

Altair Fábio Silvério Ribeiro
altair@iftm.edu.br
<http://orcid.org/0000-0003-2456-8015>
Instituto Federal do Triângulo
Mineiro - IFTM - Campus Paracatu,
Minas Gerais.

**Nathanael Silva Machado Lima,
Igor Vinicius Nunes De Campos
Oliveira**
nathanael.lima@estudante.iftm.edu.br
<http://orcid.org/0000-0003-2456-8015>
Instituto Federal do Triângulo
Mineiro - IFTM - Campus Paracatu,
Minas Gerais.

**Igor Vinicius Nunes De Campos
Oliveira**
igor.vinicius@estudante.iftm.edu.br
<http://orcid.org/0000-0003-2456-8015>
Instituto Federal do Triângulo
Mineiro - IFTM - Campus Paracatu,
Minas Gerais.

ESTADO DA ARTE EM CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPOS COM PLACA MICROCONTROLADA ESP32 LoRa, APLICADOS NA ÁREA DE MONITORAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

O monitoramento de sistemas de irrigação é de suma importância para garantir a disponibilidade de água para a produção de alimentos e na redução de desperdícios, tendo em vista que água é um recurso vital para a humanidade. Assim, entende-se a importância da realização de estudos sobre o desenvolvimento de protótipos que viabilizem e otimizem tais sistemas. Este artigo descreve a condução de uma Revisão Sistemática da Literatura, com o objetivo de identificar o nível de detalhamento das informações sobre a construção de protótipos com placa microcontrolada ESP32 LoRa, aplicados na área de monitoramento de sistemas de irrigação e também as técnicas utilizadas para as suas avaliações. Ao todo foram filtrados na seleção preliminar, com base na leitura do resumo/abstract, 94 trabalhos dos quais 44 foram filtrados, com base na leitura de todo o trabalho, sendo esses últimos considerados aptos para a fase de seleção final. Como resultado da seleção final, apenas 5 trabalhos foram considerados como “Incluído”, onde tiveram os seus dados extraídos e analisados. Constatou-se que 60% dos trabalhos não apresentaram informações completamente suficientes para permitir a construção e avaliação do protótipo. Nessa pesquisa também foram identificados os tipos de parâmetros monitorados, os sensores utilizados nessas medidas, os tipos de interfaces gráficas de monitoramento e o custo total de cada protótipo apresentado nos trabalhos. Entende-se que as informações apresentadas neste artigo podem contribuir nos estudos sobre implementações de sistemas de monitoramento de irrigação, principalmente aqueles de baixo custo, em forma de protótipos.

PALAVRAS-CHAVE: Revisão Sistemática da Literatura, ESP32 LoRa, Irrigação.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a humanidade convive com os desdobramentos da chamada Segunda Etapa da Revolução Industrial, que ocorreu entre 1860 e 1900 (FELDENS, 2018). A partir desse período os processos de produção agrícola passaram a ser realizados predominantemente com o uso de máquinas, que contribuíram, de forma determinante, para o aumento da produção de alimentos. Ainda segundo Feldens (2018), a mecanização agrícola, altamente tecnificada, transformou a relação entre homem e produção.

Entre os avanços viabilizados pelo uso de máquinas, sobretudo as agrícolas, destacam-se os sistemas de irrigação de culturas vegetais. A irrigação é um método agrícola que abrange um aparato de técnicas e equipamentos com a finalidade de suprir a deficiência hídrica das espécies cultiváveis plantadas. De acordo com a Lei Nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, a agricultura irrigada pode ser definida como “[...] atividade econômica que explora culturas agrícolas, florestais e ornamentais e pastagens, bem como atividades agropecuárias afins, com o uso de técnicas de irrigação ou drenagem.” (BRASIL, 2013).

É notório o fato de que a água é um bem natural de grande importância em vários setores e seu uso exacerbado compromete a sua disponibilidade. A água é um recurso finito e insubstituível e como fundamento da vida, das sociedades e das economias, traz consigo múltiplos valores e benefícios. (UNESCO, 2021). Tendo em vista a importância vital da água para a humanidade, sua utilização deve ser a mais eficiente possível, nesse contexto, entende-se que sistemas de monitoramento automatizado da água aplicados na agricultura, pode contribuir com essa utilização mais racional.

Entre as diversas possibilidades de estudos sobre implementações de sistemas de monitoramento de irrigação, principalmente aqueles de baixo custo, em forma de protótipos, destacam-se os construídos fazendo uso de placa microcontrolada ESP32 LoRa. A pesquisa envolvendo métodos, recursos e técnicas existentes para construir e avaliar protótipos com a referida placa, tem sido direcionada por resultados de estudos desenvolvidos ao longo dos últimos anos. À medida que novos estudos são executados, os procedimentos de construção e avaliação desses sistemas de monitoramento são refinados e novas hipóteses são criadas, assim, colaborando para o conhecimento científico.

Entretanto, registros na literatura de revisões formais, visando identificar os métodos, recursos e técnicas existentes para construir e avaliar protótipos com placa microcontrolada no contexto da Internet das Coisas (em inglês: *Internet of Things, IoT*), sobretudo aqueles aplicados na área de monitoramento de sistemas de irrigação são incipientes. Entre os poucos trabalhos publicados, contemplando revisões sistemáticas relacionadas à referida temática cita-se: García *et al.* (2020), Navarro, Costa e Pereira (2020), Saad, Hamdan, Sarker (2021) e Silva (2021).

Logo, em razão da existência de poucos estudos focando o desenvolvimento de protótipos, especificamente aqueles construídos com placa microcontrolada ESP32 LoRa, propõe-se, nesse trabalho, a descrição da condução de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o objetivo de identificar o nível de detalhamento das informações sobre a construção de protótipos com placa

microcontrolada ESP32 LoRa, aplicados na área de monitoramento de sistemas de irrigação e também as técnicas utilizadas para as suas avaliações.

Destaca-se que, nesse mesmo contexto, utilizando a tecnologia LoRa, porém não usando a placa ESP32 LoRa, existem protótipos desenvolvidos com outras placas microcontroladas como, por exemplo, a LoPy 4 - Pycom (GONZÁLEZ *et al.* 2020; RUBIO-APARICIO, 2019; SALLEMINE, 2019). Também existem projetos implementados com módulos diferentes, ou seja, uma placa com microcontrolador associada a um módulo transceptor LoRa, como, por exemplo, uma placa Arduino com um transceptor Dragino LoRa Bee (OLIVEIRA, 2019; SÁNCHEZ-SUTIL; CANO-ORTEGA, 2021), ESP32 com um transceptor LoRa RFM95 (ALVES, GLÓRIA; SEBASTIÃO, 2020; GLÓRIA; CARDOSO; SEBASTIÃO, 2021; TAŞKIN; DENİZ; YAZAR, 2021) e ESP32 com um transceptor LoRa SX1276 (TAOUS; HADRIA; EL MOUSSATI, 2021). Os autores do presente trabalho definiram que o escopo dessa RSL, seria apenas focado em trabalhos implementados com placa de prototipagem única, do tipo ESP32 LoRa, por ser a plataforma escolhida para o desenvolvimento de suas linhas de pesquisa.

A RSL é um tipo de investigação científica adotada inicialmente na área da saúde, principalmente na medicina no final da década de 80 (BIOLCHINI *et al.*, 2005). Atualmente o referido método é utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, permitindo identificar, avaliar e interpretar toda pesquisa disponível e relevante sobre uma questão de pesquisa, um tópico ou um fenômeno de interesse (KITCHENHAM, 2004). Entende-se que, uma RSL conduzida de uma forma honesta e rigorosa permite a sua auditoria e replicabilidade. Segundo Kitchenham (2004), os estudos individuais que contribuem para uma revisão sistemática são chamados de estudos primários; uma revisão sistemática é um estudo secundário.

A revisão sistemática é uma abordagem organizada de revisão da literatura. Assim para a condução desse tipo de pesquisa é utilizado um conjunto de passos bem definidos e planejados de acordo com um protocolo previamente estabelecido (BIOLCHINI *et al.*, 2005).

A ESP 32 LoRa® é uma plataforma de desenvolvimento IoT (*Internet of Things*) clássica, sendo um produto altamente integrado baseado em microprocessador ESP 32, podendo contemplar diversos recursos, entre eles: redes sem fio dos tipos Wi-Fi, *Bluetooth Low Energy* (BLE) e LoRa. Também possui sistema de gerenciamento de bateria Li-Po e *display OLED (Organic Light-Emitting Diode)* de 0,96" (HELTEC, 2021). Essa placa de prototipagem é muito utilizada no desenvolvimento de projetos para automação de processos aplicados em cidades, casas e fazendas inteligentes, entre outros.

LoRa é uma tecnologia de transmissão via rádio frequência para redes de longa distância de baixa potência, classificada como LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) (ESPRESSIF, 2019). LoRa (do inglês - *Long Range*: Longo Alcance) é uma tecnologia criada por meio de uma *start up* francesa em 2010 e adquirida pela fabricante de semicondutores Semtech Corporation® em 2012.

A Tecnologia LoRa possui uma arquitetura que é dividida em duas camadas, sendo elas: LoRa (pertencente à Semtech Corporation®), camada física, que estabelece requisitos relacionados ao meio de transmissão, tais como: o tipo de codificação de dados, técnica de modulação, faixa de frequência, níveis de tensão, entre outros; LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*), que define a camada de

enlace, sendo essa responsável por padronizar funções como detectar e opcionalmente, corrigir erros nos dados transmitidos, gerar quadros (grupos de *bits*) a serem usados na transmissão entre os canais, realizar o controle de fluxo da taxa de transmissão, entre outros (RUBIO-APARICIO *et al.*, 2019).

Diferentemente da camada física LoRa, que é proprietária, a camada de enlace, LoRaWAN, é um padrão de código aberto que pode ser usada livremente em desenvolvimentos próprios para dispositivos e *gateways*, sendo gerida pela LoRa Alliance®, que é uma associação aberta sem fins lucrativos. Seus membros colaboram estreitamente e compartilham experiências para promover e impulsionar o sucesso do padrão LoRaWAN®, como o padrão global aberto para conectividade LPWAN em IoT (LORA ALLIANCE, 2021). Mais detalhes sobre a tecnologia LoRa são encontrados em estudos como os de Sinha, Wei e Hwang (2017) e Wiklundh (2019).

METODOLOGIA

O procedimento investigativo neste trabalho fez uso de pesquisa básica, objetivo descritivo de uma RSL, análise dos dados com abordagem quali-quantitativa, com informações coletadas por meio de procedimento bibliográfico (GIL, 2002; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Como pode ser observado em Galvão e Pereira (2014, p. 183), RSL é um tipo de pesquisa focada em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis. Para a consecução da RSL, a pesquisa foi estruturada conforme o modelo proposto por Biolchini *et al.* (2005), onde os autores propõem três etapas, sendo elas: 1ª) Planejamento da RSL; 2ª) Condução da RSL e 3ª) Análise dos Resultados. Tais etapas serão apresentadas detalhadamente ao longo desse trabalho.

2.1 Elaboração da RSL

A realização da RSL consistiu basicamente em três passos, sendo eles, a identificação da sua necessidade, a criação de um protocolo e a descrição da sua condução. Cada um desses procedimentos é explicado na sequência.

2.1.1 Identificação da necessidade de uma RSL

A identificação da necessidade da RSL, descrita neste trabalho, foi apresentada em sua introdução.

2.1.2 Criação do Protocolo de RSL

Para conceber o estudo aqui relatado, foi elaborado um Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura (PRSL) que pode ser acessado [clikando aqui](#). Salienta-se que, para o registro da documentação da RSL, facilitando a extração e sumarização dos dados, foram elaborados os seguintes formulários: Formulário de Condução da Revisão – Seleção Preliminar; Formulário de Condução da Revisão – Seleção Final e Formulário de Condução da Revisão – Resultado Final da RSL. Os formulários acima relacionados podem ser acessados [clikando aqui](#).

2.1.3 Criação do Protocolo de RSL

A revisão sistemática foi conduzida nos meses de setembro de 2021 a novembro de 2021. Ao todo foram filtrados na seleção preliminar, com base na leitura do resumo/*abstract*, 94 trabalhos (83 em língua inglesa e 11 em língua portuguesa) dos quais 44 foram filtrados, com base na leitura de todo o trabalho, sendo esses últimos considerados aptos para a fase de seleção final. Tais resultados podem ser vistos com mais detalhes no Quadro 1, que apresenta o número de trabalhos excluídos pelo Critério de Exclusão da Seleção 1 (CESP1) e pelo Critério de Exclusão da Seleção 2 (CESP2), ambos descritos no PRSL.

Base de Dados	Resultados Iniciais	CESP1	CESP2	Total de Incluídos
Google Acadêmico (Língua Portuguesa)	11	-3	0	8
Google Acadêmico (Língua Inglesa)	82	-45	-1	36
SCOPUS (Língua Portuguesa)	0	0	0	0
SCOPUS (Língua Inglesa)	1	0	-1	0
Total	94	-25	-2	44

Quadro 1 – Número de trabalhos excluídos pelos critérios de exclusão da seleção 1 e 2.

Fonte: Autores.

Como resultado da seleção final, apenas 5 trabalhos foram considerados como “Incluído”, onde tiveram os seus dados extraídos e analisados, de acordo com as recomendações previstas no PRSL. Tais trabalhos são indicados no Quadro 2, ordenados alfabeticamente em relação às citações.

Título	Citação	Tipo de Trabalho
A smart monitoring and controlling for agricultural pumps using LoRa IOT technology	Ali, Chisab, Mnati (2019).	Artigo
Proposal for the design of monitoring and operating irrigation networks based on IoT, cloud computing and free hardware Technologies	Fernández-Ahumada <i>et al.</i> (2019).	Artigo
Design, implementation, and empirical validation of an IoT smart irrigation system for fog computing applications based on Lora and Lorawan sensor nodes	Froiz-Míguez <i>et al.</i> (2020).	Artigo
Sistema de monitorização de canais de rega	Lameira (2020).	Dissertação
Cyberphysical Network for Crop Monitoring and Fertigation Control	Rosse (2020).	Dissertação

Quadro 2 – Trabalhos Filtrados na Seleção Final.

Fonte: Autores.

formulários, todos indicados na seção 2.1.3. Desse modo, permite-se que o presente trabalho possa ser repetido e auditado por pesquisadores interessados no estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se o número total de trabalhos filtrados antes da aplicação da seleção preliminar, ou seja, os resultados iniciais selecionados pelas bases de dados (94 trabalhos) com o resultado da seleção final da RSL (5 trabalhos), percebe-se que, apenas 5,3% dos trabalhos selecionados atenderam integralmente os objetivos dessa pesquisa. Esse baixo número de trabalhos selecionados pode ser um indício de que estudos de desenvolvimento de protótipos com placa microcontrolada ESP32 LoRa, aplicados na área de monitoramento de sistemas de irrigação, ainda são incipientes, assim, tal temática, pode ser considerada como uma nova linha de pesquisa a ser desbravada pelos pesquisadores. Em relação as datas de publicação dos trabalhos filtrados na Seleção Final da RSL, constata-se que todos são bem recentes, a partir do ano de 2019 até 2020, com um maior número, 3 trabalhos, publicados em 2020.

Com a caracterização inicial dos trabalhos filtrados na seleção final da RSL já aqui apresentados, o passo seguinte consiste na extração das informações apresentadas no Formulário de Condução da Revisão – Resultado Final da RSL, objetivando responder as questões de pesquisa mostradas na sequência.

Questão Primária 1 (QP1). *Qual é o nível de detalhamento das informações sobre a construção do protótipo, descritas no trabalho, tais como materiais, métodos, recursos e técnicas, necessárias para possibilitar a reprodutibilidade do projeto por outros pesquisadores? (Respostas possíveis: Insuficiente, Parcialmente Suficiente, Suficiente, Não Apresentado e Não se Aplica).*

Ressalta-se que, na concepção avaliativa dos pesquisadores do presente estudo, as possíveis respostas referentes aos níveis de detalhamento foram estabelecidas, por conveniência, com as seguintes relações: **a) Insuficiente:** o trabalho não apresenta informações suficientes para replicar o estudo, ou seja, informações sobre a construção do *hardware*, bem como o detalhamento do desenvolvimento dos *softwares* são insuficientes para implementação do protótipo; **b) Parcialmente suficiente:** o trabalho apresenta informações suficientes para replicar parcialmente o estudo, ou seja, os dados fornecidos no estudo permitem construir o protótipo apenas em parte e não completamente; **c) Suficiente:** o trabalho apresenta informações suficientes para replicar o estudo por completo, ou seja, informações sobre a construção do *hardware*, bem como o detalhamento do desenvolvimento dos *softwares* são suficientes para implementação do protótipo; **d) Não apresentado:** o trabalho não forneceu nenhuma informação sobre a construção do protótipo; e) **Não se aplica:** O trabalho não trata de construção de protótipo, por exemplo, pode ser uma revisão sistemática da literatura.

Os resultados/respostas da QP1 são mostrados na Quadro 3. Ressalta-se que, dos cinco trabalhos três foram classificados como “Parcialmente Suficiente” e dois como “Suficiente”.

Trabalho	Resposta da QP1
Ali, Chisab, Mnati (2019).	Parcialmente suficiente.
Fernández-Ahumada et al. (2019).	
Froiz-Míguez et al. (2020).	
Lameira (2020).	Suficiente.
Rosse (2020).	

Quadro 3 – Resultados/respostas da QP1.

Fonte: Autores.

Com base nos resultados apresentados no Quadro 3, percebe-se que 40% dos trabalhos foram classificados como “Suficiente” e 60% não apresentam informações para permitir um completo desenvolvimento do protótipo. Nessa perspectiva, aponta-se a importância da produção de trabalhos com maior riqueza de detalhes construtivos visando sua replicação pela comunidade científica, claro que quando há o interesse de registro de patente (o que não é o caso dos cinco estudos aqui analisados), tal recomendação não se aplica.

Questão Primária 2 (QP2). Qual é o nível de detalhamento das informações descritas no trabalho, sobre métodos, recursos e técnicas, usadas para avaliar o protótipo? (Respostas possíveis: Insuficiente, Parcialmente Suficiente, Suficiente, Não Apresentado e Não se Aplica).

As possíveis respostas para a QP2 são as mesmas da QP1, porém aqui os níveis de detalhamento referem-se à avaliação/validação do protótipo e não à sua construção. Os resultados/respostas da QP2 são mostrados na Quadro 4. Salienta-se que, dos cinco trabalhos apenas 1 obteve como resposta “Não apresentado”, 2 “Parcialmente Suficiente” e 2 “Suficiente”.

Trabalho	Resposta da QP2
Ali, Chisab, Mnati (2019).	Não apresentado.
Fernández-Ahumada et al. (2019).	Parcialmente suficiente.
Rosse (2020).	
Froiz-Míguez et al. (2020).	Suficiente
Lameira (2020).	

Quadro 4 – Resultados/respostas da QP2.

Fonte: Autores.

A exemplo da análise feita em relação à QP1, também aqui, 60% dos trabalhos não apresentaram informações completamente suficientes para permitir a avaliação do protótipo. Logo, entende-se que, trabalhos com maior riqueza de detalhes sobre a avaliação/validação de protótipos seriam mais interessantes, tendo em vista a reprodutibilidade do estudo.

Questão Primária 3 (QP3). Quais são os métodos e as técnicas usadas para avaliar o protótipo?

Apenas o trabalho de Ali, Chisab e Mnati (2019) não apresentou nenhum procedimento de avaliação do protótipo desenvolvido. A avaliação do protótipo dos trabalhos de Fernández-Ahumada et al. (2019) e Froiz-Míguez et al. (2020) ocorreram por meio de testes visando verificar o nível de sinal de potência na

recepção, considerando diferentes distâncias de enlaces. Esse teste muitas vezes é identificado nos estudos como nível de *Received Signal Strength Indication* (RSSI). Juntamente com esse teste, também foi verificada a medida de perdas de pacotes de dados (em *bytes*), ocorrida durante um determinado tempo de transmissão. Uma provável razão pela escolha desses testes de avaliação do protótipo nos trabalhos analisados, pode ser o fato de que em alguns tipos de placas microcontroladas ESP32 LoRa já existir, de forma integrada, um *display*, que a partir de uma determinada programação no microcontrolador, permite-se mostrar em sua tela, os resultados de RSSI e de pacotes de dados recebidos.

Por outro lado, a avaliação do protótipo nos trabalhos de Lameira (2020) e de Rosse (2020), focou na verificação da funcionalidade total do sistema e, especialmente, na realização de testes dos sensores, nesses estudos não foram feitos testes de RSSI. Segundo Lameira (2020), “para comprovar a precisão dos sensores, deve-se comparar os valores obtidos com valores de equipamentos calibrados e, eventualmente, optar por sensores de medição com melhor qualidade e fiabilidade.”. Assim, dos trabalhos que apresentaram algum tipo de informação a respeito da avaliação do protótipo, não foi possível observar uma prevalência de algum tipo, logo, não se pode apontar alguma tendência de ocorrência de um determinado tipo de validação de protótipo.

Questão Secundária 1 (QS1). Qual é o tipo de parâmetro monitorado?

Todos os parâmetros monitorados, considerando os cinco trabalhos, foram: Temperatura e umidade do ar; temperatura e umidade do solo; *status* da bomba (Ligada ou Desligada); Fases do motor trifásico (se cada uma está *on* ou *off*) e temperatura, caudal (vazão), condutividade elétrica e PH da água.

Questão Secundária 2 (QS2). Qual é o tipo/modelo de sensor utilizado para aquisição do parâmetro monitorado?

Os seguintes tipos/modelos de sensores foram identificados nos resultados: medidor de tensão junto ao motor (modelo não informado); DS18B20 (Temperatura); SHT15 (Temperatura e umidade); DS18B20 (Temperatura); PH-4502C (PH); SDT modelo Gravity TDS-DFRobot (Salinidade); HC-SR04 (Ultrassom) e DHT11 (Umidade e temperatura do ar).

Questão Secundária 3 (QS3). Qual é o tipo de interface gráfica de monitoramento (aplicativo de *smartphone*, página de internet, plataforma web de IoT pertencente à empresa privada, *display* integrado na placa microcontrolada, entre outros)?

Os tipos de interfaces gráficas de monitoramento utilizados nos trabalhos foram: aplicativo de *smartphone* feito no MIT app inventor 2 (1 trabalho); plataforma web de IoT: ThingSpeak (2 trabalhos); *display* integrado na placa microcontrolada (1 trabalho) e plataforma web de IoT: IBM Cloud (1 trabalho).

Questão Secundária 4 (QS4). Qual é o custo total do protótipo (caso seja informado)?

Apenas três trabalhos apresentaram o custo total do protótipo, foram eles: Fernández- Fernández-Ahumada *et al.* (2019), valor de 172 euros; Lameira (2020), valor de 304,67 euros e Rosse (2020), valor de 38,43 euros.

CONCLUSÕES

Neste artigo, apresentou-se uma visão geral do atual estado da arte em relação à construção e avaliação de protótipos com placa microcontrolada ESP32 LoRa, aplicados na área de monitoramento de sistemas de irrigação. Constatou-se que, apenas 40% dos trabalhos analisados apresentaram nível de detalhamento suficiente para permitir a construção total do protótipo e a sua validação. Logo, entende-se que, trabalhos com maior riqueza de detalhes sobre a construção e avaliação/validação de protótipos seriam mais interessantes para a comunidade científica, tendo em vista facilitar a reprodutibilidade do estudo por completo.

Neste estudo, também foram identificados os tipos de parâmetros monitorados, os sensores utilizados nessas medidas, os tipos de interfaces gráficas de monitoramento e o custo total de cada protótipo apresentado nos trabalhos. O detalhamento dessas informações está apresentado nos formulários da condução da RSL.

Como trabalho futuro, sugere-se o desenvolvendo de um estudo que faça um levantamento de algumas possibilidades de testes visando a avaliação de protótipos com placa microcontrolada ESP32 LoRa, aplicados na área de monitoramento de sistemas de irrigação. Por exemplo, basendo-se nos métodos e técnicas de avaliação de artefatos proposto por Hevner *et al.* (2004) e as adaptações nessas técnicas, sugeridas nos estudos de Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015).

STATE OF THE ART IN CONSTRUCTION AND EVALUATION OF PROTOTYPES WITH MICROCONTROLLED PLATE ESP32 LoRa, APPLIED IN THE AREA OF MONITORING IRRIGATION SYSTEMS

ABSTRACT

Monitoring irrigation systems is of paramount importance to ensure the availability of water for food production and to reduce waste, given that water is a vital resource for humanity. Thus, we understand the importance of conducting studies on the development of prototypes that enable and optimize such systems. This article describes the conduction of a Systematic Literature Review, with the objective of identifying the level of detail of the information on the construction of prototypes with ESP32 LoRa microcontrolled board, applied in the area of monitoring of irrigation systems and also the techniques used for the your ratings. In all, 94 works were filtered in the preliminary selection, based on the reading of the abstract/abstract, of which 44 were filtered, based on the reading of the entire work, the latter being considered suitable for the final selection phase. As a result of the final selection, only 5 works were considered as “Included”, where their data were extracted and analyzed. It was found that 60% of the works did not present completely enough information to allow the construction and evaluation of the prototype. This research also identified the types of monitored parameters, the sensors used in these measurements, the types of graphical monitoring interfaces and the total cost of each prototype presented in the works. It is understood that the information presented in this article can contribute to studies on the implementation of irrigation monitoring systems, especially those with low cost, in the form of prototypes.

KEYWORDS: Systematic Literature Review, ESP32 LoRa, Irrigation

REFERÊNCIAS

BIMBO, Del, A., “**Visual Information Retrieval**”, Morgan Kaufmann (1999).

ALI, A. H.; CHISAB, R. F.; MNATI, M. J. A smart monitoring and controlling for agricultural pumps using LoRa IOT technology. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science**, v. 13, n. 1, p. 286-292, 2019.

ALVES COELHO, J.; GLÓRIA, A.; SEBASTIÃO, P. Precise water leak detection using machine learning and real-time sensor data. **IoT**, v. 1, n. 2, p. 474-493, 2020.

BIOLCHINI, J. *et al.* Systematic review in software engineering. **System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES**, v. 679, n. 05, p. 45, 2005.

BRASIL. **Lei Nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013**. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação. 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm. Acesso em: 27. set. 2021.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. Nova York: Springer, p. 176, 2015.

ESPRESSIF, S. ESP32 Series Datasheet. **Espressif Systems**, p. 20-50, 2019. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/es_p32_datasheet_en.pdf. Acesso em: 28 nov. 2021.

FARIA, E. P. de; CAVAZOTTI, R. M. **Monitoramento de índices de umidade de solos utilizando rede de LoRa**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponto Grossa, 2019.

FELDENS, Leopoldo. Homem e Agricultura a História. **Lajeado: Univantes**, 2018.

FERNÁNDEZ-AHUMADA, L. M. et al. Proposal for the design of monitoring and operating irrigation networks based on IoT, cloud computing and free hardware technologies. **Sensors**, v. 19, n. 10, p. 2318, 2019.

FROIZ-MÍGUEZ, I. *et al.* Design, implementation, and empirical validation of an IoT smart irrigation system for fog computing applications based on Lora and Lorawan sensor nodes. **Sensors**, v. 20, n. 23, p. 6865, 2020.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 23, p. 183-184, 2014.

GARCÍA, L. *et al.* IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. **Sensors**, v. 20, n. 4, p. 1042, 2020.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GLÓRIA, A.; CARDOSO, J.; SEBASTIÃO, P. Sustainable irrigation system for farming supported by machine learning and real-time sensor data. **Sensors**, v. 21, n. 9, p. 3079, 2021.

HELTEC, Automation. WIFI LoRa 32(V2). Disponível em: <https://heltec.org/project/wifilora-32/>. Acesso em: 28 out. 2021.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in information systems research. **MIS Quaterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

LAMEIRA, M. F. M. **Sistema de monitorização de canais de rega.** 2020. Dissertação (Mestrado em Internet das Coisas) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Beja, Beja. 2020.

LORA ALLIANCE. **Lora alliance R annual report.** 2020. Disponível em: <https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/>. Acesso em: 15 out 2021.

NAVARRO, E.; COSTA, N.; PEREIRA, A. A systematic review of IoT solutions for smart farming. **Sensors**, v. 20, n. 15, p. 4231, 2020.

OLIVEIRA, L. R. De. **Evaluation of LoRaWAN Wireless Communication Protocol and its applicability in monitoring climate conditions.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia e Inovação) – Universidade de São Paulo. São José dos Campos. 2019.

ROSSE, H. V. **Cyberphysical network for crop monitoring and fertigation control.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Escola Superior de Tecnologia e Gestão da Politécnica Instituto de Bragança. Bragança. 2020.

RUBIO-APARICIO, J. *et al.* Design and implementation of a mixed IoT LPWAN network architecture. **Sensors**, v. 19, n. 3, p. 675, 2019.

SAAD, M. H. M.; HAMDAN, N. M.; SARKER, M. R. State of the Art of Urban Smart Vertical Farming Automation System: Advanced Topologies, Issues and Recommendations. **Electronics**, v. 10, n. 12, p. 1422, 2021.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. 624 p.

SÁNCHEZ-SUTIL, F.; CANO-ORTEGA, A. Smart Control and Energy Efficiency in Irrigation Systems Using LoRaWAN. **Sensors**, v. 21, n. 21, p. 7041, 2021.

SILVA, W. C. **Barramento de Comunicação IoT para Plataforma de Pecuária de Precisão**. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2021.

SINHA, Rashmi Sharan; WEI, Yiqiao; HWANG, Seung-Hoon. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. **Ict Express**, v. 3, n. 1, p. 14-21, 2017.

SOTO, J. P. T. *et al.* Performance evaluation of LoRa technology for agricultural applications in rural areas. **DYNA**, v. 88, n. 216, p. 69-78, 2021.

TAOUS, H.; HADRIA, R.; EL MOUSSATI, A. Design of A Low-Cost Smart Irrigation System using LoRa wireless RF technology. **African and Mediterranean Agricultural Research Journal-AI-Awamia**, n. 132, 2021.

TAŞKIN, D.; YAZAR, S. A Long-range context-aware platform design for rural monitoring with IoT In precision agriculture. **International Journal of Computers Communications & Control**, v. 15, n. 2, 2020.

UNESCO *et al.* **The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water**. United Nations, 2021.

WIKLUNDH, Kia C. Understanding the IoT technology LoRa and its interference vulnerability. In: **2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility-EMC EUROPE**. IEEE, 2019. p. 533-538.

Recebido: 17/03/2022

Aprovado: 30/04/2024.

DOI: 10.3895/recit.v15i36 15269

Como citar: RIBEIRO, A. F. S., LIMA, N. S. M., OLIVEIRA, I. V. N. de C. Estado da arte em construção e avaliação de protótipos com placa microcontrolada esp32 lora, aplicados na área de monitoramento de sistemas de irrigação.. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira, v. 15. n. 36, p.31-45 , jan/abr 2024 Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Altair Fábio Silvério Ribeiro,

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM - Campus Paracatu, Minas Gerais

MG-188, s/n - km 167, Paracatu - MG, 38609-899

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0 Internacional.

