

PROSPECÇÃO DE MODELOS DA INDÚSTRIA 5.0 PARA A SAÚDE 5.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Rodrigo Nitai Bento Luna (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Márcia Marcondes Altimari Samed
(Orientador). E-mail: mmasamed@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia de Produção,
Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia de Produção / Gestão da Produção.

Palavras-chave: Interoperabilidade; *IoMT*; *Smart Health*.

RESUMO

Este trabalho desenvolve um modelo de maturidade para a Saúde 5.0, integrando avanços da Indústria 5.0 e governança digital segura. Visa diagnosticar e analisar a adoção de tecnologias e práticas em unidades de saúde, identificando desafios e oportunidades. A metodologia emprega revisão sistemática e ferramentas da engenharia da qualidade para mapear processos e estruturar um questionário abrangente. Este avalia a maturidade em setores chave como triagem e cirurgia, considerando tecnologias, tais quais, Internet das coisas (*IoT*), Inteligência artificial (*IA*) e *blockchain*, e ainda dimensões organizacionais/cibersegurança. O modelo propõe cinco níveis de maturidade (Inexistente a Avançado), permitindo avaliação e classificação de riscos. Espera-se que a ferramenta oriente planejamento estratégico, otimize investimentos, fomente melhoria contínua e segurança, contribuindo para uma Saúde 5.0 humanizada, eficiente e resiliente.

INTRODUÇÃO

As revoluções industriais moldam diversos setores, incluindo a saúde. Sua evolução inclui fases distintas: assistência convencional (Saúde 1.0), integração de dados digitais (Saúde 2.0), foco em prevenção (Saúde 3.0), e impulsionamento por Inteligência Artificial (*IA*), *big data* e Internet das Coisas (*IoT*) para cuidados personalizados (Saúde 4.0). Atualmente, a Saúde 5.0 emerge, priorizando bem-estar e participação do paciente, integrando tecnologias avançadas com abordagem centrada no humano, alinhada à Indústria 5.0. Nesse cenário de aprimoramento tecnológico e foco no paciente, modelos de maturidade tornam-se ferramentas essenciais para diagnosticar o desempenho e guiar a melhoria contínua na saúde digital (Gomathi, Mishra e Tyagi, 2023). Exemplo notório é o *Electronic Medical Record Adoption Model* (EMRAM) da HIMSS Analytics, que avalia a maturidade da adoção de registros eletrônicos em hospitais, visando um hospital 100% digital e interoperável.

Apesar da relevância da Indústria 5.0 e Saúde 5.0, há lacuna na mensuração e gestão estruturada dessas transições em unidades de saúde. O objetivo principal

deste projeto é desenvolver um instrumento de diagnóstico para identificar como a Indústria 5.0 está sendo reproduzida em unidade da 15ª Regional da Saúde do Paraná. Esta ferramenta analítica visa auxiliar a transição para a Saúde 5.0, promovendo um sistema de saúde mais inteligente, responsivo e centrado no ser humano.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa, quanto à abordagem do problema, é de natureza qualitativa. Em relação aos procedimentos técnicos, classifica-se como pesquisa bibliográfica e descritiva, com foco no desenvolvimento de um instrumento (Gil, 2002). Ela é desenvolvida em quatro etapas principais: revisão sistemática, estudos sobre modelos de maturidade, desenvolvimento do instrumento de maturidade e confronto/análise dos resultados.

A revisão sistemática focou em documentos na base de dados Scopus (2014-2024) com termos como "*Industry 5.0*" e "*Smart Health*". A análise qualitativa identificou tecnologias e desafios: detecção de intrusões (Wazid et al., 2024), *blockchain* para segurança (Verma et al., 2023), aprendizado por transferência em *IoMT* (Internet médica das coisas) (Khan et al., 2023), e o paradigma humano da I5.0 (Indústria 5.0) (Santhi e Muthuswamy, 2023; Yadav et al., 2023).

Na Etapa 2, aprofundaram-se conceitos e aplicações de modelos de maturidade para a transição à Saúde 5.0. Nessa sequência, o desenvolvimento do modelo de maturidade (Etapa 3) envolveu a criação de instrumento estruturado para diagnóstico e análise de unidades de saúde. Adicionalmente, o framework de Fornecedores, Insumos, Processos, Saídas e Consumidores (SIPOC) foi utilizado para mapear macroprocessos e identificar elementos-chave em áreas da saúde.

Com base no SIPOC e revisão, um questionário foi desenvolvido e dividido por setores, quais sejam, Triagem, Ambulatório, Diagnóstico, Cirurgia e Hospitalização. Neste, explora-se a adoção de tecnologias e conceitos da Indústria 5.0 (ex: *IoT*, *IA*, *Blockchain*) e avaliam-se dimensões organizacionais, sendo elas, Pessoas, Tecnologia, Estratégia, Cultura, Instrumento, Integração e Análise. Ademais, Inclui-se o bloco de Governança Digital Segura (*backup*, redundância, criptografia, autenticação multifator, plano de continuidade, validação, monitoramento, resposta a incidentes, treinamento, conformidade).

O modelo usa escala de cinco níveis de maturidade: 1 - Inexistente: prática ou tecnologia não existe. 2 - Inicial: iniciativas pontuais, não documentadas. 3 - Parcial: implementado de forma limitada. 4 - Estabelecido: aplicado com regularidade e gestão. 5 - Avançado: integrado, auditado e aprimorado continuamente. Esta escala permite avaliação granular de maturidade e classificação de risco (e.g., "Irrelevante", "Alerta moderado"). A Etapa 4 (Confronto e Análise) comparará resultados do modelo com desafios/possibilidades da revisão, validando e refinando o instrumento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do modelo de maturidade visa diagnosticar o nível de maturidade de unidades de saúde em relação à Indústria 5.0 e Governança Digital, identificando pontos fortes e lacunas. A escala de cinco níveis oferece visão clara do progresso à Saúde 5.0. Ex: Avançado em Monitoramento Remoto, na Hospitalização indica dispositivos inteligentes com alertas automáticos; baixa pontuação em *Blockchain* / Prontuário Eletrônico no Ambulatório sinaliza necessidade de segurança de acesso. A seção de Governança Digital Segura é imprescindível no tocante à avaliação da robustez das defesas cibernéticas (*backup*, criptografia, autenticação) atreladas à adoção tecnológica. A correlação entre esta e segurança digital, é evidenciada pela classificação de risco, podendo fornecer *insights* únicos dessa perspectiva. A forte interligação entre *Healthcare* e *Network Security*, identificada na revisão sistemática, reforça a preocupação com privacidade e integridade das informações. O modelo facilita o *benchmarking*, permitindo uma melhor priorização de investimentos para áreas de maior impacto e menor maturidade. A estruturação por dimensões, quais sejam, Pessoas, Tecnologia, Estratégia, Cultura, Instrumento e Integração, permite planejamento eficaz para introdução de novas tecnologias e capacitação. A análise de dados servirá como base para ações corretivas/preventivas, impulsionando melhoria contínua e segurança. A discussão dos resultados será confrontada com tendências e desafios da revisão sistemática, validando a relevância do modelo e destacando sua contribuição para unidades de saúde aproveitarem oportunidades da Indústria 5.0 e Saúde 5.0, promovendo cuidado mais humanizado e eficiente.

CONCLUSÕES

O modelo de maturidade representa ferramenta estratégica para unidades de saúde em sua jornada à Saúde 5.0. Oferece diagnóstico da adoção tecnológica e Governança Digital segura, auxiliando gestores identificarem o estágio atual. Sua aplicação combinada com ferramentas da Engenharia da Qualidade, por exemplo, podem resultar em planos de ação para aprimoramento contínuo, otimização de recursos e mitigação de riscos. Em suma, este trabalho avança a saúde digital, alinhando eficiência tecnológica e bem-estar humano, promovendo ambientes mais seguros, inteligentes e centrados no paciente, em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 (ODS 3), Saúde e Bem-Estar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Araucária (FA) pelo apoio e financiamento via Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), essenciais ao desenvolvimento deste projeto. Um agradecimento especial à Prof.^a Márcia Marcondes Altimari Samed por toda a orientação e incentivo.

REFERÊNCIAS

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/redacao-cientifica/livros/gil-a.-c.-como-elaborar-projetos-de-pesquisa.-sao-paulo-atlas-2002./view>. Acesso em: 28 ago. 2025.

GOMATHI, L.; MISHRA, A. K.; TYAGI, A. K. *Industry 5.0 for Healthcare 5.0: Opportunities, Challenges and Future Research Possibilities*. In: 2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI). [S. l.]: IEEE, 2023. p. 204–213. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICOEI56765.2023.10125660>. Acesso em: 10 jan. 2025.

KHAN, T. A.; FATIMA, A.; SHAHZAD, T.; ATTA-UR-RAHMAN; ALISSA, K.; GHAZAL, T. M.; AL-SAKHNINI, M. M.; ABBAS, S.; KHAN, M. A.; AHMED, A. *Secure IoMT for Disease Prediction Empowered With Transfer Learning in Healthcare 5.0, the Concept and Case Study*. IEEE Access, v. 11, p. 39418–39430, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3266156>. Acesso em: 10 jan. 2025.

SANTHI, R.; MUTHUSWAMY, P. *Industry 5.0 or Industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies*. International Journal on Interactive Design and Manufacturing, v. 17, n. 2, p. 947–979, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>. Acesso em: 10 jan. 2025.

VERMA, S. K.; NADEEM, M.; VERMA, V.; SAYEED, M. A.; AGRAWAL, A.; KHAN, R. A. *Blockchain Application in Healthcare Domain: Industry 5.0 Perspective*. In: 2023 6th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I). [S. l.]: IEEE, 2023. p. 208–215. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IC3I59117.2023.10397614>. Acesso em: 10 jan. 2025.

WAZID, M.; SINGH, J.; DAS, A. K.; RODRIGUES, J. J. P. C. *An Ensemble-Based Machine Learning-Envisioned Intrusion Detection in Industry 5.0-Driven Healthcare Applications*. IEEE Transactions on Consumer Electronics, v. 70, n. 1, p. 1903–1912, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TCE.2023.3318850>. Acesso em: 10 jan. 2025.