

***Smart Parking* como Ambiente de Aprendizagem para Ensino de IoT e Integração de Sistemas Inteligentes**

Bruna Fernandes Leal Moreira Cacemiro, Ana Mara de Oliveira Figueiredo

¹Instituto Federal Fluminense – Campos Bom Jesus do Itabapoana (IFF)
Bom Jesus do Itabapoana – RJ – Brasil

fernandesbruna107@gmail.com, ana.figueiredo@iff.edu.br

Abstract. *Teaching Internet of Things (IoT) requires practical environments integrating sensing, communication, processing, and data visualization. This work presents a hybrid Smart Parking architecture conceived as an experimental environment for IoT education. The proposal integrates ESP32 sensors, Node-RED simulation, MQTT communication, and InfluxDB persistence, and was evaluated through functional validation. The results confirmed the integrated operation of the architecture and its technical feasibility. The proposed environment provides a reproducible basis for future educational activities and empirical studies on teaching and learning.*

Resumo. *O ensino de Internet das Coisas (IoT) requer ambientes práticos que integrem sensoramento, comunicação, processamento e visualização de dados. Este trabalho apresenta uma arquitetura híbrida de Smart Parking concebida como ambiente experimental para o ensino de IoT. A proposta integra sensores ESP32, simulação em Node-RED, comunicação MQTT e persistência em InfluxDB, sendo avaliada por meio de validação funcional. Os resultados confirmaram o funcionamento integrado da arquitetura e sua viabilidade técnica. O ambiente proposto constitui uma base reproduzível para futuras atividades educacionais e estudos empíricos sobre ensino e aprendizagem.*

1. Introdução

O avanço das tecnologias digitais e da Internet das Coisas (IoT) tem ampliado o interesse por abordagens educacionais capazes de integrar conceitos de computação física, comunicação entre dispositivos e análise de dados em ambientes práticos de aprendizagem [Gubbi et al. 2013, Atzori et al. 2010]. Nesse contexto, atividades experimentais envolvendo sensores, microcontroladores e plataformas de visualização têm sido utilizadas para aproximar conteúdos teóricos de experiências aplicadas, favorecendo o desenvolvimento de competências relacionadas à integração de sistemas inteligentes e ao processamento de dados em tempo real.

Paralelamente, iniciativas relacionadas a cidades inteligentes têm estimulado o uso de tecnologias computacionais para monitoramento e gestão de ambientes urbanos [Zanella et al. 2014]. O crescimento da urbanização e da demanda por infraestrutura urbana inteligente tem ampliado o interesse por soluções tecnológicas voltadas ao monitoramento e gestão de ambientes urbanos [United Nations 2019]. Entre essas aplicações, sistemas de *Smart Parking* destacam-se pela utilização de sensores e plataformas de comunicação para acompanhamento da ocupação de vagas e geração de informações em

tempo real [Lin et al. 2017]. Além de seu potencial tecnológico, essas aplicações também podem representar contextos educacionais relevantes para exploração de conceitos relacionados à IoT, sistemas distribuídos e visualização de dados urbanos.

No contexto educacional, entretanto, o ensino de IoT e cidades inteligentes ainda enfrenta desafios associados à integração entre diferentes componentes tecnológicos, incluindo sensores, protocolos de comunicação, plataformas de processamento e mecanismos de visualização. Muitas abordagens concentram-se em exemplos isolados de programação ou automação, oferecendo menor ênfase à construção de ambientes experimentais integrados capazes de representar fluxos completos de coleta, processamento e interpretação de dados.

Diante desse contexto, este trabalho apresenta e valida funcionalmente uma arquitetura híbrida de *Smart Parking* concebida como ambiente experimental para o ensino de IoT e sistemas inteligentes. Sua principal contribuição consiste na integração, em um único cenário didático e reproduzível, de sensoriamento físico, simulação lógica, comunicação distribuída, persistência e visualização de dados. Essa organização permite representar o fluxo completo de uma aplicação IoT e constitui uma base tecnológica para futuras atividades educacionais e avaliações de aprendizagem. Nesta etapa, entretanto, o estudo limita-se à validação funcional da arquitetura, sem apresentar evidências empíricas sobre seus efeitos no ensino e na aprendizagem.

2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta os fundamentos teóricos que embasam a proposta e discute trabalhos relacionados sobre IoT, *Smart Parking* e ambientes experimentais para ensino.

2.1. IoT, Computação Física e Cidades Inteligentes na Educação

A IoT compreende ecossistemas de dispositivos conectados capazes de coletar, transmitir e processar informações provenientes do ambiente físico [Gubbi et al. 2013]. A integração entre sensores, microcontroladores e plataformas de comunicação tem possibilitado o desenvolvimento de aplicações em diferentes contextos, incluindo automação, monitoramento ambiental e cidades inteligentes [Atzori et al. 2010, Zanella et al. 2014].

No contexto educacional, tecnologias associadas à computação física têm sido utilizadas para apoiar práticas de aprendizagem baseadas em experimentação, resolução de problemas e integração entre teoria e prática. O uso de microcontroladores como ESP32 e plataformas de desenvolvimento visual permite explorar conceitos relacionados à programação, comunicação em rede, sensoriamento e análise de dados em ambientes experimentais acessíveis.

Entre as aplicações de cidades inteligentes, sistemas de *Smart Parking* utilizam sensores, redes de comunicação e plataformas de processamento para monitorar vagas e disponibilizar informações em tempo real. Revisões da área mostram a diversidade de tecnologias empregadas, incluindo sensores de proximidade, redes sem fio, computação em nuvem, visão computacional e aplicações móveis [Lin et al. 2017, Alam et al. 2023].

Na literatura nacional, Botelho et al. [Botelho et al. 2020] integram dispositivos IoT, serviços em nuvem e sistemas multiagentes, enquanto Rocha et al. [Rocha et al. 2019] exploram plataformas de monitoramento e armazenamento de eventos. Abordagens recentes também utilizam visão computacional para detectar veículos

[Da Luz et al. 2025]. Embora relevantes para o monitoramento urbano, esses trabalhos priorizam a aplicação operacional, sem discutir seu uso como ambiente integrado para o ensino de IoT. Também não foram identificados trabalhos que combinassem simultaneamente sensoriamento físico e simulação lógica em um mesmo ambiente experimental voltado ao ensino.

Nesse cenário, arquiteturas híbridas que combinam sensoriamento físico e simulação lógica podem representar alternativas interessantes para atividades de ensino, permitindo explorar conceitos relacionados à IoT e integração de sistemas inteligentes sem exigir a instrumentação completa do ambiente físico.

2.2. Ambientes Experimentais para Ensino de Sistemas Inteligentes

Ambientes experimentais têm sido utilizados na educação em Computação como estratégia para aproximar conceitos teóricos de experiências práticas de aprendizagem. Em contextos relacionados à IoT e sistemas inteligentes, esses ambientes possibilitam explorar a integração entre sensores, protocolos de comunicação, processamento de dados e mecanismos de visualização em cenários aplicados.

Ambientes experimentais e representações interativas também podem favorecer processos de exploração e compreensão de sistemas computacionais complexos, aproximando conceitos abstratos de experiências manipuláveis e visualmente interpretáveis [Victor 2011].

Plataformas como Node-RED têm sido utilizadas para construção de fluxos visuais de processamento de dados e integração entre dispositivos conectados [Blackstock and Lea 2014]. Da mesma forma, protocolos leves como MQTT são amplamente empregados em aplicações IoT devido ao modelo *publish/subscribe* e à eficiência na comunicação entre dispositivos distribuídos [Banks and Gupta 2014].

Além dos aspectos técnicos, ambientes experimentais também favorecem a compreensão sobre como dados são coletados, processados e interpretados em sistemas inteligentes. *Dashboards* e plataformas de visualização permitem transformar fluxos contínuos de eventos em representações compreensíveis para usuários e estudantes [Verbert et al. 2013, Heimerl et al. 2015].

2.3. Ensino de IoT e Ambientes Experimentais

O ensino de IoT envolve conhecimentos distribuídos entre diferentes camadas, incluindo sensoriamento, redes, serviços e interfaces. A revisão de Abichandani et al. [Abichandani et al. 2022] identificou que experiências educacionais na área têm recorrido a hardware de baixo custo, ferramentas abertas e estratégias de aprendizagem ativa para integrar esses conteúdos em cenários aplicados.

Laboratórios físicos, virtuais e remotos também têm sido utilizados para reduzir limitações de infraestrutura e ampliar o acesso à experimentação. Garefalakis et al. [Garefalakis et al. 2025] apresentam um laboratório remoto no qual estudantes programam microcontroladores e desenvolvem aplicações no Node-RED, demonstrando a pertinência de ambientes que integram dispositivos, comunicação e processamento visual. Diferentemente dessas propostas, este trabalho utiliza um cenário híbrido de estacionamento inteligente, combinando eventos físicos e simulados no mesmo fluxo de dados.

Sob essa perspectiva, propostas educacionais baseadas em IoT podem contribuir não apenas para o desenvolvimento de competências técnicas relacionadas à programação e integração de sistemas, mas para discussões sobre interpretação de dados, monitoramento urbano e funcionamento de infraestruturas digitais contemporâneas. Esses estudos evidenciam que ambientes experimentais favorecem a integração entre teoria e prática. Entretanto, ainda são pouco frequentes propostas que utilizem aplicações completas de Smart Parking como recurso didático para o ensino integrado de sensoriamento, comunicação, processamento e visualização de dados, lacuna que motiva este trabalho.

3. Arquitetura Educacional Proposta

Esta seção descreve as camadas da arquitetura, a integração entre componentes físicos e simulados e o fluxo de dados do ambiente.

3.1. Arquitetura do Ambiente Experimental

A arquitetura foi organizada em quatro camadas — sensoriamento, comunicação, processamento e visualização — integrando componentes físicos e simulados em um único fluxo de dados. Essa organização explicita o percurso da informação desde a geração do evento até sua representação nas interfaces de monitoramento. Nesta etapa, a avaliação concentrou-se exclusivamente na validação funcional da arquitetura, sem aplicação formal com estudantes.

A camada de processamento foi implementada utilizando a plataforma Node-RED, responsável pela integração entre os dispositivos, processamento das mensagens e atualização das informações do sistema. Os dados produzidos durante a execução são armazenados no banco de séries temporais InfluxDB e posteriormente disponibilizados em *dashboards* para visualização das informações em tempo real. A Figura 1 apresenta a arquitetura geral do ambiente experimental desenvolvido.

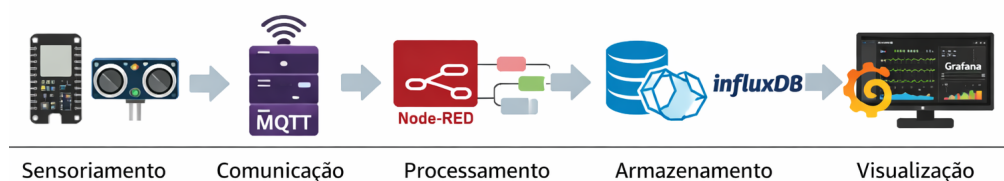


Figura 1. Arquitetura do ambiente experimental de *Smart Parking* desenvolvido para ensino de IoT e cidades inteligentes.

3.2. Sensoriamento, Simulação e Visualização de Dados

O ambiente experimental combina sensoriamento físico e simulação lógica como estratégia para reduzir a necessidade de infraestrutura física extensa sem comprometer a possibilidade de experimentação prática. Parte das vagas do estacionamento foi representada fisicamente utilizando sensores ultrassônicos conectados ao ESP32, enquanto as demais vagas foram simuladas logicamente na plataforma Node-RED.

O microcontrolador foi programado em MicroPython e executado em ambiente de simulação utilizando a plataforma Wokwi.¹ A Figura 2 apresenta o ambiente utilizado

¹Disponível em: <https://wokwi.com/>. Acesso em: 18 maio 2026.

para simulação do sensoriamento físico da arquitetura.

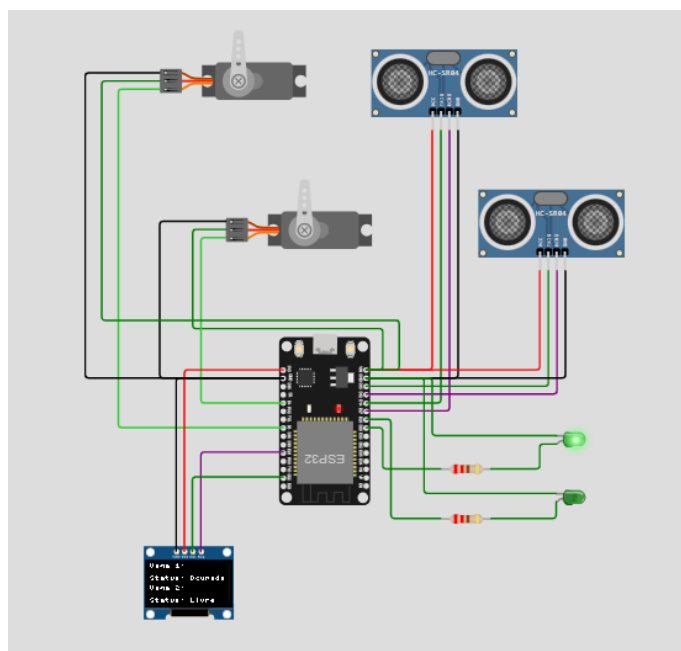


Figura 2. Simulação do sensoriamento físico utilizando ESP32 e sensor ultrassônico no ambiente Wokwi.

A comunicação entre os dispositivos foi realizada por meio do protocolo MQTT, permitindo explorar conceitos relacionados à troca de mensagens entre sistemas distribuídos. O processamento dos dados e a atualização dos estados das vagas foram implementados utilizando fluxos visuais no Node-RED, permitindo acompanhar visualmente o funcionamento da aplicação. A Figura 3 apresenta parte do fluxo de processamento implementado na plataforma.

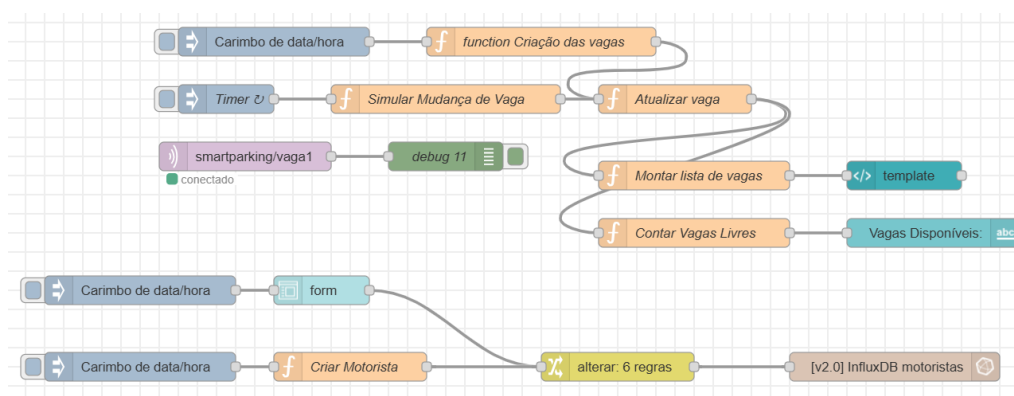


Figura 3. Fluxo de processamento e atualização das informações das vagas no Node-RED.

Além do monitoramento das vagas, os *dashboards* permitiram visualizar informações relacionadas ao funcionamento do sistema em tempo real, contribuindo para discussões sobre visualização de dados, integração entre componentes e interpretação de informações em sistemas urbanos inteligentes.

4. Metodologia

Esta seção apresenta a configuração experimental e os procedimentos empregados na validação funcional da arquitetura.

4.1. Contexto e configuração experimental

O ambiente representou um estacionamento dividido em dois setores com cinco vagas cada. Em cada setor, uma vaga foi associada ao sensoriamento ultrassônico e quatro vagas foram geradas por simulação lógica, totalizando dez estados monitorados.

A configuração híbrida foi adotada para verificar a integração entre eventos provenientes de fontes distintas e analisar sua representação em um fluxo unificado. Essa escolha também reduz a quantidade de dispositivos necessários para reprodução do ambiente em laboratórios com recursos limitados.

4.2. Procedimentos de validação

A validação funcional foi conduzida em ambiente controlado por meio de ciclos de ocupação e liberação das vagas físicas e simuladas. Foram observados o envio das mensagens, a atualização dos estados, a persistência dos registros e sua apresentação nas interfaces de monitoramento.

Cada alteração de estado foi acompanhada ao longo do fluxo da arquitetura, permitindo verificar se o evento gerado na camada de sensoriamento ou simulação era corretamente transmitido, processado, armazenado e visualizado. A análise concentrou-se na integração funcional dos componentes, não incluindo participantes ou instrumentos de avaliação educacional.

5. Resultados Emergentes e Discussão

Esta seção apresenta os resultados da validação funcional e discute suas possíveis implicações educacionais.

5.1. Resultados da Validação Funcional

Os ciclos executados confirmaram a comunicação entre as fontes físicas e simuladas e o restante da arquitetura. As alterações de ocupação foram transmitidas, processadas, armazenadas e refletidas nas interfaces de visualização, permitindo acompanhar o percurso dos eventos entre as diferentes camadas.

A abordagem híbrida também permitiu representar dez vagas com apenas dois pontos de sensoriamento, enquanto as demais foram geradas pela simulação lógica. Esse resultado indica a viabilidade técnica de reproduzir cenários com diferentes estados de ocupação sem ampliar proporcionalmente a infraestrutura física.

Esses resultados referem-se exclusivamente à validação funcional da arquitetura. Embora a organização da arquitetura seja compatível com atividades sobre computação física, comunicação distribuída e interpretação de dados, sua contribuição para a aprendizagem deverá ser investigada por meio de estudos empíricos com estudantes.

5.2. Implicações para o Uso Educacional

A organização em camadas oferece uma representação concreta de conceitos geralmente apresentados separadamente, como programação de microcontroladores, comunicação por mensagens, processamento de eventos e persistência de dados. Os fluxos visuais do Node-RED tornam observáveis as etapas de processamento, enquanto os *dashboards* apresentam os estados produzidos pela aplicação.

Em uma aplicação educacional futura, essa estrutura poderá subsidiar atividades práticas envolvendo configuração, modificação e análise da arquitetura, incluindo a identificação de falhas, a comparação entre dados físicos e simulados e a interpretação dos registros produzidos. Tais possibilidades constituem hipóteses pedagógicas derivadas das características do ambiente e ainda precisam ser avaliadas com estudantes.

6. Limitações e Trabalhos Futuros

A validação foi conduzida em ambiente controlado, com número reduzido de sensores e cenários simplificados de ocupação. Portanto, os resultados não permitem inferir o desempenho da arquitetura em estacionamentos reais nem seus efeitos sobre a aprendizagem.

Como continuidade, pretende-se ampliar o sensoriamento físico e aplicar o ambiente em disciplinas relacionadas à IoT e computação física. A avaliação educacional deverá incluir atividades práticas, análise das soluções desenvolvidas pelos estudantes e instrumentos destinados a investigar aprendizagem, engajamento e compreensão da integração entre as camadas do sistema.

7. Conclusão

Este trabalho apresentou uma arquitetura híbrida de *Smart Parking* concebida como ambiente experimental para o ensino de IoT. A contribuição central está na integração, em um cenário reproduzível, de eventos provenientes de sensoriamento físico e simulação lógica, organizados em um fluxo que contempla comunicação, processamento, persistência e visualização.

A validação funcional confirmou o funcionamento integrado dessas camadas e demonstrou a viabilidade de representar diferentes cenários com infraestrutura física reduzida. Contudo, o estudo não avaliou resultados de aprendizagem, e suas implicações educacionais devem ser compreendidas como hipóteses a serem verificadas em aplicações futuras.

A arquitetura constitui uma base tecnológica para futuras pesquisas em Informática na Educação voltadas ao ensino de IoT, sistemas distribuídos e interpretação de dados em contextos de cidades inteligentes.

Cuidados Éticos

Este trabalho não envolveu coleta de dados pessoais, participação de seres humanos ou aplicação de instrumentos avaliativos com estudantes. A etapa apresentada concentrou-se na concepção, implementação e validação funcional do ambiente experimental. Dessa forma, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa.

Declaração de Uso de Inteligência Artificial

Ferramentas de Inteligência Artificial generativa foram utilizadas como apoio à revisão textual, reorganização estrutural e refinamento linguístico do manuscrito. A concepção da proposta, interpretação dos resultados e validação do conteúdo científico permaneceram sob responsabilidade das pessoas autoras.

Referências

- Abichandani, P., Sivakumar, V., Lobo, D., Iaboni, C., and Shekhar, P. (2022). Internet-of-things curriculum, pedagogy, and assessment for STEM education: A review of literature. *IEEE Access*, 10:38351–38369.
- Alam, M. R., Rahman, M. M., and Islam, M. S. (2023). A survey on IoT driven smart parking management system. In *Proceedings of the 2023 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)*, pages 1–6.
- Atzori, L., Iera, A., and Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15):2787–2805.
- Banks, A. and Gupta, R. (2014). MQTT version 3.1.1. <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.html>. Acesso em: 30 maio 2026.
- Blackstock, M. and Lea, R. (2014). Toward a distributed data flow platform for the web of things. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Web of Things (WoT 2014)*, pages 34–39, New York, NY, USA. ACM.
- Botelho, P. W., Borges, A. P., and Alves, G. V. (2020). Desenvolvimento de aplicação para um estacionamento inteligente utilizando internet das coisas, computação em nuvem e sistemas multiagentes. In *Anais do XIV Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações (WESAAC 2020)*, pages 109–120, Porto Alegre, RS. Sociedade Brasileira de Computação (SBC).
- Da Luz, F., Santos, R. O., Oliveira, M. E., and Silva, A. (2025). Vehicle detection in parking lots using computer vision and machine learning techniques. In *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP 2025)*, pages 89–98, Porto Alegre, RS. Sociedade Brasileira de Computação (SBC).
- Garefalakis, M., Chatzistamatis, S., Souravlas, S., and Roumeliotis, M. (2025). Remote laboratory for developing an IoT system. In *Proceedings of the 2025 ACM Global Computing Education Conference*, pages 273–279.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., and Palaniswami, M. (2013). Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7):1645–1660.
- Heimerl, F., Lohmann, S., Lange, S., and Ertl, T. (2015). Ambiguity in visual text analytics. *Big Data*, 3(2):114–123.
- Lin, T.-Y., Rivano, H., and Le Mouël, F. (2017). A review of smart parking solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(12):3229–3253.
- Rocha, A., Souza, A., Johnathan, D., Aquino, G., Queiroz, R., and Melo, M. (2019). Avaliando o ThingSpeak como uma plataforma de evento IoT na criação de um aplicativo

de estacionamento inteligente. In *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP 2019)*, pages 158–167, Porto Alegre, RS. Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

United Nations (2019). World urbanization prospects: The 2018 revision.

Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S., and Santos, J. L. (2013). Learning Analytics Dashboard applications. In *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 2013)*, pages 150–159, New York, NY, USA. ACM.

Victor, B. (2011). Explorable explanations. <http://worrydream.com/ExplorableExplanations/>. Acessado em: 18 maio 2026.

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., and Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1):22–32.