

Relatório IoT

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
CAMPUS DE SANTO ANTÔNIO DE JESUS
CURSO DE ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

IOT:

EXPLORANDO ESTRATÉGIAS E APLICAÇÕES DA IoT NA AGRICULTURA INTELIGENTE

ALBERT SILVA DE JESUS

SANTO ANTÔNIO DE JESUS

2025

RESUMO

Este relatório apresenta a simulação de um sistema IoT aplicado à Agricultura Inteligente, focado no desenvolvimento de uma API para integração e gerenciamento de dados coletados por sensores ambientais. A solução simula a comunicação entre sensores, broker MQTT e um backend via uma API construída para monitorar e otimizar variáveis agrícolas, como temperatura, umidade e luminosidade. O projeto visa demonstrar como a IoT pode ser utilizada para promover uma gestão agrícola mais eficiente e sustentável, mesmo em cenários simulados.

A arquitetura do sistema foi estruturada em camadas típicas de IoT: camada sensorial (simulada via Node-RED), camada de rede (usando protocolo MQTT), camada de processamento de dados (API RESTful) e camada de aplicação. Os dados simulados foram publicados em tópicos MQTT, recebidos pela API e armazenados ou tratados conforme as necessidades do sistema. O protocolo MQTT foi escolhido por sua leveza, baixo consumo de banda e suporte à comunicação assíncrona, ideal para ambientes com conectividade limitada como o meio rural.

Para garantir confiabilidade, foram implementadas técnicas básicas de tratamento de falhas, incluindo reconexão automática ao broker, definição de níveis de QoS e logs de eventos. A comunicação entre os dispositivos simulados, o broker e a API foi validada por meio de prints de terminal, captura de pacotes MQTT e logs gerados no ambiente Node-RED e na API.

Apesar de ser uma simulação, o sistema permitiu observar aspectos fundamentais como desempenho (tempo de resposta rápido), baixa latência na troca de mensagens, e robustez satisfatória, considerando os mecanismos de reconexão e persistência de dados simulados. A segurança foi tratada em nível básico com autenticação no broker e validação de tópicos, destacando-se como uma área crítica a ser expandida em futuras versões reais do projeto.

A iniciativa demonstrou que mesmo em simulações é possível projetar uma arquitetura coerente com os princípios da IoT aplicada ao campo, destacando tendências como Edge Computing para processamento local e o uso de APIs para integração entre dispositivos e plataformas.

Palavras-chave: IoT; Agricultura Inteligente; API; MQTT; Simulação; Node-RED; Protocolos de Comunicação; Arquitetura IoT; Monitoramento Ambiental; Sustentabilidade; Segurança IoT.

SUMÁRIO

Sumário

1	Introdução	4
2	Desenvolvimento	5
2.1	Arquitetura IoT	6
2.2	Protocolos de Comunicação para IoT	6
2.3	Principais Desafios da IoT na Agricultura Inteligente	7
2.3.1	Principais Benefícios da IoT na Agricultura Inteligente	7
2.4	Protocolos de Segurança Utilizados na IoT	8
2.4.1	Diagrama de Infraestrutura IoT na Agricultura Inteligente	9
2.5	Tabela Comparativa: Cloud vs. Fog vs. Edge Computing	9
2.5.1	Casos de Uso Adequados	10
3	Conclusão	11

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo definir um cenário de aplicação IoT na Agricultura Inteligente, abordando os principais desafios e benefícios que essa tecnologia pode oferecer ao setor agrícola. A proposta do projeto consiste no desenvolvimento de uma API utilizando Spring Boot, que integra dados provenientes de sensores e gateways simulados, além da computação em nuvem, para monitorar e otimizar os processos de produção, garantindo uma gestão mais eficiente dos recursos e uma produção sustentável.

Conforme destacado no documento “IOT: Explorando os Fundamentos e Tecnologias da Internet das Coisas”, “nos últimos anos, a IoT se tornou uma das tecnologias mais importantes do século XXI” (ORACLE, s.d.). Essa importância é confirmada pela crescente adoção de tecnologias inteligentes no campo, pois “a participação de mercado da agricultura inteligente tem crescido drasticamente” (SOKOLOVA, L, 2021), evidenciando o potencial transformador dessa abordagem.

No cenário implementado, o sistema utiliza uma API Spring Boot para simular a comunicação com dispositivos IoT, permitindo o monitoramento e controle em tempo real dos processos agrícolas, promovendo sustentabilidade e produtividade.

A agricultura inteligente, nesse contexto, envolve o uso de dispositivos IoT para:

- Coletar dados ambientais (umidade, temperatura, luminosidade, etc.) por meio de sensores, cuja leitura é simulada e processada pela API;
- Automatizar processos, como sistemas de irrigação e controle de estufas, por meio do gerenciamento de atuadores via API;
- Analisar dados em tempo real para otimizar o uso de recursos, reduzir desperdícios e aumentar a produtividade.

Além disso, fontes recentes ressaltam que:

“A tecnologia IoT para agricultura permite que os agricultores automatizem a coleta de dados em tempo real para aumentar os volumes de produção, reduzir custos e gerenciar despesas e melhorar a eficiência geral em muitos diferentes aspectos da agricultura” (SOKOLOVA, L, 2021).

Essa automação representa uma vantagem crucial para a sustentabilidade no campo. E estudos apontam que “o mercado global de smart farming deve ultrapassar US\$ 34 bilhões até 2026” (ALBUQUERQUE GOMES, 2024), reforçando o potencial econômico dessa tecnologia.

2 DESENVOLVIMENTO

A Internet das Coisas (IoT) tem se consolidado como uma das tecnologias mais impactantes da atualidade, possibilitando a conexão entre dispositivos físicos por meio da internet.

A Internet das Coisas (IoT) descreve a rede de objetos físicos incorporados a sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet. Esses dispositivos variam de objetos domésticos comuns a ferramentas industriais sofisticadas (ORACLE, [s.d.]).

Seu funcionamento baseia-se na integração de sensores, softwares e outras tecnologias que permitem a coleta, transmissão e análise de dados em tempo real. Essa interconectividade abre novas possibilidades para o monitoramento e controle de diversas atividades, otimizando processos e tornando-os mais eficientes.

No setor agrícola, a Internet das Coisas (IoT) desempenha um papel fundamental na modernização das práticas de cultivo e gestão de recursos. Com a implementação de sensores em áreas de plantio, é possível monitorar variáveis ambientais como umidade do solo, temperatura e luminosidade. Esses dados, quando analisados em tempo real, permitem a tomada de decisões mais precisas, garantindo maior eficiência na irrigação, adubação e controle de pragas. Além disso, atuadores podem ser utilizados para automatizar processos, como a liberação de água ou fertilizantes, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade (AD INTELLIGENCE HUB, 2024).

A IoT desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade na agricultura. Ao permitir o monitoramento em tempo real e a gestão precisa de recursos naturais, como água e energia, ela contribui significativamente para a redução dos impactos ambientais da produção agrícola (ARQIA, 2025).

Conforme o relatório, “a internet das coisas se tornou uma das tecnologias mais importantes do século XXI” (ORACLE, s.d.), e essa afirmação se aplica fortemente ao setor agrícola. A adoção da IoT na agricultura inteligente tem impulsionado ganhos de produtividade e eficiência, consolidando-se como uma ferramenta essencial para o futuro do agronegócio.

2.1 ARQUITETURA IoT

A arquitetura da Internet das Coisas (IoT) é estruturada em camadas que organizam a coleta, transmissão, processamento e exibição das informações. Esse modelo permite a integração eficiente de dispositivos e sistemas, garantindo o funcionamento adequado das soluções IoT em diferentes setores, incluindo a agricultura inteligente.

De acordo com Jena (2020, tradução nossa), a arquitetura padrão para IoT é dividida em quatro camadas principais. A Camada Sensorial é responsável pela captação de informações do ambiente por meio de sensores e atuadores. Na agricultura, sensores de umidade, temperatura e luminosidade são essenciais para monitorar as condições do solo e das plantas, permitindo um controle mais preciso sobre as variáveis que impactam a produção. Atuadores, por sua vez, automatizam processos como irrigação e aplicação de fertilizantes, garantindo eficiência e economia de recursos.

- Camada de Rede: Responsável pela comunicação entre os dispositivos IoT, possibilitando a transmissão de dados dos sensores para servidores ou sistemas de processamento. Essa comunicação ocorre por meio de tecnologias como Wi-Fi, LoRaWAN, Bluetooth e redes móveis (3G, 4G e 5G), que conectam sensores, gateways e roteadores, garantindo que as informações cheguem de forma segura e confiável aos seus destinos.
- Camada de Processamento de Dados: Transforma os dados brutos coletados pelos sensores em informações úteis. Esse processamento pode ocorrer na nuvem ou na borda da rede (*edge computing*), dependendo da necessidade da aplicação. Na agricultura, por exemplo, a análise em tempo real dos dados pode ajudar na previsão de pragas, otimização do uso de irrigação e tomada de decisões mais rápidas para evitar perdas na produção.
- Camada de Aplicação: Representa a interface com o usuário, tornando os dados acessíveis e compreensíveis para a tomada de decisão. Essa camada pode incluir aplicativos móveis, dashboards web e outras plataformas de visualização, permitindo que agricultores monitorem suas plantações remotamente e ajustem parâmetros conforme necessário. A integração dessa camada com sistemas de inteligência artificial e *machine learning* pode ainda potencializar a automação e a eficiência no campo.

Essa estrutura modular da arquitetura IoT garante flexibilidade e escalabilidade para diversas aplicações, tornando a tecnologia uma ferramenta poderosa para modernizar processos e otimizar recursos no setor agrícola.

2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO PARA IoT

A comunicação entre dispositivos IoT é viabilizada por diferentes protocolos, cada um adequado a cenários específicos. A escolha do protocolo depende de fatores como latência, consumo de energia, alcance e confiabilidade. Entre os principais protocolos utilizados na IoT, destacam-se o MQTT, CoAP, AMQP e LoRaWAN.

- MQTT e CoAP: O MQTT utiliza um modelo *Publish/Subscribe*, permitindo uma comunicação eficiente e escalável, enquanto o CoAP adota um modelo *Request/Response*, adequado para dispositivos com recursos limitados. “Cada protocolo tem seus pontos fortes, sendo o MQTT destacado por sua eficiência em aplicações orientadas a eventos” (CRAGGS, 2022; GEEKSFORGEES, 2020).
- AMQP e LoRaWAN: O AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*) é indicado para aplicações que exigem alta confiabilidade na troca de mensagens, sendo amplamente utilizado em ambientes corporativos. Já o LoRaWAN se destaca pela comunicação sem fio de longo alcance e baixo consumo energético, tornando-se ideal para áreas rurais onde há restrição de conectividade.

2.3 PRINCIPAIS DESAFIOS DA IoT NA AGRICULTURA INTELIGENTE

Apesar dos inúmeros benefícios da IoT na agricultura, sua implementação ainda enfrenta desafios significativos. Questões como segurança, conectividade e interoperabilidade precisam ser abordadas para garantir um funcionamento eficiente e seguro dos sistemas IoT no campo.

- Segurança: Dispositivos IoT são alvos potenciais de ataques cibernéticos, o que pode comprometer a integridade dos dados e o funcionamento dos sistemas agrícolas. Um exemplo notório é o malware Mirai, que “transforma dispositivos vulneráveis em uma rede de bots” (Cloudflare, 2016). A adoção de medidas de segurança, como criptografia e autenticação robusta, é essencial para mitigar esses riscos.
- Conectividade em Áreas Rurais: A infraestrutura de rede limitada em áreas remotas dificulta a transmissão contínua de dados. Muitos dispositivos IoT na agricultura dependem de tecnologias como LoRaWAN e redes móveis para operar eficientemente, mas a cobertura limitada pode impactar a comunicação entre sensores e servidores.
- Interoperabilidade: A diversidade de fabricantes e padrões tecnológicos na IoT exige a integração de diferentes dispositivos e APIs padronizadas para garantir uma comunicação eficaz. A falta de compatibilidade entre sistemas pode dificultar a adoção em larga escala e limitar o potencial de automação e análise inteligente dos dados agrícolas.

2.3.1 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DA IoT NA AGRICULTURA INTELIGENTE

A adoção da IoT na agricultura traz inúmeras vantagens, permitindo maior eficiência, sustentabilidade e produtividade no campo. A coleta e análise de dados em tempo real auxiliam na tomada de decisões estratégicas, otimizando o uso de recursos e melhorando a gestão agrícola.

- **Monitoramento em Tempo Real:** Sensores IoT permitem o acompanhamento contínuo das condições ambientais e da saúde das culturas. Com isso, os agricultores podem agir rapidamente diante de mudanças climáticas ou de fatores que possam comprometer a produção.
- **Otimização de Recursos:** A utilização de dados precisos possibilita a aplicação exata de insumos, como água e fertilizantes, reduzindo desperdícios e promovendo uma agricultura mais sustentável. “A tecnologia IoT para agricultura pode ajudar a rastrear o uso de água e a dosagem de fertilizantes” (SOKOLOVA, L, 2021).
- **Aumento de Produtividade:** A tomada de decisão baseada em dados melhora a eficiência operacional e a sustentabilidade dos cultivos. Esse impacto positivo é refletido no crescimento projetado do mercado de *smart farming* (ALBUQUERQUE GOMES, 2024), demonstrando o potencial da IoT para transformar a agricultura.

2.4 PROTOCOLOS DE SEGURANÇA UTILIZADOS NA IoT

Para garantir segurança na comunicação entre dispositivos IoT, diversos protocolos são utilizados:

Figura 1 – Tabela de Protocolos

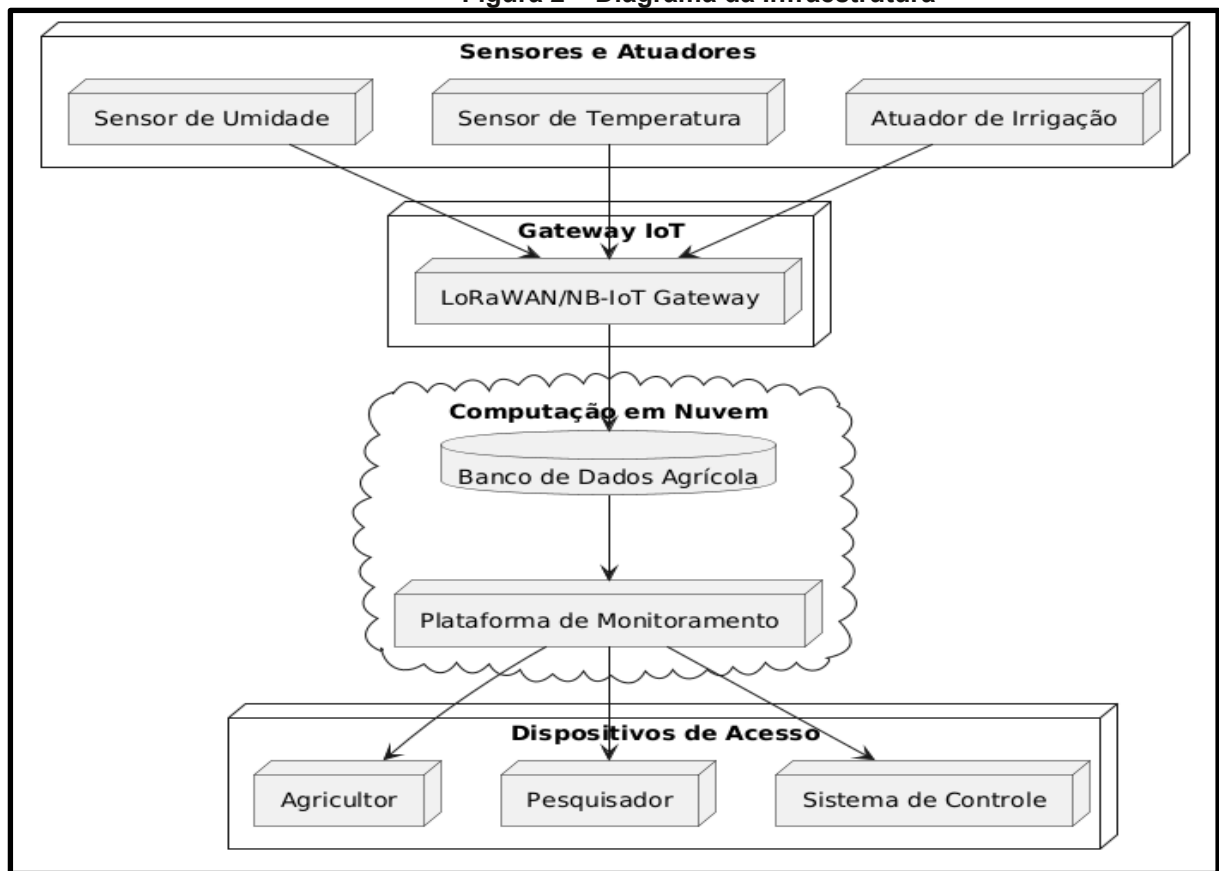
Protocolo	Descrição
DTLS (<i>Datagram Transport Layer Security</i>)	Protocolo de segurança baseado no TLS para redes UDP.
MQTT com TLS	Garante comunicação segura entre sensores e servidores na nuvem.
CoAP com DTLS	Adaptação segura do CoAP para comunicação eficiente em IoT.
LoRaWAN com AES-128	Protocolo de longo alcance com criptografia para segurança dos pacotes de dados.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

A implementação desses protocolos reduz vulnerabilidades e protege a integridade das informações no sistema IoT agrícola.

2.4.1 DIAGRAMA DE INFRAESTRUTURA IOT NA AGRICULTURA INTELIGENTE

Figura 2 – Diagrama da Infraestrutura



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

Esse modelo representa a infraestrutura essencial para a implementação de uma solução IoT na Agricultura Inteligente, garantindo conectividade eficiente, processamento seguro e acessibilidade aos dados agrícolas.

2.5 TABELA COMPARATIVA: CLOUD VS. FOG VS. EDGE COMPUTING

Figura 3 – Tabela Comparativa

Característica	<i>Cloud Computing</i>	<i>Fog Computing</i>	<i>Edge Computing</i>
Local Processamento	Data Center Remoto Centralizado	Nós de Rede Intermediários (LAN)	Dispositivo/Sensor/Gateway Local
Latência	Alta	Média a Baixa	Muito Baixa

Uso de Banda Larga	Alto	Moderado (dados pré-processados)	Baixo (processamento local)
Capacidade (Proc/Arm)	Muito Alta	Moderada	Limitada
Conectividade	Dependência Constante	Menor dependência que Cloud	Pode operar offline
Segurança (Dados)	Riscos centralizados	Riscos distribuídos (intermediário)	Maior controle/privacidade local

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em dados acima (2025)

2.5.1 CASOS DE USO ADEQUADOS

A escolha entre *Cloud Computing*, *Edge Computing* e *Fog Computing* depende das especificidades da aplicação IoT e das necessidades de processamento, armazenamento e latência dos dados. Cada um desses modelos oferece vantagens únicas, sendo mais adequado para determinados tipos de aplicações em diferentes contextos. A seguir, são detalhados alguns casos de uso onde esses modelos de computação se destacam:

- *Cloud Computing*: Ideal para análise histórica de dados agrícolas em larga escala, treinamento de modelos complexos de IA, armazenamento de longo prazo e plataformas de gerenciamento centralizadas que não exigem resposta imediata. Exemplos incluem serviços como Google Drive ou servidores na nuvem.
- *Fog Computing*: Aplicações em áreas como *smart grids*, cidades inteligentes, edifícios inteligentes, redes veiculares e redes definidas por software. Neste modelo, análises de curto prazo são realizadas na borda, antes de enviar os dados para a nuvem, garantindo maior eficiência e menor latência.
- *Edge Computing*: Essencial para cenários que exigem processamento em tempo real, como veículos autônomos, automação industrial, monitoramento de saúde com alertas imediatos, segurança com reconhecimento facial e agricultura de precisão. Em ambientes agrícolas, por exemplo, sensores em tratores coletam dados do ambiente e os processam localmente para ajustar as estratégias de forma imediata, sem necessidade de latência.

3 CONCLUSÃO

Este relatório explorou os fundamentos da Internet das Coisas (IoT), destacando seu potencial transformador na Agricultura Inteligente. Através da integração de sensores, atuadores e plataformas via arquiteturas em camadas e protocolos de comunicação como MQTT e LoRaWAN, a IoT permite o monitoramento em tempo real, a otimização de recursos e a automação, contribuindo para uma agricultura mais eficiente e sustentável. No entanto, a implementação enfrenta desafios críticos de segurança cibernética, conectividade em áreas remotas e interoperabilidade entre sistemas, demandando soluções robustas e a adoção de padrões.

A análise comparativa entre Cloud Computing e Edge Computing evidenciou a importância de processar dados próximo à fonte para reduzir latência, enquanto a Inteligência Artificial (IA) se mostra crucial para extrair valor dos dados através da análise preditiva. Considerando os impactos ambientais e econômicos, e as tendências futuras como AIoT e 5G, fica claro que a IoT continuará a evoluir, exigindo planejamento cuidadoso, foco em segurança e escalabilidade para concretizar seus benefícios em diversos setores.

REFERÊNCIAS

AD INTELLIGENCE HUB. **Internet das Coisas (IoT) no campo: como sensores estão transformando a gestão agrícola.** Disponível em: <<https://agintelligencehub.com/internet-das-coisas-no-campo-como-sensores-estao-transformando-a-gestao-agricola/>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

AIKO. **Gêmeos digitais: o que são e qual a sua utilidade?** 01 out. 2024. Disponível em: <<https://aiko.digital/blog/gemeos-digitais/>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

ALBUQUERQUE GOMES, J. **Smart farming: O Que É Agricultura Inteligente E Quais as Principais Tecnologias Já Adotadas No Brasil E EUA?** Disponível em: <<https://agroadvance.com.br/blog-smart-farming-agricultura-inteligente/>>. Acesso em: 24 mar. 2025.

AMAZON WEB SERVICES (AWS). **O que é *cloud computing* (computação em nuvem)?** [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/what-is-cloud-computing/>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

AMAZON WEB SERVICES (AWS). **O que é manutenção preditiva?** [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/what-is/predictive-maintenance/>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

ARQIA. **IoT e sustentabilidade: A redução do uso de recursos naturais na agricultura - Arqia.** Disponível em: <<https://arqia.com.br/post/iot-reducao-de-recursos-naturais-na-agricultura/>>. Acesso em: 7 abr. 2025.

CENTURY. **Como Funciona um Firewall de Internet: Entendendo a Tecnologia por Trás da Segurança.** Disponível em: <<https://centurytelecom.com.br/como-funciona-um-firewall-de-internet-entendendo-a-tecnologia-por-tras-da-seguranca>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

CHECK POINT. **As 6 principais ameaças à segurança cibernética.** Disponível em: <<https://www.checkpoint.com/pt/cyber-hub/cyber-security/what-is-cybersecurity/top-6-cybersecurity-threats/>>.

CISCO BLOGS. **IoT, from Cloud to Fog Computing**. 25 mar. 2015. Disponível em: <<https://blogs.cisco.com/perspectives/iot-from-cloud-to-fog-computing>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

CLOUDFLARE. **O que é a botnet Mirai?** Disponível em: <<https://www.cloudflare.com/pt-br/learning/ddos/glossary/mirai-botnet/>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

COOPER, V. **Segurança IoT: Definição, Ameaças e Estratégias de Proteção**. Disponível em: <https://www.splashtop.com/pt/blog/iot-security?srsId=AfmBOoqBtDh3qe1BJZke8-I8EekUlrZ20FbDC_IFJQWcdNb7s8BJDI>. Acesso em: 1 abr. 2025.

CRAGGS, I. **MQTT vs CoAP for IoT**. Disponível em: <<https://www.hivemq.com/blog/mqtt-vs-coap-for-iot/>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

EVERNEX. **Green IT: o que é Green IT e a sua importância para a sustentabilidade**. Disponível em: <<https://evernex.com/pt-br/guia-do-setor/green-it/>>. Acesso em: 7 abr. 2025.

FESTO. **Como o Edge Computing está revolucionando a indústria | Festo BR**. Disponível em: <https://www.festo.com/br/pt/e/sobre-a-festo/blog/in-practice/como-o-edge-computing-esta-revolucionando-a-industria-id_2105876/>. Acesso em: 30 mar. 2025.

FORTINET. **Ataque cibernético e os tipos de guerra cibernética | Fortinet**. Disponível em: <<https://www.fortinet.com/br/resources/cyberglossary/types-of-cyber-attacks>>. Acesso em: 8 abr. 2025.

GEEKSFORGEEKS. **Difference between COAP and MQTT protocols**. Disponível em: <<https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-coap-and-mqtt-protocols/>>. Acesso em: 10 fev. 2025.

IBERDROLA. **"Edge Computing": dispositivos mais rápidos, inteligentes e sustentáveis**. Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/inovacao/o-que-e-edge-computing>>. Acesso em: 30 mar. 2025.

IBM. **XaaS**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/topics/xaas>>. Acesso em: 7 abr. 2025.

INTEL. **O que é computação na borda?** Disponível em: <<https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/edge-computing/what-is-edge-computing.html>>. Acesso em: 30 mar. 2025.

ISO/IEC. **INTERNATIONAL STANDARD**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/88800/e545dddaf5474251a0fb9af0e2109b9e/ISO-IEC-30141-2024.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2025.

ITSHOW. **IoT: Tendências e Perspectivas para 2025**. 31 mar. 2025. Disponível em: <<https://itshow.com.br/iot-tendencias-e-perspectivas-para-2025/>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

ITSM NA PRÁTICA. **Green IT: a importância da TI verde e tecnologia sustentável**. 01 jul. 2020. Disponível em: <<https://itsmnapratica.com.br/green-it/>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

JENA, S. **Architecture of Internet of Things (IoT)**. Disponível em: <<https://www.geeksforgeeks.org/architecture-of-internet-of-things-iot/>>. Acesso em: 6 fev. 2025.

OFFICE TOTAL. **TI Verde: importância e práticas para sustentabilidade no TI**. Disponível em: <<https://www.officetotal.com.br/blog/ti-verde/>>.

ORACLE. **Acelere suas operações com IoT**. Disponível em: <<https://www.oracle.com/br/internet-of-things/>>. Acesso em: 5 fev. 2025.

PHILLIPE. **Segurança em IoT: Protegendo Dispositivos e Dados**. Disponível em: <<https://grupointercompany.com.br/2024/07/05/seguranca-em-iot-protegendo-dispositivos-e-dados/>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

RAMSDATA. **Inteligência artificial e IoT**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<https://ramsdata.com.pl/pt-pt/inteligencia-artificial-e-iot/>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

REVISTA DO FRIO. **IA e IoT em prol da automação inteligente, monitoramento remoto e análise preditiva**. 26 mar. 2024. Disponível em:

<<https://revistadofrio.com.br/ia-e-iot-em-prol-da-automacao-inteligente-monitoramento-remoto-e-analise-preditiva/>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SEQUOR. **O que é ISA-95? Quais os benefícios?** - Sequor Digital Solutions. Disponível em: <<https://sequor.com.br/br/blog/interna/o-que-e-isa-95-quais-os-beneficios>>. Acesso em: 24 mar. 2025.

SIDI. **Desafios e soluções da implementação do IoT na indústria brasileira.** 10 nov. 2023. Disponível em: <<https://www.sidi.org.br/desafios-e-solucoes-da-implementacao-do-iot-na-industria-brasileira/>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

SOKOLOVA, L. **O que saber sobre agricultura inteligente usando IoT.** Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesagro/2021/09/o-que-saber-sobre-agricultura-inteligente-usando-iot/>>. Acesso em: 24 mar. 2025.

TECSYS DO BRASIL. **IoT e Eficiência Energética.** [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<https://tecsysbrasil.com.br/iot-e-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

TELETOPIX.ORG. **Quais são os três principais serviços do 5G?** Disponível em: <<https://teletopix.org/pt/quais-sao-os-tres-principais-servicos-do-5g/#gsc.tab=0>>. Acesso em: 7 abr. 2025.

TOTVS. **Manutenção preditiva: o que é, como funciona e importância.** 08 fev. 2024. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/manutencao-preditiva/>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

VENTURUS. **AIoT: A Inteligência Artificial das Coisas.** 04 mai. 2021. Disponível em: <<https://www.venturus.org.br/aiot-a-inteligencia-artificial-das-coisas/>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

WIKIPÉDIA. **Fog computing.** [S.l.]: Wikimedia Foundation, [s.d.]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fog_computing>. Acesso em: 1 abr. 2025.