 1, p. 31039, 2018.
- [9] VENDEMIATTI, Caíque. Sistema remoto para monitoramento do consumo de água em tempo real. 111 p. 2020. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Sorocaba. 2020.
- [10] ANDRIC, I.; VRSALOVIC, A.; PERKOVIC, T.; CUVI, M. A.; SOLI, P. IoT approach towards smart water usage. *Journal of Cleaner Production*, v. 367, n. 133065, 2022.
- [11] OLIVEIRA, José Miguel Rocha Valente. Desenvolvimento de um sistema IoT com comunicação via App/Cloud para monitorização de uma cama médica. 87 p. 2020. Dissertação de Mestrado. Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadore. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. 2020.
- [12] LEE, I. The Internet of Things for enterprises: An ecosystem, architecture, and IoT service business model. *Internet of Things*, v. 7, n. 100078, 2019.
- [13] NAGAJAYANTHI, B. Decades of Internet of Things towards twenty-first century: a research-based introspective. *Wireless Personal Communications*, Springer Publication, v. 123, p. 3661-3697.
- [14] PASTOR, F. J. F.; CHAMIZO, J. M. G.; HILDALGO, M. N.; PASCUAL, J. ; MARTÍNEZ, J. M. Developing ubiquitous sensor network platform using internet of things: application in precision agriculture. *Sensors*, v. 15, n. 1141, 2016.
- [15] SANTOS, B. P.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; NETO, J. B. B.; PERES, B. S.; VIEIRA, M. A. M.; VIEIRA, L. F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. A. F. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>. Acesso em 30 jul. 2022.
- [16] DIAS, R. R. D. Internet das Coisas sem mistérios: uma nova inteligência para os negócios. São Paulo: Netpress Books, 2016.
- [17] WORLD ECONOMIC FORUM. State of the Connected World 2020 Edition – In collaboration with the Global Internet of Things Council and PwC. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_State_of_the_Connected_World_2020.pdf>. Acesso em 29 jul. 2022.

- [18] AGÊNCIA BRASIL. Pandemia e isolamento aumentam procura por cultivo de plantas em casa. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-04/pandemia-e-isolamento-aumentam-procura-por-cultivo-de-plantas-em-casa>>. Acesso em 25 jul. 2022.
- [19] ADOLPHS, Richard Spieweck. Projeto: Sistema de irrigação automático supervisionado para hortas. 34 p. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia. Engenharia de Controle e Automação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2020.
- [20] ROCCIA, C.; TERUEL, B.; ALVES, E.C. S.; ARNOLD, F.; BRAVO-ROGER, L.; MORETTI, A.; GONÇALVES, M.S. Experimental evaluation of the performance of a wireless sensor network in agricultural environments. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1165-1175, 2012.
- [21] TEIXEIRA, I. T. T.; BEHRENS, F. H. IoT- Based Indicator for Industrial Accident Risks. In: Brazilian Technology Symposium, v. 1, n. 76, 2020.
- [22] SONI, H.; KAHAR, S. Design IoT based Smart Irrigation System using Arduino. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, v. 9, n. 3, 89-94, 2020.
- [23] BHANDARI, A.; RAI, P.; RATHEE, A. Research article on smart irrigation system using IoT. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, v. 9, n. 13, 448-452, 2021.
- [24] GNANAVEL, S.; SREEKRISHNA, M.; DURAIMURUGAN, N. The Smart IoT based Automated Irrigation System using Arduino UNO and Soil Moisture Sensor. In: IV International Conference on Smart Systems and Inventive Technology. IEEE Xplore Part Number: CFP22P17-ART; ISBN: 978-1-6654-0118-0, 188-191, 2022.
- [25] Arduino Store. Arduino Uno. Disponível: <<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>>. Acesso em 20 maio 2022.
- [26] Arduino Project Hub. Automatic IoT Watering System inclusive Monitoring. Disponível em: <<https://create.arduino.cc/projecthub/michi4/automatic-iot-watering-system-inclusive-monitoring-df75db>>. Acesso em 20 maio 2022.
- [27] FLIPEFLOP. Módulo WiFi ESP-8266 NodeMcu ESP-12. Disponível em: <<https://www.flipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12/>>. Acesso em 25 maio 2022.
- [28] JESUS, A. M.; NASCIMENTO, F. R. P.; BRITO, P. A. T.; RIBEIRO, L. A. Viabilidade econômica de um sistema de irrigação automatizado acionado via web. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 5, 53457-53477, 2021.
- [29] ARANACORP. Usando um sensor de nível de água com Arduino. Disponível em: <<https://www.aranacorp.com/pt/usando-um-sensor-de-nivel-de-agua-com-arduino/>>. Acesso em 23 maio 2022.
- [30] FLIPEFLOP. Sensor de Luminosidade LDR 5mm. Disponível em: <<https://www.flipeflop.com/produto/sensor-de-luminosidade-ldr-5mm/>>. Acesso em 23 maio 2022.

[31] FARIA, E. P.; CAZAVOTTI, R. M. Monitoramento de índices de umidade de solos utilizando rede de LoRa. 69 f. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Coordenação de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

[32] BLYNK. Disponível em: <<https://blynk.io/>>. Acesso em 15 jun. 2022.

[33] ROCHA, A. dos S.; COSTA, H. T. V. Integração entre o mundo real e o virtual no contexto da IoT: internet das coisas e Blynk, operacionalidade e viabilidade. 45 f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém. 2018.

[34] COLOMBO, J. F.; FILHO, J. L. Internet das Coisas (IoT) e Indústria 4.0: revolucionando o mundo dos negócios. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 72–85, 2018. DOI: 10.31510/infa.v15i2.496. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/496>>. Acesso em 25 jul. 2022.