**INTEGRAÇÃO DE SISTEMA ERP COM PLATAFORMA PaaS PARA APLICAÇÕES DE IoT INDUSTRIAL**

**Alisson Oliveira Matsumura**

**Professor orientador: Maurício Noris Freire**  
**8º período – Engenharia de Software – SENAI Londrina - PR**

**RESUMO**

O presente artigo propõe um projeto de integração de um sistema ERP com uma plataforma PaaS para aplicações em ambientes industriais através da Internet das Coisas (IoT). Essa integração busca otimizar processos, reduzir custos e proporcionar decisões baseadas em dados em tempo real. O artigo foi fundamentado no uso de PaaS e IoT na indústria e executado a partir da simulação de uma implementação de ERP que capturou, analisou e mostrou os dados operacionais coletados por dispositivos IoT. Os resultados incluem o aumento do monitoramento, confiabilidade e manutenção preditiva, contribuindo para a eficiência dos processos industriais e visando os gestores e engenheiros que buscam uma transformação digital viável e escalável nesse setor.

**Palavras-chave:** Plataforma como Serviço (PaaS); Internet das Coisas (IoT) Industrial; Sistema ERP; Indústria 4.0; Transformação Digital.

**ABSTRACT**

The present article proposes a project for integrating an ERP system with a PaaS platform for applications in industrial environments through the Internet of Things (IoT). This integration aims to optimize processes, reduce costs, and enable real-time data-driven decision-making. The article is grounded in the use of PaaS and IoT in the industrial sector and was executed through the simulation of an ERP implementation that captured, analyzed, and displayed operational data collected by IoT devices. The results include enhanced monitoring, reliability, and predictive maintenance, contributing to industrial process efficiency and targeting managers and engineers seeking viable and scalable digital transformation in this sector.

**Keywords:** Plataform as a Service (PaaS); Industrial Internet of Things (IoT); ERP System; Industry 4.0; Digital Transformation.

SUMÁRIO

[1. INTRODUÇÃO 3](#_Toc183281958)

[2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 4](#_Toc183281959)

[2.1. ERP: Integração e Centralização de Dados 4](#_Toc183281960)

[2.2. IoT: Coleta de Dados e Conectividade 4](#_Toc183281961)

[2.3. PaaS: Infraestrutura Escalável 5](#_Toc183281962)

[2.4. MQTT: Protocolo Eficiente 6](#_Toc183281963)

[3. METODOLOGIA 6](#_Toc183281964)

[4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 8](#_Toc183281965)

[5. CONCLUSÃO 9](#_Toc183281966)

[REFERÊNCIAS 11](#_Toc183281967)

# INTRODUÇÃO

Com o avanço desenfreado da transformação digital, as indústrias enfrentam o desafio de integrar novas tecnologias certeiras na eficiência, conectividade e análise em tempo real. No contexto da Indústria 4.0 – conceito que correlaciona análise de dados, monitoramento em tempo real e escalabilidade –, a integração de um sistema de planejamento de recursos empresariais (ERP) com a Internet das Coisas (IoT), através de uma Plataforma como Serviço (PaaS), proporciona a otimização da gestão no setor industrial. Assim, esse artigo propõe a integração entre ERP, PaaS e IoT para o contexto industrial na era da Indústria 4.0, visando a otimização de processos, redução de custos e decisões baseadas em dados coletados em tempo real.

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## ERP: Integração e Centralização de Dados

Os sistemas ERP são pilares na modernização e integração de processos organizacionais. Como destacado no artigo de Gonçalves e Lima, "os sistemas de informação (SI) chamados de Enterprise Resource Planning (ERP) são sistemas que integram todos os departamentos/setores de uma organização pois têm a característica de ter uma base de dados única. Um ERP bem estruturado dá suporte para a tomada de decisão de forma que ela seja a mais correta possível para aquele momento ou para aquela situação" (2010).

Além disso, a implementação de um ERP envolve etapas complexas que garantem sua adaptação às necessidades organizacionais, incluindo "aquisição de hardware e software, desenvolvimento de documentação, treinamento do usuário final, acompanhamento, manutenção e avaliação" (GONÇALVES, LIMA, 2010). Esses sistemas fornecem suporte crítico para a tomada de decisões ágeis e embasadas em informações precisas (GONÇALVES, LIMA, 2010).

## IoT: Coleta de Dados e Conectividade

A Internet das Coisas tem revolucionado a maneira como os dados são coletados e utilizados no setor industrial. Segundo Colombo e De Lucca Filho, "a Internet das Coisas (do inglês Internet of Things, IoT), é uma infraestrutura de comunicação que permite conectar o mundo real e o virtual, criando um 'novo mundo' mais inteligente nos diversos segmentos da sociedade moderna" (2018). Essa conectividade se estende ao ambiente industrial, onde dispositivos IoT capturam e transmitem dados continuamente (COLOMBO, DE LUCCA FILHO, 2018).

A relação entre IoT e a Indústria 4.0 é particularmente relevante, uma vez que a tecnologia do Big Data aliada à IoT tem a capacidade de transformar o setor industrial e seus processos decisórios. Essa integração permite não apenas a automação, mas também a tomada de decisões baseada em dados precisos, reduzindo falhas e otimizando processos produtivos. Além disso, no ambiente industrial, sua integração permite que sensores coletem dados em tempo real, proporcionando manutenção preditiva e otimização de processos produtivos (COLOMBO, DE LUCCA FILHO, 2018).

## PaaS: Infraestrutura Escalável

Plataformas como Serviço (PaaS) oferecem a infraestrutura necessária para integrar dispositivos IoT e sistemas ERP em um ambiente escalável. Conforme destacado no artigo, "o paradigma ‘Cloud’ tem evoluído bastante nos últimos anos, não só ao nível qualitativo e quantitativo de serviços para clientes finais, em modelos de Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) e Software-as-a-Service (SaaS), mas também ao nível interno das próprias organizações, visto que estas têm a possibilidade de rever e alterar os seus processos de negócio, tirando proveito das vantagens da Cloud" (AIRES, 2018).

Essa capacidade de adaptação permite que organizações otimizem seus processos industriais, reduzindo custos e aumentando a eficiência operacional. Ao lidar com grandes volumes de dados em tempo real, o PaaS proporciona elasticidade e flexibilidade, tornando-se uma solução essencial para empresas que buscam integrar IoT e ERP de forma eficaz e escalável (AIRES, 2018).

## MQTT: Protocolo Eficiente

Ao conectar os conceitos teóricos às tecnologias aplicadas, destaca-se a importância do protocolo MQTT como ferramenta essencial para a comunicação eficiente entre dispositivos IoT e o sistema backend, especialmente em cenários industriais que demandam transmissão contínua de dados. Sua leveza e confiabilidade tornam-no ideal para ambientes com recursos limitados ou alta concorrência de dispositivos conectados (DINCULEANĂ, CHENG, 2019).

Complementarmente, a utilização de uma plataforma PaaS como o Azure IoT Hub não apenas simplifica a integração desses dispositivos com sistemas ERP, mas também oferece recursos de escalabilidade, gerenciamento centralizado e suporte a altos volumes de dados em tempo real. Essa convergência tecnológica consolida a proposta de um ambiente industrial mais eficiente e conectado, fundamentando a aplicação prática deste projeto (DINCULEANĂ, CHENG, 2019).

# METODOLOGIA

O projeto, estruturado em quatro partes principais, foi desenvolvido com base em uma arquitetura modular, integrando sensores simulados, infraestrutura de computação em nuvem e um sistema backend monolítico para processamento, armazenamento e visualização dos dados.

A primeira etapa envolveu a seleção da plataforma Microsoft Azure IoT Hub, escolhida por sua robustez em suportar sistemas de IoT industrial. Ela permite a comunicação bidirecional entre dispositivos IoT e sistemas backend, suportando protocolos como MQTT. A infraestrutura foi configurada com um dispositivo virtual que atua como ponto de entrada para os dados provenientes dos sensores.

Na segunda etapa, foi desenvolvido o backend monolítico em Nest.js, responsável por conectar-se ao IoT Hub, consumir os dados enviados pelos sensores e armazená-los em um banco de dados relacional PostgreSQL utilizando o Prisma ORM. O backend também valida os dados recebidos e organiza os registros em tabelas separadas para cada tipo de sensor: prensa hidráulica, torno mecânico e esteira transportadora. Cada tabela armazena informações como valores coletados, timestamps e IDs das máquinas.

Na terceira etapa, os três sensores IoT foram simulados utilizando Python:

1. Prensa Hidráulica: coleta dados de pressão (PSI), temperatura do óleo (°C) e tempo de operação (minutos);
2. Torno Mecânico: registra RPM, vibração (G-force) e temperatura (°C);
3. Esteira Transportadora: monitora velocidade (m/s), carga transportada (kg) e temperatura do motor (°C).

Esses sensores simularam a coleta de dados em intervalos regulares e enviaram para o Hub IoT por meio do protocolo MQTT. Essa etapa replicou um ambiente industrial realista, onde dispositivos IoT se comunicam constantemente com a infraestrutura de nuvem.

A quarta etapa consistiu na implementação do dashboard analítico em Handlebars.js para visualização dos dados. A partir disso, o dashboard exibiu:

1. Tabelas com os últimos registros de cada sensor;
2. Gráficos de tendências, como a evolução da pressão e o tempo de operação por máquina;
3. Indicadores calculados, como médias, somatórios e eventos críticos (ex.: alta vibração).

Para garantir atualizações em tempo real, o HTMX foi integrado ao frontend, permitindo que tabelas e gráficos sejam atualizados periodicamente (3 segundos para tabelas e insights, 15 segundos para gráficos) sem a necessidade de recarregar a página. Durante os testes, observou-se que a latência entre o envio de mensagens pelos sensores e o processamento no backend foi insignificante (<1s), com o tempo médio de armazenamento no banco ficando abaixo de 300ms.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os testes, o sistema foi capaz de simular o comportamento de máquinas industriais e enviar dados continuamente para o Azure IoT Hub via MQTT, replicando cenários de monitoramento contínuo. Cada sensor gerou dados com um intervalo médio de dois segundos, e o backend registrou mais de 500 mensagens ao longo do período de teste, processando e armazenando cada mensagem em menos de 300ms. Esses dados foram consolidados e apresentados no dashboard em tabelas e gráficos dinâmicos, com atualizações em tempo real, permitindo uma análise visual clara e intuitiva.

O sistema também apresentou métricas e insights relevantes, como médias de pressão, temperatura e carga transportada, além de eventos críticos, como vibrações elevadas detectadas no torno mecânico. Esses indicadores foram úteis para identificar padrões de desempenho e antecipar potenciais falhas. Por exemplo, a análise da pressão média na prensa hidráulica demonstrou estabilidade no funcionamento, enquanto a contagem de eventos de alta vibração no torno mecânico pode indicar desgaste prematuro em componentes específicos. Essa abordagem não apenas auxiliou no entendimento das operações, mas também reforçou a confiabilidade no monitoramento industrial.

A utilização do Azure IoT Hub demonstrou ser uma escolha acertada para o gerenciamento de dispositivos IoT, garantindo escalabilidade. No entanto, cargas de grandes volumes de mensagens simultâneas podem comprometer a estabilidade do sistema. Mais que isso, a dependência de conectividade com o IoT Hub representa um ponto crítico, pois falhas prolongadas na comunicação podem comprometer a continuidade da operação. Uma possível solução seria a implementação de um buffer local no backend para armazenar temporariamente mensagens durante períodos de desconexão.

Essa simulação demonstrou que é possível alcançar um alto nível de eficiência e escalabilidade utilizando ferramentas como o Azure IoT Hub e o Nest.js. A latência entre o envio de mensagens pelos sensores e o armazenamento no banco foi insignificante, inferior a um segundo, destacando a capacidade do sistema de operar em cenários que exigem respostas rápidas.

A integração de tabelas e gráficos no dashboard também foi essencial para a análise visual dos dados, permitindo a identificação de tendências e comportamentos. No entanto, melhorias adicionais poderiam ser implementadas para ampliar as capacidades do sistema, como a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina para prever falhas e sugerir manutenção preventiva com base em dados históricos. A inclusão de alertas no dashboard, notificando operadores em tempo real sobre condições críticas, representaria outro avanço significativo.

Em síntese, o sistema desenvolvido mostrou-se eficiente e adequado para aplicação em cenários industriais reais, oferecendo uma solução robusta e escalável para o monitoramento de máquinas e análise de dados operacionais. Apesar das limitações observadas, as possibilidades de aprimoramento indicam um potencial significativo para expansão e maior impacto em operações industriais complexas.

# CONCLUSÃO

Esse artigo apresentou a simulação de um sistema ERP integrado a dispositivos IoT por meio de uma plataforma PaaS, demonstrando a viabilidade e os benefícios dessa abordagem no contexto da Indústria 4.0. A solução desenvolvida mostrou-se eficiente na coleta, processamento e visualização de dados operacionais em tempo real, evidenciando o potencial dessas tecnologias para otimizar processos industriais, reduzir falhas e aumentar a confiabilidade no monitoramento.

O uso do Azure IoT Hub, combinado com o protocolo MQTT, garantiu uma comunicação robusta e escalável entre sensores e o sistema backend. A estrutura monolítica desenvolvida em Nest.js, aliada ao banco de dados PostgreSQL, permitiu a organização e o armazenamento eficiente dos dados, enquanto o dashboard analítico, com atualizações em tempo real, ofereceu insights práticos para a gestão operacional. Os resultados demonstraram que, mesmo em um ambiente simulado, a solução é capaz de atender às demandas de monitoramento contínuo e fornecer informações valiosas para tomadas de decisão estratégicas.

Embora a integração tenha se mostrado bem-sucedida, o estudo também revelou desafios, como a dependência de conectividade com o IoT Hub e a possibilidade de sobrecarga do sistema em cenários de alta demanda. Essas limitações indicam a necessidade de aprimoramentos futuros, como a implementação de buffers locais e o uso de algoritmos preditivos para manutenção preventiva.

Finalmente, este projeto reforça o papel transformador da integração de ERP, IoT e PaaS na digitalização de processos industriais. A abordagem proposta serve como um modelo inicial para empresas que buscam explorar o potencial dessas tecnologias, oferecendo uma base sólida para o desenvolvimento de soluções escaláveis e inovadoras na Indústria 4.0.

# REFERÊNCIAS

AIRES, S. A. **Desenho de Arquitetura para Plataforma de Serviço Cloud:** Projeto para Implementação de uma Plataforma de Serviço Cloud em Modelo PaaS. Dissertação de Mestrado. Universidade NOVA de Lisboa (Portugal). 2018. Disponível em: https://search.proquest.com/openview/244879e89baba4c7228923e5c9d31a4b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y.

COLOMBO, J. F.; DE LUCCA FILHO, J. **INTERNET DAS COISAS (IoT) E INDÚSTRIA 4.0:** revolucionando o mundo dos negócios. Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 2, p. 72-85, 2018. Disponível em: https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/496.

DINCULEANĂ, D; CHENG, X. **Vulnerabilities and limitations of MQTT protocol used between IoT devices**. Applied Sciences, v. 9, n. 5, p. 848, 2019. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-3417/9/5/848.

GONÇALVES, G.; LIMA, I. A. **IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO – ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP):** ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA ELETRÔNICA. Revista de Engenharia e Tecnologia, V. 2, No. 1, abril/2010. Ponta Grossa: UTFPR, 2010. Disponível em: https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/11442/209209209415/209209209984.