

Modelo de maturidade do *Banking 4.0*: proposta e avaliação segundo a opinião de especialistas

Banking 4.0 maturity model: proposal and assessment according to expert opinion

Modelo de madurez de la Banca 4.0: propuesta y evaluación según la opinión de expertos

Como citar:

Nunes, Séfora, Gohr, Claudia F. & Santos, Luciano C. (2026). Modelo de maturidade do banking 4.0: proposta e avaliação segundo a opinião de especialistas. Revista Gestão & Tecnologia, vol. 26, nº 2, p: 242-266

Séfora Nunes, Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba
<https://orcid.org/0000-0003-1332-7419>

Cláudia Fabiana Gohr, Doutora em Engenharia de Produção. Professora da Universidade Federal da Paraíba
<http://orcid.org/0000-0001-9774-7140>

Luciano Costa Santos, Doutor em Engenharia de Produção. Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-7271-8607>

"Os autores declaram não haver qualquer conflito de interesse de natureza pessoal ou corporativa, em relação ao tema, processo e resultado da pesquisa".

Editor Científico: José Edson Lara
Organização Comitê Científico
Double Blind Review pelo SEER/OJ
Recebido em 04/08/2025
Aprovado em 15/06/2026



This work is licensed under a Creative Commons Attribution – Non-Commercial 3.0 Brazil

Resumo

Objetivo: este artigo tem como principal objetivo propor e refinar Modelo de Avaliação da Maturidade (MM) para o *Banking 4.0* (B4.0).

Método: a pesquisa foi realizada a partir de uma profunda revisão da literatura realizada de forma exploratória, dada a inexistência de modelos de maturidade voltados para o banco 4.0. Em seguida, para o desenvolvimento do modelo de avaliação, adotou-se um procedimento com foco em desenvolvimento de modelos de maturidade baseado em quatro etapas, quais sejam: (1) Definição do problema; (2) Comparação com outros MM's; (3) Determinação da estratégia de desenvolvimento; e, (4) Desenvolvimento interativo. Posteriormente, modelo foi avaliado por meio da opinião de especialistas.

Originalidade: a proposição e avaliação do modelo representa um avanço na literatura dado seu escopo inovador com foco no B4.0.

Resultados: a partir de uma ampla revisão da literatura sobre B4.0 e modelos de maturidade para a Indústria 4.0 (I4.0), foi possível propor o modelo com cinco dimensões (Tecnologia; Cliente; Pessoas e Cultura; Estratégia e Liderança; e, Governança), quatro níveis (Inicial, Gerenciado, Integrado, Digital Orientado) e 42 itens de maturidade. Para a operacionalização do modelo, é necessário avaliar o desempenho do banco em relação aos itens de maturidade bem como em relação ao grau de importância destes para auxiliar no cálculo da Maturidade Global. A avaliação dos especialistas analisou a estrutura adequada a teoria de MM.

Conclusões: Em termos práticos o MM representa uma ferramenta importante para os gestores dos Bancos que desejam diagnosticar seu estado e evoluir no B4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Banking 4.0. Modelos de Avaliação da Maturidade.

Abstract

Objective: this paper aims to propose and enhance a Maturity Assessment Model (MM) for Banking 4.0 (B4.0).

Methods: this research employed an in-depth exploratory literature review due to the absence of maturity models addressing Bank 4.0. To construct the evaluation model, a four-step maturity model development procedure was implemented: (1) problem definition, (2) comparison with existing maturity models, (3) determination of the development strategy, and (4) interactive development. The resulting model was then evaluated by subject matter experts.

Originality: the proposed model and its evaluation constitute a significant contribution to the literature due to their novel focus on Bank 4.0.

Results: Drawing on a comprehensive literature review of Bank 4.0 (B4.0) and Industry 4.0 (I4.0) maturity models, this study proposes a model comprising five dimensions: Technology, Customer, People and Culture, Strategy and Leadership, and Governance. The model includes four maturity levels (Initial, Managed, Integrated, Digitally Oriented) and 42 specific maturity items. To implement the model, the bank's performance and the relative importance of each maturity item must be assessed to calculate overall maturity. Subject matter experts evaluated the model's structure according to maturity model theory.

Contributions: The maturity model provides a structured framework for bank managers to assess organizational status and guide progression in Bank 4.0 initiatives.

Keywords: Industry 4.0. Banking 4.0. Maturity Assessment Models.

Resumen

Objetivo: este artículo busca proponer y mejorar un Modelo de Evaluación de Madurez (MM) para la Banca 4.0 (B4.0).

Métodos: esta investigación empleó una revisión bibliográfica exhaustiva debido a la ausencia de modelos de madurez que aborden la Banca 4.0. Para construir el modelo de evaluación, se implementó un procedimiento de desarrollo de modelos de madurez de cuatro pasos: (1) definición del problema, (2) comparación con los modelos de madurez existentes, (3) determinación de la estrategia de desarrollo y (4) desarrollo interactivo. El modelo resultante fue evaluado por expertos en la materia.

Originalidad: la propuesta y evaluación del modelo representa un avance en la literatura dado su alcance innovador con foco en B4.0.

Resultados: basándose en una revisión bibliográfica exhaustiva de los modelos de madurez de la Banca 4.0 (B4.0) y la Industria 4.0 (I4.0), este estudio propone un modelo que comprende cinco dimensiones: Tecnología, Cliente, Personas y Cultura, Estrategia y Liderazgo, y Gobernanza. El modelo incluye cuatro niveles de madurez (Inicial, Gestionado, Integrado, Orientado Digitalmente) y 42 elementos específicos de madurez. Para implementar el modelo, se debe evaluar el desempeño del banco y la importancia relativa de cada vencimiento para calcular el vencimiento general. Expertos en la materia evaluaron la estructura del modelo según la teoría de modelos de madurez.

Contribuciones: El modelo de madurez proporciona un marco estructurado para que los gerentes bancarios evalúen el estado de la organización y guíen el progreso en las iniciativas de la Banca 4.0.

Palabras claves: Industria 4.0. Banca 4.0. Modelos de evaluación de madurez.

1. Introdução

O desenvolvimento das tecnologias introduzidas pelos avanços das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) colaboraram com a nova fase industrial denominada Indústria 4.0 (I4.0) que seria correspondente a Quarta Revolução Industrial (Zhong et al., 2017). O conceito de I4.0 foi apresentado na Feira de Hannover na Alemanha como um projeto governamental de digitalização e avanço da produção associada a aplicação de sistemas Ciberfísicos (CPS) (Agostini & Nosella, 2021; Ghobakhloo, 2018). A I4.0 representa uma mudança de paradigma tanto industrial quanto social visto que vem influenciando na forma de comunicação e interação das pessoas, como também, na percepção de compra e utilização de serviços o que demanda novas formas de lidar com as necessidades dos clientes para sustentar a vantagem competitiva (Oztemel & Gursev, 2020; Rahman & Abedin, 2021).

Para Kiel et al. (2017), a I4.0 reporta a produção mais eficiente pautada na criação de valor, customização de produtos e serviços, flexibilidade e melhor mapeamento de custos. A utilização das TIC's, assim como, de tecnologias como IoT (Internet das coisas), IoS (Internet de Serviço) , CPS (Sistemas ciberfísicos), *Big Data*, Computação em Nuvem e Robôs Inteligentes associadas a processos de manufatura interoperáveis, integrados, adaptáveis e otimizados colaboram para um novo nível de eficiência e produtividade (Alcácer & Cruz-Machado, 2019). Apesar da I4.0 estar associada à indústria, ela já está sendo inserida no setor de serviços trazendo vantagens como: melhoria da satisfação do cliente, por meio da *Big Data* há melhorias no processo de tomada de decisão, desenvolvimento de serviços inteligentes, melhoria na gestão de relacionamento com o cliente e na sua experiência (Sony et al., 2022; Bassette Goes et al., 2020).

Neste contexto, os serviços bancários e financeiros estão buscando as tecnologias da I4.0 para melhorar seu atendimento, disponibilizar produtos e atendimento digital, oferecer informação *on-line* e segurança de dados (Gupta, 2021). A mudanças ligadas à I4.0 estão pressionando o setor a se adequar aos novos requisitos dos clientes e as vantagens advindas da digitalização (Gu et al., 2021). Para o setor bancário Mehdiabadi (2020) nomeia como *Banking 4.0* (B4.0) associando ao conceito e tecnologias da I4.0 que são adaptadas e aplicadas no

contexto bancário. Yun et al (2021) afirmam que o B4.0 se apropria das multidimensões da I4.0 tais como personalização, digitalização e interação com o usuário, como também, cria suas próprias tecnologias como as *fintechs* e os modelos de finanças abertas. Mais recentemente, Costa et al. (2025) analisaram a literatura e identificaram 16 tecnologias associadas ao B4.0. No entanto, para compreender o nível que os bancos estão em sua jornada de implementação da I4.0, Bandara et al. (2019b) afirmam que o desenvolvimento de Modelos de Avaliação de Maturidade (MM) são necessários.

Os MM's são ferramentas de suporte para a tomada de decisão pois avaliam a situação atual de uma empresa, podendo também colaborar em criar e priorizar medidas de melhoria e controlar o andamento da implementação das estratégias definidas (Becker et al., 2009). No contexto da I4.0, esses modelos tem por objetivo contribuir para a definição do estado de desenvolvimento e implementação das práticas e tecnologias (Schumacher et al., 2019).

Analisando as bases *Web of Science* e *Scopus* acerca de MM para o B4.0 foram encontradas três pesquisas. Uma delas, a de Bandara et al. (2019b), que propuseram um MM voltado para o B4.0, contudo não apresentam metodologia para formulação do modelo, considerando as dimensões com pesos iguais, sem validar a metodologia proposta. Já em Bandara et al. (2019a), os autores apresentam modelo semelhante ao de Bandara et al. (2019b) e aplicaram em 11 instituições financeiras do Sri Lanka. No entanto, a pesquisa teve suas limitações no que tange a profundidade de aplicação do modelo, não diferenciando a importância ou o peso de cada dimensão para o banco e não utilizando método de avaliação por especialistas para avaliação do modelo, por exemplo. Por fim, Mehdiabadi et al. (2020) propuseram um *roadmap* de implementação do B4.0 que colabora com a avaliação dos Bancos, mas não pode ser considerado um MM.

Diante das lacunas ora apresentadas, surge o seguinte questionamento “**como avaliar a maturidade em direção ao B4.0 de instituições bancárias?** Para responder ao questionamento, este artigo tem como objetivo desenvolver um Modelo de Avaliação de Maturidade para o B4.0. A partir de uma revisão detalhada da literatura sobre I4.0 e suas aplicações no contexto do B4.0 bem como sobre MMs, foi proposto um modelo inicial, sendo este avaliado e refinado a partir da opinião de especialistas.

Este artigo representa um avanço na literatura, uma vez que grande parte das pesquisas foca em modelos voltados para a manufatura, com poucas aplicações no contexto de serviços (Medeiros et al., 2024). Além disso, a literatura que foca no desenvolvimento de MM para o B4.0 é limitada, com deficiências no processo de desenvolvimento ou aplicação. Além disso, esta pesquisa avança na temática ao apresentar uma proposta metodológica para o desenvolvimento do modelo, bem como a avaliação do mesmo por *experts*. Além disso, a pesquisa avança na prática, em especial para os gestores e tomadores de decisão de instituições bancárias que estão em direção ao B4.0, uma vez que poderão utilizar o modelo, verificando em qual estágio a instituição se encontra e quais os direcionamentos futuros necessários, caso queiram atingir uma elevada maturidade do B4.0.

Para o alcance do objetivo, o artigo encontra-se estruturado em 6 seções, incluindo esta introdução (Seção 1). A Seção 2 apresenta o referencial teórico. A Seção 3 descreve os métodos empregados para o desenvolvimento deste artigo. A Seção 4 mostra a proposta inicial do MM, seguida da Seção 5 que descreve e discute os resultados da avaliação do modelo feita pelos especialistas. A Seção 6 discorre sobre as conclusões, contribuições, limitações e oportunidades de novas pesquisas.

2. Revisão da literatura

2.1 Banking 4.0

As tecnologias emergentes que surgiram nos últimos anos e que vêm sendo aperfeiçoadas trazem um potencial de mudanças significativas para a cadeia de valor de diversos segmentos (Bibby & Dehe, 2018). Apresentada como Indústria 4.0 (I4.0) no ano de 2011 na Feira de Hannover na Alemanha, o conceito está associado à implementação de alta tecnologia, bem como, de princípios que buscam otimização dos resultados e conectividade de ponta a ponta da produção (Oztemel & Gursev, 2020). Os princípios (Figura 1) norteiam as empresas que buscam a digitalização no contexto da I4.0 e, portanto, precisam estar prontas para fazerem mudanças nas operações e processos, devendo possuir fortes capacidades (Dikhanbayeva et al., 2020).



Figura 1. Princípios da I4.0

Em Peres et al. (2020), são encontrados princípios associados às tecnologias da I4.0, tais como (i) engenharia contínua, em que há um monitoramento constante dos recursos industriais em prol de soluções rápidas; escalabilidade, que aborda a capacidade de produção em larga escala; (iii) conhecimento do contexto, associado às informações *full-time* que precisam estar organizadas para quando ações imediatas precisam ser tomadas; (iv) robustez, em que o chão de fábrica precisa estar pronto para mudanças; e, por fim, o (v) humano em *loop*, que é o princípio de que qualquer funcionário seja capaz de operar dentro das especificações. Estes princípios demonstram a tendência da I4.0 em integrar diversos setores, sua informação e a capacidade de rápida mudança às necessidades de mercado.

A literatura acerca da I4.0 tem um consenso de que as mudanças trazidas para a manufatura, em um primeiro momento trouxeram benefícios para a melhoria da produção, otimização de processos e recursos de modo que as tecnologias disruptivas, transformaram a perspectiva da robotização como forma de produzir em um ambiente altamente digitalizado e integrado (Dikhanbayeva et al., 2020; Ghobakhloo, 2018; Oztemel & Gursev, 2020). Para um segundo momento, a democratização da internet e *smarphones*, por exemplo, possibilitaram uma mudança de paradigma com relação ao acesso à informação e formas de consumo (Bilan et al., 2019; Thach et al., 2021). Sendo assim, as tecnologias associadas à I4.0 (Figura

2) juntamente com os princípios de *design* (Figura 1) compõem esta Quarta Revolução Industrial (Dikhanbayeva et al., 2020; Ghobakhloo, 2018).

As tecnologias (Figura 2) não são as únicas, dada a revolução que a I4.0 traz para a sociedade, portanto, os avanços tecnológicos neste contexto não se esgotam (Zhong et al., 2017). No setor financeiro, por exemplo, esse novo paradigma também vem sendo implementado buscando se enquadrar às novas demandas, redução de custos através de melhores ofertas e otimização da estrutura operacional (Rahman & Abedin, 2021). Este novo "banco" se apropria da nomenclatura da I4.0 e se torna o *Banking 4.0* (B4.0) (Mehdiabadi et al., 2020).

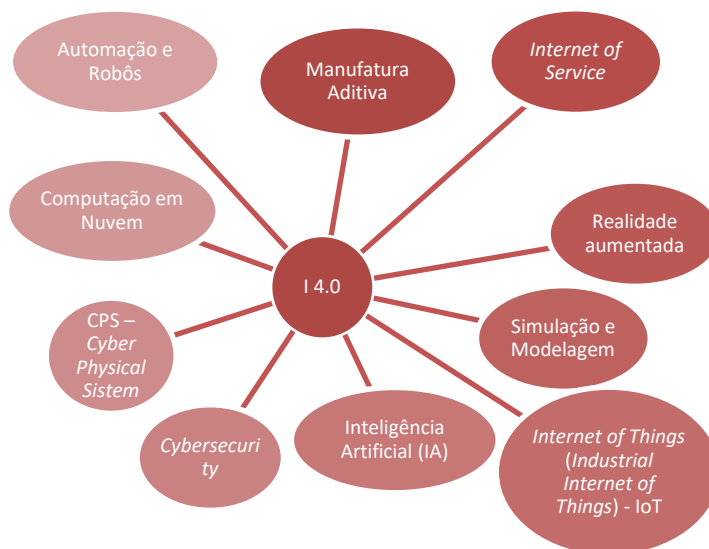


Figura 2. Tecnologias da I4.0

O B4.0 experimenta o avanço tecnológico através de sistemas inteligentes, *machine learning*, *blockchain* e *fintechs* que conectam negócios de todos os tamanhos, governo, reguladores, agências e usuários visando um ambiente de inovação flexível e integrado (Yun et al., 2021). Nesse contexto, as *fintechs*, por exemplo, são empresas de tecnologia avançada que trazem soluções financeiras para clientes tendo por base produtos de crédito, investimentos, vendas *on-line* e meios de pagamento (Mehdiabadi et al., 2020). Já os sistemas inteligentes se

baseiam em IA, IoT, Computação em Nuvem e métodos de análise de dados para melhor compreender as demandas dos clientes através do estudo do seu comportamento, seja através das iterações nos diversos aplicativos bancários, ou até rede sociais (Gupta, 2021). Sendo assim, o B4.0 traz soluções de atendimento e amplia a sua capacidade.

Mehdiabadi et al. (Mehdiabadi et al., 2020) descrevem, dentro do contexto do sistema financeiro, uma caracterização evolutiva até o B4.0 (Tabela 1). Na literatura não foram encontradas descrições que determinem tal conceituação cronológica além da pesquisa mencionada. Assim, compreende-se que o sistema bancário foi evoluindo de acordo com a implementação de novos modelos de negócio associados às tecnologias diversas que possibilitaram a dissociação da sua atuação em agências físicas em detrimento de atendimento personalizado em aplicativos *mobile*. É válido salientar que esta mudança decorreu em um espaço de tempo curto, ou seja, o modelo do B1.0 perdurou de forma exclusiva durante boa parte de sua história.

Nesse cenário, B4.0 pode ser definido como o banco orientado à experiência do cliente possibilitando o atendimento às suas necessidades, a oferta de produtos personalizados e a conectividade intermitente de forma a colaborar com o acesso à informação a qualquer tempo e local por meio de aplicativos financeiros (Bandara et al., 2019b). Para Rahman (Rahman & Abedin, 2021), os produtos e serviços digitais promovem uma cadeia de valor inovadora que cria conveniência. As tecnologias para o B4.0 que colaboram com esta nova forma de atuar estão associadas àquelas da I4.0, como também, tem as suas particularidades visando atender suas próprias demandas. As aplicações de tecnologias da I4.0 no setor financeiro que possibilitam informação e soluções em tempo real são muitas. As operações por meio do *mobile banking* são exemplos de colaboração de tecnologias como IA, *Big Data*, *Ciber segurança* e IoT (Shaikh & Karjaluo, 2015). Esta realidade só é possível graças aos avanços tecnológicos advindos da I4.0 que estão em constante evolução.

Tabela 1
Evolução do B4.0

Banking	Conceito	Período
B1.0	Banco tradicional pautado em agências físicas em que os serviços são prestados em horário de atendimento.	Desde sua origem até meados de 1980.
B2.0	Introdução da Internet e alguns serviços inovadores como caixas eletrônicos e leitores de cartões. Início de um atendimento fora das agências.	1980 até meados de 2007.
B3.0	Evolução do autoatendimento bancário e expansão dos serviços móveis associados ao uso de <i>smartphones</i> e leitores de cartões portátil.	De 2007 até meados de 2015.
B4.0	Banco em tempo real, digitalizado, com produtos inovadores como análise de investimentos e transações <i>on-line</i> .	De 2015 até os dias atuais.

Fonte: adaptado de Mehdiabadi et al. (Mehdiabadi et al., 2020).

2.2 Modelos de maturidade (MM)

A avaliação da maturidade permite que as empresas compreendam em que nível estão enquadradas no estabelecimento tanto das tecnologias quanto dos princípios que norteiam este novo paradigma da Indústria (Wagire et al., 2021). Dentre as ferramentas possíveis para este diagnóstico é possível se ater aos MM que são utilizados para conceituar e medir a maturidade de uma organização ou de um processo em relação a algum estado específico (Schumacher et al., 2016). Esses MM's baseiam-se na premissa que pessoas, organizações, áreas funcionais e processos se desenvolvem através de níveis baseados em um ponto de partida até um nível mais alto de maturidade (Santos & Martinho, 2020). Os modelos medem a maturidade em diferentes áreas denominadas dimensões e cada uma dessas dimensões é descrita por atribuições que se desenvolvem nos níveis propostos (Santos & Martinho, 2020). No que se refere aos MM para a I4.0, a literatura mostra vários (Tabela 2), que mostra também as dimensões abordadas pelos modelos. É válido ressaltar que devido a abrangência de dimensões e nomenclaturas da literatura (Tabela 2) foram realizados agrupamentos para dimensões que possuem características semelhantes. Um exemplo disso é o modelo de Wagire et al. (2021) que possui uma dimensão chamada de “Conscientização da I4.0” e que foi alocada na dimensão Cultura uma vez que está associada a capacidade organizacional disseminar entre os funcionários as bases da I4.0.

As dimensões muitas vezes apresentam subdimensões ou itens que estão relacionadas às dimensões e que podem possuir pontuações ou pesos específicos. No MM de Schumacher et al. (2019), por exemplo, os autores propuseram 65 itens de maturidade agrupados em 8 dimensões.

Os MMs também apresentam, normalmente, cinco níveis de avaliação para tais dimensões (Tabela 3) (Bruin et al., 2005). Os autores da Tabela 3 definem os níveis de maturidade de acordo com a metodologia escolhida e elaboram a descrição de cada um conforme o contexto de aplicação. Por exemplo, Caiado et al. (Caiado et al., 2021) apresentam características acerca do processo associado à implementação de práticas de digitalização de forma integrada entre as empresas da cadeia produtiva desde o nível inexistente (processo digital não implementado) até o auto-otimizado (processos internos e intra-empresariais digitais estabelecidos). Em relação à definição de qual nível a empresa se encontra e, cada um fornece sua própria forma de cálculo, variando desde formas mais simples média aritmética, até metodologias mais robustas.

Tabela 2
Dimensões em MM para a I 4.0

Modelo	Dimensões															Autores	
	Tecnologia	Pessoas	Estratégia	Cadeia de valor	Cultura	Produtos e Serviços Inteligentes	Fábrica Inteligente	Operações Inteligentes	Organização	Liderança	Governança	Dados e informações	Fornecedor/Parceiros	Qualidade	Manutenção		Clientes
MM 01	x	x	x		x												(Bibby & Dehe, 2018)
MM 02	x	x	x	x	x	x	x										(Wagire et al., 2021)
MM 03		x	x		x	x	x	x									(Santos & Martinho, 2020)
MM 04			x			x	x	x	x								(Rafael et al., 2020)
MM 05	x	x						x									(Sjödín et al., 2018)
MM 06	x							x	x								(Lin, Sheng, et al., 2020)
MM 07	x	x	x		x	x		x		x	x					x	(Schumacher et al., 2016)

Modelo	Dimensões															Autores	
	Tecnologia	Pessoas	Estratégia	Cadeia de valor	Cultura	Produtos e Serviços Inteligentes	Fábrica Inteligente	Operações Inteligentes	Organização	Liderança	Governança	Dados e informações	Fornecedor/Pa-rci-veis	Qualidade	Manutenção		Clientes
MM 08	x	x	x	x		x				x	x	x	x			x	(Schumacher et al., 2019)
MM 09							x	x					x	x	x	x	(Caiado et al., 2021)
MM 10						x	x	x					x	x	x		(De Carolis et al., 2017)
MM 11	x	x	x		x	x	x	x				x				x	(Hajoary, 2020)
MM 12						x	x	x				x		x	x		(Dutta et al., 2020)
MM 13	x	x	x			x		x					x				(Lin, Sheng, et al., 2020)
MM 14	x	x	x			x		x			x					x	(Bandara et al., 2019b)
TOTAL	9	9	9	2	5	10	7	11	2	2	3	3	4	3	3	5	

Tabela 3
Níveis em Modelos de Maturidade para a I 4.0

AUTORES	Nível de Maturidade					
	0	1	2	3	4	5
(Bibby & Dehe, 2018)		Mínimo	Definido	Desenvolvimento	Excelência	
(Wagire et al., 2021)		<i>Outsider</i>	Iniciante Digital	Experiente	Especialista	
(Santos & Martinho, 2020)	Baixo	Ações Piloto	Implementação Iniciada	Implementação Parcial	Implementação avançada	Referência
(Rafael et al., 2020)	Outsider	Iniciante	Intermediário	Experiente	Especialista	Top performers
(Sjödín et al., 2018)		Tecnologias Conectadas	Dados Estruturados	Processo em tempo real	Inteligente	
(Lin, Wang, et al., 2020)	Iniciante	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Integrado e interoperado	Otimizado
(Schumacher et al., 2016)		1	2	3	4	5
(Schumacher et al., 2019)		1	2	3	4	
(Caiado et al., 2021)	Inexistente	Conceitual	Gerenciado	Avançado	Auto-otimizado	

AUTORES	Nível de Maturidade					
	0	1	2	3	4	5
(De Carolis et al., 2017)		Inicial	Gerenciado	Definido	Integrado e interoperado	Digital Orientado
(Hajoary, 2020)		Ausente	Iniciante	Intermediário	Experiente	Especialista
(Dutta et al., 2020)		1	2	3	4	5
(Lin, Sheng, et al., 2020)	Avaliado	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Integrado e interoperado	Otimizado
(Bandara et al., 2019).		Inicial	Gerenciado	Definido	Estabelecido	Digital Orientado
Total	5	14	14	14	14	9

3. Metodologia

Para o desenvolvimento do MM para o B4.0 foi utilizada uma adaptação da metodologia de Becker et al (Becker et al., 2009) (Tabela 4), pois esta é citada por Lasrado e Andersen (2015) como uma metodologia já adotada em alguns MMs.

Assim, na Fase 1 se realizou uma pesquisa exploratória em bases de dados científicas com a finalidade de buscar conceitos, definições e aplicações da I4.0, B4.0 e dos MM. Procurou-se compreender como as tecnologias da I4.0 são aplicadas no B4.0. Ao realizar essa análise, também se verificou que não existiam MM para o B4.0, sendo necessário, portanto, compreender a literatura sobre MM para a I4.0 (Fase 2). Esses resultados foram apresentados na seção de “Revisão Teórica” do artigo. Na Fase 3, verificou-se que, como não existiam MM para o B4.0, determinou-se a estratégia de desenvolvimento do modelo, descrita na próxima seção.

Por fim, para a “Fase 04 “Desenvolvimento interativo do MM” foi adotada a opinião dos especialistas para avaliar o MM. Para tanto, foi feito um questionário dividido em 5 partes: (i) informações pessoais; (ii) avaliação dos níveis e dimensões e grau de importância das dimensões do MM proposto; (iii) determinação da importância relativa entre as dimensões de maturidade a fim de determinar uma escala de importância entre elas; (iv) avaliação do MM para verificar a utilidade, qualidade e eficácia; e, (v): espaço para opinião do MM.

Tabela 4
Fases para elaboração do MM para o B4.0.

Fases de elaboração	Objetivo	Método	Seção do artigo
1. Definição do problema	- Determinar a relevância do B4.0 para o contexto de inovação relacionado à implementação das tecnologias da I4.0	- Revisar a literatura sobre I4.0, B4.0, tecnologias e inovações do setor financeiro	<i>Banking 4.0</i>
2. Comparação com outros MM's	- Compreender os MM's existentes acerca da I4.0, se podem ser utilizados em sua totalidade ou parcialmente para a pesquisa - Pesquisar se há MM relacionados ao B4.0	- Revisar a literatura MM na I4.0 -Elaborar Tabela 3 que mostra de forma comparativa dos MM's existentes com níveis e dimensões	Modelos de Maturidade
3. Determinação da estratégia	Definir se será utilizado algum MM da I4.0, se será adaptado deste ou se será utilizado MM do B4, caso exista	- Analisar os modelos da Fase 2 a fim de determinar se há MM's relacionados com o B4.0, se podem ser utilizados total ou parcialmente - Compreender se os MMs da I4.0 podem ser utilizados no contexto do B4.0 através de requisitos de pesquisa	Proposição de MM para o B4.0
4.Desenvolvimento iterativo	- Desenvolver o MM com níveis e dimensões - Realizar interações de avaliação com especialistas - Elaborar MM final	- Utilizar a revisão da literatura para a definição dos componentes do MM - Realizar avaliação do MM por especialistas e usuários - Elaboração do MM final	Discussão e refinamento

Fonte: Baseado em Becker et al. (Becker et al., 2009)

Para a seleção dos especialistas foi utilizada uma base de currículos (Plataforma Lattes) para captar especialistas da área de Engenharia de Produção com título de Doutor e experiência na área de MM para a I4.0 e afins. Se obteve uma lista de 25 especialistas. Dessa forma, foram enviados e-mails com o MM proposto e um *link* para o formulário de avaliação feito no *Forms* do Google. Cinco especialistas responderam e com as respostas foi realizada uma análise qualitativa sobre as críticas e sugestões de melhoria do modelo e as respostas de cada item conforme está apresentado na seção de “Discussão e refinamento do modelo” (Seção 5).

4. Proposição de modelo de maturidade para o B4.0

As Fases 1 e 2 (Tabela 4) foram apresentados na seção de “Revisão Teórica”, sendo que os resultados dessas fases permitiram “determinar a estratégia de projeto” (Fase 3), pois MMs descritos tinham dimensões (Tabela 2) e níveis (Tabela 3) que poderiam ser adaptados para o

contexto em questão. Essas informações permitiram propor as seguintes dimensões para o Modelo em questão (considerando as características do setor de serviços e de um banco):

- (i) Tecnologia, que aborda a presença das inovações tecnológicas do setor.
- (ii) Clientes, que trata da presença do cliente na cadeia de valor do produto e serviço.
- (iii) Pessoas e Cultura, que avalia a atuação dos funcionários na implementação e manutenção do B4.0.
- (iv) Estratégia e Liderança, que apresenta itens de avaliação da aderência da estratégia corporativa e dos gestores ao B4.0.
- (v) Governança, que traz reflexões sobre os meios de segurança e uso de dados e Responsabilidade Social Corporativa.

Uma vez definida as dimensões, foram definidos itens para avaliar tais dimensões, sendo utilizados os itens propostos por Schumacher et al. (Schumacher et al., 2019) bem como alguns elementos da revisão da literatura apresentada na seção de Revisão Teórica, conforme se observa na Figura 3 que mostra os 42 itens de Maturidade. Além disso, verificou-se a necessidade de se propor um MM que tivesse uma estrutura dividida em dois eixos sendo: um para avaliação de desempenho e outro para uma avaliação de importância, conforme explicitado a seguir.

- (i) No primeiro eixo “avaliação do desempenho” tem a finalidade de obter informações sobre o nível de implementação de cada item de maturidade na Instituição. Os itens serão avaliados segundo cinco níveis: fraco (1), muito fraco (2), razoável (3), forte (4) e muito forte (5). Ou caso o item não esteja presente na Instituição pode ser definido como não existente (0).
- (ii) O segundo eixo “avaliação da importância” serve para traduzir a representatividade do item para o B4.0 de modo a fornecer pesos de ponderação para o cálculo da maturidade global. Tal grau de importância (peso) pode ser avaliado por muito baixo (1), baixo (2), médio (3), alto (4) e muito alto (5).

Para o cálculo da Maturidade de cada dimensão (MD_j) e Maturidade Global (MG) será utilizada a Equação 1. A maturidade da dimensão (MD_j) será a divisão entre somatório de todas as maturidades ponderadas de seus itens ($M_i \times P_i$) pelo somatório dos pesos dos itens (P_i). Por fim, a maturidade global (MG) será a divisão entre o somatório de todas as maturidades ponderadas das dimensões ($MD_j \times P_j$) pelo somatório de todos os pesos (P_j).

Equação 1:

$$MD_j = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \times P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

$$MG = \frac{\sum_{j=1}^n MD_j \times P_j}{\sum_{j=1}^n P_j}$$

M_i = Maturidade do item i
 P_i = Peso do item i
 MD_j = Maturidade da dimensão j
 P_j = Peso da dimensão $j = \sum_{i=1}^n P_i$
 MG = Maturidade global

Dimensão Tecnologia	Dimensão Clientes	Dimensão Pessoas e Cultura	Dimensão Estratégia e Liderança	Dimensão Governança
Troca de informações por meio de IoT	Digitalização do atendimento	Competência com as tecnologias da Informação e comunicação (TIC)	Implementação do B4.0 incorporada no Planejamento Estratégico	Regulamentações trabalhistas para o trabalho digital
Utilização de tecnologia em nuvem	Integração do cliente no desenvolvimento de produtos	Conscientização de funcionários que não atuam em TI para as tecnologias do B4.0	Coordenação central das atividades do B4.0	Governança de dados (coleta, uso e análise de dados por Big Data)
Armazenamento de informação descentralizado	Utilização de dados relacionados ao cliente	Conscientização de funcionários que não atuam em TI para segurança cibernética	Recursos financeiros para a implementação total do B4.0	Proteção de Dados
Utilização de robôs	Coleta de informações de uso do produto	Flexibilização de arranjos de trabalho	Comunicação das atividades para a implementação do B4.0	Responsabilidade Social Corporativa
Uso de aplicativos em dispositivos móveis (<i>Mobile banking</i>)		Autonomia dos trabalhadores nos processos	Avaliação dos riscos para o B4.0	
Comercialização de criptomoeda própria ou atua neste mercado		Experiência com o trabalho interdisciplinar	Motivação dos gestores para realizar o B4.0	
Uso de tecnologia POS (<i>Point of Sale</i>) e <i>e-commerce</i>		Experiência com o trabalho remoto	Gestores capacitados para o B4.0	
Tecnologia para o <i>open banking</i>		Formação contínua no local de trabalho	Parceria com <i>fintechs</i> e <i>startups</i>	
Tecnologias biométricas		Treinamento para o B4.0		

Dimensão Tecnologia	Dimensão Clientes	Dimensão Pessoas e Cultura	Dimensão Estratégia e Liderança	Dimensão Governança
Tecnologia de <i>ciber segurança</i>		Cultura de inovação aberta		
Utilização de API's (<i>Application Programming Interface</i>) para conectar-se a outros aplicativos		Cultura organizacional voltada para a digitalização		
Inteligência Artificial em processos, tomada de decisão e análise comportamental				
Simulação de cenários futuros através de <i>software</i> orientado por dados				
Compatibilidade digital				
Colaboração do setor de TI para o desenvolvimento de produtos				

Figura 3. Itens de Maturidade

Para a definição dos níveis foi utilizado a revisão da literatura representada pelo Tabela 3, tomando-se como base a frequência de citação. Assim, no modelo ora proposto foram definidos quatro níveis. Tal quantidade de níveis colabora com uma definição mais consolidada de suas características. Foi definido que o modelo parte de um estágio inicial até o nível mais avançado de digital orientado (Figura 4). A nomenclatura adotada também considerou nomenclaturas mais citadas nos MM's da Tabela 3.

Nível	Descrição
Inicial	O Banco utiliza tecnologias e práticas do B4.0 em algumas formas de atendimento ao cliente e em seus processos. Caixas eletrônicos, leitores de cartão (POS) e atendimento <i>online</i> estão presentes de forma incipiente, sem personalização. Algumas tecnologias do B4.0 já estão presentes nos processos internos e externos. O Banco compreende a necessidade de implementação do B4.0, mas não tem estratégia definida.
Gerenciado	O Banco utiliza tecnologias e práticas do B4.0 através do uso da internet em seu atendimento ao cliente, em aplicativos de <i>smartphones</i> , e nos processos internos. Evolução do autoatendimento bancário. Neste nível os bancos se utilizam da internet para transitar dados, realizam gerenciamento dos clientes por CRM, possuem controle e medidas de segurança de dados e tem uma estratégia definida para o alcance do B4.0. Os colaboradores já compreendem as

Nível	Descrição
	competências para implementação do B4.0. Existe um roteiro para a implementação do B4.0, mas ainda não totalmente estabelecido.
Integrado	O Banco aplica as tecnologias e práticas do B4.0 através do atendimento digital, oferta ativa de produtos e serviços. A organização já implementou as tecnologias do B4.0 para gerenciamento de clientes e processos, segurança de dados e informações, como também, se utiliza de informações em tempo real, personalização de atendimento e plataformas digitais <i>online</i> para clientes internos e externos. A tomada de decisão e gestão de ativos tem o suporte das tecnologias do B4.0. Os conceitos de integração e interoperabilidade são utilizados para melhorar o intercâmbio de informações.
Digital Orientado	O Banco é referência no setor financeiro acerca da implementação das tecnologias do B4.0, com sólida infraestrutura tecnológica, integração informatizada entre os setores, segurança de dados e informações. A organização está totalmente formada para a utilização das tecnologias do B4.0 e voltada para sua aplicação e aperfeiçoamento constante. A estratégia do Banco está focada para a melhoria contínua do atendimento ao cliente e dos processos associados ao avanço das tecnologias do B4.0. A instituição como um todo está voltada para o digital em suas práticas cotidianas em prol da melhor entrega de produtos e serviços aos clientes.

Figura 4. Níveis de maturidade para o B4.0

5. Discussão e refinamento do modelo

Os especialistas classificaram como Muito Bom a presença dos princípios básicos de um MM relativo à percepção de estágios de evolução e diretrizes para avanços em cada dimensão. Com relação a presença dos níveis e dimensões a avaliação foi “Bom”, assim como, a avaliação da qualidade do modelo e a eficácia quanto à sua colaboração institucional.

Os especialistas qualificaram o Modelo como **Bom** principalmente no que diz respeito aos seus elementos principais, dimensões e níveis. Tal fato pode estar vinculado às observações acerca da nomenclatura dos níveis e sua gradação.

Em **relação aos níveis**, o Especialista 1 considerou que o primeiro nível deveria ser inexistente visto que há empresas em que as práticas e tecnologias da I4.0 não estão presentes. No entanto, o que se verificou na literatura estudada, é que as instituições financeiras e, em especial, os bancos possuem o mínimo de informatização, tal como verificado no B1.0 (Mehdiabadi et al., 2020). Mehdiabadi et al. (Mehdiabadi et al., 2020) também afirmam que com o avanço da internet os bancos passaram a ter seus processos associados às tecnologias de informação e comunicação, mesmo que de forma incipiente. Já o Especialista 2 considerou que a nomenclatura do nível “digital orientado” pode associar a existência de alguma inovação e digitalização apenas neste nível. Visando evitar tal percepção optamos por alterar o nome para

Referenciado seguindo a linha de nomenclatura dos níveis anteriores, bem como, a validação do termo por Wagire et al (Wagire et al., 2021), Rafael et al. (Rafael et al., 2020) e Hajoary (Hajoary, 2020).

O especialista 4 sugeriu a inserção de um nível mais maduro que abrangesse a avaliação da gestão de processos nos quais os interesses e expectativas dos clientes estarão alinhados com os objetivos estratégicos da empresa. O mesmo também indicou a necessidade de avaliar neste nível mais avançado, os processos de operação e de apoio a tomada de decisão que perpassam a cadeia produtiva integrando-a com tecnologias adequadas. Tal contribuição não foi utilizada no modelo final buscando uma estrutura mais enxuta que facilite a aplicação como salienta Becker et al. (Becker et al., 2009).

Acerca da **avaliação da importância das dimensões** os especialistas, em consenso, compreenderam que a Tecnologia é a mais representativa. Isto reafirma o que foi encontrado na literatura que salienta que as tecnologias da I4.0 estão modificando o setor bancário como um todo visando atender às demandas dos clientes e agregando valor aos serviços e produtos (Rahman & Abedin, 2021). Para os Especialistas 2 e 3 a dimensão Clientes é tão importante quanto a dimensão Tecnologia justamente associando a relevância do atendimento personalizado presente no B4.0 (Bilan et al., 2019). Já Especialista 1 ressaltou a importância da dimensão Estratégia e Liderança tanto quanto a dimensão Tecnologia podendo estar associado à necessidade de que a alta administração esteja alinhada com a implementação da inovação na corporação sob uma perspectiva *top-down* para alcançar melhor *performance* de atendimento e resultados (Santos & Martinho, 2020).

Acerca da dimensão Pessoas e Cultura percebeu-se que os especialistas compreendem sua importância, mas não a colocam no mesmo patamar que as demais. Tal fato pode estar associado à necessidade de que haja uma estrutura consolidada no âmbito da tecnologia e atendimento ao cliente que são cerne do B4.0. A tecnologia, devido ser o foco das mudanças disruptivas associadas à I4.0 e o cliente que está vinculado ao princípio de servitização, ou seja, a centralidade no cliente em vez da produção/serviço (Frank et al., 2019). A dimensão Governança foi avaliada como tão importante quanto a dimensão Estratégia e Liderança pelos especialistas, validando a necessidade da gestão da segurança de dados e informações, da sua

utilização no âmbito interno, bem como, do tratamento das legislações trabalhistas e de proteção de informação (Bandara et al., 2019b; Schumacher et al., 2016, 2019).

Por fim, tomando como base o MM inicialmente proposto, bem como a avaliação realizada pelos especialistas, foi possível refinar o modelo, conforme representado pela Figura 5, que mostra os quatro níveis de maturidade (com uma alteração na nomenclatura do último nível), 5 dimensões e 42 itens de maturidade.

De modo geral a avaliação dos especialistas trouxe contribuições para melhoria do modelo em sua estrutura, validando também o percurso metodológico proposto que buscou um MM para o B4.0 conciso e aderente à teoria.

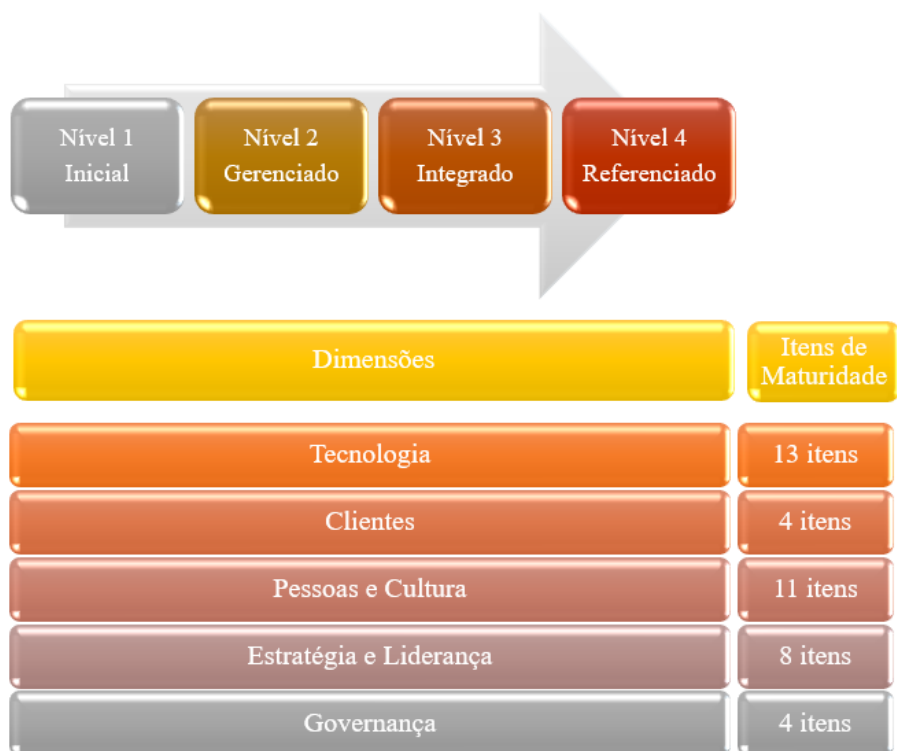


Figura 5. MM para o B4.0 refinado

6. Conclusões

A presente pesquisa cumpre seu objetivo geral ao apresentar uma proposta de MM para o B4.0 com dimensões, níveis, itens de maturidade e método de cálculo da maturidade global,

bem como uma avaliação do modelo por especialistas, o que permitiu refinar o MM inicialmente proposto.

A contribuição teórica mais importante diz respeito à proposição do modelo de avaliação da maturidade para o Banco 4.0. Apesar de existir um MM para o B4.0, proposto por Bandara et al. (2019b), este apresenta limitações no que tange ao rigor metodológico em seu desenvolvimento e aplicação. Dessa forma, esta pesquisa avança uma vez que desenvolve um modelo de avaliação da maturidade do B4.0 com rigor metodológico (seguindo o método de Becker et al., 2009) que segue quatro etapas: (1) Definição do problema; (2) Comparação com outros MM's; (3) Determinação da estratégia de desenvolvimento; e, (4) Desenvolvimento iterativo. Em seguida, o modelo é refinado e avaliado segundo a opinião de especialistas na área. Além disso, o modelo apresenta dimensões que são aderentes às características do setor bancário, bem como as tecnologias adotadas por esse setor

O artigo também traz contribuições práticas, uma vez que o modelo pode ser aplicado na realidade cotidiana de diferentes instituições financeiras. Assim, o MM poderá ser adotado por gestores bancários, uma vez que terão uma ferramenta de avaliação da implementação das tecnologias e práticas do B4.0 segundo itens de maturidade que possuem uma visão holística de acordo com as dimensões do modelo. Como resultado da aplicação do modelo, os gestores terão informações do tipo: qual nível de maturidade de itens que envolve não apenas as tecnologias do B4.0; a capacitação dos funcionários e líderes sobre temas do B4.0; o nível de engajamento das equipes acerca deste assunto; o estágio em que a instituição se encontra de implementação do B4.0, por exemplo. Tal compilado de informações pode colaborar com a discussão das estratégias sobre o B4.0, investimentos necessários e a percepção dos funcionários sobre a temática, que pode promover um ambiente de inovação colaborativa.

Além das contribuições, o artigo traz algumas limitações que podem se transformar em oportunidades para pesquisas futuras. Uma delas e a mais relevante está relacionada a não aplicação do modelo por meio de estudos de caso, conforme sugerem Becker et al. (2009). Dessa forma, futuras pesquisas poderão aplicar o modelo em instituições bancárias a fim de verificar o nível de maturidade dessas instituições em relação ao Banco 4.0. A segunda diz respeito ao número de especialistas que participaram do processo de avaliação do modelo.

Futuras pesquisas podem ampliar o escopo de avaliação, por meio de grupos focais com pesquisadores ou gestores de tecnologia de diferentes instituições bancárias. No entanto, convém ressaltar que mesmo com um número reduzido de especialistas, o objetivo final deste artigo foi alcançado. Para finalizar, destaca-se que apesar das limitações apresentadas a pesquisa tem caráter inovador dentro de um contexto teórico e prático do B4.0, bem como, lança reflexões sobre a temática.

Referências

- Agostini, L., & Nosella, A. (2021). Industry 4.0 and business models: a bibliometric literature review. *Business Process Management Journal*, 27(5), 1633–1655. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2021-0133>
- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>
- Bandara, O. K. K., Tharaka, V. K., & Wickramarachchi, A. P. R. (2019). Industry 4.0 maturity assessment of the Banking Sector of Sri Lanka. *Proceedings - IEEE International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering, SCSE 2019*, 190–195. <https://doi.org/10.23919/SCSE.2019.8842818>
- Bandara, O., Vidanagamachchi, K., & Wickramarachchi, R. (2019a). A model for assessing maturity of industry 4.0 in the banking sector. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2019(MAR)*, 1141–1150.
- Bandara, O., Vidanagamachchi, K., & Wickramarachchi, R. (2019b). A model for assessing maturity of industry 4.0 in the banking sector. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2019(MAR)*, 1141–1150.
- Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing Maturity Models for IT Management. *Business & Information Systems Engineering*, 1(3), 213–222. <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Bibby, L., & Dehe, B. (2018). Defining and assessing industry 4.0 maturity levels—case of the defence sector. *Production Planning and Control*, 29(12), 1030–1043. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1503355>
- Bilan, Y., Rubanov, P., Vasylieva, T., & Lyeonov, S. (2019). The influence of industry 4.0 on financial services: Determinants of alternative finance development. *Polish Journal of Management Studies*, 19(1), 70–93. <https://doi.org/10.17512/pjms.2019.19.1.06>
- Caiado, R. G. G., Scavarda, L. F., Gavião, L. O., Ivson, P., Nascimento, D. L. de M., & Garza-Reyes, J. A. (2021). A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 231(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107883>
- Costa, S. M. N. da, Gohr, C. F., & Santos, L. C. (2025). Concepts and applications of Banking

- 4.0: systematic review and proposal for a research agenda. *Brazilian Journal of Management & Innovation, Online Fir*.
- De Bruin, S., De Bruin, T., Rosemann, P. M., Freeze, R., Kulkarni, P. U., & Carey, W. P. (2005). Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. *16th Australasian Conference on Information Systems*.
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 513, 13–20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_2
- Dikhanbayeva, D., Shaikholla, S., Suleiman, Z., & Turkyilmaz, A. (2020). Assessment of industry 4.0 maturity models by design principles. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12239927>
- Dutta, G., Kumar, R., Sindhvani, R., & Singh, R. K. (2020). Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs – a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *Competitiveness Review*, 30(3), 289–314. <https://doi.org/10.1108/CR-03-2019-0031>
- Frank, A. G., Mendes, G. H. S., Ayala, N. F., & Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 141(July 2018), 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- Gu, J., Gouliamos, K., Lobonç, O. R., & Nicoleta-Claudia, M. (2021). Is the fourth industrial revolution transforming the relationship between financial development and its determinants in emerging economies? *Technological Forecasting and Social Change*, 165. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120563>
- Gupta, R. (2021). Industry 4.0 Adaption in Indian Banking Sector—A Review and Agenda for Future Research. *Vision*, 1–9. <https://doi.org/10.1177/0972262921996829>
- Hajoary, P. K. (2020). Industry 4.0 Maturity and Readiness Models: A Systematic Literature Review and Future Framework. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 17(7). <https://doi.org/10.1142/S0219877020300050>
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. In *International Journal of Innovation Management* (Vol. 21, Issue 8). <https://doi.org/10.1142/S1363919617400151>
- Lasrado, L. A., Vatrapu, R., & Andersen, K. N. (2015). Maturity Models Development in IS Research: A Literature Review. *IRIS Selected Papers of the Information Systems Research Seminar in Scandinavia*, 6, 6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3046.3209>
- Lin, T. C., Sheng, M. L., & Jeng Wang, K. (2020). Dynamic capabilities for smart manufacturing transformation by manufacturing enterprises. *Asian Journal of Technology Innovation*, 28(3), 403–426. <https://doi.org/10.1080/19761597.2020.1769486>
- Lin, T. C., Wang, K. J., & Sheng, M. L. (2020). To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), 102–115. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699255>

- Medeiros, E. D. de, Santos, L. C., & Gohr, C. F. (2024). Modelos de maturidade para a indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Journal of Management & Technology*, 24(5), 154–181.
- Mehdiabadi, A., Tabatabeinasab, M., Spulbar, C., Yazdi, A. K., & Birau, R. (2020). Are we ready for the challenge of banks 4.0? designing a roadmap for banking systems in industry 4.0. *International Journal of Financial Studies*, 8(2), 1–28. <https://doi.org/10.3390/ijfs8020032>
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Peres, R. S., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A. W., & Barata, J. (2020). Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 -Systematic Review, Challenges and Outlook. *IEEE Access*, 220121–220139. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042874>
- Rafael, L. D., Jaione, G. E., Cristina, L., & Ibon, S. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model for machine tool companies. *Technological Forecasting and Social Change*, 159(March), 120203. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120203>
- Rahman, A., & Abedin, M. J. (2021). The Fourth Industrial Revolution and private commercial banks: the good, bad and ugly. *International Journal of Organizational Analysis*. <https://doi.org/10.1108/IJOA-05-2020-2218>
- Santos, R. C., & Martinho, J. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1023–1043. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0284>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihm, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>
- Shaikh, A. A., & Karjaluo, H. (2015). Mobile banking adoption: A literature review. *Telematics and Informatics*, 32(1), 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2014.05.003>
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M., & Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation: A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing. Moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, p. *Research Technology Management*, 61(5), 22–31. <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471277>
- Sony, M., Antony, J., & Mc Dermott, O. (2022). How do the technological capability and strategic flexibility of an organization impact its successful implementation of Industry 4.0? A qualitative viewpoint. *Benchmarking*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2021-0541>
- Thach, N. N., Hanh, H. T., Huy, D. T. N., Gwoździewicz, S., Nga, L. T. V., Huong, L. T. T., & Nam, V. Q. (2021). Technology Quality Management of the Industry 4.0 and Cybersecurity Risk Management on Current Banking Activities in Emerging Markets - the Case in Vietnam. *International Journal for Quality Research*, 15(3), 845–856.

- <https://doi.org/10.24874/IJQR15.03-10>
- Wagire, A. A., Joshi, R., Rathore, A. P. S., & Jain, R. (2021). Development of maturity model for assessing the implementation of Industry 4.0: learning from theory and practice. *Production Planning and Control*, 32(8), 603–622. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1744763>
- Yun, J. J., Liu, Z., & Zhao, X. (2021). Introduction: Ambidextrous Open Innovation in the 4th Industrial Revolution. *Science, Technology and Society*, 26(2), 183–200. <https://doi.org/10.1177/09717218211006969>
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>