

**PROPOSTA DE TECNOLOGIA IoT PARA SENSORIAMENTO
MULTIADAPTÁVEL INTEGRADO A CENÁRIOS DE DATA SCIENCE E
ANALYTICS**

Claudio de Souza Rocha Junior

Universidade Federal Fluminense (UFF)

R. Passo da Pátria, 156 São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240

cs_junior@id.uff.br

Miguel Ângelo Lellis Moreira

Universidade Federal Fluminense (UFF)

R. Passo da Pátria, 156 São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240

miguellemis@hotmail.com

Adilson Vilarinho Terra

Universidade Federal Fluminense (UFF)

R. Passo da Pátria, 156 São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240

adilsonvilarinho@id.uff.br

Marcos dos Santos

Universidade Federal Fluminense (UFF)

R. Passo da Pátria, 156 São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240

marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Carlos Francisco Simões Gomes

Universidade Federal Fluminense (UFF)

R. Passo da Pátria, 156 São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240

cfsg1@bol.com.br

RESUMO

Relacionada ao cenário da Internet das Coisas (IoT), a pesquisa em questão traz uma proposta de tecnologia de sensoriamento multiadaptativo integrada ao ambiente de análise de dados como suporte à decisão em cenários de gestão comercial e industrial. O estudo apresentado expõe uma proposta de um multissensor adaptativo, operável no monitoramento de temperatura, movimento, pressão, vibração e rotação, que é apresentado tecnicamente sem conhecimento específico de hardware. O estudo apresenta as principais características do dispositivo sensor e suas funcionalidades e viabilidades quando integrado a uma plataforma de computação web, visando o processamento e tratamento dos dados capturados, convertidos em informações e análises para subsidiar a decisão em nível organizacional. Ao final do estudo, são apresentadas as considerações sobre a pesquisa e propostas para estudos futuros.

PALAVRAS-CHAVE. Internet das Coisas, Tecnologia de Sensoriamento, Análise de Dados

ABSTRACT

Related to the Internet of Things (IoT) scenario, the research in question brings a proposal of multi-adaptive sensing technology integrated into the data analysis environment as decision support in commercial and industrial management scenarios. The given study exposes a proposal of an adaptive multi-sensor, operable in monitoring temperature, movement, pressure, vibration, and

rotation, which is technically presented without hardware-specific knowledge. The study presents the main characteristics of the sensing device and its functionalities and feasibilities when integrated into a web computing platform, aimed at processing, and processing the captured data, converted into information and analysis to support the decision at the organizational level. At the end of the study, is presented the considerations under the research and proposals for future studies.

KEYWORDS. Internet of Things, Sensing Technology, Data Analysis

1. Introdução

A integração de tecnologias contemporâneas ao setor industrial possibilita o desenvolvimento e avanços tecnológicos na geração de alternativas relativas ao aprimoramento da gestão industrial, demonstrando autenticamente a construção de valor relacionado à criação e implementação de alternativas viáveis no ambiente produtivo. [Lampropoulos et al. 2019]

A evolução da fabricação inteligente teve um efeito profundo e duradouro no futuro da fabricação global [Kalsoom et al. 2020]. Conforme apresentado em [Schütze et al. 2018], a Indústria 4.0, representando a quarta revolução industrial, é, de fato, mais uma visão política do que novos conceitos técnicos, onde é simplesmente a progressão contínua de alcançar um melhor conhecimento e controle sobre todo o processo de produção que tem estado em curso desde que a industrialização tornou possível a produção em massa eficiente.

Analogamente, os conceitos de indústria 4.0, relativos ao escopo da revolução industrial, proporcionam um processo tecnológico inevitável que envolve a construção de modelos baseados na manipulação de um grande volume de dados, a fim de proporcionar melhoria, desenvolvimento e avanço tecnológico relacionado à processos de produção, baseados na gestão integrada e orientada por dados, ou seja, sustentando a sua tomada de decisão em dados, ou seja, gestão "data-driven" [Moreira et al. 2022]. Nesse contexto, as organizações baseadas na produção e gestão de artefatos físicos possuem um fluxo de produção e entrega tecnicamente explícito na logística empresarial [Happonen et al. 2020].

O ambiente de automação industrial observa que as soluções baseadas na Internet das Coisas (IoT) desempenham um papel crucial na indústria 4.0 [Fernández-Caramés et al. 2019]. Para tornar o sistema inteligente, a partir da geração e consolidação de dados em pontos estrategicamente posicionados, existem diferentes tipos de sensores disponíveis de acordo com a adequação e aplicações, muitos deles produzidos em massa e disponíveis a preços consideravelmente acessíveis [Bibri et al. 2020].

Conforme discutido em [Rocha Junior et al. 2022], as tecnologias de sensoriamento estão presentes em muitos setores, como automotivo, saúde clínica, industrial, aeroespacial, agricultura e vida cotidiana. De forma sucinta, a indústria 4.0 visa garantir a eficiência por meio da automação [Ashima et al. 2021]. Conforme exposto por [Dalenogare et al. 2018], a demanda por produtos de alta qualidade e baixo custo de fabricação fez surgir a necessidade do monitoramento constante do processo de fabricação e da saúde das tecnologias industriais. Nesse íterim, existem também as possibilidades de construção e fabricação dos sensores em seu modelo e processo, uma vez que os disponíveis no mercado não possuem atendimento adequado em casos específicos de aplicação [Helal et al. 2022].

Nesse cenário, a construção de sensores pode customizar a atividade de monitoramento e geração de dados em uma operação industrial, ou mesmo varejista, dependendo do seu posicionamento como necessidade [Botín-Sanabria 2022]. E a criação de novos sensores também permite a abertura de mercados ainda inexplorados, como o mercado de suporte à tomada de decisão orientado por dados [Costa et al., de Almeida et al., dos Santos et al. 2021]

Além disso, deve-se ressaltar que o monitoramento por sensores em tempo real e o envio de dados e informações em um sistema de controle online possibilita mensurar o nível de qualidade nos equipamentos sob monitoramento, não restringindo apenas futuras avaliações de desempenho [Rocha Junior et al. 2022]. Além disso, os sinais de processo auxiliam na manutenção do equipamento devido à sua estreita relação com os elementos de trabalho dentro da máquina-ferramenta [Maêda et al. 2021].

No contexto exposto, o estudo em questão procura apresentar uma solução tecnológica alternativa baseada em tecnologia multi-sensor adaptada a diferentes tipos de necessidades. O modelo tecnológico consiste no desenvolvimento de hardware base que pode ser integrado e adaptado a diferentes tipos de necessidades e aplicações de sensoriamento, como temperatura, pressão, movimento, rotação, vibração, etc.

O artigo está estruturado em quatro seções. Sendo o assunto contextualizado nesta seção, a seção 2 apresenta uma breve revisão da literatura focada em Estudos baseados em IoT e tecnologias de sensoriamento focados no ambiente de gerenciamento orientado a dados e Big Data. Na seção 3, será explorada a proposta de um modelo multissensor adaptativo, detalhando as características técnicas de software e hardware para a vitalização do modelo. Por fim, a seção 4 apresenta as considerações finais do estudo e propostas para trabalhos futuros.

2. Conceitos de Internet das Coisas

A Internet das Coisas está relacionada à interação de objetos conectados à Internet para possibilitar a geração de dados relativos a um determinado ambiente físico [Gupta et al. 2020]. A IoT nasceu dos respectivos avanços nos trabalhos de sistemas de tecnologia embarcada, integrando modelos eletrônicos e microeletrônicos, construindo dispositivos para comunicação e sensoriamento, e aplicada ao campo industrial e tecnológico em geral [Paul et al. 2019].

Conforme discutido em [Oztemel et al. 2020], nos últimos anos, houve um aumento significativo de dispositivos inteligentes que possibilitam a captura de dados por meio de sensoriamento e monitoramento, processamento e comunicação em tempo real, trazendo assim um novo significado ao uso da Internet. na contemporaneidade, onde seu principal fator de uso não se restringe apenas a um sistema desktop ou laptop. Além disso, os estudos acadêmicos voltados para o tema IoT obtiveram relativo crescimento nos últimos anos. Assim, por meio de pesquisa sobre o tema na base Scopus, a Figura 1 expõe o número de publicações por ano referente ao termo IoT, apresentando um total de 99.467 documentos publicados de 2000 a 2021.

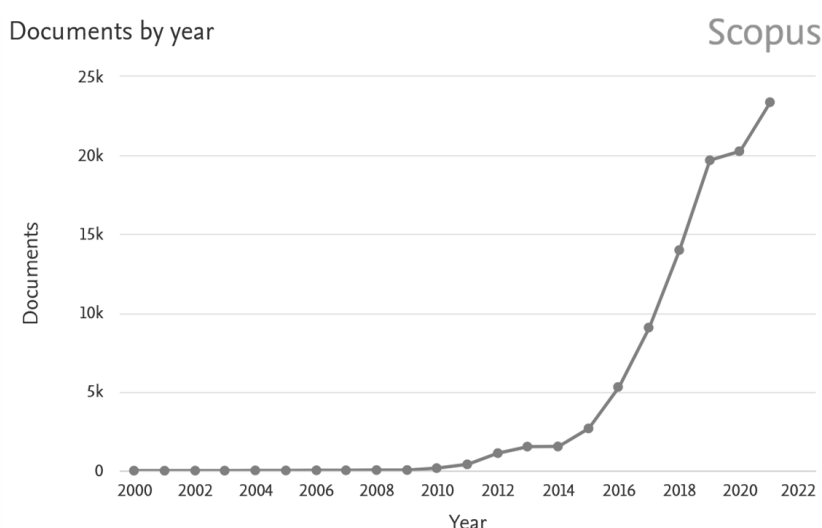


Figura 1 - Número de estudos na base Scopus acerca de IoT nos anos de 2000 a 2021

A geração de dados é um dos principais objetivos da IoT, a partir do momento em que podem servir de auxílio na tomada de decisão para as figuras responsáveis pelas atividades presentes em uma organização, considerando que melhores decisões são possíveis com dados precisos [Moreira et al. 2022].

2.1. Tecnologia de detecção

Genericamente, os dispositivos IoT consistem em microcontroladores, baseados em uma tecnologia de sistema em um chip (SoC) que consiste em um único circuito integrado com um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis [Currie et al. 2021]. Os microcontroladores são uma divisão da chamada computação embarcada, parte essencial do pleno funcionamento de qualquer solução que abranja os conceitos de IoT [Portilla et al. 2019].

Um dos principais focos das tecnologias baseadas em IoT são as tecnologias de sensoriamento, que são integradas a uma infraestrutura de IoT, proporcionando o uso de sensores virtuais por meio de protocolos de comunicação [Gheysari et al. 2022]. No entanto, um dos principais focos relacionados às tecnologias de sensoriamento é a geração de dados para vários, sendo o dispositivo de hardware apenas a primeira etapa do processo, conforme mostra a Figura 2.

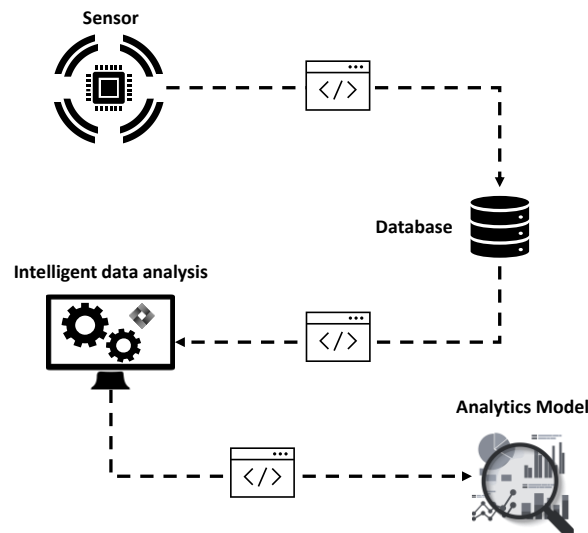


Figura 2 - Integração de tecnologias IoT em modelos analíticos.

2.2. Análise de dados

Conforme discutido em [Aceto et al. 2019], é compreensível que a quarta revolução industrial se concentre na disseminação de tecnologias de alto nível rotuladas como facilitadoras. Nesse contexto, as técnicas que compõem as abordagens de análise de dados representam modelos que, por meio da captura, processamento, processamento e manipulação de dados, possibilitam a aplicação de metodologias de alto poder prognóstico baseadas em ferramentas estatísticas e Pesquisa Operacional em geral [Jardim et al. 2020].

Com relação ao mercado atual, composto por um ambiente de negócios com grande diversidade de atividades, diferentes níveis de serviços e alta competitividade, as organizações estão direcionadas a utilizar os dados como fator para a construção da informação em seus processos produtivos [Mikalef et al. 2019]. Em relação a algumas abordagens expostas em [Mahdavinejad et al. 2018], o uso da análise de dados nas varreduras da organização pode ser direcionado para quatro grupos de aplicações, são eles:

- Eficiência e gestão do risco operacional;
- Segurança e desempenho de dispositivos de computação;
- Acompanhamento das tecnologias de informação;
- Serviços de Customer Relationship Management (CRM).

Orientadas para aplicações IoT, as quatro implementações de análise de dados mencionadas apresentam a integração de dispositivos sensores como modelos de geração de dados para a construção de informações futuras, com base nestes, compreendendo cenários em diversas áreas de aplicação, como gerenciamento preditivo de hardware, sistemas de segurança, monitoramento de ambientes físicos e virtuais, etc.

Em um contexto aberto, o processo de implementação de modelos de análise de dados em áreas específicas aborda a definição e estruturação de dados com volume, variedade e velocidade de processamento, proporcionando assim adaptabilidade a modelos baseados em redes neurais, aprendizado de máquina para classificação e clusterização e exploração exploratória. análise de dados em geral [Gomes et al. 2019].

3. Proposta de Tecnologia

A obtenção de informações sobre as tendências dos clientes que atendem determinado tipo de negócio, a prospecção de manutenção em materiais e o monitoramento de ambientes em tempo real, tornaram-se cada vez mais objeto de valor e interesse por parte de quem está à frente do gestão de ambientes comerciais e industriais, principalmente no que diz respeito à previsão de cenários futuros para tomadas de decisões com impactos de médio e longo prazo, que são realizadas no tempo presente.

Visando solucionar essa questão de captura e geração de dados, trazendo mais informações de alto valor para apoiar a tomada de decisões em contextos estratégicos, táticos e operacionais, a proposta tecnológica baseia-se no desenvolvimento de um sensor capaz de realizar previsões em diversas situações, geralmente de natureza repetitiva, tais como temperatura, movimento, pressão, rotação e semelhantes.

Dado o modelo tecnológico, trata-se de um sensor preditivo multifuncional voltado para a indústria, varejo e totens especializados em vendas automatizadas, tendo como principal objetivo fornecer insights relacionados à captura de dados presentes em um ambiente físico realizada pelo próprio sensor, que tem atribuições necessárias de recebimento e envio para um banco de dados na web.

Por ser uma tecnologia multissensorial adaptativa, existe a possibilidade de troca do sensor responsável pela entrada de dados, onde o usuário escolhe e determina o que deseja medir, monitorar e prever, com possibilidade de relatórios e novas formas de entender o ambiente que está sendo utilizado para captar novos dados que darão suporte às decisões dos stakeholders envolvidos no funcionamento do ambiente organizacional.

3.1. Arquitetura de trabalho

A proposta tecnológica captura diferentes tipos de dados presentes em um ambiente físico, que podem servir de base para diversas aplicações comerciais e industriais. O sensor desenvolvido em seu estado atual permite o monitoramento e captura de cinco tipos diferentes de dados são eles temperatura, movimento, pressão, vibração e rotação.

Construído sob o modelo de microcontrolador ESP8266 com módulos Wi-fi, capaz de transmitir, capturar, armazenar dados em um cartão SD e fazer conexões com um banco de dados na web, pois também é possível escrever scripts e gravá-los na EEPROM, tornando o circuito programável e capaz de conexões de internet.

Em se tratando de um modelo de fácil implementação, todo o processo de viabilização do hardware é estruturado de forma plug-and-play, sem necessidade de alto conhecimento técnico para viabilizar a operação do dispositivo. Ressalta-se que o dispositivo em questão possui duração de bateria de até 14 dias e pode ser restabelecido por meio de carregamento por conexão USB.

Quanto ao recebimento do dispositivo pelo usuário, conforme solicitação de n quantidades para instalação em seu ambiente físico, não exigindo algum conhecimento de natureza específica para tecnologias de sensoriamento, o usuário tem apenas o dever de posicionar o hardware no ambiente que busca realizar o monitoramento, conectar o dispositivo e escanear um QR-Code contendo as informações de monitoramento necessárias para a utilização do ambiente de processamento, tratamento e análise dos dados capturados.

Dado o posicionamento do sensor no ambiente destinado ao monitoramento, inicia-se um processo de captura de dados, sendo possível monitorar em tempo real para verificar a situação em

ocorrência, habilitando e capacitando o usuário em uso por conta própria, não exigindo grandes esforços para instalação e uso do sistema. Além disso, a Figura 3 fornece uma representação da arquitetura operacional do dispositivo integrada ao ambiente de processamento e processamento de dados usando um servidor online.

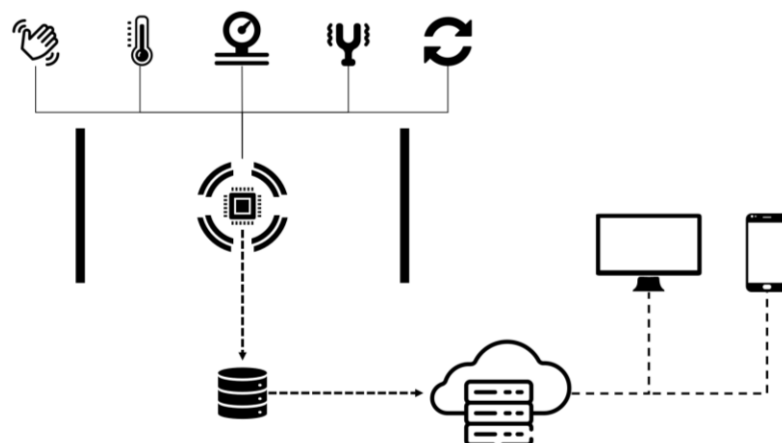


Figura 3 - A arquitetura de trabalho da proposta de tecnologia sensorial.

3.2. Ambiente de Análise de Dados

No que diz respeito ao envio de dados para um ambiente de processamento web, são viabilizadas uma plataforma web e mobile onde o usuário pode acompanhar os registros em tempo real e realizar análises preditivas orientadas aos dados capturados. Como modelo de estudo de caso, temos como exemplo um dispositivo sensor baseado no monitoramento da temperatura de um determinado ambiente físico.

O sensor fornecido possibilita o registro da temperatura local a cada segundo e expõe um registro agregado no banco de dados por minuto, operando 24 horas sem interrupções. Com os dados do registro, é possível operar um dashboard composto por diferentes análises estatísticas relacionadas aos tipos de previsões possíveis através dos dados capturados, conforme mostra a Figura 4.

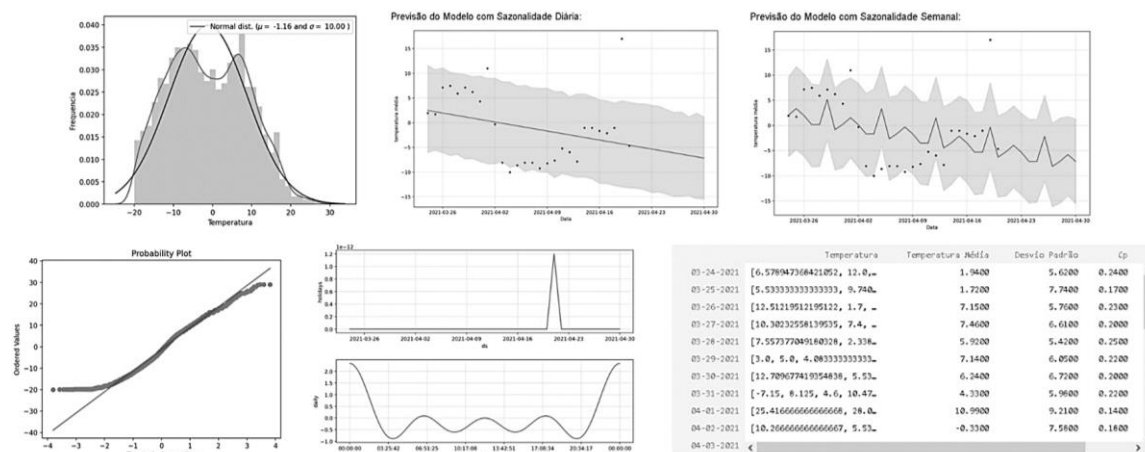


Figura 4 - Modelos analíticos com análises de definições estatísticas

De forma relacionada ao modelo de sensoriamento de temperatura, é possível, por meio da integração de ferramentas estatísticas, análises e previsões relacionadas ao ambiente físico no monitoramento, principalmente em cenários onde é necessário o controle rigoroso de uma faixa de temperatura, e a precisão dos registros estão alinhados com a entrega da qualidade necessária ao serviço proposto.

4. Conclusão

Com base no cenário da Internet das Coisas, o artigo teve como objetivo apresentar uma proposta de tecnologia multissensor adaptável a diferentes necessidades de captura de dados em um ambiente físico. Em um determinado estudo, foram abordados os principais aspectos relacionados ao ambiente IoT quanto aos modelos tecnológicos para monitoramento e sensoriamento de áreas e análise de dados, em geral, foram abordados.

Em uma determinada proposta tecnológica, foi apresentado um multissensor adaptável a diferentes necessidades de captura, baseado no monitoramento de temperatura, movimento, pressão, vibração ou rotação. Como exemplo de aplicação real, foram apresentadas as diferentes possibilidades de avaliação relativas ao monitoramento de temperatura, representando as possibilidades de análise histórica dos registros na base de dados, e também, alinhadas aos modelos analíticos, diferentes formas de previsão como modelos de apoio à decisão -fabricação no ambiente de monitoramento físico.

Ressalta-se que esta proposta não pretende ser exaustiva, mas sim apresentar à comunidade acadêmica um modelo alternativo às tecnologias de sensoriamento, tendo como ponto de valor a viabilidade de implementação de forma trivial por uma arquitetura “plug and play”, integrado em um ambiente de análise em um servidor web. Para estudos futuros, buscamos implementar um modelo sensorial em outros estudos de caso, explorando as outras possibilidades de captura, possibilitando o teste de desempenho e outras validações do sistema.

Referências

- Lampropoulos, G., Siakas, K., Anastasiadis, T.: Internet of Things in the Context of Industry 4.0: An Overview. *Int. J. Entrep. Knowl.* 7, 4–19 (2019). <https://doi.org/10.2478/ijek-2019-0001>
- Kalsoom, T., Ramzan, N., Ahmed, S., your-Rehman, M.: Advances in sensor technologies in the era of smart factory and industry 4.0. *Sensors, sensors.* 20, 6783 (2020)
- Schütze, A., Helwig, N., Schneider, T.: Sensors 4.0 – smart sensors and measurement technology enable 4.0. *J. Sensors Sens. Syst.* 359–371 (2018). <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/jsss-7-359-2018>
- Moreira, M.Â.L., Gomes, C.F.S., Santos, M., Silva Júnior, A.C., Costa, I.P. de A.: Sensitivity Analysis by the PROMETHEE-GAIA method: Algorithms evaluation for COVID-19 prediction. *Comput procedia. Sci.* 199, 431–438 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.052>
- Happonen, A., Siljander, V.: Gainsharing in logistics outsourcing: trust leads to success in the digital era. *Int. J. Collab. Enterp.* 6, 150–175 (2020)
- Fernández-Caramés, T.M., Blanco-Novoa, O., Froiz-Míguez, I., Fraga-Lamas, P.: Towards an autonomous industry 4.0 warehouse: A UAV and blockchain-based system for inventory and traceability applications in big data-driven supply chain management. *Sensors, sensors.* 19, 2394 (2019)

Bibri, S.E., Krogstie, J.: Environmentally data-driven smart sustainable cities: applied innovative solutions for energy efficiency, pollution reduction, and urban metabolism. *Energy Informatics*. 3, 1–59 (2020)

Rocha Junior, C. de S., Moreira, M.Â.L., Santos, M., Gomes, C.F.S.: Creation and implementation of an IoT-based thermometer prototype for a food organization: case study. *Comput procedia. Sci.* 199, 710–717 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.088>

Ashima, R., Haleem, A., Bahl, S., Javaid, M., Mahla, S.K., Singh, S.: Automation and manufacturing of smart materials in Additive Manufacturing technologies using Internet of Things towards the adoption of Industry 4.0. *Mater. Today Proc.* 45, 5081–5088 (2021)

Dalenogare, L.S., Benitez, G.B., Ayala, N.F., Frank, A.G.: The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *Int. J. Prod. Econ.* 204, 383–394 (2018)

Helal, A.A., Villaça, R.S., Santos, C.A.S., Colistete Jr, R.: An integrated solution of software and hardware for environmental monitoring. *Internet of Things*. 19, 100518 (2022)

Botín-Sanabria, D.M., Mihaita, A.-S., Peimbert-García, R.E., Ramírez-Moreno, M.A., Ramírez-Mendoza, R.A., Lozoya-Santos, J. de J.: Digital twin technology challenges and applications: A review. *Remote Sens.* 14, 1335 (2022)

Costa, I.P. de A., Moreira, M.Â.L., Costa, A.P. de A., Teixeira, L.F.H. de S. de B., Gomes, C.F.S., Santos, M. Dos: Strategic Study for Managing the Portfolio of IT Courses Offered by a Corporate Training Company: An Approach in the Light of the ELECTRE-MOr Multicriteria Hybrid Method. *Int. J. Inf. Technol. Decision. Mak.* 1–29 (2021). <https://doi.org/10.1142/S0219622021500565>

de Almeida, I.D.P., Corriça, J.V. de P., Costa, A.P. de A., Costa, I.P. de A., Maêda, S.M. do N., Gomes, C.F.S., dos Santos, M.: Study of the Location of a Second Fleet for the Brazilian Navy: Structuring and Mathematical Modeling Using SAPEVO-M and VIKOR Methods. *ICPR-Americas 2020. Commun. Compute. Inf. Sci.* 1408, 113–124 (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-76310-7_9

of; Santos, M., Costa, I.P. de A., Gomes, C.F.S.: Sensitivity analysis of multicriteria decision between standard deviation and average in the selection of construction of warships: a new approach to the AHP method. *Int. Anal J. Hierarchy Process.* (2021)

Maêda;, SM do N., Costa, I.P. de A., Castro Junior, M.A.P., Fávero, L.P., Costa, A.P. de A., Corriça, J.V. de P., Gomes, C.F.S., dos Santos, M.: Multi-criteria analysis applied to aircraft selection by Brazilian Navy. *Production*. 31, 1–13 (2021). <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210011>

Gupta, B.B., Quamara, M.: An overview of Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols. *Mr. Concurr. Compute. Pract. Exp.* 32, e4946 (2020)
18. Paul, A., Jeyaraj, R.: Internet of Things: A primer. *Um. Behav. Emerg. Technol.* 1, 37–47 (2019)

Oztemel, E., Gursev, S.: Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *J. Intell. Manuf.* 31, 127–182 (2020)

Moreira, M.Â.L., Gomes, C.F.S., Santos, M., Basilio, M.P., Costa, I.P. de A., Rocha Junior, C. de S., Jardim, R.R.-A.J.: Evaluation of drones for public security: a multicriteria approach by the PROMETHEE-SAPEVO-M1 systematic. *Comput procedia. Sci.* 199, 125–133 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.016>

Currie, E.H.: Embedded System Processing and I/O Protocols. In: *Mixed-Signal Embedded Systems Design*. pp. 121–145. Springer (2021)

Portilla, J., Mujica, G., Lee, J.-S., Riesgo, T.: The extreme edge at the bottom of the Internet of Things: A review. *IEEE Sens. J.* 19, 3179–3190 (2019)

Gheysari, M., Tehrani, M.S.S.: The Role of Multi-Agent Systems in IoT. In: *Multi Agent Systems*. pp. 87–114. Springer (2022)

Aceto, G., Persico, V., Pescapé, A.: A survey on information and communication technologies for industry 4.0: State-of-the-art, taxonomies, perspectives, and challenges. *IEEE Commun. Surv. Tutorials.* 21, 3467–3501 (2019)

Jardim, R.R.-A.J., Santos, M., Neto, E.C. de O., da Silva, E.D., de Barros, FCMM: Integration of the waterfall model with ISO/IEC/IEEE 29148:2018 for the development of military defense system. *Lat IEEE. Am. Trans.* 18, 2096–2103 (2020). <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9400437>

Mikalef, P., Boura, M., Lekakos, G., Krogstie, J.: Big data analytics capabilities and innovation: the mediating role of dynamic capabilities and moderating effect of the environment. *Br. J. Manag.* 30, 272–298 (2019)

Mahdavinejad, M.S., Rezvan, M., Barekatain, M., Adibi, P., Barnaghi, P., Sheth, A.P.: Machine learning for Internet of Things data analysis: A survey. *Digit. Commun. Networks.* 4, 161–175 (2018)

Gomes, H.M., Read, J., Bifet, A., Barddal, J.P., Gama, J.: Machine learning for streaming data: state of the art, challenges, and opportunities. *ACM SIGKDD Explor. Newsl.* 21, 6–22 (2019)