Fatecnológica
Fatec Jahu

IV CONGRESSO DE TECNOLOGIA FATEC JAHU 10 a 13/11

ISSN 2763-5600

Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

ALÉM DO TOE TRADICIONAL

A prontidão de dados na adoção de inteligência artificial por pequenas e médias empresas: revisão integrativa e proposta conceitual

BEYOND THE TRADITIONAL TOE

Data readiness in artificial intelligence adoption by small and medium-sized enterprises: an integrative review and conceptual proposal

José Renato Luchini
Fatec Jahu – CST em Gestão da Tecnologia da Informação, jose.luchini@cps.sp.gov.br

DOI: https://doi.org/10.54628/issn2763-5600.v20.1.2026.391

Resumo

A adoção de inteligência artificial (IA) por pequenas e médias empresas (PMEs) depende da qualidade, do acesso e da governança dos dados, mas o modelo Tecnologia-Organização-Ambiente (TOE) não trata os dados como construto próprio. Este trabalho analisa como a literatura recente sobre adoção de IA em PMEs posiciona os dados no TOE e propõe uma extensão conceitual do modelo. Realizou-se uma revisão integrativa em fontes de acesso aberto (Google Acadêmico, OpenAlex e SciELO), com buscas em outubro de 2026 para o período de 2019 a 2026. Dos 207 registros identificados, 70 passaram pela triagem e 18 discutiam dados de forma substantiva, sendo lidos na íntegra. Nenhum dos 18 estudos deste recorte trata os dados como dimensão do modelo: em 8 eles aparecem apenas no pilar tecnológico, em 4 divididos entre pilares ou parcialmente fora do TOE e em 6 sem classificação no modelo. As questões de dados se agrupam em quatro subdimensões: acessibilidade e integração (13 estudos); governança, privacidade e segurança (11); qualidade e integridade (8); e ética e viés (4). Com base nesses achados, propõe-se o modelo TOE4D, em que a Prontidão de Dados é um construto de segunda ordem que medeia os efeitos dos contextos tecnológico e organizacional sobre a adoção e modera o efeito do contexto ambiental, acompanhado de quatro proposições para teste empírico em PMEs brasileiras.

Palavras-chave: Adoção de Tecnologia. Governança de Dados. Qualidade de Dados. Pequenos Negócios. Transformação Digital.

Abstract

The adoption of artificial intelligence (AI) by small and medium-sized enterprises (SMEs) depends on the quality, accessibility and governance of data, yet the Technology-Organization-Environment (TOE) framework does not treat data as a construct of its own. This study examines how recent literature on AI adoption in SMEs positions data within TOE and proposes a conceptual extension of the framework. An integrative review was carried out in open-access sources (Google Scholar, OpenAlex and SciELO), with searches in October 2026 covering 2019 to 2026. Of the 207 records identified, 70 passed screening and 18 discussed data substantively and were read in full. None of the 18 studies in this sample treats data as a dimension of the model: in 8 of them data appear only in the technological pillar, in 4 they are split across pillars or partly outside TOE, and in 6 they are not classified within the model. Data issues fall into four subdimensions: accessibility and integration (13 studies); governance, privacy and security (11); quality and integrity (8); and ethics and bias (4). Based on these findings, the TOE4D framework is proposed, in which Data Readiness is a second-order construct that mediates the effects of the

ISSN 2763-5600
Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

technological and organizational contexts on adoption and moderates the effect of the environmental context, together with four propositions for empirical testing in Brazilian SMEs.

Keywords: Technology Adoption. Data Governance. Data Quality. Small Business. Digital Transformation.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, 13% das empresas com 10 ou mais pessoas ocupadas utilizaram inteligência artificial (IA) em 2024, proporção que cai para 10% entre as pequenas e sobe para 38% entre as grandes (CETIC.BR, 2025). A diferença importa porque as pequenas e médias empresas (PMEs) são cerca de 90% das empresas e respondem por mais da metade do emprego no mundo (IFC, 2024).

O modelo Tecnologia-Organização-Ambiente (TOE), de Tornatzky e Fleischer (1990), explica a adoção de tecnologias pelas organizações a partir de três contextos, o tecnológico, o organizacional e o ambiental, e está entre os modelos de adoção mais usados no nível da empresa (OLIVEIRA; MARTINS, 2011). Ao revisar 106 estudos sobre adoção de IA em PMEs, Schwaeke et al. (2025) os organizaram em oito agrupamentos distribuídos nesses contextos, sem que os dados formassem um agrupamento próprio.

A IA, porém, difere das tecnologias para as quais o TOE foi concebido, porque o modelo de aprendizado de máquina é construído a partir dos dados. Pumplun, Tauchert e Heidt (2019) identificaram os dados como fator novo ao aplicar o TOE à IA, e Jöhnk, Weißert e Wyrtki (2021) os incluíram entre as cinco categorias de prontidão organizacional para IA. Esses trabalhos tratam os dados como fator, sem especificar sua relação com os contextos do TOE, e não se concentram em PMEs.

Duas teorias justificam dar aos dados um lugar próprio. Pela visão baseada em recursos (BARNEY, 1991), os dados da empresa são um recurso potencialmente valioso; pela visão de processamento de informação (GALBRAITH, 1974), a IA amplia a capacidade de processar informação. Nos dois casos, o ganho depende de dados organizados e acessíveis, que por sua vez dependem da infraestrutura e das capacidades da organização.

A questão norteadora deste trabalho é: como a literatura sobre adoção de IA em PMEs publicada entre 2019 e 2026 posiciona os dados no modelo TOE? O objetivo é respondê-la e propor uma extensão conceitual do modelo, o TOE4D (Technology-Organization-

ISSN 2763-5600
Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

Environment-Data). Com base nos dois estudos citados, define-se Prontidão de Dados como a capacidade da organização de dispor de dados adequados, acessíveis, governados e seguros para desenvolver e utilizar IA de forma confiável. Distinguem-se ainda fator (variável isolada), agrupamento temático (fatores reunidos por uma revisão), pilar (contexto do TOE) e dimensão do modelo (construto com relações especificadas com os demais e com a adoção).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se uma revisão integrativa (WHITTEMORE; KNAFL, 2005; SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010), relatada conforme o PRISMA 2020 no que se aplica (PAGE et al., 2021). As buscas foram feitas em 14 de outubro de 2026 em fontes de acesso aberto, reproduzíveis sem assinatura. No Google Acadêmico e no OpenAlex, usou-se o Publish or Perish (HARZING, 2007) com a expressão TOE "artificial intelligence" (SME OR SMEs OR "small and medium") data, para 2019–2026, exportando-se os 100 primeiros registros de cada base por relevância. No SciELO, a mesma expressão, com termos em português, não retornou resultados, e usou-se a expressão ampliada "artificial intelligence" AND SMEs (7 registros). O termo data foi mantido: ao favorecer estudos que discutem dados, aumenta a chance de encontrar algum que os trate como dimensão própria, e o viés atua contra a conclusão deste.

Foram incluídos artigos revisados por pares e trabalhos completos de eventos sobre adoção de IA por organizações, preferencialmente PMEs, e excluídos teses, dissertações, preprints, registros sem texto acessível e estudos sobre outras tecnologias, o setor público ou o uso individual de IA. Foram lidos na íntegra os estudos cujo resumo discutia dados de forma substantiva. A Tabela 1 resume o fluxo; os motivos de exclusão por etapa, o fluxograma PRISMA e as características dos 18 estudos estão no material suplementar.

Tabela 1. Fluxo de seleção dos estudos

Etapa	Google Acadêmico	OpenAlex	SciELO	Total
Registros identificados	100	100	7	207
Duplicados	12	4	0	16
Excluídos por título	22	85	3	110
Excluídos por resumo	5	4	2	11
Incluídos na triagem	61	7	2	70
Sem dados substantivos no resumo	46	5	1	52
Lidos na íntegra (discutem dados)	15	2	1	18

Fonte: Autor (2026).

ISSN 2763-5600
Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

Registraram-se país, método, amostra, pilar em que os dados aparecem (declarado pelos autores ou interpretado pelo revisor) e seu papel (barreira ou facilitador). As questões de dados foram codificadas em quatro subdimensões definidas a priori com base em Pumplun, Tauchert e Heidt (2019), Jöhnk, Weißert e Wyrtki (2021) e nos princípios de ética em IA mapeados por Jobin, Ienca e Vayena (2019); uma subdimensão foi contada quando o estudo a tratava como determinante, barreira ou resultado, e não como simples menção. Em lugar de um instrumento formal de avaliação de qualidade, fez-se uma análise de sensibilidade com os estudos de editoras acadêmicas consolidadas. Todas as etapas foram realizadas por um único revisor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Onde a literatura posiciona os dados

Dos 70 estudos triados, 42 (60%) não mencionam dados no resumo e 10 os mencionam de passagem. Os 18 restantes incluem a revisão de Schwaeke et al. (2025), mantida por registrar a ausência de um agrupamento de dados. O estudo de Pumplun, Tauchert e Heidt (2019) não foi recuperado pelas buscas e serve apenas de referência teórica.

Nenhum dos 18 estudos deste recorte trata os dados como dimensão do modelo. Em 8, eles aparecem apenas no pilar tecnológico (6 por declaração dos autores e 2 por interpretação do revisor), inclusive nas duas revisões mais próximas da proposta deste trabalho: Ayinaddis (2025) tem os requisitos de dados como um de seus agrupamentos temáticos, e Hirtranusi et al. (2026) reúnem qualidade, acesso, governança e segurança em um tema de prontidão de dados, mas ambos os mantêm dentro do pilar tecnológico, sem relação própria com a adoção. Em 4 estudos, os dados ficam divididos entre pilares ou parcialmente fora do modelo; Hradecky et al. (2022), por exemplo, citam a proposta de Pumplun, Tauchert e Heidt (2019), mas situam a proteção de dados no pilar ambiental e a limpeza de dados no organizacional. Nos outros 6, os dados não são classificados no TOE.

O padrão se repete fora do TOE: na revisão de Oldemeyer, Jede e Teuteberg (2025, p. 1202), externa ao corpus, mais da metade dos desafios tecnológicos da IA em PMEs se refere a dados, mas a troca de dados é classificada como desafio econômico.

Dos 17 estudos que tratam de questões de dados específicas, 11 as apresentam apenas como barreira, 4 como condição ou facilitador da adoção e 2 nos dois papéis. Restrita aos 6

ISSN 2763-5600
Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

estudos de editoras consolidadas, a análise de sensibilidade mantém o resultado: 3 situam os dados no pilar tecnológico, 2 os dividem entre pilares e 1 não os agrupa.

3.2 As subdimensões da Prontidão de Dados

Acessibilidade e integração foi a subdimensão mais frequente (13 estudos), associada a registros dispersos, a silos entre sistemas e à falta de volume de dados, dificuldade maior nas PMEs do que nas grandes empresas (AYINADDIS, 2025). Governança, privacidade e segurança apareceu em 11; no único estudo do corpus que a testou como preditor, a preocupação com a segurança dos dados foi o preditor negativo mais forte da aceitação de IA em 367 PMEs tailandesas (RUENPHONGPHUN; KHUMTHA, 2025). Qualidade e integridade apareceu em 8: gestores sul-africanos reconheceram que dados fracos geram resultados fracos, mas consideraram caro mantê-los limpos (SCHOEMAN; SEYMOUR, 2022). Ética e viés, com 4 estudos, foi a menos frequente, o que pode refletir tanto a literatura quanto a regra de codificação.

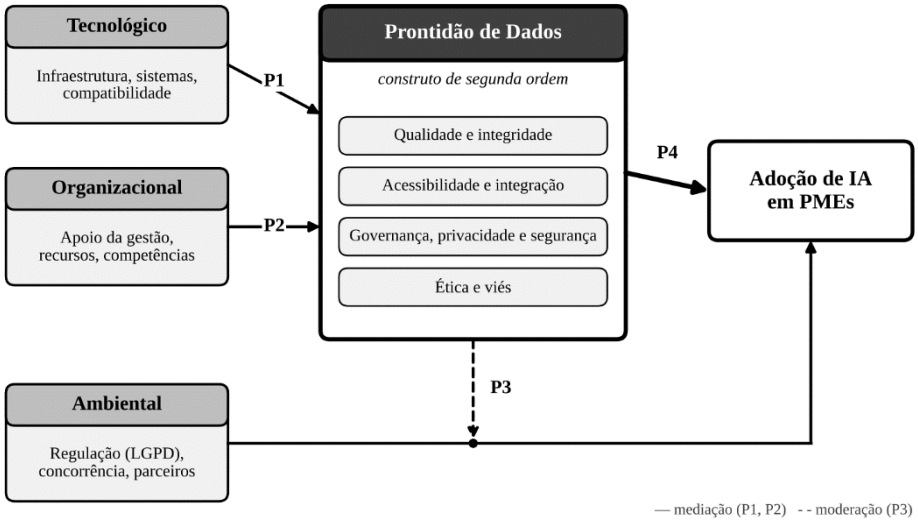
3.3 O modelo TOE4D

O TOE4D dá aos dados o estatuto de dimensão do modelo (Figura 1). A Prontidão de Dados é um construto de segunda ordem formado pelas quatro subdimensões, que não são intercambiáveis: uma empresa pode ter dados acessíveis e de baixa qualidade, ou bem governados e dispersos. Ela medeia os efeitos dos contextos tecnológico e organizacional, pois infraestrutura, apoio da gestão e competências afetam a adoção, em boa parte, por meio dos dados que tornam disponíveis; e modera o efeito do contexto ambiental, pois pressões externas, como a regulação, pesam de forma diferente conforme a empresa disponha ou não de governança e segurança dos dados.

O modelo ainda não foi testado. Propõe-se que a Prontidão de Dados: (P1) medeia a relação entre o contexto tecnológico e a adoção de IA; (P2) medeia a relação entre o contexto organizacional e a adoção; (P3) modera o efeito do contexto ambiental, de modo que pressões regulatórias, como a Lei Geral de Proteção de Dados (BRASIL, 2018), inibem menos a adoção em empresas com governança e segurança de dados mais desenvolvidas; e (P4) explica parte da variação na adoção não explicada pelos três contextos.

ISSN 2763-5600
Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

Figura 1. Modelo TOE4D: a Prontidão de Dados como mediadora e moderadora



Fonte: Autor (2026), com base em Tornatzky e Fleischer (1990) e no corpus da revisão.

Para evitar sobreposição com os contextos clássicos, os indicadores de Prontidão de Dados devem descrever o estado dos dados da empresa, e não ferramentas (contexto tecnológico), recursos e gestão (organizacional) ou pressões externas (ambiental), separação a ser verificada por critérios de validade discriminante em testes empíricos. O desfecho do modelo é a adoção, e não o desempenho. Em relação a Pumplun, Tauchert e Heidt (2019) e a Jöhnk, Weißert e Wyrtki (2021), a contribuição do TOE4D é especificar o papel estrutural dos dados no TOE e relações testáveis, com foco em PMEs.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No recorte analisado, a literatura recente sobre adoção de IA em PMEs reconhece os dados como determinante da adoção, sobretudo como barreira, mas nenhum dos 18 estudos os trata como dimensão do TOE: quando classificados, ficam no pilar tecnológico ou divididos entre pilares. O TOE4D os organiza em um construto de segunda ordem, mediador e moderador. Para gestores de PMEs, os resultados sugerem, como hipótese a confirmar, que avaliar os próprios dados antes de investir em IA pode reduzir o risco de projetos sem resultado.

As limitações incluem o uso apenas de fontes abertas e dos 100 primeiros registros por relevância, a estratégia diferente no SciELO, a triagem por resumo, a ausência de avaliação formal de qualidade e a condução de todas as etapas por um único revisor, sem medida de

ISSN 2763-5600
Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

concordância. Os resultados valem para este recorte, e nenhum estudo tratou de PMEs brasileiras. Propõe-se ampliar a busca a bases indexadas, com dois revisores independentes, testar as proposições com PMEs da região de Jaú e desenvolver um instrumento de diagnóstico da prontidão de dados para pequenos negócios.

Declaração de uso de IA: ferramentas de IA generativa apoiaram a conferência das referências, a organização da triagem e da extração, a revisão da redação e a elaboração da Figura 1. O autor revisou todo o conteúdo e responde integralmente por ele.

REFERÊNCIAS

ADEPOJU, A. A.; THOMAS, A. O.; LAWAL, T. O. The impact of artificial intelligence (AI) adoption on the productivity of small and medium enterprises (SMEs) industries in Indonesia. **ISA Journal of Business, Economics and Management**, v. 2, n. 6, p. 125-144, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.17792552.

ALSAWALQAH, H. et al. Drivers and barriers of AI tool adoption in Jordanian SMEs: a qualitative TOE-based study. **Frontiers in Artificial Intelligence**, v. 9, 1801583, 2026. DOI: 10.3389/frai.2026.1801583.

AYINADDIS, S. G. Artificial intelligence adoption dynamics and knowledge in SMEs and large firms: a systematic review and bibliometric analysis. **Journal of Innovation & Knowledge**, v. 10, n. 3, 100682, 2025. DOI: 10.1016/j.jik.2025.100682.

BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. **Journal of Management**, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991. DOI: 10.1177/014920639101700108.

BEDOYA SÁNCHEZ, E. O.; MAYOR GAMERO, J. G.; MAYOR RAVINES, M. G. Adopción de inteligencia artificial en pymes de economías emergentes. **Aula Virtual**, v. 7, n. 14, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.20628075.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 15 ago. 2018.

CETIC.BR – CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO. **TIC Empresas 2024**: H9 – empresas que utilizaram tecnologias de inteligência artificial. São Paulo: NIC.br, 2025. Disponível em: https://cetic.br/pt/tics/pesquisa/2024/empresas/H9/. Acesso em: 13 out. 2026.

CHOWDHURY, S. B. R. Drivers, barriers and business outcomes of artificial intelligence adoption in SMEs: a systematic literature review and contextual framework for Bangladesh. **Australian Journal of Artificial Intelligence Review**, v. 2, n. 1, 2026. DOI: 10.67065/c9vceg70.

FAN, X.; NOR FAUZI, N. F. S. Exploring the role of lightweight AI tools in driving digital transformation among construction SMEs: a TOE framework perspective. **Innovative Organizational Design**, v. 2, n. 4, p. 1-16, 2026. DOI: 10.63808/iod.v2i4.515.

GALBRAITH, J. R. Organization design: an information processing view. **Interfaces**, v. 4, n. 3, p. 28-36, 1974. DOI: 10.1287/inte.4.3.28.

HARZING, A. W. **Publish or Perish**. Versão 8. [S. l.], 2007. Software. Disponível em: https://harzing.com/resources/publish-or-perish. Acesso em: 14 out. 2026.

ISSN 2763-5600

Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

HIRTRANUSI, S. A. et al. A systematic literature review on organizational readiness for artificial intelligence adoption based on the TOE framework. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 17, n. 1, p. 491-503, 2026.

HRADECKY, D. et al. Organizational readiness to adopt artificial intelligence in the exhibition sector in Western Europe. **International Journal of Information Management**, v. 65, 102497, 2022. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2022.102497.

IFC – INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. **IFC and small and medium enterprises**. Washington, DC: World Bank, 2024. Disponível em: https://hdl.handle.net/10986/42083. Acesso em: 22 out. 2026.

JOBIN, A.; IENCA, M.; VAYENA, E. The global landscape of AI ethics guidelines. **Nature Machine Intelligence**, v. 1, n. 9, p. 389-399, 2019. DOI: 10.1038/s42256-019-0088-2.

JÖHNK, J.; WEISSERT, M.; WYRTKI, K. Ready or not, AI comes: an interview study of organizational AI readiness factors. **Business & Information Systems Engineering**, v. 63, n. 1, p. 5-20, 2021. DOI: 10.1007/s12599-020-00676-7.

LAMA, A. Adoption of artificial intelligence technologies in SMEs: a study of Kathmandu Valley. **SAIM Journal of Social Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 29-46, 2026. DOI: 10.70320/sacm.2026.v03i01.003.

MEI, T.; SATTAYATHAMRONGTHIAN, M. From TOE readiness to firm performance: a staged capability transformation model of AI adoption in mainland China's tourism SMEs. **Tourism and Hospitality**, v. 7, n. 7, 195, 2026. DOI: 10.3390/tourhosp7070195.

MUSHAVHANAMADI, K.; BAKAMA, E. M.; PENANE, K. P. Exploring opportunities for artificial intelligence integration in small and medium enterprises in South Africa. In: AFRICAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, 7., 2026, Cidade do Cabo. **Proceedings** [...]. Southfield: IEOM Society, 2026. p. 920-928. DOI: 10.46254/AF07.20260174.

OLDEMEYER, L.; JEDE, A.; TEUTEBERG, F. Investigation of artificial intelligence in SMEs: a systematic review of the state of the art and the main implementation challenges. **Management Review Quarterly**, v. 75, p. 1185-1227, 2025. DOI: 10.1007/s11301-024-00405-4.

OLIVEIRA, T.; MARTINS, M. F. Literature review of information technology adoption models at firm level. **Electronic Journal of Information Systems Evaluation**, v. 14, n. 1, p. 110-121, 2011.
PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

PUMPLUN, L.; TAUCHERT, C.; HEIDT, M. A new organizational chassis for artificial intelligence: exploring organizational readiness factors. In: EUROPEAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 27., 2019, Estocolmo e Uppsala. **Proceedings** [...]. Atlanta: AIS, 2019. Research Paper 106. Disponível em: https://aisel.aisnet.org/ecis2019_rp/106. Acesso em: 22 out. 2026.

RAHMAN, A. Artificial intelligence as a catalyst for sustainable digital transformation in small and medium-sized enterprises: a systematic literature review. **Journal of Content Validation**, v. 2, n. 3, p. 147-160, 2026. DOI: 10.53273/7fd8bw76.

RATHOD, D.; DHAKER, S. Challenges and opportunities of AI adoption in small and medium manufacturing enterprises (SMEs). **Journal of Strategic Commerce and Management**, v. 2, n. 4, p. 11-21, 2025.

ISSN 2763-5600

Edição Especial do IV Congresso de Tecnologia da Fatec Jahu

RUENPHONGPHUN, P.; KHUMTHA, S. Determinants of AI and machine learning technology acceptance in business decision-making among Thai SMEs: evidence from Chachoengsao Province. **Procedia of Multidisciplinary Research**, v. 3, n. 7, art. 124, 2025. Disponível em: https://so09.tci-thaijo.org/index.php/PMR/article/view/7131. Acesso em: 22 out. 2026.

SCHOEMAN, F.; SEYMOUR, L. F. Understanding the low adoption of AI in South African medium sized organisations. In: CONFERENCE OF THE SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF COMPUTER SCIENTISTS AND INFORMATION TECHNOLOGISTS, 43., 2022. **Proceedings** [...]. [S. l.]: EasyChair, 2022. (EPiC Series in Computing, v. 85). p. 257-269. DOI: 10.29007/c4rr.

SCHWAEKE, J. et al. The new normal: the status quo of AI adoption in SMEs. **Journal of Small Business Management**, v. 63, n. 3, p. 1297-1331, 2025. DOI: 10.1080/00472778.2024.2379999.

SHAHZAD, F. et al. Exploring paradoxical barriers to AI adoption through the TOE framework. **Small Enterprise Research**, p. 1-16, 2026. DOI: 10.1080/13215906.2026.2701701.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. DOI: 10.1590/s1679-45082010rw1134.

TOMAR, J. S. Technology readiness for socially sustainable SMEs: a study of AI and ethics in the Indian context. **Journal of Ethics in Entrepreneurship and Technology**, p. 1-20, 2025. Ahead of print. DOI: 10.1108/JEET-06-2025-0036.

TORNATZKY, L. G.; FLEISCHER, M. **The processes of technological innovation**. Lexington: Lexington Books, 1990.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005. DOI: 10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x.

"O conteúdo expresso no trabalho é de inteira responsabilidade do(s) autor(es)."