

DOI: 10.5748/20CONTECSI/COM/DSC/7247

eLocator: e207247

**TECHNOLOGICAL CONVERGENCE FORECASTING: PERSPECTIVES FOR
SCIENTIFIC PRODUCTION PREVISÃO DE CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA:
PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

Bartholomeo Oliveira Barcelos – <https://orcid.org/0000-0003-1178-1212>
Universidade Federal De Santa Catarina (Ufsc)

Alexandre Leopoldo Gonçalves – <https://orcid.org/0000-0002-6583-2807>
Universidade Federal De Santa Catarina (Ufsc)

TECHNOLOGICAL CONVERGENCE FORECASTING: PERSPECTIVES FOR SCIENTIFIC PRODUCTION

ABSTRACT

This study aimed to investigate the solutions in the format of models, frameworks, or architectures developed and implemented for technological convergence prediction in patent analysis. For this, an integrative review with structured search was carried out, which analyzed seven research databases: Scopus®, Web of Science®, ACM Digital Library®, Science Direct®, IEEE Xplore®, Google Scholar® and Springerlink®. A total of 262 publications were identified, which after being submitted to inclusion and exclusion criteria reached a total of 10 eligible studies for in-depth analysis. As a result, it is highlighted that the main patent database used in the publications was that of the USPTO, and that traditional machine learning techniques combined with link prediction techniques are still frequently used as effective means to make technological convergence predictions. The frameworks proposed by the studies sought to improve the performance of technological convergence prediction and to derive R&D strategies, and the Methods/Methodologies aimed to propose sequences of activities that could potentially allow a quantitative prediction of future technology convergences from patent data. Finally, it is observed that semantic relationships in this context are still underexplored, revealing a fruitful space for the advancement of research in the field of natural language processing (NLP) in the technological convergence scenario.

Keywords: technological convergence. patent analysis. technological forecast. machine learning.

PREVISÃO DE CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA: PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

RESUMO

Este estudo teve como objetivo investigar quais são as soluções no formato de modelos, *frameworks* ou arquiteturas desenvolvidos e implementados para previsão de convergência tecnológica em análise de patentes. Para isso procedeu-se com uma revisão integrativa, com busca estruturada, que analisou sete bases de pesquisa: Scopus®, Web of Science®, ACM Digital Library®, Science Direct®, IEEE Xplore®, Google Scholar® e Springer Link®. Ao todo foram identificadas 262 publicações, que após serem submetidas a critérios de inclusão e exclusão alcançaram um quantitativo de 10 pesquisas elegíveis para análise em profundidade. Como resultados, destaca-se que a principal base de dados de patentes utilizada nas publicações foi a USPTO, que técnicas tradicionais de *machine learning* combinadas com técnicas de *link prediction* ainda são frequentemente utilizadas como meios eficazes para fazer previsões de convergência tecnológica. Os *frameworks* propostos pelos estudos buscaram aprimorar o desempenho da previsão da convergência tecnológica e derivar estratégias de P&D. Já os Métodos/Metodologias propuseram sequências de atividades que potencialmente permitiriam uma previsão quantitativa das futuras convergências de tecnologias a partir de dados de patentes. Por fim, percebe-se que as relações semânticas neste contexto ainda são pouco exploradas, desvelando-se um espaço frutífero para o avanço de pesquisas na área de *Natural Language Processing* (NLP) no cenário de convergência tecnológica.

Palavras-chave: convergência tecnológica. análise de patentes. previsão tecnológica. aprendizado de máquina.

1. INTRODUÇÃO

O uso de informações de patentes para tomada de decisões estratégicas nas organizações, no contexto do desenvolvimento tecnológico e de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) avançou, tornando-se mais qualificado nas últimas décadas. Por exemplo, nos anos de 1980, os dados de patentes podiam ser recuperados e acessados com o auxílio de bibliotecas especializadas ou escritórios de patentes, utilizando fitas magnéticas, microfichas de bancos de dados, como o *International Patent Documentation* (INPADOC) (PILCH, 1980; ARAÚJO, 1981; CAMPELLO, 1982; JANNUZI; AMORIM; SOUZA, 2007).

Na perspectiva de Hunt (2007) a indústria evoluiu da indexação e resumos limitados em 1980, para milhões de textos completos de patentes nos anos 2000. Contexto esse que revela a necessidade, cada vez maior, de utilização de ferramentas automatizadas e auxiliadas por computadores à análise de patentes, a fim de acelerar os processos de investigação que antes eram realizados manualmente por especialistas (ABBAS; ZHANG; KHAN, 2014).

Os documentos de patentes representam uma grande fonte de conhecimento tecnológico. Ernesto (2003, p. 233) pontuou que essas podem ser utilizadas no “monitoramento de concorrentes, avaliação de tecnologias, gestão de portfólio de P&D, identificação e avaliação de fontes potenciais para geração externa de conhecimento tecnológico, especialmente por meio de fusões e aquisições, e gestão de RH”. Corroborando, Érdi et al. (2013) reforçam que os dados de patentes são uma frutífera fonte de informações sobre inovação e mudanças tecnológicas, como também descrevem e reivindicam invenções, do mesmo modo que citam outras patentes para determinarem se as invenções são novas e não óbvias para serem protegidas através do pedido de depósito de patentes.

Acerca das tendências de inovação, Kim e Kim (2012) destacaram que uma característica importante nesse contexto é a fusão e a sobreposição de tecnologias, que tornaram-se indispensáveis para o atendimento de demandas cada vez mais complexas do mercado consumidor, também denominado de convergência tecnológica. A inovação tecnológica ocorreu e vem ocorrendo por meio de convergências em vários campos (informática, semicondutores, telecomunicações móveis, área médica e de saúde), logo as possibilidades de geração de futuras inovações tecnológicas por meio de convergências são infinitas (KIM; LEE, 2017).

Nesta pesquisa, o objeto de estudo é a convergência tecnológica, termo que representa para Rosenberg (1963), o fenômeno de aproximação entre setores em economias industrializadas que têm processos produtivos comuns na manufatura de produtos diferentes, mas que tornaram-se intimamente relacionados a partir de uma mesma base tecnológica. Já Park (2019) e Zhang e Li (2021), referem-se ao termo como uma tendência, fenômeno ou processo onde duas ou mais tecnologias independentes se integram (fundem ou combinam) e formam um novo resultado, uma oportunidade tecnológica ou uma tecnologia convergente completamente nova. Podendo criar novas tecnologias híbridas ou mesmo um novo domínio tecnológico, transformando a forma como as empresas competem entre si (WANG; LEE, 2023).

Nas reflexões de Curran e Leker (2011), a convergência pode ocorrer em quatro contextos diferentes: na Ciência (entre diferentes disciplinas ou áreas científicas); na Tecnologia (entre tecnologias de diferentes áreas de aplicação); Mercado (em mercados com diferentes conjuntos de demandas); e na Indústria (envolvendo um conjunto de empresas com bases tecnológicas (parcialmente) diferentes, campos de aplicação e grupos-alvo diferentes em mercados diferentes).

Os dados de patentes são considerados precursores de desenvolvimentos tecnológicos, por isso são utilizados como indicadores de convergência tecnológica,

considerando que as patentes são a forma mais fácil de monitorar essa convergência (Curran; Bröring; Leker, 2010; Karvonen; Kässi, 2013; Kim; Lee, 2017). Com o crescimento do fenômeno da convergência, pesquisadores têm tentado medi-la em diferentes níveis, que vão desde a convergência científica até à convergência industrial (Jeong; Kim; Choi, 2015). Na pesquisa de Kim e Lee (2017), é veiculado que a maioria dos trabalhos anteriores focaram na análise de tendências passadas, mesmo que essa abordagem consiga fornecer informações significativas para o futuro, a capacidade da abordagem quantitativa para prever objetivamente o futuro ficou limitada. Ratificado por He, Shi e Tan (2022), os autores reforçam que os métodos existentes de medição da convergência tecnológica centram-se mais em descrições qualitativas da evolução global da indústria, carecendo de métodos quantitativos para revelar os detalhes dessas mudanças tecnológicas.

Sobre os métodos de estimação ou mensuração da convergência tecnológica, Jeong, Kim e Choi (2015) destacam como métodos: a análise de co-classificação (coocorrência) e a análise de cocitação. Os autores ainda enfatizam que a escassez de métodos empíricos para medir a convergência tecnológica leva os pesquisadores a experimentarem ideias-chave de estimação de outros níveis de convergência. Além do mais, He, Shi e Tan (2022) indicam três métodos como os mais relevantes que podem ser utilizados para descrever o fenômeno da convergência tecnológica: a análise de citações, a Mineração de Texto (*Text Mining* - TM) e a análise de co-classificação (coocorrência). No mesmo contexto, Zhang e Li (2021) destacam ainda que poucos métodos de representação semântica de última geração são utilizados na realização destes estudos, algo que poderia trazer resultados mais precisos para a convergência tecnológica.

Uma perspectiva que surge frente aos métodos que colaboram para descrever a convergência tecnológica é como prever ou antecipar esses fenômenos, utilizando métodos de previsão tecnológica (*technology forecasting*) que a partir de Jantsch (1967), Firat, Woon e Madnick (2008) e Cho e Daim (2013) pode ser definida como: uma forma sistemática de analisar e avaliar, com certa probabilidade e níveis de confiança elevados, as mudanças tecnológicas ou de futuras transferências de tecnologia para prever, antecipar, entender ou capturar a direção potencial, as taxas, as características e os efeitos desencadeadas por esses eventos.

A revisão sistemática realizada por Lee (2021) evidenciou que um dos principais tópicos de pesquisa em *technology forecasting* (TF) é o de antecipação da convergência tecnológica e industrial para análise de tendências tecnológicas, e ainda que a abordagem de *Text Mining* (MT) têm sido a mais frequentemente empregada na análise de dados em TF. No mesmo contexto, Krestel, Chikkamath, Hewel, e Risch (2021) destacam que métodos de *Deep Learning* (DL) para *Natural Language Processing* (NLP) foram aplicados para análise automática de patentes. Dentre as tarefas automatizadas está a TF, onde as patentes são usadas para avaliar um cenário tecnológico para auxiliar pesquisadores na captura de novas tecnologias. Além disso, Gbolo, Nagriwum, Dapilah, e Yunus (2023) elencam a TF e a Convergência Tecnológica como *clusters* temáticos que têm grande capacidade de identificar componentes tecnológicos e prever tendências futuras em tecnologia a partir da análise de patentes.

Portanto, cada vez mais soluções, invenções e inovações surgem a partir da combinação de diferentes campos tecnológicos. Isso faz com que as organizações necessitem compreender e antecipar ainda mais cenários e tendências futuras a fim de identificar oportunidades e ameaças para suas atividades de P&D. Existe uma variedade de artefatos e recursos computacionais disponíveis, que podem ser aplicados e implementados para que seja possível compreender e prever os fenômenos de convergência tecnológica. Desta forma, para articular os constructos convergência tecnológica, *technology forecasting* e análise de patentes surge a seguinte questão de pesquisa: “quais são os modelos, *frameworks* ou arquiteturas utilizados no campo da previsão de convergência

tecnológica na análise de patentes, bem como métodos e técnicas de análise de dados implementados?

A partir disso, este estudo tem como objetivo, investigar quais são as soluções no formato de modelos, *frameworks* ou arquiteturas desenvolvidos e implementados para previsão de convergência tecnológica em análise de patentes. Nas próximas seções deste documento, serão apresentados os procedimentos metodológicos, seguido das discussões e resultados do trabalho, finalizando com as considerações finais.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo configura-se como uma revisão integrativa, que realizou uma busca estruturada em base de dados para responder a seguinte questão de pesquisa: “quais são os modelos, frameworks ou arquiteturas utilizados no campo da previsão de convergência tecnológica na análise de patentes, bem como métodos e técnicas de análise de dados implementados?”

Este tipo de revisão de literatura é uma forma de pesquisa que revisa, crítica e sintetiza a literatura representativa sobre um tema de forma integrada, permitindo a imersão de novos enquadramentos e perspectivas sobre o tema estudado (TORRACO, 2005). Na perspectiva de Whitemore e Knafl (2005), as revisões integrativas incluem diversas fontes de dados que ampliam a compreensão holística do tema de interesse.

Para responder a questão de pesquisa, foram selecionadas sete bases de dados que figuram entre importantes bases de busca acadêmica: Scopus, Web of Science, ACM Digital Library, Science Direct, IEEE Xplore, Google Scholar, Springer Link, que figuram entre as importantes bases de busca acadêmica, além de agregarem um número grande e variado número de documentos indexados.

Norteando-se pela questão de pesquisa, foram realizadas buscas prévias para localizar termos similares aos constructos para potencializar os resultados da pesquisa. Os termos norteadores utilizados nas buscas foram: *technology convergence*, *forecasting*, *prediction*, *foresight*, *patent*, *model*, *framework* e *architecture*. As *strings* foram adaptadas para cada base de dados, onde foram inseridos sinônimos e variações dos termos de busca respeitando a peculiaridade de cada base de dados, de modo que fosse possível coletar resultados alinhados aos objetivos desta pesquisa. A *string* padrão utilizou a seguinte combinação: ((TITLE-ABS-KEY ("technology convergence") AND TITLE-ABS-KEY ("forecasting" OR "prediction" OR "foresight")) AND TITLE-ABS-KEY ("patent") AND TITLE-ABS-KEY (“model” OR “framework” OR “architecture”))

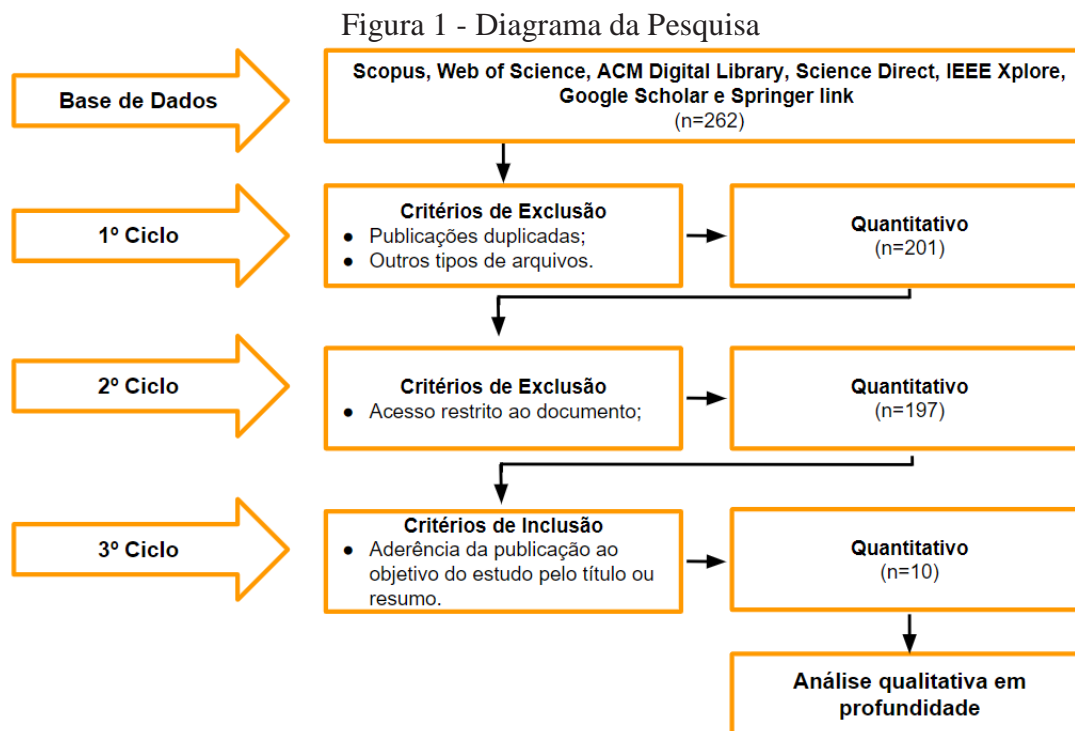
Os resultados da busca realizada no mês de Outubro do ano de 2023 são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 - Resultado das Buscas

Base de Dados	Tipo de Documento	Período	Total de Publicações
Scopus (Elsevier)	Artigos de Periódicos e Conferências em língua inglesa.	2013-2023	19
Web of Science	Artigos de Periódicos e Conferências em língua inglesa.	2013-2023	19
ACM Digital Library	Artigos de Periódicos e Conferências em língua inglesa.	2013-2023	3
Science Direct	Artigos de Periódicos e Conferências em língua inglesa.	2013-2023	5
IEEE Xplore	Artigos de Periódicos e Conferências em língua inglesa.	2013-2023	4
Google Scholar	Artigos de Periódicos e Conferências em língua inglesa.	2013-2023	96
Springerlink	Artigos de Periódicos e Conferências em língua inglesa.	2013-2023	116
Total Geral			262

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do resultado da busca inicial, procedeu-se com a seleção dos artigos utilizando-se critérios de exclusão e inclusão para se filtrar o número de produções aptas a colaborar com a questão de pesquisa. O diagrama da pesquisa, representado na Figura 1, ilustra os três ciclos de análise realizados ao longo deste estudo, os quais foram realizados colaborativamente entre os pesquisadores.



Fonte: Dados da Pesquisa

Como 1º ciclo, realizou-se a exclusão das publicações duplicadas entre as bases de dados de origem e também foram subtraídos documentos que não eram artigos de periódicos ou conferência, resultando em um quantitativo de 201 documentos. Posteriormente, no 2º ciclo, o acesso na íntegra aos documentos foi verificado para garantir a disponibilidade de acesso aos documentos e suas bases, havendo a redução para um quantitativo de 197 publicações.

No 3º ciclo procedeu-se, preliminarmente, com a análise dos títulos e resumos dos artigos para buscar indicativos da aderência destas publicações com os objetivos desta pesquisa, resultando num total de 10 publicações aptas. Neste ciclo, alguns trabalhos não evidenciaram de forma clara, no título ou resumo, suas intenções. Dessa forma, em alguns casos realizou-se a análise integral do artigo objetivando reduzir a incerteza no processo de inclusão ou exclusão da publicação.

Depois de identificado o quantitativo de artigos aptos a contribuírem com os objetivos desta pesquisa, procedeu-se com uma análise qualitativa em profundidade visando estruturar um quadro integrativo para evidenciar os principais métodos e técnicas, a representação dos dados da pesquisa e os artefatos tecnológicos que resultaram destes estudos no cenário da convergência tecnológica. As seguintes dimensões foram consideradas para análise das publicações foram:

- *Dataset*: representa os conjuntos de dados que são empregados pelos estudos para investigação a partir das autoridades emissoras, ou seja, os escritórios de patentes, bem como outras bases de dados, que de alguma forma, têm acesso a esses documentos também de forma completa;

- Métodos/Técnicas/PLM (*Pre-trained Language Model*): considera os diferentes métodos, técnicas e modelos de linguagem aplicados na modelagem dos dados de patentes e busca por resultados dentro do contexto da previsão de convergência tecnológica.
- Representação: são os *outputs* que resultam do tratamento dos dados ou de implementações realizadas que sistematizaram os dados de patentes, para geração de *insights* e tomada de decisão;
- Artefatos: se referem a qual objeto foi desenvolvido para solucionar um determinado problema pela perspectiva da *Design Science Research* (DSR), onde artefatos primários podem ser algoritmos, programas de computador e aplicações; já artefatos secundários podem se caracterizar como linguagens formais, implementações, métodos, *frameworks* e modelos (VAISHNAVI; KUECHLER, 2015; WEIGAND; JOHANNESSON; ANDERSSON, 2021).

Na próxima seção, serão apresentados os resultados e discussões que compõem os principais achados e reflexões.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quantitativo de publicações analisadas nesta revisão integrativa foi de 10 artigos, que buscaram contribuir com a questão de pesquisa deste estudo. A partir disso, esta seção faz considerações e uma sumarização sobre os aspectos relevantes identificados.

No Quadro 2 é apresentada uma visão geral das dimensões analisadas no trabalho no formato de uma matriz com intuito de fornecer um panorama dos principais *insights* resultantes de todos os procedimentos realizados.

Quadro 2 - Matriz Integrativa

	Dataset					Métodos/Técnicas/PLM*															Representação			Artefato							
	USPTO	EPO	JPO	KIPO	DWPI	PCA	AR	LP	RF	DT	SVM	RA	SNA	GBM	XGBoost	CatBoost	ANN	DNN	FNN	LDA	Doc2Vec	BERT	Tabelas	Matrizes	Redes	Implementação	Modelo	Método/Metodologia	Framework		
Lee; Han; Sohn (2015)																															
Kim; Lee (2017)																															
Kim; Sohn (2020)																															
Feng et al. (2020)																															
Zhang; Li (2021)																															
Cho; Lee; Sohn (2021)																															
Lee; Hong; Kim (2021)																															
Kim; Cho (2022)																															
Choi; Affuddin; Seo (2022)																															
Wang; Lee (2023)																															

*PLM (Pre-trained language model); PCA (Principal Component Analysis); AR (Association Rules); LP (Link Prediction); LDA (Latent Dirichlet Allocation); RF (Random Forest); DT (Decision Tree); SVM (Support Vector Machines); RA (Resource Allocation); SNA (Social Network Analysis); GBM (Gradient Boosting Machine); XGBoost (Extreme Gradient Boosting); CatBoost (Categorical Boosting); ANN (Artificial Neural Networks); DNN (Deep Neural Networks); FNN (Feedforward Neural Network); Doc2Vec (Document-to-Vector); e BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers).

Fonte: Dados da Pesquisa

Os *Datasets* dos escritórios de patentes são os elementos essenciais para que seja possível realizar os estudos de convergência tecnológica em análise de patentes. Dentre as publicações que pesquisaram sobre a previsão de convergência tecnológica, a base de dados do *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) apresentou-se como a principal fonte dos *datasets*, presente em 70% dos estudos. Outros escritórios de patentes como *European Patent Office* (EPO), *Japan Patent Office* (JPO) e *Korean Intellectual Property*

Office (KIPO) também compuseram as bases de dados, sendo utilizados individualmente ou em conjunto com a base do USPTO. Chama-se a atenção como fonte de pesquisa a base de dados *Derwent World Patents Index* (DWPI) da empresa anglo-americana Clarivate® que disponibiliza serviços de acesso à pedidos de patentes e à patentes concedidas de mais de 40 escritórios de patentes em todos o mundo.

Os dados de patentes passaram por diferentes modelagens para desenvolverem e viabilizarem soluções capazes de colaborar com a previsão tecnológica, mais especificamente na convergência de diferentes campos tecnológicos. Frente a isso, inicialmente, destaca-se a técnica de *Association Rule* (AR) aplicada na descoberta de conexões ou padrões existentes de co-ocorrência entre as classes de patentes. Na sequência, a técnica de *Link Prediction* (LP), articulada com outros métodos e técnicas, contribuiu majoritariamente para a identificação de padrões de convergência tecnológica, junto dos melhores períodos para a previsão das potenciais relações de convergência nos campos tecnológicos contemplados pelas publicações. Nas pesquisas analisadas também destacam-se a utilização da técnica de *Decision Tree* (DT) e do algoritmo de *Support Vector Machines* (SVM) para o desenvolvimento de modelos de LP utilizados como possibilidade para identificação de padrões de fusão entre campos tecnológicos.

Referente ao campo de estudo da *Natural Language Processing* (NLP), o algoritmo *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) foi implementado nos documentos de patentes em campos como título, palavras-chave e *abstract* para modelagem de tópicos, buscando-se identificar temas emergentes e associação entre às tecnologias nos domínios previstos de convergência tecnológica. Ainda no campo da NLP, de forma modesta cabe pontuar a aplicação do algoritmo *Documento-to-Vector* (Doc2Vec) utilizado juntamente com LP e estatísticas de patentes para investigar padrões de convergência semântica, e também do PLM, *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT), utilizado como modelo de suporte à representação semântica para classificação de patentes.

No quesito representação, que considera os *outputs* originados do processamento e implementação realizados sobre os *datasets* das publicações analisadas, percebe-se a presença frequente de “Tabelas”, que resumem principalmente a classificação com base na *International Patent Classification* (IPC) e de tópicos convergentes, tal como de “Redes” representando a coocorrência de patentes e a convergência tecnológica a partir de códigos de classes e subclasses das patentes nos campos tecnológicos estudados.

Com a intenção de prever a convergência entre diferentes campos tecnológicos para antecipar ações de P&D e ampliar a competitividade, as publicações propõem uma série de artefatos que podem contribuir para a solução destes desafios. Dentre os artefatos desenvolvidos pode-se destacar: os *Frameworks* desenvolvidos principalmente para aprimorar o desempenho da previsão da convergência tecnológica e derivar estratégias de P&D nos campos tecnológicos potenciais; e os Métodos/Metodologias que propõem uma sequência de atividades que potencialmente permitiriam uma previsão quantitativa das futuras convergências de tecnologias a partir de dados de patentes. Os artefatos classificados como “Implementação”, originaram-se de abordagens propostas nas publicações que reuniram uma série de técnicas e modelos com a intenção de validar constructos e identificar novas oportunidades tecnológicas com potencial para ser realizadas através da convergência tecnológica, mas não explicitaram claramente o tipo de artefato produzido.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou investigar por meio de uma revisão integrativa, com busca estruturada em bases de dados, quais são os modelos, *frameworks* ou arquiteturas utilizados na previsão de convergência tecnológica no domínio de análise de patentes, bem como métodos e técnicas de análise de dados implementados.

Destaca-se que na composição dos estudos analisados, que a principal base de dados de patentes utilizada é da USPTO. Para o processamento e análise dos dados, técnicas tradicionais de *Machine Learning* (ML) combinadas com técnicas de LPainda são frequentemente utilizadas como meios eficazes para fazer previsões de convergência tecnológica.

Na visão de Krestel, Chikkamath, Hewel, e Risch (2021), os documentos de patentes consistem em dados de texto e metadados, como informações de citação e, às vezes, dados de imagem, corroborando com a percepção desta pesquisa de que as relações semânticas no contexto da previsão de convergência tecnológica ainda são pouco exploradas frente às possibilidades de processamento e tecnologias digitais de hoje. Com isso, percebe-se um espaço frutífero para avanços na área de NLP no cenário de convergência tecnológica, alinhando também com as ponderações de Zhang e Li (2021).

Dessa forma, o estudo fornece um panorama dos estudos relacionados à previsão de convergência tecnológica, indicando as principais bases de dados de patentes utilizadas, bem como gera *insights* sobre os métodos e técnicas de análise de dados usualmente utilizados neste campo de pesquisa e ainda desvela possibilidades de avanços na implementação de técnicas pouco exploradas.

Como limitações do trabalho, está o processo de triagem dos estudos, que mesmo sendo um processo sistematizado, é uma ação subjetiva que é influenciada diretamente pelas perspectivas dos pesquisadores, sendo dificultada pela heterogeneidade dos objetivos e finalidades das soluções e artefatos propostos.

Para estudos futuros, sugere-se a realização de uma revisão de escopo que faça uso de protocolos científicos validados a fim de analisar e identificar lacunas de conhecimento no âmbito da utilização de técnicas de *DL* e de *Pre-trained Language Model* (PLM) na previsão de convergências tecnológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbas, A., Zhang, L., & Khan, S. U. (2014). A literature review on the state-of-the-art in patent analysis (pp. 3-13). *World Patent Information*. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2013.12.006>

Araújo, V. M. R. H. A. (1981). A patente como ferramenta da informação. *Ciência da Informação*, 10(2). <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v10i2.148>

Campello, B. S. (1982). Materiais não convencionais em biblioteca especializadas: Relatórios técnicos, teses e dissertações, normas técnicas e patentes. *Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG*, 11(1), 38-52.

Cho, Y., Daim, T. (2013). Technology Forecasting Methods. In: Daim, T., Oliver, T., Kim, J. (eds) *Research and Technology Management in the Electricity Industry. Green Energy and Technology*. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5097-8_4

Cho, J. H., Lee, J., & Sohn, S. Y. (2021). Predicting future technological convergence patterns based on machine learning using link prediction. *Scientometrics*, (126), 5413-5429. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03999-8>.

Choi, S., Afifuddin, M., & Seo, W. (2022). A Supervised Learning-Based Approach to Anticipating Potential Technology Convergence. *IEEE Access*, 10, 19284-19300. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3151870>.

Curran, C., & Leker, J. (2011). Patent indicators for monitoring convergence examples from

NFF and ICT. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(2), 256-273. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.021>

Curran, C., Bröring, S., & Leker, J. (2010). Anticipating converging industries using publicly available data. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(3), 385-395. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.10.002>.

Hernesto, H. (2003). Patent information for strategic technology management. *World Patent Information*, 25(3), 233-242. [https://doi.org/10.1016/S0172-2190\(03\)00077-2](https://doi.org/10.1016/S0172-2190(03)00077-2).

Érdi, P., Makovi, K., Somogyvári, Z., Strandburg, K., Tobochnik, J., Volf, P., & Zalányi, L. (2013). Prediction of emerging technologies based on analysis of the US patent citation network. *Scientometrics*, 95, 225-242. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0796-4>.

Feng, S., An, H., Li, H., Qi, Y., Wang, Z., Guan, Q., Li, Y., & Qi, Y. (2020). The technology convergence of electric vehicles: Exploring promising and potential technology convergence relationships and topics. *Journal of Cleaner Production*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120992>.

Firat, A. K., Woon, W. L., & Madnick, S. (2008). *Technological Forecasting - A Review*. Composite Information Systems Laboratory (CISL). <http://web.mit.edu/smadnick/www/wp/2008-15.pdf>

Gbolo, S. S., Nagriwum, T. M., Dapilah, C. A., & Yunus, A. (2023). Text Mining Analysis of Patent in Innovation Studies: Trends, Issues and Future Research Agenda. *American Journal of Economics and Business Innovation*, 2(3). <https://doi.org/10.54536/ajebi.v2i3.2087>

He, C., Shi, F., & Tan, R. A. (2022). A synthetical analysis method of measuring technology convergence. *Journal Expert Systems With Applications*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118262>.

Hunt, D. (2007). *Patent Searching: Tools & techniques*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA.

Jantsch, E. (1967). *Technological forecasting in perspective: A Framework for Technological Forecasting, its Techniques and Organisation*. OECD. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2d49d975dbf6b96faa1e60f162f57eee6ec7174b>.

Jeong, S., Kim, J. C., & Choi, J. Y. (2015). Technology convergence: What developmental stage are we in? *Scientometrics*, (104), 841-871. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1606-6>.

Karvonen, M., & Kässi, T. (2013). Patent citations as a tool for analysing the early stages of convergence. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1094-1107. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.05.006>.

Kim, J., & Lee, S. (2017). Forecasting and identifying multi-technology convergence based on patent data: The case of IT and BT industries in 2020. *Scientometrics*, (111), 47-65. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2275-4>.

Kim, M., & Kim, C. (2012). On A Patent Analysis Method for Technological Convergence. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, (40), 657-663. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.245>.

Kim, K. S., & Cho, N. W. (2022). Predicting the Patterns of Technology Convergence in Defense Technologies. *IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, 72-75. <https://doi.org/10.1109/BigComp54360.2022.00024>.

Kim, S. T., & Sohn, S. Y. (2020). Machine-learning-based deep semantic analysis approach for forecasting new technology convergence. *Technological Forecasting and Social Change*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120095>.

Krestel, R., Chikkamath, R., Hewel, C., & Risch, J. (2021). A survey on deep learning for patent analysis. *World Patent Information*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2021.102035>.

Lee, C. (2021). A review of data analytics in technological forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120646>.

Lee, W. S., Han, E. J., & Sohn, S. Y. (2015). Predicting the pattern of technology convergence using big-data technology on large-scale triadic patents. *Technological Forecasting and Social Change*, 100, 317-329. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.022>.

Lee, C., Hong, S., & Kim, J. (2021). Anticipating multi-technology convergence: A machine learning approach using patent information. *Scientometrics*, (126), 1867-1896. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03842-6>.

Park, W. E. (2019). *Technological Convergence: Regulatory, Digital Privacy, and Data Security Issues*. Congressional Research Service (CRS). <https://sgp.fas.org/crs/misc/R45746.pdf>.

Pilch, W. (1980). INPADOC - services for the establishment of the legal status of patents. *World Patent Information*, 2(2), 69-72.

Rosenberg, N. (1963). Technological change in the machine tool industry. *Journal of Economic History*, 4(23), 414-443. https://www.researchgate.net/publication/227395618_Technological_Change_in_the_Machine_Tool_Industry_1840-1910. Acessado em: 17 set. 2023.

Torraco, R. J. (2005). Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), 356-367. <https://doi.org/10.1177/1534484305278283>.

Vaishnavi, V. K., & Kuechler, W. (2015). *Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology*. Boca Raton: CRC Press.

Wang, J., & Lee, J. (2023). Predicting and analyzing technology convergence for exploring technological opportunities in the smart health industry. *Computers & Industrial Engineering*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109352>.

Weigand, H., Johannesson, P., & Andersson, B. (2021). An artifact ontology for design science research. *Data & Knowledge Engineering*, (133). <https://doi.org/10.1016/j.datak.2021.101878>.

Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 5(52).

Zhang, J., & Li, Y. (2021). Technology convergence prediction based on semantic representation of patent classification's text. *Proceedings of the 4th International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSSE '21)*, 285-289.

<https://doi.org/10.1145/3494885.349493>.