

**DESAFIOS E INOVAÇÕES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: INTEGRANDO
SEGURANÇA ALIMENTAR, CONFORMIDADE REGULATÓRIA E
PRODUTIVIDADE ATRAVÉS DA MANUTENÇÃO 4.0**

*CHALLENGES AND INNOVATIONS IN THE FOOD INDUSTRY: INTEGRATING FOOD
SAFETY, REGULATORY COMPLIANCE, AND PRODUCTIVITY THROUGH
MAINTENANCE 4.0*

Nicole Juliane de Oliveira Amorim¹, Daiane de Fátima Pavinato de Almeida², Joaquim m. F.
Antunes neto (In Memoriam)³.

RESUMO

Este artigo analisa os desafios e as inovações na indústria alimentícia associados à integração entre segurança alimentar, conformidade regulatória e produtividade, com ênfase na aplicação da Manutenção 4.0. O objetivo é compreender como as inovações tecnológicas na manutenção de equipamentos contribuem para a eficiência operacional e o atendimento às exigências sanitárias do setor. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, delimitada a publicações nacionais e internacionais, que abordam manutenção industrial, Indústria 4.0, segurança alimentar e regulamentações aplicáveis à indústria alimentícia. Os resultados evidenciam que o uso de tecnologias digitais, como sensores inteligentes, Internet das Coisas (IoT), big data e inteligência artificial, favorece a adoção da manutenção preditiva, reduzindo falhas operacionais, paradas não planejadas e desperdícios, além de ampliar a confiabilidade dos equipamentos. Verifica-se ainda que a automação dos processos de manutenção contribui para a rastreabilidade das informações e o cumprimento de normas rigorosas, como as estabelecidas pela ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (agência regulamentadora federal do Brasil responsável por proteger a saúde da população) e pelo FDA - Food and Drug Administration (Administração Federal de Alimentos e Medicamentos, uma agência do governo dos Estados Unidos responsável pela regulamentação e segurança dos alimentos e medicamentos). Conclui-se que a integração entre manutenção planejada, inovação tecnológica e conformidade regulatória é determinante para a segurança dos alimentos, a competitividade e a sustentabilidade da indústria alimentícia.

Palavras-Chave: Segurança alimentar; Indústria alimentícia; Manutenção 4.0; Manutenção preditiva; Manutenção preventiva.

¹ Discente em Gestão Empresarial na Fatec de Itapira "Ogari de Castro Pacheco"

² Especialista em Recursos Humanos e Liderança. Graduada em Administração pela PUC, Docente/Orientador Fatec Itapira "Ogari de Castro Pacheco" – E-mail: daiane.almeida@fatec.sp.gov.br

³ Doutor em Biologia Funcional e Molecular (UNICAMP) e Especialista em Tecnologias para a Indústria 4.0 (Faculdade Focus). Docente FATEC Itapira e orientador

ABSTRACT

This article analyzes the challenges and innovations in the food industry associated with the integration of food safety, regulatory compliance, and productivity, focusing on the application of Maintenance 4.0. The objective is to understand how technological innovations in equipment maintenance contribute to operational efficiency and compliance with sanitary requirements in the sector. This study is a narrative literature review, limited to national and international publications from the last ten years, addressing industrial maintenance, Industry 4.0, food safety, and regulations applicable to the food industry. The results show that the use of digital technologies such as smart sensors, the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence enables predictive maintenance practices, reducing operational failures, unplanned downtime, and waste, while improving equipment reliability. In addition, the automation of maintenance processes enhances information traceability and supports compliance with strict regulations established by agencies such as ANVISA - the National Health Surveillance Agency (Brazil's federal regulatory agency responsible for protecting public health) and the FDA - Food and Drug Administration (a United States government agency responsible for the regulation and safety of food and drugs). It is concluded that the integration of planned maintenance, technological innovation, and regulatory compliance is essential to ensure food safety, competitiveness, and sustainability in the food industry.

Keywords: Food safety; Food industry; Maintenance 4.0; Predictive maintenance; Preventive maintenance.

INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia ocupa posição estratégica na economia global, sendo responsável pela produção, processamento e distribuição de alimentos essenciais à sociedade. Em um contexto marcado por elevada competitividade, exigência por eficiência operacional e rigor regulatório crescente, a gestão da manutenção de equipamentos assume papel fundamental para garantir a segurança dos alimentos, a continuidade dos processos produtivos e a sustentabilidade das organizações. Nesse cenário, a manutenção deixa de ser predominantemente corretiva e passa a ser compreendida como uma atividade estratégica, orientada à prevenção de falhas, à confiabilidade operacional e ao atendimento das exigências sanitárias (Soares; Lima, 2024).

A relação entre manutenção de equipamentos e segurança alimentar é direta e crítica. Equipamentos inadequadamente mantidos podem favorecer contaminações físicas, químicas ou microbiológicas, comprometendo a qualidade dos alimentos e a saúde dos consumidores. Além dos riscos sanitários, falhas nesse processo acarretam perdas econômicas significativas e danos à reputação das empresas. Por esse motivo, órgãos reguladores nacionais e internacionais, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Food and Drug Administration (FDA), estabelecem normas rigorosas que exigem práticas de manutenção

documentadas, rastreáveis e integradas aos sistemas de gestão da qualidade e da segurança dos alimentos (Ferreira et al., 2023; Kafatos; Papadopoulos, 2024).

Além dos aspectos sanitários, a manutenção exerce papel central na eficiência operacional da indústria alimentícia. Paradas não planejadas em linhas de produção impactam diretamente a produtividade, elevam custos operacionais e comprometem o atendimento às demandas do mercado. Estudos recentes indicam que a adoção de estratégias de manutenção preventiva e preditiva contribui significativamente para a redução do tempo de inatividade dos equipamentos, o aumento de sua vida útil e a otimização do uso de recursos produtivos, especialmente em setores caracterizados por operações contínuas e produtos perecíveis (Pires et al., 2020; Sampaio; Mendes, 2023).

Com o avanço da Indústria 4.0, a manutenção industrial passou a incorporar tecnologias digitais capazes de transformar a gestão dos ativos produtivos. A utilização de sensores inteligentes, sistemas baseados em Internet das Coisas (IoT), análise de dados e inteligência artificial possibilita o monitoramento contínuo do desempenho dos equipamentos, permitindo a identificação precoce de falhas e a adoção da manutenção preditiva. Essas tecnologias reduzem intervenções emergenciais, aumentam a confiabilidade operacional e fortalecem a tomada de decisão baseada em dados, promovendo maior integração entre manutenção, produção e gestão da qualidade (Silva; Oliveira, 2024; Soares; Lima, 2024).

Entretanto, a implementação da Manutenção 4.0 na indústria alimentícia apresenta desafios relevantes, como os investimentos iniciais em tecnologia, a necessidade de capacitação contínua das equipes e a adaptação dos processos organizacionais. Além disso, torna-se essencial alinhar as inovações tecnológicas às exigências regulatórias vigentes, assegurando que os dados gerados pelos sistemas de manutenção possibilitem rastreabilidade, transparência e conformidade legal durante auditorias e fiscalizações (Catto; Alves, 2024).

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo analisar o impacto das inovações tecnológicas na manutenção de equipamentos na indústria alimentícia, investigando como a Manutenção 4.0 contribui para a segurança alimentar, a conformidade regulatória e a produtividade. Para isso, realiza-se uma revisão narrativa da literatura recente, buscando compreender de que forma a integração entre tecnologia, manutenção e regulamentação pode fortalecer a competitividade e a sustentabilidade da indústria alimentícia em um ambiente produtivo cada vez mais exigente.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa, cujo objetivo é analisar as contribuições da Manutenção 4.0 para a segurança alimentar, a conformidade regulatória e a produtividade na indústria alimentícia. A revisão foi conduzida de forma estruturada, seguindo etapas sistematizadas de busca, seleção e análise dos estudos, com base em um fluxograma PRISMA simplificado conforme Figura 1, a fim de garantir transparência e reprodutibilidade do processo. As buscas foram realizadas no Google Acadêmico, por abranger periódicos relevantes nas áreas de engenharia, indústria alimentícia, manutenção industrial e Indústria 4.0. O período de publicação considerado compreendeu os anos de 2015 a 2025, com prioridade para estudos publicados a partir dos anos mencionados, visando contemplar abordagens recentes e atualizadas sobre o tema.

Para a recuperação dos artigos, foram utilizadas combinações de palavras-chave em português e inglês, por meio de operadores booleanos, conforme as seguintes *strings* de busca:

Em português: (“Manutenção 4.0” OR “manutenção preditiva”) AND (“indústria alimentícia” OR “segurança alimentar”) AND (“conformidade regulatória” OR “produtividade”)

Em inglês: (“Maintenance 4.0” OR “predictive maintenance”) AND (“food industry” OR “food safety”) AND (“regulatory compliance” OR “productivity”)

Como critérios de inclusão, foram considerados:

- (i) artigos publicados em periódicos científicos revisados por pares;
- (ii) estudos que abordassem a aplicação da manutenção industrial ou da Manutenção 4.0 no contexto da indústria alimentícia ou de processos produtivos correlatos;
- (iii) publicações nos idiomas português ou inglês;
- (iv) estudos disponíveis na íntegra.

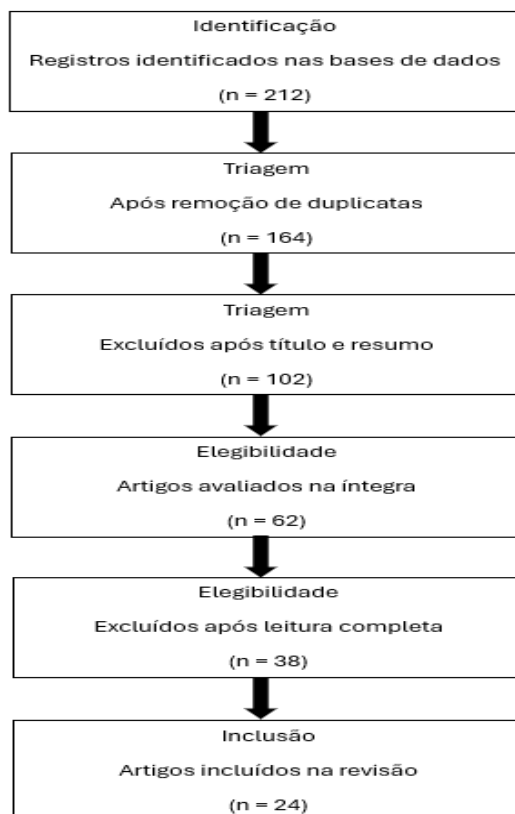
Foram definidos como critérios de exclusão:

- (i) trabalhos duplicados entre as bases de dados;
- (ii) estudos fora do escopo temático;
- (iii) publicações com foco exclusivamente conceitual sem relação com manutenção ou indústria alimentícia;
- (iv) trabalhos incompletos, resumos expandidos, editoriais e documentos não científicos.

Inicialmente, foram identificados 212 artigos nas bases de dados consultadas. Após a remoção de 48 registros duplicados, permaneceram 164 estudos para a etapa de triagem por título e resumo, na qual 102 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios

estabelecidos. Na etapa de leitura na íntegra, 62 artigos foram avaliados, dos quais 38 foram excluídos por inadequação metodológica ou desalinhamento com os objetivos do estudo. Ao final do processo, 24 artigos compuseram a amostra final utilizada na análise e discussão dos resultados.

Figura 01 – Fluxograma PRISMA



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

REVISÃO DA LITERATURA

Manutenção industrial e segurança alimentar

A manutenção industrial desempenha papel estratégico na indústria alimentícia, uma vez que o desempenho dos equipamentos está diretamente relacionado à qualidade dos produtos, à continuidade dos processos e à segurança alimentar. Falhas mecânicas, desgaste de componentes e intervenções corretivas não planejadas podem gerar interrupções no fluxo produtivo e criar condições favoráveis à contaminação dos alimentos, comprometendo padrões higiênico-sanitários exigidos por legislações e normas técnicas (ANVISA, 2020; ISO, 2018).

Nesse contexto, a manutenção preventiva e preditiva tem sido amplamente discutida como alternativa à manutenção corretiva, por possibilitar maior controle sobre o estado dos

equipamentos e reduzir a ocorrência de falhas inesperadas. Estudos indicam que práticas estruturadas de manutenção contribuem para a padronização dos processos produtivos e para a mitigação de riscos associados à segurança dos alimentos, especialmente em ambientes industriais com operações contínuas e elevado rigor sanitário (Ferreira et al., 2023; Kafatos; Papadopoulos, 2024).

Além disso, a manutenção adequada favorece a confiabilidade dos ativos produtivos, aspecto essencial para evitar paradas emergenciais que exigem intervenções rápidas e podem comprometer os protocolos de higiene. Dessa forma, a literatura reforça que a manutenção industrial deve ser compreendida como elemento integrante dos sistemas de gestão da qualidade e da segurança alimentar, e não apenas como uma atividade operacional isolada (ISO, 2018).

Indústria 4.0 e evolução dos processos de manutenção

A Indústria 4.0 representa uma mudança significativa nos modelos produtivos ao integrar tecnologias digitais, automação avançada e sistemas inteligentes aos processos industriais. No âmbito da manutenção, essa transformação impulsionou o desenvolvimento do conceito de Manutenção 4.0, caracterizado pela utilização de sensores inteligentes, Internet das Coisas (IoT), análise de dados e monitoramento em tempo real (Silva; Oliveira, 2024; Soares; Lima, 2024).

A literatura aponta que a Manutenção 4.0 possibilita a transição de modelos reativos para estratégias preditivas e orientadas por dados, permitindo a identificação antecipada de falhas e a otimização das intervenções técnicas. Essa abordagem amplia a capacidade de tomada de decisão, reduz custos associados a paradas não planejadas e contribui para a extensão da vida útil dos equipamentos (Sampaio; Mendes, 2023).

Entretanto, estudos também destacam que a adoção da Manutenção 4.0 depende do nível de maturidade tecnológica das organizações, bem como da integração entre sistemas de produção, manutenção e gestão. A implementação isolada de tecnologias digitais não garante ganhos operacionais consistentes, sendo necessária a adequação dos processos internos e a capacitação das equipes envolvidas (Soares; Lima, 2024).

Manutenção 4.0 e conformidade regulatória na indústria alimentícia

A conformidade regulatória constitui um dos principais desafios da indústria alimentícia, que está sujeita a normas rigorosas relacionadas à segurança dos alimentos,

rastreabilidade e controle dos processos produtivos. Nesse cenário, a literatura indica que a digitalização dos processos de manutenção contribui significativamente para o atendimento às exigências legais e normativas aplicáveis ao setor (ANVISA, 2020; ISO, 2018).

Sistemas digitais de gestão da manutenção permitem o registro sistemático das intervenções realizadas, facilitando a organização e a recuperação de informações técnicas exigidas em auditorias e fiscalizações. A rastreabilidade das ações de manutenção fortalece a transparência dos processos e favorece o alinhamento entre práticas operacionais e requisitos regulatórios, reduzindo riscos de não conformidades (Ferreira et al., 2023).

Contudo, a literatura aponta que a efetividade dessa integração está condicionada à estrutura organizacional das empresas e à padronização dos procedimentos internos. A Manutenção 4.0 tende a apresentar melhores resultados em organizações que adotam uma visão sistêmica da gestão da qualidade, integrando manutenção, produção e segurança alimentar (Kafatos; Papadopoulos, 2024).

Impactos da Manutenção 4.0 na produtividade

No que se refere à produtividade, a Manutenção 4.0 tem sido associada à redução de paradas não planejadas, à otimização do uso dos ativos produtivos e à melhoria do desempenho operacional. A antecipação de falhas e o monitoramento contínuo dos equipamentos aumentam a previsibilidade do processo produtivo, aspecto fundamental na indústria alimentícia, que lida com produtos perecíveis e prazos rigorosos (Sampaio; Mendes, 2023).

A literatura também destaca que estratégias de manutenção baseadas em dados contribuem para a redução de desperdícios e para o uso mais eficiente dos recursos produtivos. Entretanto, ressalta-se que os benefícios da Manutenção 4.0 não são imediatos ou homogêneos, uma vez que sua implementação demanda investimentos em tecnologia, infraestrutura e capacitação profissional (Silva; Oliveira, 2024).

Assim, os estudos indicam que a Manutenção 4.0 deve ser compreendida como uma estratégia de médio e longo prazo, cujos resultados dependem da integração entre tecnologia, processos e pessoas, alinhados aos objetivos produtivos e regulatórios das organizações.

Síntese da revisão da literatura

A revisão da literatura evidencia que a Manutenção 4.0 constitui uma evolução relevante dos modelos tradicionais de manutenção, especialmente no contexto da indústria alimentícia. Os estudos analisados convergem ao destacar seus potenciais benefícios para a segurança

alimentar, a conformidade regulatória e a produtividade, ao mesmo tempo em que apontam desafios relacionados à maturidade tecnológica, à capacitação da mão de obra e à integração organizacional (Ferreira et al., 2023; Sampaio; Mendes, 2023).

Essa base teórica sustenta a análise desenvolvida nas seções seguintes, ao demonstrar que a Manutenção 4.0 deve ser tratada como uma abordagem estratégica integrada aos sistemas de gestão da qualidade e da segurança dos alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos selecionados permite identificar padrões, convergências e lacunas relevantes quanto à aplicação de tecnologias digitais nos processos de manutenção industrial no setor alimentício. Os resultados indicam que a evolução da manutenção, impulsionada pelos princípios da Indústria 4.0, tem promovido mudanças significativas na forma como os equipamentos são monitorados, gerenciados e integrados aos sistemas produtivos, especialmente em ambientes que demandam altos níveis de controle operacional.

Os resultados evidenciam que a adoção de práticas associadas à Manutenção 4.0 está diretamente relacionada à melhoria da confiabilidade operacional dos equipamentos. A utilização de sensores, monitoramento contínuo e análise de dados possibilita a identificação antecipada de falhas, reduzindo intervenções corretivas emergenciais e paradas não planejadas. Esse aspecto revela-se particularmente relevante na indústria alimentícia, na qual interrupções inesperadas tendem a comprometer tanto a produtividade quanto a qualidade e a segurança dos alimentos processados.

No que se refere à segurança alimentar, a análise evidencia que a manutenção adequada dos equipamentos exerce função preventiva essencial na mitigação de riscos de contaminação. Falhas mecânicas, desgaste excessivo de componentes e intervenções não programadas aumentam a probabilidade de desvios nos processos produtivos, afetando diretamente as condições higiênico-sanitárias. Nesse contexto, a Manutenção 4.0 contribui ao ampliar o controle sobre o estado dos ativos, favorecendo a padronização dos processos, a rastreabilidade das intervenções e o atendimento às exigências sanitárias.

Em relação à conformidade regulatória, os achados indicam que a digitalização dos processos de manutenção facilita o registro, a organização e a recuperação de informações técnicas, aspecto fundamental para auditorias e fiscalizações. Sistemas integrados ampliam a transparência das ações de manutenção realizadas e fortalecem o alinhamento entre as práticas

operacionais e as normas regulatórias aplicáveis à indústria alimentícia. Contudo, a análise também sugere que a efetividade dessa integração depende do nível de maturidade tecnológica e organizacional das empresas, bem como da capacitação das equipes envolvidas.

Quanto à produtividade, os resultados sugerem que a Manutenção 4.0 contribui para a otimização do uso dos equipamentos e a redução de desperdícios, fatores críticos em um setor caracterizado pelo processamento contínuo de produtos perecíveis. A diminuição de falhas e a ampliação da vida útil dos ativos refletem positivamente no desempenho operacional. Entretanto, a análise evidencia que tais benefícios não se manifestam de forma imediata ou homogênea, uma vez que a implementação dessas tecnologias demanda investimentos financeiros, capacitação técnica e mudanças nos processos internos.

De maneira geral, os resultados indicam que a Manutenção 4.0 configura-se como uma abordagem estratégica para a indústria alimentícia ao integrar tecnologia, manutenção e gestão da qualidade. Todavia, a análise também evidencia desafios relacionados à adaptação organizacional, à qualificação da mão de obra e à necessidade de alinhar inovação tecnológica às exigências regulatórias. Assim, os impactos positivos dessa abordagem tendem a ser mais expressivos em organizações que adotam uma visão sistêmica e integrada de seus processos produtivos.

As conclusões apresentadas neste estudo devem ser interpretadas considerando as limitações inerentes ao método de revisão narrativa da literatura. Por não se tratar de uma revisão sistemática, a seleção dos estudos analisados não seguiu protocolos estatísticos rígidos, podendo haver vieses relacionados à escolha das bases de dados, às palavras-chave utilizadas e ao julgamento dos autores quanto à relevância dos trabalhos incluídos.

Além disso, observa-se que grande parte da literatura disponível aborda a Manutenção 4.0 de forma ampla, nem sempre focada exclusivamente na indústria alimentícia. Dessa forma, algumas inferências realizadas ao longo da análise baseiam-se em contextos industriais semelhantes, o que pode limitar a generalização dos resultados. Soma-se a isso a escassez de estudos empíricos que relacionem diretamente indicadores de manutenção a métricas quantitativas de segurança alimentar.

Apesar dessas limitações, a revisão narrativa permitiu uma compreensão abrangente dos principais avanços, desafios e oportunidades associados à aplicação da Manutenção 4.0 na indústria alimentícia, contribuindo para o aprofundamento teórico do tema e para a

identificação de lacunas que podem orientar pesquisas futuras com abordagens metodológicas mais robustas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

À luz dos objetivos propostos, este estudo analisou as contribuições da Manutenção 4.0 para a segurança alimentar, a conformidade regulatória e a produtividade na indústria alimentícia. Os resultados indicam que a incorporação de tecnologias digitais aos processos de manutenção fortalece a confiabilidade operacional, favorece o controle dos processos produtivos e amplia a integração entre manutenção, produção e gestão da qualidade. No âmbito da segurança alimentar, conclui-se que práticas de manutenção orientadas por dados exercem papel preventivo relevante ao reduzir falhas e intervenções emergenciais que podem comprometer as condições higiênico-sanitárias. Quanto à conformidade regulatória, a digitalização dos registros de manutenção contribui para a rastreabilidade e o atendimento às exigências normativas, especialmente em auditorias e fiscalizações. Em relação à produtividade, a Manutenção 4.0 favorece a redução de paradas não planejadas e a otimização do uso dos ativos produtivos, embora seus benefícios dependam do nível de maturidade tecnológica, organizacional e da capacitação das equipes. Ressalta-se que os achados devem ser interpretados considerando as limitações inerentes à revisão narrativa, sobretudo a ausência de dados empíricos diretos. Ainda assim, o estudo evidencia que a Manutenção 4.0 representa uma abordagem estratégica para a indústria alimentícia, desde que implementada de forma planejada e alinhada às exigências regulatórias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ROP 22/2020, ITEM DE PAUTA 3.1.3.7. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos> Acesso em: 30 maio 2025.

BALDISSARELLI, Luciano et al. Manutenção Preditiva na indústria 4.0. UCS Universidade de Caxias do Sul, v. 7, n. 2, p. 3, 2019.

CATTO, R. M.; ALVES, D. P. Documentação digital e conformidade regulatória na manutenção industrial. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 30, n. 1, 2024.

EUROPA. Regulamento (CE) nº 852/2004 sobre a higiene dos géneros alimentícios de 29 de Abril de 2004. relativo à higiene dos géneros alimentícios. Jornal Oficial da Comissão Europeia. Bruxelas, 29 de abril de 2004. Seção 18, p. 15-20.

FERREIRA, L. S. et al. Food safety management systems and digital traceability in the food industry. *Food Control*, v. 147, 2023.

FRACTTAL. A manutenção preventiva na indústria alimentícia. 2023. Disponível em: <https://www.fracttal.com/pt-br/blog/manutencao-preventiva-industria-alimenticia> Acesso em: 17 maio 2025.

ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION). *ISO 22000:2018 - Food safety management systems* de junho de 2018.

KAFATOS, E.; PAPADOPOULOS, T. Digitalization and food safety compliance in agri-food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, v. 136, 2024.

MONTEIRO, M. A. et al. Smart maintenance and regulatory traceability in Industry 4.0 environments. *IEEE Access*, v. 12, 2024.

MONTEIRO, M. A. et al. Projeto de uma Nova Linha de Produção de Indústria 4.0, com Ênfase na Mão de Obra Humana e Sistemas Robóticos, Baseado em Indicadores do Método de Simulação por Gêmeos Digitais. São José dos Pinhais, v. 7, n. 1, p. 3-4, 2025.

PIRES, C. A. et al. "MANUTENÇÃO PREDITIVA: ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTOS." *REVISTA INTERFACE TECNOLÓGICA* 17.1 (2020): 635-647, Taquaritinga, v. 17, n. 1, p. 1-2, 2020.

POLIMAQ AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL LTDA. Capacitação e Treinamento em Tecnologias de Automação. 2024. Disponível em: <https://polimaqautomacao.com.br/capacitacao-e-treinamento-em-tecnologias-de-automacao/> Acesso em: 30 maio 2025.

SAMPAIO, C. R.; MENDES, A. L. IoT-based maintenance systems and operational performance. *Sensors*, v. 23, n. 14, 2023.

SAMSON BRASIL. Manutenção preditiva na Indústria 4.0: qual a sua importância? 2023. Disponível em: <https://www.samsonbrasil.com.br/manutencao-preditiva-na-industria-4-0/> Acesso em: 24 abr 2025.

SILVA, J. P.; OLIVEIRA, M. R. Predictive maintenance using IoT and data analytics: applications in food processing industries. *Computers & Industrial Engineering*, v. 181, 2024.

SOARES, R. A.; LIMA, F. R.; COSTA, L. S. Manutenção 4.0: estratégias digitais para aumento da confiabilidade industrial. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 69, p. 102–114, 2024.

TORTORELLI, Fernando de Freitas et al. *Revista Pro-ciências*. Adoção da indústria 4.0: Planejamento e Desafios, Pelotas, v. 6, n. 2, p. 3-15, dezembro 2023.

TORTORELLI, F. F.; SILVA, R. M. Digital transformation and predictive maintenance in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 63, p. 412–419, 2023.

TRACTIAN. Como prevenir falhas mecânicas na Indústria Alimentícia. 2023. Disponível em: <https://traction.com/blog/como-evitar-falhas-na-industria-alimenticia> Acesso em: 04 maio 2025.

TRACTIAN. O Papel da IoT na Gestão da Manutenção [Guia Completo]. Disponível em: <https://traction.com/blog/sistema-iot-para-gestao-da-manutencao> Acesso em: 26 set. 2025.

UPKEEP. Food manufacturing maintenance. 2022. Disponível em: <https://upkeep.com/learning/food-manufacturing-maintenance/> Acesso em: 15 abril 2025.

VAZQUEZ, Fábio José Buchedid et al. Indústria 4.0 na Logística 4.0. São Paulo, v. 3, n. 1, p. 11, 2024.