EVENTO ON-LINE
ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

Maturidade da Transferência de Tecnologia em Núcleos de Inovação Tecnológica: evolução da avaliação estática para o paradigma digital

Jeferson Morais da Costa 1
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR
João Luiz Kovaleski 2
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR
Eliane Fernandes 3
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Resumo: A transferência de tecnologia constitui um mecanismo central para a conversão da pesquisa acadêmica em inovação, e os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) atuam como intermediários responsáveis por estruturar esse processo nas instituições de pesquisa. A avaliação do desempenho e da maturidade dessas estruturas, entretanto, ainda se apoia predominantemente em modelos estáticos, aplicados de forma pontual e com baixa padronização, o que restringe a comparação entre organizações e a tomada de decisão gerencial. Este artigo tem como objetivo sistematizar a produção científica recente sobre maturidade na transferência de tecnologia e analisar a evolução dessa avaliação para o paradigma digital. Adotou-se o protocolo *Methodi Ordinatio 2.0*, aplicado às bases Scopus e Science Direct no recorte temporal de 2021 a 2026, resultando em um portfólio de 91 artigos ordenados pelo índice *InOrdinatio*, dos quais o núcleo de maior relevância científica (*os 15 melhor ranqueados*) foi priorizado para a análise aprofundada. Os resultados foram organizados em três eixos: a transferência de tecnologia e seus intermediários; os modelos de maturidade e avaliação organizacional; e a transformação digital aplicada à avaliação. Conclui-se que a literatura reconhece as limitações dos diagnósticos estáticos e aponta a digitalização da avaliação com monitoramento contínuo, automação de cálculos e *benchmarking* comparativo, como um caminho promissor e ainda pouco explorado na gestão dos NITs.

Palavras-chave: transferência de tecnologia; núcleo de inovação tecnológica; maturidade organizacional; transformação digital.

Maturity of Technology Transfer in Technological Innovation Centers: from static assessment to the digital paradigm

Abstract: Technology transfer is a central mechanism for converting academic research into innovation, with Technological Innovation Centers (NITs) acting as intermediaries responsible for structuring this process in research institutions. However, performance and maturity assessments of these structures still rely predominantly on static models, applied on a punctual basis with low standardization, restricting cross-organizational comparisons and managerial decision-making. This paper aims to systematize recent scientific literature on technology transfer maturity and analyze the evolution of this assessment toward the digital paradigm. The *Methodi Ordinatio 2.0* protocol was adopted, applied to the Scopus and Science Direct databases for the 2021–2026 time period, resulting in a portfolio of 91 papers ranked by the *InOrdinatio* index, from which the highest-impact core (*Top 15*) was prioritized for in-depth analysis. Results were structured into three thematic axes:

technology transfer and its intermediaries; organizational maturity and assessment models; and digital transformation applied to assessment. It is concluded that the literature recognizes the limitations of static diagnoses and points to the digitalization of evaluation featuring continuous monitoring, automated calculations, and comparative benchmarking, as a promising yet underexplored avenue in technology transfer management.

Keywords: technology transfer, technological innovation center, organizational maturity, digital transformation.

1. Introdução

A transferência de tecnologia consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos principais mecanismos de articulação entre universidades, institutos de pesquisa e o setor produtivo. Ao viabilizar a proteção, a comercialização e a disseminação de resultados de pesquisa, esse processo converte conhecimento científico em inovação, contribuindo para a competitividade das organizações e para o desenvolvimento econômico e social. No Brasil, essa função é exercida principalmente pelos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), estruturas responsáveis por gerir a política de inovação das instituições de pesquisa, em conformidade com o marco legal vigente (CHEN *et al.*, 2022; SCHAEFFER *et al.*, 2021).

O desempenho dessas estruturas, contudo, varia significativamente entre instituições, em função de fatores como recursos humanos e financeiros, capital relacional, portfólio de propriedade intelectual e maturidade dos processos internos. Nesse contexto, a avaliação da maturidade da transferência de tecnologia torna-se instrumento estratégico de gestão, permitindo identificar lacunas, priorizar investimentos e comparar o avanço de uma organização em relação a pares. A literatura especializada propõe distintos modelos e indicadores para essa avaliação, desde abordagens baseadas em níveis de prontidão tecnológica (TRL) até *frameworks* multidimensionais de capacidades organizacionais (ESPADINHA-CRUZ *et al.*, 2023; HAESSLER; GIONES; BREM, 2023).

Persiste, porém, um problema central em relação aos modelos de avaliação existentes que são predominantemente estáticos. Os diagnósticos são realizados de forma pontual, geralmente em ciclos anuais, com coleta manual de dados, cálculos não automatizados e resultados pouco comparáveis entre organizações. Essa configuração limita o acompanhamento contínuo da evolução dos NITs e restringe a capacidade de resposta dos gestores, em um cenário no qual a transformação digital já alterou profundamente as práticas de gestão da inovação e a governança dos intermediários (COLOVIC *et al.*, 2025; FANG; LIU, 2024). A crescente digitalização dos processos organizacionais sugere que a avaliação da maturidade em transferência de tecnologia também deveria evoluir para paradigmas digitais, com atualização em tempo real e capacidade de *benchmarking* dinâmico, tema, contudo, ainda pouco sistematizado na literatura.

Diante desse problema, o presente artigo tem como objetivo sistematizar a produção científica recente sobre a maturidade na transferência de tecnologia, analisando os modelos de avaliação disponíveis e a evolução dessa avaliação para o paradigma digital. Para tanto, adotou-se o protocolo *Methodi Ordinatio 2.0* (PAGANI *et al.*, 2022), aplicado às bases Scopus e Science Direct no recorte temporal de 2021 a 2026. A pesquisa resultou em um portfólio ordenado pelo índice *InOrdinatio* composto por 91 artigos, dos quais o núcleo de maior relevância científica (os *15 melhor ranqueados*) foi priorizado para o aprofundamento analítico.

Este artigo está dividido em quatro seções, incluindo esta introdução. A segunda seção apresenta a metodologia de pesquisa, detalhando as etapas da *Methodi Ordinatio 2.0*, o processo de seleção e a estratégia de corte do portfólio. A terceira seção expõe e discute os resultados, organizados em três eixos temáticos: a transferência de tecnologia e seus intermediários; os modelos de maturidade e avaliação organizacional; e a transformação

digital aplicada à avaliação. A quarta seção traz as considerações finais, sintetizando as contribuições, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

2. Metodologia

Quanto à natureza, esta pesquisa é aplicada; quanto à abordagem do problema, quantitativa; e quanto aos objetivos, descritiva e exploratória, uma vez que busca sistematizar e interpretar a produção científica sobre o tema por meio de procedimentos sistematizados de busca, seleção e ordenação de artigos.

Para a seleção e a ordenação da literatura, adotou-se a Methodi Ordinatio 2.0 (PAGANI *et al.*, 2022), metodologia de revisão que combina três critérios de relevância científica, o fator de impacto do periódico (FI), o ano de publicação e o número de citações acumuladas (ΣCi), em um único índice de ordenação, denominado InOrdinatio:

$$InOrdinatio = \frac{FI}{AnoMax + 1 - Ano} + \Sigma Ci$$

A versão 2.0 da metodologia introduz, como avanço em relação à versão original, a possibilidade de atribuição flexível de pesos (de 0 a 10) a cada um dos três critérios, conforme a necessidade da pesquisa (PAGANI *et al.*, 2022). Neste estudo, foram atribuídos pesos 10 aos três critérios, garantindo equivalência na ordenação.

Para a construção do referencial teórico, realizou-se um levantamento bibliográfico inicial nas bases Scopus e Science Direct, por meio de três *strings* de busca elaboradas em inglês, idioma que concentra a produção científica indexada nas bases. Definiu-se como critério de inclusão temporal o período de 2021 a 2026, de modo a mapear o estado da arte e capturar os avanços mais recentes da literatura sobre o tema, resultando em uma base bruta de 1.004 registros. A Tabela 1 sintetiza as *strings* aplicadas e os resultados recuperados em cada base

Tabela 1 – *Strings* de busca e resultados recuperados

String	**Palavras Chave**	**Scopus**	**Science Direct**
1	("technology transfer" OR "technology transfer office*" OR "technology innovation center*") AND ("maturity model" OR "maturity level*") AND (assess* OR evaluat* OR diagnostic)	6	261
2	("technology transfer office*" OR "technology innovation center*") AND maturity AND (model OR assessment OR self-assessment)	3	508
3	("technology transfer" OR "technology transfer office*") AND ("maturity model" OR "maturity level*" OR "maturity assessment") AND (digital OR digitalization OR "digital transformation")	4	222

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Devido à alta amplitude do repositório inicial e à presença de artigos oriundos de áreas sem aderência direta à gestão da inovação, aplicou-se um protocolo sistemático de triagem e filtragem temática, estruturado em três etapas consecutivas:

a) Triagem por aderência ao título e palavras-chave: os títulos e descritores de todos os registros da base bruta foram analisados tendo como eixo direcionador o objetivo central da pesquisa que é a maturidade da transferência de tecnologia em Núcleos de Inovação Tecnológica e a evolução da avaliação estática para o paradigma digital e seus termos-chave constitutivos (transferência de tecnologia, núcleo de inovação tecnológica,

maturidade organizacional e transformação digital). Esta etapa incluiu ainda a remoção das duplicidades entre as *strings* e entre as bases, resultando em 809 trabalhos únicos;

b) Aplicação dos critérios de elegibilidade: foram incluídos os artigos que abordam a governança de Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) e de Escritórios de Transferência de Tecnologia (TTOs), modelos de maturidade tecnológica e organizacional, processos de comercialização acadêmica, cooperação universidade-empresa, intermediários de inovação e o impacto da transformação digital e da inteligência artificial nos ecossistemas de inovação. Foram excluídos os trabalhos focados estritamente em aplicações técnicas de ciências duras e setores específicos, sem discussão sobre gestão, política ou governança da inovação, tais como ensaios agronômicos, biotecnologia médica aplicada, química de materiais, geologia e engenharia de processos puros. Aproximadamente 718 artigos foram desconsiderados nesta etapa por estarem desalinhados do escopo temático;

c) Categorização e agrupamento temático: a filtragem resultou na seleção final de 91 artigos altamente aderentes ao objetivo da pesquisa, que constituíram o portfólio do estudo. Para conferir rigor e fluidez ao arcabouço teórico, os trabalhos selecionados foram categorizados em três eixos analíticos inter-relacionados: Eixo 1: transferência de tecnologia, comercialização acadêmica e intermediários da inovação (NITs, TTOs e estruturas correlatas); Eixo 2: modelos de avaliação e maturidade organizacional e tecnológica; e Eixo 3: transformação digital, paradigma digital e ecossistemas digitais de inovação.

Em seguida, compilaram-se os dados de fator de impacto do periódico, ano de publicação e citações acumuladas de cada artigo do portfólio, calculando-se o índice *InOrdinatio* para ordenação por relevância científica. Em conformidade com a Fase 8 da *Methodi Ordinatio* (localização dos textos em formato completo), procedeu-se ao *download* dos artigos mais bem ranqueados. Devido a limitações de assinatura de bases pagas não cobertas pelo acervo da instituição, quatro trabalhos situados entre as primeiras posições foram desconsiderados por indisponibilidade de acesso ao texto integral. Nesses casos, a seleção foi expandida sequencialmente na ordem decrescente do *ranking* até a 18ª posição, alcançando a amostragem pretendida de 15 artigos efetivamente analisados em profundidade na seção de resultados. A Tabela 2 sintetiza os 15 artigos selecionados com suas respectivas posições no *ranking* original do índice *InOrdinatio*.

Tabela 2 – Seleção dos 15 artigos de maior impacto pelo índice InOrdinatio

Ranking	Autores	Artigo	FI	Ano	InOrdinatio
1º	Fang, X. and Liu, M.	How does the digital transformation drive digital technology innovation of enterprises? Evidence from enterprise's digital patents	13,7	2024	1297,70
2º	Jiao, H., Wang, T., Libaers, D., Yang, J. and Hu, L.	The relationship between digital technologies and innovation: A review, critique, and research agenda	17	2025	728,68
3º	Colovic, A., Caloffi, A., Rossi, F. and Russo, M.	Institutionalising the digital transition: The role of digital innovation intermediaries	14	2025	508,68
4º	Schaeffer, P.R., Guerrero, M. and Fischer, B.B.	Mutualism in ecosystems of innovation and entrepreneurship: A bidirectional perspective on universities' linkages	11,2	2021	355,42
5º[1]*	Haessler, P., Giones, F. and Brem, A.	The who and how of commercializing emerging technologies: A technology-focused review	10,1	2023	324,55

[1] As posições 4ª, 7ª, 8ª e 17ª do *ranking* original foram desconsideradas devido à indisponibilidade de acesso ao texto completo nas assinaturas de periódicos disponíveis na instituição, sendo substituídas pelos trabalhos subsequentes na ordem do índice InOrdinatio.

6º	Huang, X. and Zhou, Q.	Knowledge management model in the integration of open innovation and circular economy driven by digital intelligence: A comparative multi-case study	17	2025	318,68
9º	Chrusciak, C.B., Szejka, A.L. and Canciglieri Junior, O.	Integrating digital transformation with human-centric factors strategies to enhance organisational process performance: The H.O.P.E. model	20,9	2025	297,68
10º	Chen, K., Zhang, C., Feng, Z., Zhang, Y. and Ning, L.	Technology transfer systems and modes of national research institutes: evidence from the Chinese academy of sciences	14	2022	284,74
11º	Munari, F. and Toschi, L.	The impact of public funding on science valorisation: an analysis of the ERC Proof-of-Concept Programme	14	2021	258,42
12º	Wang, X., Zhou, B., Guan, W. and Dai, J.	Triple Helix synergy at the subsidy threshold: Government support, IUR collaboration, and knowledge spillovers in enterprise AI innovation	13,7	2026	227,00
13º	Battaglia, D., Paolucci, E. and Ughetto, E.	The role of Proof-of-Concept programs in facilitating the commercialization of research-based inventions	14	2021	225,09
14º	Delorme, D.	The role of proximity in the design of innovation intermediaries' business models	13,7	2023	218,05
15º	Terrenoir, L., Laguna Salvadó, L., Lartigau, J., Arjunan, A. and Merlo, C.	A maturity assessment model for metal additive manufacturing: additive manufacturing readiness levels	14,6	2026	206,00
16º*	Anzolin, G. and O'Sullivan, E.	Innovation intermediaries in the digital transformation process. A comparative case study of research and technology organisations in the US and the UK	10,1	2025	204,05
18º*	Abu Sa'a, E. and Asplund, F.	Unpacking social capital in University–Industry Collaborations: Pathways to cross-industry knowledge sharing	10,1	2025	194,68

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

A ordenação pelo índice *InOrdinatio* permitiu hierarquizar o portfólio segundo os três critérios de relevância adotados, conferindo objetividade e reprodutibilidade ao processo de seleção. Observa-se, na Tabela 2, a predominância de periódicos de alto impacto nas áreas de inovação, gestão tecnológica e engenharia de produção tais como *Technological Forecasting and Social Change*, *Research Policy*, *Technovation* e *Journal of Innovation & Knowledge*, o que atesta a aderência do portfólio ao estado da arte internacional sobre o tema. Verifica-se também que os artigos mais recentes tendem a ocupar as primeiras posições, resultado direto da atualização do fator de impacto pelo ano de publicação prevista na equação, que privilegia a produção científica contemporânea sem desconsiderar a consolidação teórica dos trabalhos mais citados. A seleção dos 15 artigos de maior pontuação pelo índice InOrdinatio adotou o critério de ponto de corte (*cut-off*) para viabilizar a análise sistemática aprofundada (Fase 9 da Methodi Ordinatio) do núcleo de maior impacto científico, mantendo os demais 76 artigos do portfólio como suporte bibliográfico e contextualização complementar. O portfólio final, assim constituído e ordenado, forneceu a base empírica para a análise apresentada na seção seguinte.

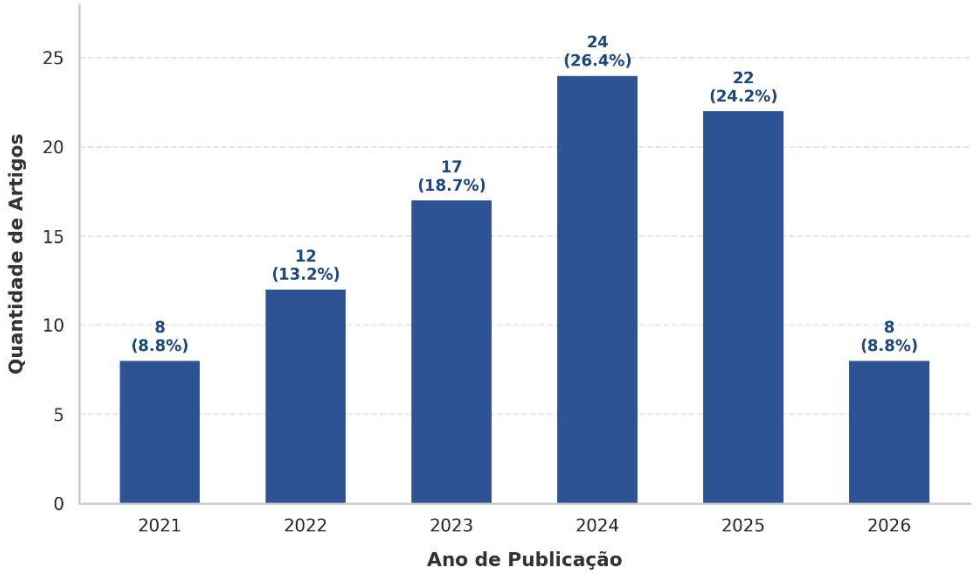
3. Resultados e Discussão

A análise do portfólio de 91 artigos selecionados e ordenados pelo índice *InOrdinatio* revela a forte atualidade e o dinamismo do debate acadêmico internacional sobre a avaliação e a maturidade da transferência de tecnologia. O levantamento abrange o período de 2021 a

2026, evidenciando uma curva de produção científica com acentuada tendência ascendente e clara concentração nos anos mais recentes. Esse movimento reflete o interesse crescente da comunidade científica e de gestores públicos na modernização dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) e Escritórios de Transferência de Tecnologia (*Technology Transfer Offices* – TTOs), impulsionado pela necessidade de reconfiguração dos ecossistemas de inovação no cenário pós-pandêmico e pelo avanço acelerado de novas diretrizes de governança pública.

Conforme ilustrado no Gráfico 1, o volume de publicações apresenta um crescimento contínuo ao longo do quinquênio analisado. O período inicia-se em 2021 com 8,8% dos trabalhos (8 artigos), evoluindo para 13,2% em 2022 (12 artigos) e 18,7% em 2023 (17 artigos), momento em que se intensificam os estudos sobre a eficácia dos programas de Prova de Conceito e arranjos institucionais de intermediação. O ápice da produção científica ocorre no biênio 2024–2025, no qual se concentram 26,4% (24 artigos) e 24,2% (22 artigos) da amostra, respectivamente. Conjuntamente, esses dois anos representam 50,6% de todo o acervo mapeado, demonstrando a efervescência do tema e a urgência de respostas gerenciais para a gestão da inovação acadêmica. O ano de 2026 responde por 8,8% dos trabalhos (8 artigos), contemplando as publicações mais recentes e artigos em fluxo editorial avançado indexados nas bases Scopus e Science Direct. Em termos consolidados, 78,0% do portfólio teórico foi produzido entre 2023 e 2026, assegurando que o diagnóstico proposto nesta pesquisa esteja fundamentado no estado da arte mais contemporâneo sobre o tema.

Gráfico 1 – Distribuição anual dos artigos do portfólio por ano de publicação (2021–2026)



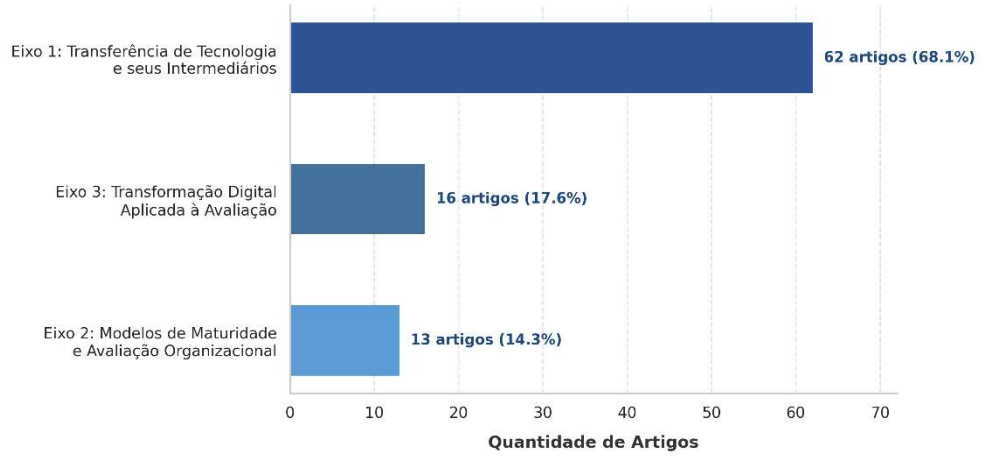
Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Para além do recorte temporal, o mapeamento sistemático permitiu classificar a literatura em três eixos analíticos inter-relacionados, definidos na metodologia a partir da aderência temática dos trabalhos. Essa categorização é essencial para compreender como a literatura científica aborda, de forma complementar, as dimensões de governança, mensuração e digitalização das estruturas de transferência. O Gráfico 2 apresenta a distribuição quantitativa dos 91 artigos entre os três eixos temáticos estabelecidos.

A análise do gráfico revela uma assimetria quantitativa relevante entre os eixos, a qual sinaliza tanto o grau de consolidação de cada domínio quanto as lacunas de pesquisa existentes. Observa-se a nítida predominância do Eixo 1 (Transferência de Tecnologia e

seus Intermediários), que engloba 68,1% do portfólio (62 artigos). Esse elevado percentual reflete a maturidade histórica das pesquisas dedicadas ao papel institucional dos NITs, TTOs e parques tecnológicos, focando nas dinâmicas de cooperação universidade-empresa, valoração científica, *spin-offs* e modelos de negócios de intermediação.

Gráfico 2 – Distribuição do portfólio de artigos por eixo temático



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

O Eixo 3 (Transformação Digital Aplicada à Avaliação) surge como o segundo maior domínio, representando 17,6% da amostra (16 artigos). Este eixo agrupa estudos emergentes que investigam a incorporação de inteligência artificial, plataformas digitais e *big data* na otimização de processos de inovação e na reconfiguração das atividades dos intermediários tecnológicos. Por fim, o Eixo 2 (Modelos de Maturidade e Avaliação Organizacional) responde por 14,3% dos trabalhos (13 artigos), reunindo os modelos conceituais de estágios de prontidão tecnológica (como a escala TRL) e diagnósticos organizacionais.

A distribuição quantitativa dos eixos evidencia a lacuna central que fundamenta o problema deste artigo: embora a literatura sobre intermediários de inovação seja altamente consolidada (Eixo 1) e o interesse pelo paradigma digital esteja em franca expansão (Eixo 3), a intersecção pragmática entre ambos, isto é, a utilização do paradigma digital para operacionalizar a avaliação de maturidade organizacional dos NITs de forma contínua e automatizada (Eixo 2), ainda constitui um campo fragmentado. Para preencher essa lacuna e aprofundar a compreensão sobre como esses eixos se articulam, a seleção dos trabalhos ranqueados pelo índice *InOrdinatio* permitiu extrair o núcleo analítico de maior relevância científica (*os 15 melhor ranqueados*), cujos achados qualitativos são discutidos detalhadamente nas subseções a seguir.

3.1. Transferência de tecnologia e seus intermediários

O primeiro eixo analítico fundamenta a dinâmica operacional, a governança e a evolução dos intermediários de inovação, com ênfase em Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), Escritórios de Transferência de Tecnologia (*Technology Transfer Offices* – TTOs) e Organizações de Pesquisa e Tecnologia (*Research and Technology Organisations* – RTOs), na ponte entre a ciência acadêmica e o mercado.

A comercialização de tecnologias emergentes e de alta incerteza exige arranjos de suporte que vão além da simples oferta financeira. Haessler, Giones e Brem (2023) examinam as trajetórias de comercialização distinguindo tecnologias proprietárias, genéricas e de suporte (*infratechnologies* e tecnologias de produção). Os autores evidenciam que a transição de

invenções acadêmicas para o mercado depende da capacidade do intermediário em gerenciar a incerteza tecnológica e alinhar incentivos entre novos entrantes (*startups*), empresas consolidadas (*incumbents*) e o ecossistema. Para a mensuração da maturidade em NITs, o estudo de Haessler, Giones e Brem (2023) demonstra que diagnósticos estáticos baseados apenas em patentes concedidas são insuficientes, pois não capturam a capacidade da instituição em operar tecnologias genéricas e estruturar plataformas de testes (*testbeds*).

No âmbito da avaliação de desempenho dos institutos públicos de pesquisa, Chen *et al.* (2022) analisam os modos de transferência da Academia Chinesa de Ciências, demonstrando que a eficiência dos intermediários é condicionada pelo arranjo institucional, pela autonomia de governança e pela flexibilidade regulatória. Os achados de Chen *et al.* (2022) revelam que a maturidade organizacional de um NIT não se resume ao volume de contratos firmados, mas sim à sua capacidade de alternar estrategicamente entre modos de transferência diretos (licenciamento) e indiretos (criação de *spin-offs* e laboratórios conjuntos).

Para suplantar o "vale da morte" (*valley of death*), fase crítica situada entre os níveis de prontidão TRL 4 e TRL 6, os programas de Prova de Conceito (*Proof-of-Concept* – PoC) despontam como mecanismos vitais. Munari e Toschi (2021) investigam o impacto do programa *ERC Proof-of-Concept* da União Europeia e comprovam empiricamente que o financiamento público focado nas etapas iniciais de validação aumenta significativamente a valorização da ciência, a atração de capital de risco privado e o engajamento acadêmico. Complementarmente, Battaglia, Paolucci e Ughetto (2021) abrem a "caixa-preta" dos programas de PoC universitários, demonstrando que estas iniciativas atuam como capacitadores relacionais, estruturais e culturais. Battaglia, Paolucci e Ughetto (2021) sustentam que a maturidade de um TTO/NIT é refletida na sua habilidade de ir além do modelo tradicional de empurrão tecnológico (*technology push*), provendo suporte ativo na modelagem de negócios, formação de equipes e mitigação de riscos regulatórios.

A dimensão espacial e relacional dos intermediários é aprofundada por Delorme (2023), que investiga como múltiplos tipos de proximidade geográfica, organizacional, cognitiva, institucional e digital, moldam os modelos de negócios de intermediários de inovação (como a rede *Fil'innov*). Delorme (2023) destaca a transição progressiva da proximidade física para a proximidade digital e temporária (eventos e plataformas), sugerindo que a maturidade de um NIT está associada à sua capacidade de atuar como "orquestrador de proximidade", conectando pesquisadores e indústrias distantes geograficamente através de ambientes virtuais de colaboração.

A natureza das interações universidade-empresa é analisada sob a ótica do mutualismo por Schaeffer *et al.* (2021). Os autores propõem uma perspectiva bidirecional nos ecossistemas de inovação e empreendedorismo, demonstrando que as relações mais maduras entre universidades e empresas não são transacionais ou episódicas, mas sim simbióticas e de longo prazo. De forma convergente, Abu Sa'a e Asplund (2025) investigam o papel do capital social (estrutural, relacional e cognitivo) em colaborações universidade-empresa focadas em redes de compartilhamento de conhecimento intersetorial. Abu Sa'a e Asplund (2025) concluem que redes abertas com governança flexível reduzem barreiras de linguagem técnica e promovem a governança antecipatória da inovação.

Sintetizando este primeiro eixo, a literatura demonstra que a avaliação da maturidade da transferência de tecnologia não pode permanecer ancorada em métricas puramente quantitativas e estáticas de contagem de patentes. A maturidade do NIT reside na sua capacidade dinâmica de intermediar redes complexas, gerenciar programas de PoC, promover o mutualismo com o setor produtivo e articular múltiplos níveis de proximidade

(BATTAGLIA; PAOLUCCI; UGHETTO, 2021; DELORME, 2023; MUNARI; TOSCHI, 2021; SCHAEFFER *et al.*, 2021).

3.2. Modelos de maturidade e avaliação organizacional

O segundo eixo analisa a evolução metodológica dos modelos de avaliação de maturidade (*Maturity Models* – MMs) e níveis de prontidão (*Readiness Levels*), estabelecendo a transição de diagnósticos estáticos e pontuais para estruturas dinâmicas, contínuas e multidimensionais.

Tradicionalmente, a mensuração da prontidão em processos de inovação concentrou-se na adaptação de escalas lineares e unidimensionais, como o *Technology Readiness Level* (TRL), concebido originalmente para avaliar o grau de maturidade física e funcional de uma tecnologia em desenvolvimento. Contudo, Espadinha-Cruz *et al.* (2023) demonstram que avaliações baseadas estritamente no TRL são insuficientes para capturar a complexidade da adoção e transferência de tecnologias avançadas, pois desconsideram a gestão do conhecimento, a prontidão organizacional e a evolução das estratégias de negócios. Para superar essa limitação, Espadinha-Cruz *et al.* (2023) desenvolvem um modelo conceitual de maturidade composto por sete estágios evolutivos (desde a emergência inicial até a maturidade e otimização plena), o qual integra dimensões tecnológicas, operacionais, organizacionais e de gestão de valor. Aplicado ao contexto dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), o estudo evidencia que diagnósticos estáticos falham ao avaliar a instituição de forma isolada, sem considerar a curva de aprendizagem e o desenvolvimento gradual de competências internas.

Paralelamente, a avaliação do desempenho e da maturidade dos intermediários sofreu historicamente de um viés focado na contagem pontual de *outputs* finais. Battaglia, Paolucci e Ughetto (2021) criticam a lógica puramente transacional de avaliação de TTOs/NITs, argumentando que mensurar apenas depósitos de patentes e contratos celebrados ignora o acompanhamento dos mecanismos relacionais, estruturais e culturais desenvolvidos ao longo do processo (como programas de Prova de Conceito). De forma convergente, Schaeffer *et al.* (2021) ponderam que indicadores quantitativos isolados de resultado não refletem a real maturidade do engajamento com o ecossistema, podendo induzir a um comportamento reativo e à geração de "patentes de prateleira" sem viabilidade comercial.

A necessidade de alinhar a maturidade tecnológica à maturidade organizacional e de mercado é igualmente reforçada por Haessler, Giones e Brem (2023). Os autores ressaltam que tecnologias emergentes apresentam diferentes graus de incerteza e exigem trajetórias heterogêneas de comercialização. Ao distinguir tecnologias proprietárias, genéricas e de suporte (*infratechnologies*), Haessler, Giones e Brem (2023) argumentam que a avaliação do potencial de transferência não pode depender de métricas estáticas e padronizadas, devendo mensurar a capacidade da organização em adaptar seus modelos de negócios e gerenciar riscos à medida que a tecnologia evolui ao longo dos níveis TRL.

A análise integrada desse eixo indica que os modelos tradicionais de avaliação estática apresentavam limitações estruturais profundas:

- Foco exclusivo em resultados finais (*outputs*): Priorizavam a contagem de patentes e contratos firmados, negligenciando o monitoramento contínuo dos processos intermediários de transferência (BATTAGLIA; PAOLUCCI; UGHETTO, 2021; SCHAEFFER *et al.*, 2021);
- Desconsideração da gestão do conhecimento: Ignoravam como o conhecimento tácito e as redes de cooperação são absorvidos e reconfigurados dentro da organização (ESPADINHA-CRUZ *et al.*, 2023);

- Rigidez metodológica: Tratavam as instituições como entes estáticos, incapazes de responder à velocidade das mudanças tecnológicas e às exigências de mercado (HAESSLER; GIONES; BREM, 2023).

A superação dessas limitações requer a adoção de *frameworks* de maturidade dinâmicos, capazes de diagnosticar de forma contínua a prontidão das capacidades organizacionais, preparando as estruturas de transferência para a integração do paradigma digital.

3.3. A evolução digital da avaliação: do diagnóstico estático ao monitoramento contínuo

O terceiro eixo consolida a convergência entre a transferência de tecnologia, os modelos de maturidade e o paradigma digital, demonstrando como tecnologias emergentes (inteligência artificial, plataformas em nuvem, *big data* e *analytics*) transformam os processos internos dos NITs e a dinâmica dos ecossistemas de inovação.

A transformação digital atua como um catalisador direto da inovação tecnológica e da eficiência operacional. Em estudo empírico de grande escala, Fang e Liu (2024) investigam como a transformação digital impulsiona a inovação em tecnologias digitais nas organizações. Utilizando técnicas de análise textual e econometria de painel em dados de patentes digitais, Fang e Liu (2024) comprovam que a digitalização melhora a competitividade central, alivia restrições de financiamento, eleva a qualidade do controle interno e otimiza os investimentos em P&D. Para os NITs, os achados de Fang e Liu (2024) revelam que a digitalização interna dos processos de gestão da propriedade intelectual reduz custos de transação e acelera a identificação de tecnologias com alto potencial comercial.

A dimensão institucional e os novos papéis desempenhados pelos intermediários no ecossistema digital são mapeados por Colovic *et al.* (2025). Ao analisarem a atuação de *Digital Innovation Hubs* (DIHs), Colovic *et al.* (2025) demonstram que os intermediários realizam um intenso "trabalho institucional" (*institutional work*) categorizado em três pilares: cultural-cognitivo (redução de barreiras mentais e conscientização), normativo (construção de confiança e legitimidade das tecnologias digitais) e regulatório (adequação a normas e políticas públicas). Colovic *et al.* (2025) argumentam que os intermediários digitais operam em três níveis (organizacional, rede e ecossistema), sendo a maturidade digital do intermediário a condição necessária para orquestrar a transição digital das empresas parceiras e pequenas e médias empresas (PMEs).

A reconfiguração das atividades dos intermediários tradicionais frente ao paradigma digital é examinada por Anzolin e O'Sullivan (2025) em um estudo comparativo entre RTOs nos Estados Unidos (*Manufacturing x Digital* – MxD) e no Reino Unido (*High-Value Manufacturing Catapult* – HVMC). Anzolin e O'Sullivan (2025) identificam que a transformação digital expandiu a função tradicional de transferência de tecnologia (focada em P&D aplicado nos TRLs 4-6) para atividades avançadas de demonstração e implementação tecnológica (TRLs 7-8), desenvolvimento de força de trabalho (*workforce development*) e integração de cadeias de suprimentos digitais. Os autores concluem que os intermediários mais maduros no paradigma digital atuam como "modeladores do ecossistema" (*ecosystem shapers*), combinando capacitação técnica com desenvolvimento de competências humanas (ANZOLIN; O'SULLIVAN, 2025).

A adaptação dos modelos de negócios dos próprios intermediários para a oferta de serviços digitais é investigada por Sala-Vilar *et al.* (2024). Analisando intermediários de inovação dinamarqueses, Sala-Vilar *et al.* (2024) mostram que a utilização de recursos digitais internos impulsiona a intenção de fornecer novos serviços baseados em dados e plataformas digitais. Sala-Vilar *et al.* (2024) ressaltam que os intermediários assumem o

papel de "campeões da digitalização" (*digitalization champions*), adaptando seus catálogos de serviços para apoiar a inovação aberta.

No plano dos fatores humanos e da gestão de processos no paradigma digital, Chrusciak, Szejka e Canciglieri Junior (2025) propõem o modelo H.O.P.E. (*Human, Organisational, Process, Environmental*), que integra a transformação digital a estratégias humano-centradas. Chrusciak, Szejka e Canciglieri Junior (2025) demonstram que a digitalização de processos organizacionais só atinge desempenho superior quando alinhada à ergonomia organizacional, cultura de mudança e capacitação dos colaboradores. A maturidade de um NIT no paradigma digital, portanto, exige a harmonização entre ferramentas tecnológicas avançadas e capacidades humanas (CHRUSCIAK; SZEJKA; CANCIGLIERI JUNIOR, 2025).

4. Conclusão

Este artigo abordou a maturidade da transferência de tecnologia em Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) e a evolução de sua avaliação para o paradigma digital, com o objetivo de sistematizar a produção científica recente sobre o tema. A pesquisa foi conduzida por meio do protocolo *Methodi Ordinatio 2.0*, que mapeou e ordenou um portfólio de 91 artigos das bases Scopus e Science Direct pelo índice *InOrdinatio*, combinando fator de impacto, ano de publicação e citações acumuladas, com a análise aprofundada do núcleo de maior relevância científica.

Os resultados evidenciaram que a literatura se articula em três eixos complementares: (a) os sistemas e intermediários de transferência de tecnologia, que evoluíram da gestão transacional de patentes para a governança de redes complexas, programas de Prova de Conceito e relações mutualísticas; (b) os modelos de maturidade e avaliação organizacional, que indicam a superação de escalas estáticas e unidimensionais (como o TRL isolado) em prol de *frameworks* multidimensionais de capacidades; e (c) a transformação digital dos processos de inovação, que oferece recursos tecnológicos para automatizar a gestão, mas cuja aplicação no diagnóstico contínuo da maturidade dos NITs ainda constitui uma lacuna no estado da arte. A principal contribuição do trabalho é demonstrar que os diagnósticos estáticos vigentes limitam a gestão estratégica das estruturas de transferência e que a digitalização da avaliação mediante monitoramento contínuo, automação de cálculos e *benchmarking* dinâmico representa uma oportunidade concreta de avanço científico e aplicado para a área.

Como limitações, destacam-se a delimitação às bases Scopus e Science Direct, a seleção de artigos publicados predominantemente em língua inglesa e o recorte temporal adotado (2021 a 2026), fatores que podem ter restringido a identificação de contribuições em outros veículos ou idiomas. Como trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento e a implementação de ferramentas digitais de diagnóstico e comparação da maturidade da transferência de tecnologia entre estruturas de inovação, bem como a validação empírica desses instrumentos junto a gestores de NITs, de modo a comprovar sua utilidade prática na tomada de decisão gerencial.

Referências

ABU SA'A, E.; ASPLUND, F. Unpacking social capital in University–Industry Collaborations: Pathways to cross-industry knowledge sharing. **Technovation**, v. 140, p. 103160, 2025.

ANZOLIN, G.; O'SULLIVAN, E. Innovation intermediaries in the digital transformation process. A comparative case study of research and technology organisations in the US and the UK. **Technovation**, v. 142, p. 103200, 2025.

BATTAGLIA, D.; PAOLUCCI, E.; UGHETTO, E. The role of Proof-of-Concept programs in facilitating the commercialization of research-based inventions. **Research Policy**, v. 50, n. 4, p. 104213, 2021.

CHEN, K.; ZHANG, C.; FENG, Z.; ZHANG, Y.; NING, L. Technology transfer systems and modes of national research institutes: evidence from the Chinese academy of sciences. **Research Policy**, v. 51, p. 104471, 2022.

CHRUSCIAK, C. B.; SZEJKA, A. L.; CANCIGLIERI JUNIOR, O. Integrating digital transformation with human-centric factors strategies to enhance organisational process performance: The H.O.P.E. model. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 44, p. 100785, 2025.

COLOVIC, A.; CALOFFI, A.; ROSSI, F.; RUSSO, M. Institutionalising the digital transition: The role of digital innovation intermediaries. **Research Policy**, v. 54, n. 1, p. 105146, 2025.

DELORME, D. The role of proximity in the design of innovation intermediaries' business models. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 188, p. 122246, 2023.

ESPADINHA-CRUZ, P.; NEVES, A.; MATOS, F.; GODINA, R. Development of a maturity model for additive manufacturing: A conceptual model proposal. **Heliyon**, v. 9, n. 5, p. e16099, 2023.

FANG, X.; LIU, M. How does the digital transformation drive digital technology innovation of enterprises? Evidence from enterprise's digital patents. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 204, p. 123428, 2024.

HAESSLER, P.; GIONES, F.; BREM, A. The who and how of commercializing emerging technologies: A technology-focused review. **Technovation**, v. 121, p. 102637, 2023.

MUNARI, F.; TOSCHI, L. The impact of public funding on science valorisation: an analysis of the ERC Proof-of-Concept Programme. **Research Policy**, v. 50, n. 6, p. 104211, 2021.

PAGANI, R. N.; PEDROSO, B.; SANTOS, C. B.; PICININ, C. T.; KOVALESKI, J. L. Methodi Ordinatio 2.0: revisited under statistical estimation, and presenting FInder and RankIn. **Scientometrics**, v. 127, n. 11, p. 6815-6843, 2022.

SALA-VILAR, L. R.; LI-YING, J.; TRAUNECKER, T. How do innovation intermediaries' business models cope with their need to develop new digital services? **Technovation**, v. 131, p. 102950, 2024.

SCHAEFFER, P. R.; GUERRERO, M.; FISCHER, B. B. Mutualism in ecosystems of innovation and entrepreneurship: a bidirectional perspective on universities' linkages. **Journal of Business Research**, v. 134, p. 184-197, 2021.