# ABSTRACT

A Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), tornou-se hoje em dia na tecnologia líder em questões de informação e comunicação em tempo real [1]. Não dispondo de um modelo fixo de implementação, as suas aplicações tornam-se quase infinitas. O fator fundamental que possibilita este vasto campo de aplicação é a integração de várias tecnologias com soluções de comunicação, tais como tecnologias de identificação, localização, redes de sensores e atuadores com e sem fios, diversos protocolos de comunicação e a capacidade de dotar objetos com inteligência [2]. Neste âmbito, a monitorização e controlo das características da água para o regadio por meio de uma rede de sensores sem fios (Wireless Sensor Network -WSN) em tempo real, é uma evolução natural dos sistemas antecedentes.

Pretende-se com este artigo averiguar o estado de arte, comparando vantagens e desvantagem entre as várias soluções sejam académicas ou comerciais. Sem perder o foco no objetivo principal deste artigo que é a criação de uma base solida para implementar um sistema facilmente ampliável com outros nós e de baixo custo em qualquer canal de rega existente.

# 1 ENQUADRAMENTO

Para que o suporte da vida seja possível é necessário haver água. A sua distribuição, tal como conhecemos hoje, é resultado da evolução natural das sociedades antigas. Na atualidade, existe em geral um grande cuidado com a qualidade da água, tanto com a recolhida para consumo, como com a que provém de resíduos e é devolvida aos rios e mares. De modo a garantir a qualidade da água, são realizadas recolhas e executados testes as suas características (estipuladas em decreto-lei no 152/2017 de 07 de dezembro e decreto-lei no 23/2016 de 03 de junho) [3][4]. A água para regadio não é exceção, pelo que a monitorização da sua qualidade é essencial. Qualquer falha na deteção antecipada de componentes nocivos ou valores que se encontrem fora dos limites legais, provoca prejuízos aos regantes e traz um risco elevado para a saúde publica contaminando as plantações e solos.

Atualmente, a aquisição de informação das características da água é feita de forma manual, deslocando-se um técnico ao local, onde faz as recolhas de amostras para mais tarde analisar. Pretende-se automatizar a aquisição de informação através da implementação de uma infraestrutura de rede de sensores que obtenha, armazene e trate os valores dos principais parâmetros a analisar, tais como a temperatura (água e ambiente), condutividade elétrica, caudal, turbidez e nitratos em tempo real. A escalabilidade do sistema deve ser sempre assegurada de modo a garantir a adição de outros sensores e atuadores, colmatando as necessidades especificas das associações de regantes.

# 2 SISTEMAS ACADÉMICOS

Existem inúmeros artigos científicos na comunidade académica que se ocupam com a monitorização e controlo da qualidade da água, seja para consumo humano aliado as Smart Cities, monitorização dos níveis freáticos, barragens ou para regadio. O objetivo em todas as situações é o mesmo, identificar antecipadamente qualquer anomalia na qualidade da água. Neste artigo o autor pretende averiguar os componentes dos sistemas académicos que mais se adequam a monitorização da qualidade da água transportada por canal aberto. Um fator importante é o custo e a eficiência energética total do sistema.

## 2.1 Levantamento de literatura

Parameswari et al. [5] idealiza uma rede de nós conectados por ligações sem fios (Wireless Sensor Network -WSN) aliada ao software do Arduino Uno [6] para analisar, armazenar e filtrar os dados obtidos nos nós. Defende no artigo que os avanços tecnológicos de sistemas similares para monotorização da qualidade da água se encontram desatualizados, em termos de tecnologia, e desajustados da realidade económica (2017). Este desalinhamento é provocado por uma atualização contante dos componentes que compõem o sistema, tais como unidades de processamento, sensores e sistemas de comunicações mais eficientes, e da diminuição do custo de produção. O sistema é constituído por três unidades principais, conforme demonstrado na figura 1. Sendo a primeira de medição, montada In Situ e composta por vários nós com capacidade para medir temperatura, pH, Turbidez e condutividade. A segunda unidade é de monitorização, tratando as comunidades entre as três unidades e os respetivos nós. A última unidade que compõe o sistema é a que trata do processamento dos dados. Para a comunicação entre os nós de medição, é usado a tecnologia Wi-Fi (Padrão IEEE 802.11) [7]. A transmissão de dados para a unidade de processamento (Raspberry Pi) [8] é efetuada por tecnologia LTE (Long Term Evolution tecnology) [9].



Figura 1 - Sistema básico de serviço (citado em Parameswari et al)

Pranata et al. [10] propõe a monitorização da qualidade da água em tempo real por meio de uma arquitetura de publicação/subscrição sem intermediário (brokerless pub/sub architecture). Elabora uma vasta comparação entre o sistema proposto e o sistema mais usado no campo da IoT (Internet of Things), que é a comunicação MQTT (Message Queue Telemetry Transport) [11] usando uma plataforma Arduino e o sistema de comunicação ZigBee [12]. Comprova a relação entre temperatura, pH e oxigénio dissolvido (Dissolved Oxygen- DO) que tem vindo a ser investigada principalmente no campo da físico-química e hidrologia.

Wong et al. [13] elabora um levantamento das plataformas existentes para armazenamento e monitorização de dados obtidos pelos sensores, comparando as várias funcionalidades tais como o tipo de ficheiros suportados, capacidade de notificações e o tipo de protocolo usado para a comunicação, entre outros. Propões uma solução em tempo real das leituras, denominado algoritmo de amostragem adaptativo.

Chen et al. [14] descreve um sistema de monitorização da qualidade da água aplicado numa Smart City (Bristol Floating Harbour, Inglaterra). Efetua um levantamento comparativo das várias tecnologias de comunicação possíveis de aplicar no caso de estudo enumerando distancia de cobertura, taxas de transmissão de dados e consumos de energia, conforme indicado na tabela 1. Constrói, para prova de hipótese, uma rede WNS dotada de três nós, em que cada nó é composto por uma sonda Aqua Troll 600 de multi-parâmetro para controlo da qualidade da água e uma câmara Hikvison IP Network Camera DS-2CD2042WD-I para controlo da superfície da água. Os dados são armazenados em cartão de memoria a cada 15min e só são transmitidos por solicitação. O sistema de transmissão de dados é efetuado através da rede Wi-Fi existente na cidade.

Tabela 1 - Resumo dos protocolos de comunicação mais relevantes para IoT (citada em Chen et al)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Protocolo | Cobertura | Taxas de Transmissão | Consumos de Energia |
| ZigBee | Curta (10–20 m) | Baixa (20 Kbps–250 Kbps) | Baixo |
| Z-Wave | Curta (30 m) | Baixa (40 Kbps–100 Kbps) | Muito baixo |
| INSTEON | Curta (50 m) | Muito baixa (38.4 Kbps) | Baixo |
| Wavenis | Longa (1 km) | baixa (4.8 Kbps–100 Kbps) | Baixo |
| Wi-Fi | Média (30–100 m) | Muito alta (100Mbps - 7 Gbps) | Alto |
| 6LowPAN | Curta (10m) | Baixa (250 Kbps) | Baixo |
| LoRaWAN | Muito Longa (15 km) | Muito Baixa (0.3 Kbps–50 Kbps) | Baixo |
| NB-IoT | Muito Longa (10–15 km) | Média (2 Mbps) | Muito baixo |

Howell et al. [15] propõe uma semântica universal para aWeb das Coisa (Web of Things –WoT) no campo da monitorização e controlo da água. Segundo o autor do artigo, a falta de interoperabilidade no tratamento de dados provoca um custo adicional de 40% em qualquer sistema de monitorização da qualidade da água. É apresentada uma plataforma baseada em conhecimento de dados incluindo um exemplo de uma ferramenta par suporte à decisão.

Rekhis et al. [16] afirma que muitos sistemas de monitorização da qualidade da água são extremamente caros e complexos, são imprecisos na deteção de poluentes e falham na capacidade de recuperar de erros provocados por características a monitorizar. Propõe uma plataforma que combina redes de sensores sem fios (WNS) munidos com Tags de radiofrequência (RFID). O sistema visa um baixo custo de implementação, baixo consumo energético, escalabilidade, monitorização do desempenho do sistema e tolerância a erros e perda de dados. Segundo o artigo, são instalados Tags RFID em ambas as margens do canal de forma que se obtenha um espaçamento constante entre eles, conforme ilustra a figura 2. A montante do sentido de escoamento do canal, são libertados sensores moveis (WNS) com a capacidade de leitura dos valores de pH, temperatura, oxigénio dissolvido e turbidez, e voltam a ser recolhidos a jusante. Cada nó flutuante possui um leitor RFID com alcance de 15m. Na figura 3, Rekhis et al demonstra a relação entre a largura do canal (W) com o raio de alcance do sensor RFID, onde deve ser garantida a distância se sobreposição minima (d).

A grande vantagem deste sistema, segundo o autor, é que permite a monitorização continua da água mesmo que algum nó WNS fique obstruído ou se extravie.



Figura 2 - Arquitetura do sistema (citada em Rekhis et al)



Figura 3 - Figure 3: Arquitetura do sistema (citada em Rekhis et al)

Adu-Manu et al. [17] elaborou um estudo exaustivo comparando a evolução dos sistemas para a monitorização da qualidade da água, desde a abordagem tradicional (recolha In Situ e analise em laboratório), passando pela monitorização remota até a evolução atual do sistema onde o controlo da qualidade da água é feito por redes de WNS em tempo real. O autor demonstra também uma comparação pormenorizada dos vários componentes integrantes do sistema, como sensores, tecnologia de comunicação e unidade de computação, assim como os valores padrão para a água de consumo humano e animal emitidos pela World Health Organization (WHO) [18]. O autor divide o sistema em três partes distintas, nomeadamente em aquisição de dados, processamento de dados e por último a transferência de dados (Data Acquisition, Processing, and Transfer – DAPT). Na prática implementa mais um processo que é o tratamento de dados, através de análise, armazenamento e relatório. Fornece indicações das tecnologias mais adequadas para transmissão de dados, como para a comunicação entre nós onde recomenda ZigBee, Wi-Fi e Wi-Fi Direct e para a comunicação entre o nó final e a estação de tratamento de dados remota é aconselhado as tecnologias de GSM, LTE e WiMax. Mostra também uma preocupação com o consumo energético e recomenda o uso de bateria com carregamento por painel solar.

Jiang et al. [19] O autor baseia-se na mesma metodologia de estruturação do sistema em três componentes. Os parâmetros que se propões a monitorizar no artigo como prova de conceito são a temperatura e o pH. A maior diferença para os outros artigos é a utilização de um microcontrolador de muito baixo consumo energético da Texas Intruments (MSP430F1611). Como tecnologia de comunicação entre nós é utilizado o ZigBee e para a comunicação com a unidade de processamento de dados remota é utilizado GPRS. É demonstrado detalhadamente o funcionamento do sistema e comprovado o sucesso da sua implantação.

Postolache et al. [20] Desenvolveu um sistema WSN para implementar em Portugal. O objetivo é a monitorização da qualidade da água em lagos, rios e depósitos de água para consumo utilizando sensores e componentes de compra (off-the-shelf ) de baixo custo. Como parâmetros a medir selecionou a temperatura, condutividade e turbidez. A tecnologia de comunicação escolhida foi o ZigBee.

## 2.2 Sistema Comercial

De entre as várias empresas a elaborar neste segmento de mercado, como a In Situ [21], Mettler Toledo [22] ou Campbell Sientific [23], selecionou-se a empresa Campbell Sientific. A Campbell Sientific apresenta uma solução eficiente para a monitorização da água, nomeadamente CanalMaster185. A estação é composta por painel solar, quadro de controlo (Datalogger) com bateria e uma sonda com os sensores de altura de água, caudal, temperatura e pressão. Segundo informação do fabricante no seu site, é possível adicionar outros sensores como por exemplo o sensor de turbidez.

### 2.2.1 Arquitetura, tecnologia e funcionamento geral.

O funcionamento do sistema parte pela recolha de dados da sonda, a qual transmite os valores para o Datalogger. A transmissão de dados é assegurada por comunicação de satélite (Data Collection Platforms - DCP) [8], radio frequência (RF), Sistema global para comunicações moveis (Global System for Mobile communications – GSM) ou telefonema com voz sintetizada. Os protocolos suportados pelo sistema são SCADA (Supervisory control and data acquisition), DNP3 (Distributed Network Protocol 3) e Modbus (serial communications protocol)[24][25][26].

### 2.2.2 Funcionalidades interessantes.

O sistema permite monitorizar a o caudal e qualidade de água e simultaneamente possibilita a abertura de comportas, acionamento de bombas e outros dispositivos. As interações com os equipamentos podem ocorrer em tempo real ou com base na hora do dia, condições climatéricas ou parâmetros da medidos.

### 2.2.3 Principais deficiências.

Do ponto de vista prático, a principal desvantagem deste sistema é ser um sistema proprietário da Campbell Sientific, exigindo uma fidelização constante por parte do cliente. Não possibilita adicionar sensores que nãos sejam fornecidos pela própria empresa. Não foi possível apurar o custo total do sistema, uma vez que requer um estudo pormenorizado das necessidades do dono de obra e do local onde o sistema deve ser implementado.

# 3 CONCLUSÃO

Com a solicitação crescente dos engenheiros de sistemas embebidos por placas de desenvolvimento com maior capacidade de computação e energeticamente eficientes, o desenvolvimento dos microcontroladores encontrasse numa curva ascendente em popularidade e procura. Os sistemas analisados nestes artigos baseiam-se maioritariamente na plataforma Arduino. Atualmente existem microcontroladores mais eficiente mantendo o baixo custo, como a linha MSP430 da Texas instrumentes ou os STM32 da STMicroelectronics.

A semelhança dos microcontroladores, o mercado de sensores também é bastante vasto, encontrando-se sensores de baixo custo com precisão aceitável até sensores de alta precisão cujo preço acenda a valores bastante avultados.Aescolha dos sensores depende sempre do sistema a implementar, do balanço entre custo e benefício e das necessidades do dono de obra. O sistema deve ser analisado como um todo, de nada serve ter sensores de alta precisão se os outros componentes apresentam erros de leitura significativos. Com foi verificado, a tecnologia a adotar para o sistema de comunicação entre os nós da WNS é claramente o Zigbee pela sua fácil integração em qualquer sistema. Para as comunicações entre o nó principal e a estação de tratamento de dados é aconselhável a tecnologia GSM. O Processamento de dados não foi muito abordado nos artigos, mas idealizou-se um sistema ligado a um microcomputador do tipo Raspberry Pi.

Este artigo serviu para aprofundar os conhecimentos na construção de uma solução que satisfaça as exigências do dono de obra mantendo os custos o mais baixo possível. Como é indicado no início do artigo, o sistema deve ser escalável por adição de mais nós ou sensores. Acredita-se que o maior desafio será a alimentação dos nós, uma vez que se pretende obter bastantes leituras diversificadas o que implica a utilização de sensores com necessidades de consumos diferentes.

# REFERENCES

[1] Online measurement of water quality and reporting system using prominent rule controller based on aqua care-IOT

[2] Atzori, L., Iera, A. & Morbito, G. The Internet of Things: A Survey (2010), Computer Networks - Volume 54, Issue 15, 28 October 2010, Pages 2787-2805, Elsevier

[3] https://dre.pt/home/-/dre/114315242/details/maximized, 09 de novembro de 2018 as 14.23h

[4] https://dre.pt/home/-/dre/74605301/details/maximized, 09 de novembro de 2018 as 14.45h

[5] Parameswari, M. & Moses, M.B. Des Autom Embed Syst (2018) 22: 25. <https://doi.org/10.1007/s10617-017-9187-7>

[6] https://www.arduino.cc, 10 de novembro de 2018 as 9.30h

[7] "IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs". 1 July 2017. Retrieved Mai 10, 2018.

[8] Saffran J. et al. (2017) A Low-Cost Energy-Efficient Raspberry Pi Cluster for Data Mining Algorithms. In: Desprez F. et al. (eds) Euro-Par 2016: Parallel Processing Workshops. Euro-Par 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 10104. Springer, Cham

[9] Karandikar A., Akhtar N., Mehta M. (2017) Mobility Management in LTE Networks. In: Mobility Management in LTE Heterogeneous Networks. Springer, Singapore

[10] Alif Akbar Pranata, Jae Min Lee, Dong Seong Kim, Towards an loT-based water quality monitoring system with brokerless pub/sub architecture, 2017 IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN), 2017

[11] Hwang, H.C., Park, J. & Shon, J.G. Wireless Pers Commun (2016) 91: 1765. <https://doi.org/10.1007/s11277-016-3398-2>

[12] Krauße M., Konrad R. (2014) ZigBee. In: Drahtlose ZigBee-Netzwerke. Springer Vieweg, Wiesbaden

[13] Wong, B. P. & Kerkez, B., Environmental Modelling & Software (2016), Environmental Modelling & Software - Volume 84, October 2016, Pages 505-517, Elsevier

[14] Chen, Y. & Han, D.,Water quality monitoring in smart city: A pilot project (2018), Automation in Constuction - Volume 89, May 2018, Pages 307-316, Elsevier

[15] Howell, S., Rezgui, Y. & Beach, T., Water utility decision support through the semantic web of things (2018), Environmental Modelling & Software – Volume 102, April 2018, Pages 94-114, Elsevier

[16] Slim Rekhis, Nourhene Ellouze, and Noureddine Boudriga. 2012. A wireless sensor network based water monitoring system. In Proceedings of the 8h ACM symposium on QoS and security for wireless and mobile networks (Q2SWinet ’12). ACM, NewYork, NY, USA, 33-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2387218.2387225>

[17] Kofi Sarpong Adu-Manu, Cristiano Tapparello, Wendi Heinzelman, Ferdinand Apietu Katsriku, and Jamal- Deen Abdulai. 2017. Water quality monitoring using wireless sensor networks: Current trends and future research directions. ACM Trans. Sen. Netw. 13, 1, Article 4 (January 2017), 41 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3005719>

[18] WHO Ed. 2011. Guidelines for Drinking-Water Quality 4th ed. WHO Press, Geneva,

Switzerland.http://www.who.int, 2 de novembro de 2018 as 18.41h

[19] Jiang, P., Xia, H., He, Z. & Wang, Z. 2009. Design of a Water Environment Monitoring

System Based on Wireless Sensor Networks. Sensors 2009, 9, 6411-

6434.

[20] https://in-situ.com/products, 09 de novembro de 2018 as 15.03h

[21] https://www.mt.com/int/pt/home/products, 09 de novembro de 2018 as 15.27h

[22] https://www.campbellsci.com/canal-control, 09 de novembro de 2018 as 15.41h

[23] https://en.wikipedia.org/wiki/Meteosat, 09 de novembro de 2018 as 16.40h

[24] https://en.wikipedia.org/wiki/SCADA, 09 de novembro de 2018 as 16.45h

[25] https://en.wikipedia.org/wiki/DNP3, 09 de novembro de 2018 as 16.52h

[26] https://en.wikipedia.org/wiki/Modbus, 09 de novembro de 2018 as 16.59h