

# MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO PLATAFORMA DE INTERNET DAS COISAS

## MONITORING WATER QUALITY USING INTERNET PLATFORM OF THINGS

Wilmar Borges Leal Junior **1**  
Humberto Xavier de Araújo **2**  
Fabiano Medeiros Tavares **3**

**Resumo:** Este trabalho apresenta o desenvolvimento de prática de um modelo de automação para o monitoramento da qualidade da água, utilizando o conceito de internet das coisas – IoT. O sistema tem como escopo a integração de sistemas independentes para suporte à decisão. Está implementação tem como objetivo analisar a viabilidade no desenvolvimento de um sistema de baixo custo para monitoramento da qualidade da água. Em síntese, a aplicação inicial será realizada em sistema de hidroponia, dessa forma, podemos testar o sistema integrado de monitoramento e apoio a decisão, verificando a viabilidade do uso para suporte ao pesquisador na coleta automática e análise dos dados, contribuindo de modo significativo na tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas. Monitoramento da água. Automação. Multiparâmetro.

**Abstract:** This paper presents the practical development of an automation model for water quality monitoring using the concept of IoT. The system aims to integrate independent systems for decision support. This implementation aims to analyze the feasibility of developing a low cost system to monitor water quality. In summary, the initial application will be performed in the hydroponic system, so that we can test the integrated decision support and monitoring system, verifying the feasibility of use to support the researcher in the automatic data collection and analysis, contributing significantly to the decision making.

**Keywords:** Internet of Things. Water monitoring. Automation. Multiparameter.

---

Mestrado em Modelagem Computacional de Sistemas – UFT. **1**  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7697279316251362>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1876-6907>. E-mail: [wilmarleal@gmail.com](mailto:wilmarleal@gmail.com)

Doutor em Engenharia Elétrica – UNICAMP. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1914224370310328>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3321-4166>.  
E-mail: [hxaraujo@uft.edu.br](mailto:hxaraujo@uft.edu.br) **2**

Especialista em Redes de Computadores – ESAB. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5307756004031896>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2835-3062>.  
E-mail: [fabiano.tavares@ift.edu.br](mailto:fabiano.tavares@ift.edu.br) **3**

## Introdução

Os sistemas embarcados vêm tomando cada dia mais espaço nas produções acadêmicas. Devido ao seu custo-benefício e a alta variedade de sensores disponíveis no mercado, esses sistemas estão em crescente demanda por parte de pesquisadores e apaixonados por tecnologia. Como resultado, esse ecossistema de hardware embarcado e software recebeu a alcunha de internet das coisas, ou IoT (*Internet of Things*), como é comumente conhecido.

Vários são os métodos e ferramentas utilizadas para analisar a qualidade da água em diversos ambientes. Trabalhos como o de Leão et al. (2014) nos mostra o caminho percorrido e os materiais utilizados para análise. O procedimento convencional comumente utilizado para realização dos testes é o de se coletar amostras manualmente enviando-as a um laboratório, esse procedimento está descrito no Manual prático de análise da água, (2013), desenvolvido pelo Ministério da Saúde através da Fundação Nacional da Saúde – FUNASA, ou a realização de testes in situ, com aparelhos, realizando manualmente anotações dos dados coletados, como demonstrado no trabalho de Parron et al. (2011, p. 29 e Macedo et al. (2018, p. 59).

O presente trabalho se propõe apresentar uma proposta de automação no processo de mensuração da qualidade da água, através do desenvolvimento e utilização de um sistema, multiparâmetro, adaptável e de baixo custo. Além disso, o sistema enviará os dados através da internet para um servidor, onde poderão ser consultados a qualquer tempo. A periodicidade das aferições realizadas pelo sistema poderá ser facilmente programada, conforme a necessidade do pesquisador.

A necessidade do monitoramento automático, através de sensores eletrônicos, vem se tornando uma realidade crescente. Para melhor desenvolvimento em sistemas hidropônicos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, em seu manual de boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia escrito por Queiroz et al. (2017), recomenda o monitoramento diário da qualidade da água nesse modelo de cultivo.

Nesse modelo, a automação se torna um eficaz aliado nas tarefas repetitivas, na medida em que, a utilização de sistemas automáticos é inúmera, desde o custo até a automação de um processo. Além disso, as redes de sensores sem fio (WSN's), termo em inglês que se refere a "Wireless Sensor Network", fornecem inúmeras possibilidades de aplicações para controle e monitoramento, como aponta o trabalho de, Chen e Han, (2018), onde desenvolveram uma rede de sensores para monitoramento da qualidade da água ao longo do Rio Avon na Inglaterra<sup>1</sup> e que vem disponibilizando esses dados on-line para eventual tomada de decisão e análise por pesquisadores e autoridades locais.

Este trabalho de pesquisa delimitou-se a desenvolver um modelo de um sistema para coleta e análise de dados, com aplicação inicial em sistemas de hidroponia, que é um conjunto de técnicas de cultivo de planta sem uso do solo, (Egídio e Levy, 2013). A pesquisa tem como público alvo, pesquisadores e produtores que necessitam monitorar a qualidade da água, em sistemas hidropônicos, onde há uma maior necessidade de controle e inspeção em busca de uma melhora na produtividade.

Tendo como proposta, o objetivo geral do nosso trabalho é desenvolver uma solução integrada, multiparâmetro, de baixo custo e móvel, utilizando sistemas embarcados, para monitoramento da qualidade da água.

## Breve compêndio sobre a internet das coisas

Muito se discute sobre a ubiquidade que os sistemas computacionais vêm tomando, sua interconectividade e onipresença, Mark Weiser, publicou um artigo em 1991 na revista *Scientific American*, onde tratou de explicar o que seriam essas "coisas", descrevendo da seguinte forma: São elementos especializados de hardware e software, conectados por fios, ondas de rádio ou infravermelho, em breve serão tão onipresentes que ninguém notará sua presença (Weiser, 2002), parecia apenas o sonho de um cientista, mas, era o início do nascimento da Internet das Coisas, (*Internet of Things* – IoT).

A Internet das Coisas vem a cada dia, se tornando mais popular no meio da Tecnologia

1 <https://environment.dk/water-quality/data/sample/MD-04787610-20190617-4730514.html>

da Informação e Comunicação (TIC). O conceito geral do que é internet das coisas ainda é muito discutido no meio acadêmico. O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos – IEEE descreve o termo “*Internet of Things*” como: uma rede complexa, adaptável e autoconfigurável, que interconecta “Coisas” à Internet através do uso de protocolos de comunicação padrão. Essas coisas interconectadas têm representação física ou virtual do mundo digital, capacidade de detecção/atuação, com recurso de programação sendo unicamente identificáveis e contendo informações, incluindo a identidade, status, localização ou informações comerciais, sociais ou privadas relevantes. Minerva et al. (2015, p. 73).

Essas “coisas”, esclarece o autor, oferecem serviços, com ou sem intervenção humana, através da exploração de identificação única, captura de dados e capacidade de atuação. Dessa forma o sistema é facilmente utilizado através do uso de interfaces inteligentes e é disponibilizado em qualquer lugar, a qualquer momento, e para qualquer coisa, Minerva, Biru e Rotondi, (2015). Dessa maneira, podemos inferir que a Internet das Coisas é genericamente compreendida como uma conexão de coisas em rede, ou seja, de objetos físicos, conectados à internet que fornecem dados. Com a expansão do IoT, surge uma nova visão de mercado, pois o mesmo acarreta uma melhora no processo de automação, minimizando os erros e os custos operacionais.

Ao relacionarmos nessa pesquisa a área de monitoramento da qualidade da água ao sistema IoT, temática relativamente nova e incipiente no âmbito da pesquisa. O trabalho de Martins et al. (2017) considera a relevância na utilização de monitoramento automatizado dos recursos hídricos, em função do ganho de produtividade e menor custo, os autores propõem um sistema de baixo custo, para estudo e aplicação dessa tecnologia em plantas de saneamento.

Como proposta, o trabalho de (Almeida et al., 2017) corrobora sobremaneira com nosso trabalho, visto que, a proposta do trabalho é o desenvolvimento de um equipamento móvel para monitoramento do meio ambiente, mostrando a relevância no desenvolvimento desses sistemas de baixo custo, dando maior importância no monitoramento dos recursos hídricos para melhor controle ambiental.

Já o trabalho de (Chen e Han, 2018) demonstrou a viabilidade na realização da coleta de dados da qualidade da água em tempo real, utilizando sensores eletrônicos. Como já mencionado, o projeto teve como piloto a aferição de vários parâmetros físico-químicos, os sensores foram colocados ao longo do rio Avon, que corta a cidade de Bristol na Inglaterra, dessa forma a coleta de informações para o monitoramento ambiental está sendo feita de forma autônoma e automática, integrado ao sistema gestão de águas urbanas obtém-se uma melhor eficiência na gestão dos recursos hídricos e os dados estão disponíveis para consulta online.

É importante ressaltar que para os autores já citados, a rede de sensores, aliado à internet possibilita um método mais eficaz na coleta de dados ambientais, principalmente no que se refere ao monitoramento da qualidade da água, ao longo dos rios e bacias hidrográficas que fornecem água para consumo. Nesse sentido, ressalta o trabalho de Pule et al. (2017), que a utilização de uma rede de sensores sem fio em detrimento das formas de coletas convencionais, vem ganhando espaço nos mais deferentes meios. O trabalho dos autores compara e avalia diferentes arquiteturas propostas por diversos autores em termos de parâmetros, monitoramento.

Em seu trabalho, Lambrou et al. (2014) ressalta o baixo custo e a confiabilidade de uma rede de sensores para monitoramento, em tempo real da qualidade da água. Bem como o trabalho de Almeida et al. (2018 e Das; Jain (2017) que desenvolveram, com uso de sensores, um sistema para monitoramento em tempo real da poluição dos recursos hídricos, que por conseguinte, só demonstra a preocupação dos pesquisadores em desenvolver plataformas de uso geral para essa finalidade.

Em síntese, é possível notar semelhanças e diferenças nas reflexões dos autores que se debruçam sobre esse tema, o laço em comum apresentado é que eles tratam de monitoramento de qualidade da água de forma automática, através de sensores. Atzori et al. (2010), em seu trabalho, ressalta que o avanço da internet das coisas deve resultar de atividades sinérgicas conduzidas em diferentes campos do conhecimento, nessa acepção, várias são as pesquisas que se posicionam favoráveis ao desenvolvimento de novos produtos e técnicas utilizando

sistemas de monitoramento em tempo real e de baixo custo, com IoT.

### Características metodológicas da pesquisa

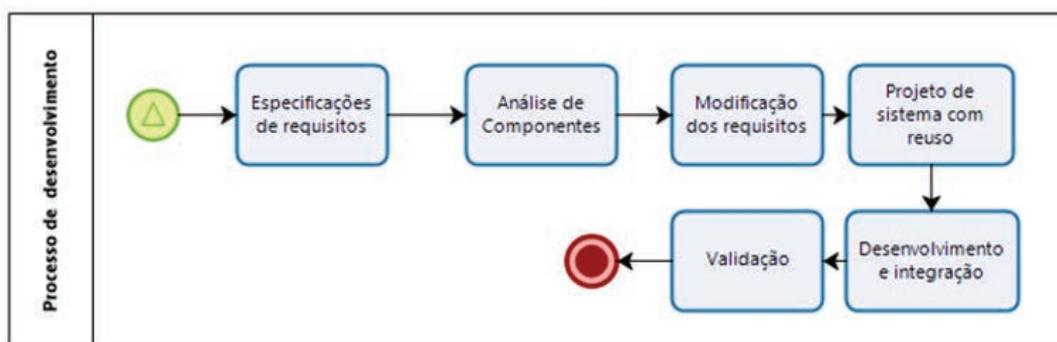
Para realização da pesquisa empregou-se, primeiramente como procedimento metodológico uma revisão da literatura, para a identificação de produções acadêmicas sobre o tema, monitoramento da qualidade da água utilizando internet das coisas – IoT, objetivando assim uma maior compreensão em termos de pesquisas já desenvolvidas. Para Salvador (1981), o levantamento bibliográfico é o conjunto de indicações precisas e minuciosas que permitem a identificação de publicações já realizadas sobre o tema através da sistematização e análise dos resultados. O planejamento da pesquisa se dará em três etapas interligadas: o estudo documental e teórico, o desenvolvimento do protótipo, simulações e os testes de bancada.

A abordagem baseia-se no desenvolvimento de um produto que integra sensores de baixo custo, para monitoramento em tempo real da qualidade da água, com a internet, sendo inicialmente empregado na hidroponia. Nesse contexto, temos que, o projeto em questão é de natureza aplicada, onde, na maioria dos casos essas pesquisas partem de estudos teóricos, modelagem, em seguida o desenvolvimento de um protótipo e por fim os testes.

Nessa perspectiva, o projeto tem como objetivo, contribuir para fins práticos, visando à solução imediata do problema encontrado na realidade, como destaca Barros e Leheld, (2007, p. 93). Appolinário (2004, p. 150 apud Vilaça, 2010, p. 65) salienta que pesquisas aplicadas têm o objetivo de resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas, gerando assim conhecimento para aplicações dirigidas a solução de problemas.

Para garantir que o projeto sobrevenha adequadamente, estabelecemos as especificações metodológicas baseadas em componentes, maximizando assim a produtividade, de mesmo modo como é utilizada no desenvolvimento de software. Para (Ramos, 2017, p. 27), a modelagem baseada em componentes faz com que o produto seja construído por partes, distribuídos em pequenos módulos, focando em apenas uma funcionalidade ou um conjunto de funcionalidades semelhantes, objetivando assim, minimizar a complexidade envolvida no desenvolvimento.

Figura 1. Fases do modelo baseado em componentes



Fonte: Adaptado de (Ramos, 2017, p. 26)

Na figura 1, destacamos as etapas do modelo baseado em componentes, sugerida por Ramos (2017). Em princípio, iniciamos na etapa de coleta de requisitos, buscando alinhar as necessidades do cliente/usuário de forma clara e objetiva para o alcance dos objetivos. A análise de componentes tem por objetivo verificar se o conjunto analisado para o desenvolvimento do modelo supre as necessidades apontadas na etapa anterior. A etapa de modificação de requisitos é garantida para fins de adequação.

Na sequência, a modelagem do sistema é realizada com base no reuso dos componentes selecionados, visto que esses são testados separadamente. Na etapa de desenvolvimento e integração, os componentes são interligados e novos componentes podem ser solicitados para compor a solução final. Por fim, é validado o sistema com base nas especificações iniciais

e testes realizados em ambiente de produção.

### Componentes utilizados no desenvolvimento do sistema

A internet das coisas é uma escolha natural quando se trata de automação. Observa-se na maioria dos trabalhos, com uso do IoT, a veemente preocupação com a escolha do hardware e seus custos, nosso trabalho não é diferente, dado que um dos objetivos específicos é realizar a comparação dos custos no desenvolvimento do modelo proposto e confrontá-lo com sistemas semelhantes, de uso comercial já reconhecidos no mercado. Posto isto, é mostrado na (tabela 1) a descrição dos componentes eletrônicos utilizados na constituição do modelo proposto.

**Quadro1.** Componentes utilizados

MATERIAIS	QUANT.	VALOR (R\$) ≅
Microcontrolador ESP-WROOM-32 LOLIN Lite	1	60,00
Sensor de pH + modulo, modelo E-201	1	120,00
Caixa Hermética	1	40,00
Sensor de temperatura da água	1	30,00
Sensor de Condutividade Elétrica/Metro V2	1	295,00
Modulo RTC DS1302	1	10,00
Bateria de Lítio de 3V	1	5,00
Protoboard 400 pinos	1	12,00
Carregador portátil PowerBank 5000mah	1	45,00
Modulo SD Card	1	8,00
CI PCF8574 Expansor de Portas I2C	1	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>635,00</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O aspecto fundamental da pesquisa aplicada é a busca por soluções que resolvam problemas concretos. Em consequência disso, vê-se, a todo instante, a crescente demanda por soluções tecnológicas em suas mais diversas aplicações.

Sendo assim, autores como: Lambrou et al. (2014), Gielen (2015) e Pule et al. (2017), aduzem que a crescente demanda pela utilização da internet das coisas se justifica pelo seu baixo consumo de energia e custo tendo um alto valor agregado. Dessa maneira, pesquisas relacionadas vem se tornando um atrativo para o desenvolvimento de sistemas integrados. Além disso, vários desses sistemas são disponibilizados ao público geral no formato, Do It Yourself, (DIY) do português “faça você mesmo”, dispensando assim, na maioria das vezes, o uso de uma ajuda profissional.

A escolha da plataforma para gerenciamentos de dados não é uma escolha fácil, hoje no mercado há inúmeras soluções para IoT. Por outro lado, escolhemos como plataforma *Thingspeak™* que, segundo seus desenvolvedores é um serviço de plataforma de analítica da IoT que permite agregar, visualizar e analisar fluxos de dados ao vivo na nuvem.

Dessa forma os dados coletados pelos sensores poderão ser visualizados após o envio pelos dispositivos no *ThingSpeak*. Dessa forma, tendo como proposta a análise dos dados pelos pesquisadores, logo, sua predileção se deu por utilizar códigos do *MATLAB®* no *ThingSpeak*, realizando assim o processamento on-line dos dados conforme eles são recebidos. O *ThingSpeak* é frequentemente usado para prototipagem e sistemas IoT para verificação de conceito que exigem análise. (*ThingSpeak*, 2019).

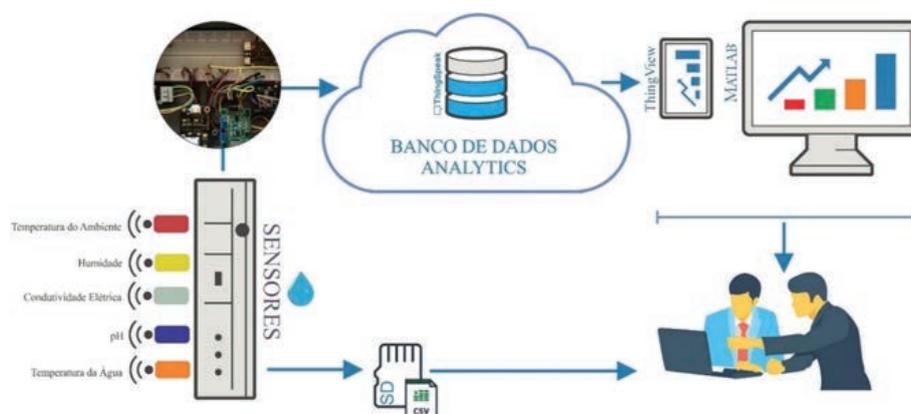
A programação dos sensores se deu através da IDE (*IntegratedDevelopmentEnvironment*), do Arduino, onde, através de sua linguagem de programação e inúmeras bibliotecas próprias, disponibilizadas pelos fabricantes, conseguimos dispor do projeto com maior facilidade e uma melhor escalabilidade do produto proposto, visto que as bibliotecas e funções são facilmente obtidas através da IDE.

### Visão geral do funcionamento do sistema

Apresentamos na (figura 2) o comportamento do sistema, o modelo proposto, realiza duas formas de armazenamento e visualização dos dados. Tendo em vista a demanda por monitoramento remoto, o sistema utilizará através de uma conexão com a internet o armazenamento dos dados coletados em um sistema online, por conseguinte os dados coletados ficarão armazenados em um banco de dados na plataforma *ThingSpeak*, podendo ser acessado a qualquer tempo, de qualquer local, necessitando apenas de uma conexão com a internet.

Pensando na possibilidade de locais sem conexão com a internet, o sistema nos oferece uma segunda opção, a de armazenamento dos dados coletados pelos sensores em um cartão de memória interno. Esses dados ficarão armazenados no formato de arquivo CSV (Comma-Separated Values) para uma posterior extração e análise pelo pesquisador.

**Figura 2.** Esquema de funcionamento do sistema proposto



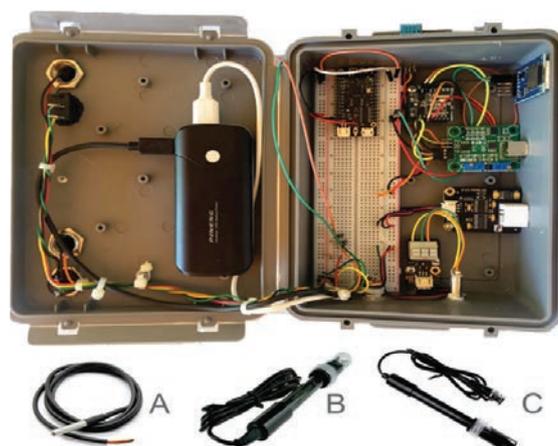
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

E, por último, o sistema também conta com a visualização dos dados através de dispositivos móveis, como tablets e celulares, para isso, utiliza-se aplicativos que realizam a leitura dos dados que estão no broker, a exemplo do *ThingView*.

### Resultado da solução integrada

Com a popularização dos sistemas embarcados, aliados, na maioria das vezes, ao seu baixo custo, optou-se por utilizar o hardware de pequena monta, porém que suprissem a demanda especificada. Na (figura 3) temos uma visão geral do sistema integrado, já montado em conjunto com os sensores externos.

**Figura 3.** Modelo proposto e os sensores (A) Temperatura, (B) pH, (C) Condutividade Elétrica



**Fonte:** Elaborado pelos Autores.

Todo o conjunto de sensores foi calibrado e validado em conjunto com sensores utilizados no laboratório de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Tocantins, campus Dianópolis. Para validação do pH e temperatura da água, utilizamos o pHmetro portátil modelo mPA-210p, para validar o sensor de temperatura ambiente, utilizamos o Higrômetro Digital portátil, foram coletadas as temperaturas no mesmo ambiente em diferentes momentos, tendo uma variação, entre os dois sensores de 2º graus na temperatura e 2% na umidade. Por fim, para validação da condutividade elétrica, utilizamos a solução 12.88 ms/cm (micro siemens) a 25º na qual acompanha o equipamento para calibração e validação e o resultado foi 12.59 ms/cm, assim, ficando dentro dos valores aceitáveis.

### **Resultado da solução integrada**

Esse sistema mostrou-se financeiramente viável, útil e facilmente aplicável, entretanto, para torná-lo, mas prático e produzi-lo em larga escala para ser distribuído nas instituições de ensino e pesquisa, deve-se produzir as placas de circuito impresso e colocá-las em um revestimento para transporte, gerando um laboratório móvel, conectado à internet.

Para facilitar as configurações do sistema com a internet, poderá ser desenvolvida uma interface gráfica para conexões em redes wifi e hotspot, podendo ser utilizado até mesmo o wifi manager do próprio ESP32, facilitando assim as configurações de uso do sistema.

Para melhor experiência do usuário, com uma interface mais amigável, o sistema necessitará de um display LCD para visualização dos dados, por hora não dispomos desses dispositivos, para visualização dos dados utilizamos o próprio monitor na saída serial do sistema, assim, podemos ver em tempo real as aferições sendo realizadas pelos sensores.

E, por fim, ao passo que, mesmo com as adversidades encontradas, no decorrer do desenvolvimento do protótipo, avaliamos positivamente a proposta, pelo seu custo benefício inferior aos encontrados no mercado, tendo como questão principal a utilização da internet para armazenamento dos dados coletados pelos sensores, com envio para um sistema online eliminando a possibilidade de erros nas anotações manuais.

### **Referências**

ALMEIDA, A. R.; MARIANO, A. B.; SCREMIN, B. L.; MOREIRA, G. F. N.; LOPES, P. H. P. M. **Projeto e desenvolvimento de laboratório móvel para monitoramento ambiental dos níveis de temperatura e humidade baseado em Internet das Coisas (IoT)**. 2018.

ALMEIDA, A. R.; SCREMIN, B. L.; MOREIRA, G. F. N.; LOPES, P. H. P. M.; MARIANO, A. B. **Projeto e desenvolvimento de um laboratório móvel para monitoramento ambiental de corpos de água baseado em internet das coisas (IoT)**. 2017.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The Internet of Things: A survey**. Computer Networks, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, out. 2010.

BARROS, A. J. DA S.; LEHFELD, N. A. DE S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2007.

BRASIL, F. N. DE S. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília - DF: [s.n.].

CHEN, Y.; HAN, D. **Water quality monitoring in smart city: A pilot project**. Automation in Construction, v. 89, p. 307–316, maio 2018.

DAS, B.; JAIN, P. **Real-time water quality monitoring system using Internet of Things**. 2017 International Conference on Computer, Communications and Electronics (Comptelix), p. 78–82, 2017.

EGÍDIO, N. B.; LEVY, B. P. AS TÉCNICAS DE HIDROPONIA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, n. 0, p. 107–137, 16 set. 2013.

GIELEN, G. Design of low-power sensor interfaces in the IoT era 2015 6th International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI). **Anais...** In: 2015 6TH IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCES IN SENSORS AND INTERFACES (IWASI). Gallipoli: IEEE, jun. 2015 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7184950/>>. Acesso em: 21 jun. 2019

LAMBROU, T. P.; ANASTASIOU, C. C.; PANAYIOTOU, C. G.; POLYCARPOU, M. M. **A Low-Cost Sensor Network for Real-Time Monitoring and Contamination Detection in Drinking Water Distribution Systems**. IEEE Sensors Journal, v. 14, n. 8, p. 2765–2772, ago. 2014.

LEÃO, M. F.; OLIVEIRA, E. C.; PINO, J. C. D. Análises de água: um estudo sobre os métodos e parâmetros que garantem a potabilidade dessa substância fundamental para a vida. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 6, n. 4, p. 8, 2014.

MACEDO, T. DE L.; REMPEL, C.; MACIEL, M. J. **Análise físico-química e microbiológica de água de poços artesianos em um município do Vale do Taquari-RS**. Tecno-Lógica, v. 22, n. 1, p. 58–65, 22 jan. 2018.

MARTINS, A. B.; COSTA, C. C. R. DA; AZEVEDO, M. T. DE; KOFUJI, S. T. **Gerenciamento da água com internet das coisas (IoT): uma aplicação em plantas de saneamento**. v. 4, n. 2, 2017.

MINERVA, R.; BIRU, A.; ROTONDI, D. **Towards a definition of the Internet of Things (IoT)**. [s.l.] IEEE, maio 2015. Disponível em: <[https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE\\_IoT\\_Towards\\_Definition\\_Internet\\_of\\_Things\\_Revision1\\_27MAY15.pdf](https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2019.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Embrapa Florestais, , 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2019

PULE, M.; YAHYA, A.; CHUMA, J. Wireless sensor networks: A survey on monitoring water quality. **Journal of Applied Research and Technology**, v. 15, n. 6, p. 562–570, dez. 2017.

QUEIROZ, J. F. DE; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Embrapa Meio Ambiente, , 2017.

RAMOS, A. L. B. M. **Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas**. Rio de Janeiro: Estácio, 2017.

SALVADOR, Â. D. **Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica, elaboração e relatório de estudos científicos**. 9. ed. Porto Alegre: Sulina, 1981.

THINGSPEAK. **ThingSpeak - IoT**. Disponível em: <[https://thingspeak.com/pages/learn\\_more](https://thingspeak.com/pages/learn_more)>. Acesso em: 14 ago. 2019.

VILAÇA, M. **Pesquisa e ensino: considerações e reflexões**. v. 1, n. 2, ago. 2010.

WEISER, M. **The computer for the 21st Century**. IEEE Pervasive Computing, v. 1, n. 1, p. 19–25, jan. 2002.