

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

JÚLIA CABRAL ARAÚJO

**A evolução das ocupações por competências e habilidades no setor industrial
brasileiro**

JUIZ DE FORA

2025

JÚLIA CABRAL ARAÚJO

A evolução das ocupações por competências e habilidades no setor industrial brasileiro

Monografia apresentada pela acadêmica Júlia Cabral Araújo à Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora como exigência para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Zanini

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves

JUIZ DE FORA

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Cabral Araújo, Júlia.

A evolução das ocupações por competências e habilidades no setor industrial brasileiro / Júlia Cabral Araújo. -- 2025.
41 f.

Orientador: Alexandre Zanini

Coorientador: Eduardo Gonçalves

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2025.

1. Inovação Tecnológica. 2. Indústria. 3. Mercado de Trabalho. 4. Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). 5. Classificação Brasileira de Ocupações (CBO). I. Zanini, Alexandre, orient. II. Gonçalves, Eduardo, coorient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF

ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de 31/07/2025, a Banca Examinadora, composta pelos professores

- 1 – Alexandre Zanini - orientador; e
- 2 – Flaviane Souza Santiago,

reuniu-se para avaliar a monografia da acadêmica **JÚLIA CABRAL ARAÚJO**, intitulada: **A EVOLUÇÃO DAS OCUPAÇÕES POR COMPETÊNCIAS E HABILIDADES NO SETOR INDUSTRIAL BRASILEIRO**.

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu **APROVAR** a referida monografia.

ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Zanini, Professor(a)**, em 31/07/2025, às 17:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flaviane Souza Santiago, Professor(a)**, em 31/07/2025, às 17:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2525294** e o código CRC **A1FD7517**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe e aos meus avós maternos que sempre me inspiraram, incentivaram e se desdobraram para que eu pudesse ter as melhores oportunidades possíveis para poder alcançar os meus sonhos.

AGREDECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ser meu alicerce durante toda essa jornada de escrita da monografia e por ter me conduzido durante toda a minha trajetória como estudante da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Agradeço ao professor Dr. Alexandre Zanini por ter aceitado ser o meu orientador durante esse processo e, para além de todo o desenvolvimento deste estudo, ter sido um exemplo de acolhimento, humanidade e comprometimento. Já o admirava pelo contato inicial como professor, mas tive a oportunidade de admirá-lo ainda mais ao trabalhar diretamente com ele. Também gostaria de agradecer a minha mãe que sempre foi um exemplo de força e dedicação para mim. Ela nunca mediu esforços para que eu criasse os meus próprios sonhos, mas sempre está ao meu lado para me apoiar, me aconselhar e me ajudar.

Aos meus avós, Jane e Walney, que são como pais para mim. Sempre cuidando, guiando e nunca medindo esforços para me permitirem ter um futuro promissor.

Aos meus amigos e amigas que sempre estiveram ao meu lado me apoiando a correr atrás dos meus sonhos e a fazer com que essa jornada da faculdade e escrita da monografia fosse mais leve. Em especial a Flávia Rodrigues, Giovanna Di Filippo e Luísa Penna por todos os conselhos e companheirismo.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus professores, servidores e terceirizados da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo conhecimento transmitido e pelo excelente serviço prestado.

RESUMO

Este trabalho investiga os impactos das inovações tecnológicas frente a estrutura ocupacional do setor industrial brasileiro entre 2005 a 2022, levando em consideração o mercado de trabalho formal do país. Para isso foram estudados conceitos e temáticas relacionados como inovação tecnológica, destruição criativa, indústria 4.0, inteligência artificial, polarização de habilidades e outros com o objetivo de pautar empiricamente esta análise.

A metodologia aplicada baseia-se em uma análise quantitativa por meio de dados extraídos da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), utilizando a classificação de famílias ocupacionais por meio do tipo habilidade predominante - técnica/motora ou cognitiva, conforme suas descrições e atividades. Os resultados preliminares indicam um crescimento expressivo do total de vínculos formais no setor industrial ao longo do período analisado, com variações relacionadas ao contexto político e econômico vivenciado pelo país em cada um desses períodos, a valorização gradual de famílias ocupacionais definidas como cognitivas e a predominância de famílias ocupacionais classificadas como técnicas/motoras, evidenciando uma reconfiguração progressiva da estrutura ocupacional de acordo com as habilidades e competências exigidas.

Dessa forma, o estudo conclui que as inovações tecnológicas, frente ao setor e período analisados, não geram a substituição homogênea de ocupações predominantemente técnicas/motoras, mas sim estimulam uma reconfiguração do mercado de trabalho. Além disso, o estudo contribui para a análise e debate sobre a necessidade de atualização da CBO frente ao mercado de trabalho brasileiro e suas mudanças e para a necessidade do planejamento público no que tange o desenvolvimento, adaptação e qualificação profissional necessária frente às transformações digitais.

Palavras-chave: Inovação tecnológica, Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), Indústria, Mercado de Trabalho.

ABSTRACT

This study investigates the impacts of technological innovations on the occupational structure of the Brazilian industrial sector from 2005 to 2022, considering the country's formal labor market. To support this analysis, key concepts such as technological innovation, creative destruction, Industry 4.0, artificial intelligence, and skill polarization were explored.

The methodology is based on a quantitative analysis using data from the *Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)* and the *Classificação Brasileira de Ocupações (CBO)*. Occupational families were classified according to the predominant skill type—technical/manual or cognitive—based on their official descriptions and activities. The results indicate a significant increase in the total number of formal employment ties within the industrial sector throughout the analyzed period, with fluctuations linked to the country's political and economic context. A gradual rise in cognitive occupations was observed, although technical/manual occupations remained predominant, suggesting an ongoing reconfiguration of occupational structures based on the skills required.

Therefore, the study concludes that technological innovations, within the analyzed sector and timeframe, do not lead to a homogeneous replacement of technical/manual occupations but rather to a progressive reconfiguration of the labor market. The findings contribute to discussions on the need to update the CBO in response to labor market changes and highlight the importance of public planning focused on professional development, adaptation, and qualification in the face of digital transformations.

Keywords: Technological innovation, RAIS, CBO, Industry, Labor Market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Descrição das variáveis utilizadas na extração de dados.....	24
Figura 2 - Evolução dos vínculos empregatícios por período.....	25
Figura 3 - Análise do % de crescimento dos vínculos empregatícios.....	25
Figura 4 – Evolução dos vínculos empregatícios por classificação de habilidade predominante.....	27
Figura 5 - Transformações e permanências das principais famílias ocupacionais do setor industrial por vínculo empregatício (2005–2022).....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	10
2.2 INDÚSTRIA 4.0	12
2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	13
2.4 TECNOLOGIA E MERCADO DE TRABALHO	15
2.4.1 Relação entre Inovação Tecnológica e Emprego.....	16
2.4.2 Polarização de habilidades	20
3. METODOLOGIA.....	22
3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	22
3.2 BASE DE DADOS.....	22
3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS OCUPACIONAIS POR TIPO DE HABILIDADE	23
3.4 FERRAMENTAS DE ANÁLISE	24
4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	25
4.1 EVOLUÇÃO DOS VÍNCULOS EMPREGATÍCIOS FORMAIS (2005 – 2022)	25
4.2 EVOLUÇÃO DOS VÍNCULOS EMPREGATÍCIOS POR CLASSIFICAÇÃO DE HABILIDADE (2005 – 2022).....	28
4.3 PRINCIPAIS FAMÍLIAS OCUPACIONAIS DO SETOR INDUSTRIAL (2005 – 2022)	29
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O crescente avanço tecnológico tem gerado efeitos no mercado como um todo, desde a reorganização e alteração de processos produtivos à necessidade por mão de obra. A consolidação e propagação Indústria 4.0 e da Inteligência Artificial (IA) tem gerado uma alteração estrutural frente as ocupações, impactando o mercado de trabalho no que tange à demanda por qualificações mais específicas, obsolescência de ocupações existentes e a criação de novas perante a necessidade do mercado (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; RUSSELL; NORVIG, 2010). Concomitantemente, todas essas transformações desencadeadas pela inovação tecnológica tornam o mercado cada vez mais competitivo e tendem a impactar diretamente os trabalhadores uma vez que esses, dada alteração da demanda, precisam se adaptar e se desenvolver cada vez mais frente a competências de caráter cognitivo (AUTOR, 2015; DRUCKER, 1987).

Com base em Schumpeter (1961), esse contexto de inovações e modificações no mercado pode se caracterizar como uma “destruição criativa” onde cada onda de inovação, ao alterar as competências e habilidades exigidas frente aos processos produtivos, redefine os padrões de produção e a demanda de mão de obra, eliminando algumas ocupações e criando novas. E, no contexto do Brasil, a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) é o instrumento responsável por definir e acompanhar as funções designadas por trabalhadores formais através da definição de ocupações e de suas competências e habilidades.

Sendo assim, esta pesquisa tem como intuito analisar como as Inovações Tecnológicas afetam as configurações do mercado de trabalho brasileiro frente à demanda por novas habilidades e adaptação dos trabalhadores no que tange a evolução das ocupações presentes no setor industrial classificadas pela CBO 2002. Além disso, tem-se como objetivos específicos identificar como a distribuição dos vínculos de trabalho formais evoluiu ao longo de 2005 a 2022, classificar as famílias ocupacionais presentes no setor industrial conforme o tipo de habilidade predominante frente a sua descrição e atividades, avaliar a polarização de habilidades e quais famílias ocupacionais apresentaram crescimento ou retração frente ao período analisado para buscar compreender quais os efeitos tangíveis da transformação digital sobre a estrutura ocupacional brasileira frente a indústria, setor este que é estratégico.

Ademais, este trabalho será estruturado da seguinte maneira: No Capítulo 1 apresentam-se os principais conceitos e abordagens teóricas referente ao tema deste estudo. No Capítulo 2 é explicada a metodologia para a extração e organização dos dados utilizados. No capítulo 3 é feita análise dos dados coletados e, por fim, no capítulo 4 apresentam-se as considerações finais, conclusões e sugestões para estudos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreender os efeitos das Inovações Tecnológicas frente ao mercado de trabalho industrial brasileiro faz-se necessário estudar as principais referências teóricas e conceitos relacionados à temática como a Indústria 4.0, a Inteligência Artificial e as transformações da demanda por habilidades e competências frente ao desenvolvimento de novas tecnologias. Sendo assim, este capítulo tem como objetivo apresentar a base teórica deste estudo que pauta as demais análises e conclusões posteriormente apresentadas.

2.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O termo “inovação” perpassa inúmeras dimensões e é variável de acordo com a abordagem analisada. Para Schumpeter (1982), por exemplo, a inovação é o processo de “destruição criativa” que consiste na substituição ou na melhoria de processos e tecnologias que impulsionam o desenvolvimento econômico. Freeman (1997) destaca que o processo inovativo pode acontecer de maneira incremental, através de pequenas melhorias/otimizações, ou de maneira radical, por meio de uma ruptura tecnológica que altera e recompõem padrões de mercado. Rogers (2003), por sua vez, sugere que a propagação de uma nova tecnologia ocorre em etapas até ser efetivamente implementada.

Ambas as abordagens são complementares e apresentam um panorama do conceito de inovação que, embora possa englobar diversas dimensões e conceitos, o enfoque tecnológico tende a receber uma maior visibilidade por englobar tanto o panorama da criação de novas tecnologias disruptivas quando a adoção de melhorias contínuas e processuais (TIDD; BESSANT, 2013).

Aprofundando, Joseph Schumpeter foi um economista e autor conhecido por suas diversas contribuições principalmente relacionadas a inovação e seu impacto no desenvolvimento econômico, reconhecendo-a como um motor para o capitalismo. Em uma de suas principais obras, a Teoria do desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1982), o autor traz a visão da “destruição criativa”, que consiste na implementação de inovações que rompem processos, metodologias e estruturas produtivas anteriormente existentes, permitindo a constante renovação econômica por meio de processos inovativos.

“Cada inovação bem-sucedida destrói parte do sistema anterior e cria algo inteiramente novo, redefinindo a concorrência e os rumos futuros do crescimento econômico.” (SCHUMPETER, 1982, p. 51)

Esse processo de “destruição criativa” é cíclico, ou seja, com a obsolescência ou melhoria implementada surgem novos modelos de negócios, empresas e indústrias que estimulam o crescimento econômico. E, ao explicar o surgimento e o decorrer desses ciclos econômicos, Schumpeter (1982) enfatiza a importância e responsabilidade dos empreendedores que, por gerir e conciliar os recursos humanos, financeiros e inovativos de maneira eficaz, são capazes de promover uma drástica modificação em termos de produtividade alterar toda a dinâmica econômica. Além de introduzir modificações nas cadeias produtivas e/ou nos produtos em si, esses empreendedores também redefinem os padrões de consumo e a estrutura econômica por meio da destruição criativa, impactando drasticamente o ambiente competitivo (SCHUMPETER, 1935).

De forma complementar, em sua obra *Capitalismo, socialismo e democracia* (SCHUMPETER, 1961), o autor aborda e discorre sobre a visão de que a inovação é a responsável por manter o capitalismo vivo e ser intrínseca a esse sistema econômico, diferente de outros economistas antecedentes que enxergavam a inovação como um fator exógeno. Dessa forma, a concorrência inovativa é tida como o motor para o capitalismo uma vez que, realinhando as forças de mercado e provocando transformações, estimula as empresas a investirem em recursos favoráveis para a criação e adoção de novas tecnologias.

Sendo assim, através de suas obras Schumpeter enfatiza a importância do mercado e dos empreendedores estimularem um ambiente favorável à criatividade e destaca que, apesar da inovação surgir como uma ameaça aos padrões produtivos existentes, ela possibilita e impulsiona as possibilidades de crescimento ao sair do “campo de visão” limitado desses modelos existentes.

“O desenvolvimento econômico é uma mudança espontânea e descontínua nos canais de fluxo, uma perturbação do equilíbrio que altera e desloca para sempre o estado de equilíbrio anterior.” (SCHUMPETER, 1982, p. 28)

2.2 INDÚSTRIA 4.0

A Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, surgiu na Alemanha em 2011 com o objetivo de estimular a competitividade da indústria do país, mas se expandiu globalmente e tornou-se um novo paradigma produtivo pautado na adoção de novas tecnologias e na interconexão, propondo um novo modelo de organização produtiva onde sistemas, máquinas e indivíduos se integram real time e, consecutivamente, tende-se a gerar um aumento na eficiência, flexibilidade, automatização e possibilidade de personalização do produto e/ou serviço conforme a necessidade do demandante (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Sua implementação gerou um impacto direto nos modelos de negócio e na produtividade como um todo ao transpor modelos de produção tradicionais, com cadeias pouco flexíveis e adaptáveis, para um cenário composto por novos modelos voltados à descentralização de processos, virtualização, conexão entre toda a cadeia de valor, personalização, modularidade dos processos e digitalização, impactando diretamente nos modelos de negócios (TIDD; BESSANT, 2013). Concomitantemente, esse novo formato desperta a “destruição criativa”, conforme definido por Schumpeter (1982), uma vez que estimula as empresas a se adaptarem, por meio das inovações, para não perder competitividade. Além disso, gera-se novas oportunidades que convergem com o ideal de inovação contínua.

Frente a todas essas modificações o mercado de trabalho é diretamente impactado visto que atividades que anteriormente eram comuns de serem executadas pelos trabalhadores, como a execução de tarefas repetitivas e que não exigem qualificação técnica, tendem a se tornar obsoletas com a automatização dos processos e robotização, reduzindo a necessidade deste tipo de mão de obra e aumentando a demanda por trabalhadores especializados (HA; FENG; LIU, 2019). O aumento da automatização dos processos eleva a influência de determinadas ocupações à informatização e conduz ao surgimento de novas oportunidades em áreas e com qualificações distintas (FREY, C. B.; OSBORNE, M. A., 2017).

Complementarmente, a Indústria 4.0 é caracterizada pela integração de diversas tecnologias que viabilizam toda a transformação sistêmica, como os sistemas ciber-físicos (CPS), que integram equipamentos de produção com softwares capazes de gerar análises através dos dados extraídos da cadeia produtiva (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

Além disso, outras tecnologias envolvidas são a Internet das Coisas (IoT), que conecta dispositivos à internet, contribuindo com a troca de informações e automatização dos processos em tempo real, o armazenamento de informações em nuvem que fornece a infraestrutura necessária para permitir o salvamento, agregação e processamento dos dados referente a cadeia produtiva e o Big date, que permite a coleta de um grande volume de dados e a realização de uma análise mais aprofundada, gerando condições para que essas cadeias se adaptem frente as necessidades do mercado (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial busca, factualmente, replicar no âmbito computacional comportamentos racionais atrelados à cognição humana e estudar a construção de agentes, sejam máquinas, sistemas ou softwares, com a capacidade de desenvolver um certo “nível” de percepção, aprendizado e raciocínio lógico perante o seu ambiente (RUSSELL; NORVIG, 2010). Dada dificuldade e o desafio de tentar fazer com que sistemas de computação repliquem a complexidade humana, a trajetória de estudo e desenvolvimento da IA passou por diversos períodos de euforia (booms) e de estagnação (AI winters) (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Durante as décadas de 1950 a 1970, surgiram pesquisadores como Marvin Minsky, Seymour Patert e John McCarthy que desenvolveram, conforme a capacidade da época, linguagens de programação capazes de solucionar problemas matemáticos e algumas questões de lógica, gerando otimismo frente a temática. Porém, dada a baixa capacidade computacional e a falta de bases de dados complexas, esses sistemas e linguagens eram muito limitados e não eram capazes de desenvolver análises que consideravam a multiplicidade da vida real, gerando um dos primeiros períodos de frustração frente à temática (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Em meados da década de 70 até a década de 90, dada a falta de investimento gerada pela descrença na Inteligência Artificial, a temática passou a ser tocada por grupos de pesquisas que mesmo desestimuladas vivenciaram um boom de estímulos após a descoberta de algoritmos capazes de treinar redes neurais artificiais, fazendo com que essas aprendam

padrões complexos baseado em dados (backpropagation) (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2015). Concomitantemente, a capacidade de gerar bancos de dados mais robustos e um maior poder de processamento computacional ganharam destaque e permitiram a aplicação do machine learning (aprendizado de máquinas) em situações cotidianas vivenciadas pelas empresas e indústrias, sendo positivo para os estudos e propagação (MITCHELL, 1997).

O surgimento da internet na década de 90 foi um marco que impulsionou o avanço e o investimento em IA pois, em conjunto com a popularização dos computadores, permitiu que a aplicação da Inteligência Artificial se tornasse mais aprofundada e integrada às condições existentes. Dessa forma, a viabilidade comercial tornou-se mais tangível e houve um maior investimento privado em tecnologia e estudos correlatos (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Ademais, dos anos 2000 até atualmente, 2025, vê-se um período marcado pelo entusiasmo com a Inteligência Artificial, dado o alicerce gerado por novas tecnologias e implementações como a computação em nuvem e placas gráficas que permitem um maior desempenho e estimularam as pesquisas e desenvolvimento de IA (MITCHELL, 1997), as programações de Deep Learning, capazes de lidar e processar um grande volume de dados (big data) e as Big Techs que incorporaram em seu dia a dia diversos sistemas e algoritmos de IA (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2015).

Por fim, em congruência com as demais temáticas abordadas nos tópicos anteriores, a IA atua como um instrumento estratégico e potencializador frente à Quarta Revolução Industrial uma vez que possibilita uma maior autonomia das máquinas e contribui em diversas análises e insights para a tomada de decisões pautadas em dados (HA; FENG; LIU, 2019). Complementarmente, a IA é caracterizada como uma inovação tecnológica que se enquadra como uma vertente relativa à “destruição criativa” tratada por Schumpeter (1982). Além disso, a IA é uma temática que reforça a inovação contínua e estimula a competitividade visto que, através de suas vertentes, possibilita a reestruturação e otimização de modelos de negócios, o que reafirma sua influência estratégica à Indústria 4.0 (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

2.4 TECNOLOGIA E MERCADO DE TRABALHO

De maneira geral, o mercado de trabalho pode ser definido como o conjunto de relações entre demandantes (empregadores), responsáveis pela criação da demanda por trabalho que é definida por meio de estratégias, contexto econômico e afins, e ofertantes de mão de obra (trabalhadores) intercedida por legislações trabalhistas e a remuneração (AUTOR, 2015). Com base nessas relações, a tecnologia atua em duas vertentes distintas: através das inovações criando oportunidades de emprego, mas, concomitantemente, tende-se a extinguir alguns tipos de trabalho, tornando-os obsoletos (FREY, C. B.; OSBORNE, M. A., 2017).

Outrossim, conceitualmente o termo tecnologia é amplo e variável conforme o contexto analisado. Na esfera da inovação e do desenvolvimento econômico, conforme tratado neste estudo, a tecnologia pode ser definida como um conjunto de processos, habilidades e conhecimentos utilizados para solucionar empecilhos, criar serviços e/ou produtos e otimizar a interação entre os trabalhadores, os equipamentos e o ambiente de produção aos quais estes estão inseridos, muito além de se limitar somente a maquinários ou dispositivos físicos (TIDD; BESSANT, 2013). Para esses autores existem quatro dimensões relacionadas ao conceito de tecnologia, sendo elas:

- Tecnologia de processo: criação ou aprimoramento de metodologias e processos produtivos, aumentando a produtividade do produto e/ou serviço ou a sua qualidade.
- Tecnologia de produto: criação ou aprimoramento de produtos e/ou serviços gerando melhorias significativas ou funções inéditas.
- Tecnologia organizacional: novos modelos de gestão caracterizados por lideranças inovadoras.
- Tecnologia de marketing: criação ou aprimoramento de modelos de divulgação e de canais de vendas.

“As mudanças tecnológicas vão além de avanços em máquinas ou sistemas: elas implicam uma reformulação dos processos, afetando a forma de produzir, distribuir e gerenciar recursos.” (TIDD; BESSANT, 2013, p. 9).

Seguindo uma vertente complementar, Schumpeter (1982), ao tratar sobre a destruição criativa caracteriza a tecnologia como uma oportunidade disruptiva de romper paradigmas

produtivos já estabelecidos através dessas inovações e criar mercados e oportunidades de emprego. Além disso, Drucker (1987) destaca esse papel catalisador que a tecnologia exerce frente ao mercado como um todo.

2.4.1 Relação entre Inovação Tecnológica e Emprego

Ao longo das últimas décadas, diversos autores têm analisado como as transformações tecnológicas afetam a estrutura produtiva das empresas e a competitividade. Porém, a inovação tecnológica provoca alterações muito mais profundas em diversos aspectos do mercado de trabalho, principalmente no que tange a empregabilidade, uma vez que gera, concomitantemente, novas ocupações através da remodelação da força de trabalho e a obsolescência de algumas outras (FREEMAN, 1997).

De maneira correlata, tal caráter de simultaneidade da “destruição criativa”, abordada na perspectiva de Schumpeter (1982), onde há a adequação da força de trabalho por meio do redesenho das habilidades e competências frente ao mercado, gera um ajustamento. Entretanto, é necessário que o governo atue em conjunto com as empresas investindo em políticas públicas e estímulo à qualificação para que essa transição ocorra de maneira efetiva (FREEMAN, 1997).

Além disso, no contexto da Quarta Revolução Industrial onde, conforme mencionado anteriormente, nota-se o crescente desenvolvimento da Inteligência Artificial e da automação de processos, muitos estudos comprovam que as novas tecnologias estão, cada vez mais, extinguindo a necessidade da realização de atividades majoritariamente manuais por humanos, estimulando a qualificação e o desenvolvimento de competências mais complexas por parte dos trabalhadores (AUTOR, 2015; FREY; OSBORNE, 2017).

Todo esse processo e contexto gera divergências em relação à conclusão referente ao resultado que tamanha modificação da força de trabalho gera para o mercado. Exemplificando, para Frey e Osborne (2017) a execução de atividades manuais/padronizadas por tecnologias tendem a gerar desemprego tecnológico uma vez que pressionam os salários e os taxas de emprego para ocupações de média qualificação. Já para Autor (2015), a longo prazo a produtividade advinda da inovação cria demandas e, consecutivamente, novos mercados, reformulando toda a estrutura e permitindo o

desenvolvimento e aprimoramento dos trabalhadores. Em síntese, ambos destacam a relevância da inovação para o aumento de produtividade, competitividade e adaptabilidade do mercado.

Desde a 1ª Revolução Industrial o mercado de trabalho vem sofrendo bastante influência, em termos de transformação e necessidade de adaptabilidade, das tecnologias implementadas. Com a evolução das tecnologias, conforme descrito no tópico de Indústria 4.0, houve um rearranjo da cadeia produtiva e das definições de ocupações criando constantemente, por meio desses “saltos” tecnológicos, alterações em alguns postos de trabalho e novas competências e habilidades para atender as necessidades do mercado como um todo (FREEMAN, 1997).

As opiniões sobre os impactos das revoluções tecnológicas são distintas. Muitos autores seguem o viés de que, através dessas e da obsolescência de diversas funções e atividades, gera-se um salto na taxa de desemprego. Porém, apesar dessas revoluções serem propícias para uma onda de desemprego, historicamente existem evidências de que a economia se adaptou criando segmentos capazes de absorver uma parcela significativa dessa mão de obra que executava atividades que se tornaram ultrapassadas (DRUCKER, 1987). Dessa forma, conforme destacado por Autor (2015), essas tecnologias disruptivas não somente seguiram um viés de substituição por meio da mecanização, mas também geraram oportunidades em diversas novas áreas de atuação, convergindo com a dualidade da “destruição criativa”, apresentada por Schumpeter (1961), onde há uma ruptura em processos e segmentos já consolidados no mercado e, paralelamente, novas oportunidades de mercado são criadas.

Entretanto, a adaptabilidade do mercado de trabalho como um todo (empresários e trabalhadores) varia conforme a rapidez em que esses “saltos” tecnológicos acontecem pois em períodos de maior aceleração os efeitos negativos sobre a empregabilidade são mais intensos e podem gerar um desalinhamento entre a necessidade dos demandantes (empresas) e as competências e habilidades disponíveis dos trabalhadores (TIDD; BESSANT, 2013).

Seguindo esta análise, Mokyry, Vickers e Ziebarth (2015) investigaram como a “ansiedade tecnológica”, termo usado para definir a insegurança frente a possível substituição por

completo da mão de obra humana por maquinários, se manifestou em diversos períodos das revoluções industriais. Um exemplo prático foi o movimento operário ludista que ocorreu na Inglaterra durante a 1ª Revolução Industrial onde os trabalhadores, com receio do desemprego dada a introdução de máquinas automatizáveis nas fábricas, protestaram realizando diversos atos como a quebra de máquinas, sabotagem das linhas de produção e violência como forma de demonstrar suas insatisfações frente as profundas mudanças econômicas e sociais advindas dessa substituição de certas atividades por máquinas. Entretanto, por mais que muitas ocupações tenham se tornado obsoletas dada essa transformação tecnológica muitas outras foram criadas relacionadas à operação e manutenção dessas ressaltando que há uma tendência de reconfiguração e adaptação da mão de obra frente aos empregos ao invés da exclusão (MOKYR; VICKERS; ZIEBARTH, 2015).

Porém, considerando o contexto atual da 4ª Revolução Industrial destaca-se que com as novas tecnologias, como a digitalização, IA e avanço da robótica, atividades cognitivas de média complexidade também estão sendo, aos poucos, automatizadas (FREY; OSBORNE, 2017). Dessa forma, amplia-se o risco e a preocupação acerca de um possível desemprego estrutural, conforme abordado por Autor (2015), mas, em paralelo, também abre precedente para que competências e habilidades cognitivas mais complexas e inerentes a capacidade humana como a criatividade, a inteligência emocional, o raciocínio lógico e a resolução de problemas mais profundos sejam mais estimuladas e valorizadas, competências essas que atualmente não são replicáveis por algoritmos (HA; FENG; LIU, 2019).

Dessa forma, à medida que as tecnologias propostas pela Indústria 4.0 vão sendo implementadas e melhoradas, observa-se a alteração da demanda por mão de obra e a necessidade de uma maior capacidade adaptativa frente a este cenário que tende a exigir cada vez mais competências complexas (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

O impacto das inovações tecnológicas no mercado de trabalho possui uma visão multifacetada visto que abrange as mudanças e a necessidade de adaptação tanto no âmbito econômico quanto no institucional e social. De forma genérica, as empresas que implementam novas tecnologias tendem a incorporar processos mais eficientes e, consecutivamente mais produtivos (FREEMAN, 1997). Porém esse cenário não se

restringe a indústrias, setores de transporte, logística, serviços e diversos outros são impactados pela implementação dessas novas tecnologias (AUTOR, 2015).

Nesse contexto, nota-se a substituição total ou parcial de algumas funções mais operacionais e com baixa complexidade como a inserção de robôs para a execução de linhas de montagem e a adoção de softwares de automação e gerenciamento no setor de serviços e varejo, diminuindo a necessidade da atuação humana frente a essas atividades (FREY; OSBORNE, 2017). Essas substituições indicam a tendência do mercado em diminuir a demanda por vagas de baixa qualificação e complexidade, mas, em contrapartida, tende-se a serem criadas funções relacionadas a manutenção de máquinas e ao aprimoramento das tecnologias (TIDD; BESSANT, 2013). Dessa forma, o mercado se adapta frente a necessidade de mão de obra e passa a buscar cada vez mais trabalhadores com competências e habilidades de média e alta complexidade para lidar com essas novas tecnologias e, consecutivamente, no contexto brasileiro tende-se a modificar drasticamente as formações e competências exigidas, necessitando da transformação conjunta da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) para acompanhar este cenário (ACEMOGLU; RESTREPO, 2020).

Sendo assim, por mais que algumas funções sejam substituídas é notório que há o surgimento de novas funções atreladas a competências e habilidades específicas havendo uma dualidade: há a valorização de profissionais com competências mais complexas, mas, em paralelo, profissionais que não se adequam a essa nova necessidade ficam a mercê do subemprego ou desemprego. Dessa forma, é necessário que o governo atue com a criação de políticas de transição, incentivos a P&D e qualificação para minimizar os impactos sobre essa mão de obra não qualificada e promover condições para que haja uma melhor adaptação (AUTOR, 2015).

Ademais, estudos indicam que a médio e longo prazo as inovações tendem a trazer ganhos de produtividade e impactar positivamente na economia como um todo (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Além disso, em determinados setores e negócios a implementação dessas tecnologias apontam para o crescimento do quadro de pessoal e não para a redução uma vez que gerando um aumento de produção tende-se a aumentar a demanda por mão de obra (DRUCKER, 1987).

2.4.2 Polarização de habilidades

Nota-se que, com todo avanço tecnológico destacado no decorrer das últimas décadas, há um movimento do mercado de trabalho de redirecionamento de competências que impacta tanto em habilidades cognitivas quanto em habilidades motoras, gerando um rearranjo. Conceitualmente, esse fenômeno é nomeado polarização de habilidades, onde ocupações de média qualificação tendem a ser mais impactadas, negativamente, frente à automatização, enquanto ocupações atreladas a uma maior especialização tendem a ser menos afetadas em relação a suas substituições mesmo que, em algum grau, precisem se adaptar (AUTOR; LEVY; MURNANE, 2003; FREY; OSBORNE, 2017). Aprofundando, essa polarização de habilidades acontece quando atividades repetitivas, vinculadas a competências manuais ou cognitivas muito padronizadas, são gradualmente substituídas por máquinas e/ou outras tecnologias relacionadas a IA como sistemas e softwares que, consecutivamente, leva ao enfraquecimento das competências motoras frente ao mercado de trabalho (ACEMOGLU; RESTREPO, 2020).

O impacto dessa polarização pode ser observado em diversos setores da economia. Exemplificando, em setores que há a manipulação de objetos delicados e a alta customização como na indústria de eletrônicos, estão sendo implementados cobots (robôs colaborativos) que permitem uma integração entre o humano e a realização de atividades frágeis por máquinas adaptadas e automatizadas (AUTOR, 2015). Em contrapartida, a indústria automobilística já conta com a robotização e integração sistêmica em sua linha de montagem desde o século XX, reduzindo, cada vez mais a necessidade da mão de obra humana frente a esses processos (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Diante desse contexto, a destruição criativa, conceito abordado por Schumpeter (1961), se faz relevante quando se analisa a diminuição da relevância de competências motoras e a necessidade do redesenho da alocação e função dos trabalhadores frente as novas demandas do mercado. Dessa forma, ocorre o deslocamento do valor econômico pois o mercado passa a demandar por trabalhadores com competências cognitivas mais robustas como criatividade, análise de dados e processos, automação, pensamento crítico e domínio de sistemas, reforçando o conceito de skill-biased technological change (SBTC) caracterizada pelo favorecimento de habilidades mais qualificadas em detrimento de outras mais manuais (AUTOR; LEVY; MURNANE, 2003).

Sendo assim, os trabalhadores cujas habilidades e qualificações estão atreladas a competências e atividades motoras e menos cognitivas necessitam de se adaptar frente as habilidades demandadas pelo mercado ou prosseguir ofertando sua mão de obra menos qualificada frente a atividades de menor complexidade e, consecutivamente, menor demanda e remuneração (FREY; OSBORNE, 2017). Consecutivamente, é necessário que o governo atue acompanhando essas modificações e tendências de mercado para agir por meio de políticas públicas e investimentos em educação e T&D que estimulem e permitam a reconversão profissional desses trabalhadores em conjunto com as empresas, a fim de amenizar os impactos disruptivos e impedir o agravamento da polarização, como destacado por Acemoglu e Restrepo (2020).

Ademais, autores e pesquisadores destacam que as habilidades manuais e/ou motoras não serão extintas pois algumas funções ainda exigem essas competências, mesmo que em menor escala, e algumas outras integram competências motoras e cognitivas em um mesmo escopo (HA; FENG; LIU, 2019).

Por fim, diante dos conceitos e fundamentos teóricos abordados neste capítulo, estabelece-se o embasamento necessário para a construção da metodologia dessa pesquisa que busca avaliar, de maneira empírica, quais os efeitos das inovações tecnológicas sobre as famílias ocupacionais do setor industrial brasileiro.

3. METODOLOGIA

Este estudo baseia-se na abordagem descritivo-analítica, com o objetivo de analisar como o avanço tecnológico impacta a estrutura ocupacional brasileira, do setor industrial, no que tange à demanda por diferentes tipos de habilidades.

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Inicialmente foram realizadas pesquisas referentes a Inovação Tecnológica, Indústria 4.0, Inteligência Artificial e as transformações do mercado de trabalho a fim de contextualizar e embasar o entendimento da relação entre o avanço das inovações e o mercado de trabalho brasileiro nas últimas décadas.

Posteriormente, após a compreensão dos principais conceitos abordados na revisão de literatura, realizou-se o levantamento de dados de empregabilidade extraídos da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), disponibilizada pelo Ministério do Trabalho e Previdência, para que fossem feitas as análises e criação de indicadores frente a demanda por ocupações atreladas a competências técnicas/ motoras em detrimento de ocupações relacionadas a competências cognitivas. Para isso, a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) é utilizada como parâmetro e o foco da evolução dos vínculos avaliados foram relativos ao setor industrial.

3.2 BASE DE DADOS

O embasamento empírico desta pesquisa foi desenvolvido por meio da extração de microdados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) que contempla informações referentes aos vínculos formais de emprego no Brasil de forma completa por meio de sua abrangência nacional, possibilidade de desagregação com base nas unidades federativas do país e o detalhamento das ocupações conforme a CBO.

Em relação a periodicidade da análise o critério adotado foi quinquenal, ou seja, foram extraídos dados do fechamento dos anos de 2005, 2010, 2015, 2020 e 2022 em caráter excepcional por ser o último ano com dados de fechamento disponíveis, a fim de permitir

uma análise da evolução das ocupações no setor industrial brasileiro ao longo de períodos econômicos distintos e abrangendo marcos temporais relevantes frente à temática.

Os seguintes filtros foram utilizados para a extração dos dados:

- **Setor econômico:** vínculos empregatícios do setor industrial, segundo a classificação setorial adotada pelo IBGE.
- **Abrangência geográfica:** total de vínculos a nível nacional.
- **Detalhamento ocupacional:** os dados foram extraídos com base nas famílias ocupacionais presentes na CBO 2002.
- **Indicador:** número total de vínculos empregatícios formais no Brasil por família ocupacional em cada quinquênio.

Além disso, houve a extração da base de dados de famílias ocupacionais presentes na CBO para que, posteriormente, essas fossem classificadas por tipo de habilidade (vide seção 3.3).

Após a extração das bases, os dados foram compilados e tratados através do Microsoft Excel, permitindo o cruzamento entre as bases da RAIS e a da CBO para a consolidação das informações.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS OCUPACIONAIS POR TIPO DE HABILIDADE

Para fins de análises, foi adotada a classificação das famílias ocupacionais presentes na CBO conforme o tipo de habilidade predominante exigida com base em sua descrição e especificações apresentadas no portal da CBO e, concomitantemente, embasado na literatura sobre as transformações tecnológicas e seus impactos sobre o mercado de trabalho presente no referencial teórico que aponta que as inovações tendem a alterar a demanda por habilidades técnicas/motoras por habilidades cognitivas (AUTOR, 2015; FREY & OSBORNE, 2017; ACEMOGLU & RESTREPO, 2020).

Sendo assim, as famílias ocupacionais foram classificadas em três categorias, sendo elas:

- **Habilidades Cognitivas:** relacionadas a processos mentais mais complexos, como a criatividade, raciocínio lógico/analítico, resolução de problemas e comunicação.

São associadas as mudanças geradas pelo avanço tecnológico pois referem-se a habilidades com menor potencial de automação (AUTOR, 2015).

- **Habilidades Técnicas/ Motoras:** relacionadas a atividades operacionais que requerem uma execução mais padronizada e manual, força física e menor grau de autonomia em termos de tomada de decisões e julgamento. Consecutivamente, são mais impactadas frente à automação como visto no contexto da Indústria 4.0 (FREY; OSBORNE, 2013).
- **Habilidades Mistas:** relacionadas a ocupações que exigem atividades técnicas/ motoras e algum grau de cognição. Tendem a ser funções que exigem supervisão e aplicação prática de conhecimento, criando um formato de classificação intermediário (ACEMOGLU & RESTREPO, 2020).

Contudo, para fins de análise, foi realizada uma segunda classificação com base nas descrições oficiais da CBO onde as ocupações categorizadas como mistas foram reclassificadas conforme a habilidade predominante, seja cognitiva ou técnica/motora.

3.4 FERRAMENTAS DE ANÁLISE

A análise de dados foi construída através de duas ferramentas distintas para permitir a organização dos dados extraídos e a construção de indicadores e visualizações gráficas para possibilitar a interpretação e entendimento claro dos dados expostos.

Inicialmente, após a extração dos dados da RAIS e da CBO o Microsoft Excel foi utilizado para a consolidação dos dados, manipulação e padronização, o que permitiu a criação das classificações por habilidades e gerou insumos quantitativos claros e suficientes para possibilitar a análise e interpretação dos efeitos da inovação tecnológica no mercado de trabalho brasileiro considerando o setor industrial.

Posteriormente, a fim de permitir uma análise de dados completa e visual dado volume de dados extraídos, foi utilizado o Microsoft Power BI que possibilitou o cruzamento e comparação de informações, criação de gráficos, painéis interativos e visuais.

4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Ressalta-se que os dados apresentados foram coletados através da RAIS e da CBO 2002. Tais dados foram organizados, conforme indicado na Figura 1, pelo ano de referência e agrupados por famílias ocupacionais com o objetivo central de avaliar a evolução dos vínculos empregatícios e tendências ao longo do tempo, tendo em vista o setor industrial.

Figura 1 - Descrição das variáveis utilizadas na extração de dados

Variável	Descrição	Definição / extração
Ano	Ano de referência do vínculo empregatício	Dados de 2005, 2010, 2015, 2020 e 2022
Vínculo	Total de vínculos empregatícios formais no Brasil por família ocupacional da CBO 2002	Somatório anual
Setor da Atividade	Setor econômico com base na classificação do IBGE	Setor industrial
CBO 2002 Família	Família ocupacional conforme classificação da CBO 2002	Família ocupacional
Grau de Habilidade	Classificação das famílias ocupacionais pelo tipo de habilidade predominante frente suas funções	Técnica/motora ou cognitiva

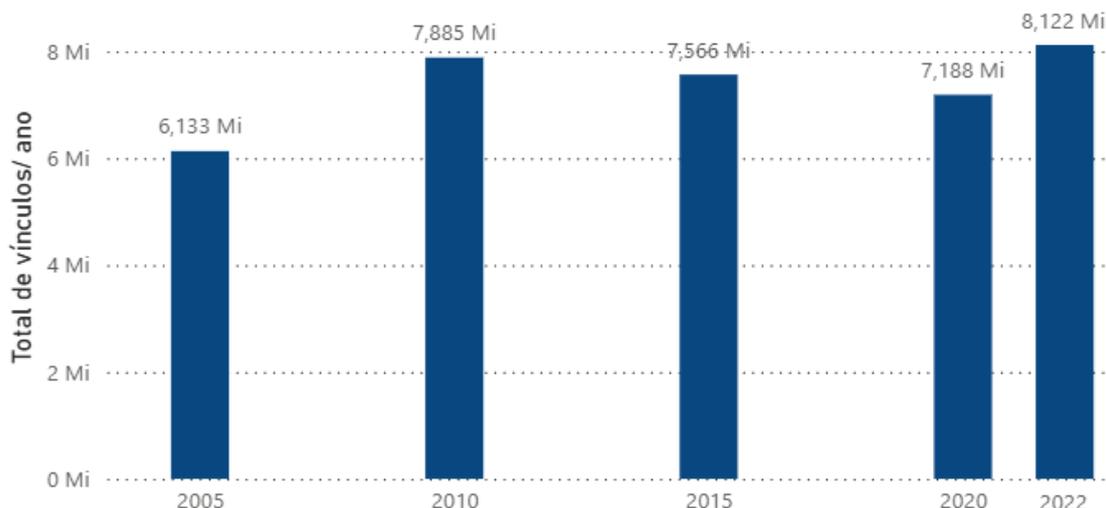
Fonte: Elaboração própria.

4.1 EVOLUÇÃO DOS VÍNCULOS EMPREGATÍCIOS FORMAIS (2005 – 2022)

De maneira introdutória, a análise da evolução dos vínculos empregatícios formais no setor brasileiro, com base nos períodos avaliados, permite avaliar as transformações no mercado de trabalho no que tange o quantitativo de ocupações.

A Figura 2 traz o total de vínculos por período e a Figura 3 – ambos indicados abaixo, de forma complementar, expõe o percentual de crescimento de cada período se comparado ao anterior e se comparado ao período inicial (2005).

Figura 2 - Evolução dos vínculos empregatícios por período



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 - Análise do % de crescimento dos vínculos empregatícios

Período	Total de Vínculos	Crescimento (%) vs. Período anterior	Crescimento (%) vs. 2005
2005	6.133.000	—	—
2010	7.885.000	28,60	28,57
2015	7.566.000	-4,00	23,37
2020	7.188.000	-5,00	17,20
2022	8.122.000	13,00	32,43

Fonte: Elaboração própria

Pode-se observar que entre 2005 e 2010 (Figura 3) houve um crescimento expressivo de 28,6% no total de vínculos empregatícios formais no setor industrial e, nesse mesmo período, o país vivenciou um ciclo de expansão econômica e industrialização através de ações como a expansão de programas sociais como o bolsa família, a valorização do emprego formal, criação de políticas públicas como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), aumento da demanda por produtos nacionais, crédito facilitado, reindustrialização com enfoque no mercado interno e outros. Tais ações estimularam a atividade produtiva do país e marcaram uma onda de investimentos em infraestrutura, o que, com base na literatura de Antunes (2011) e Pochmann (2013), propiciaram um

aumento na demanda por mão de obra qualificada no que tange o setor industrial, ou seja, trabalhadores(as) com habilidades técnicas/motoras bem desenvolvidas.

Porém, nota-se que a partir de 2015 (Figura 3) este setor que estava em expansão, apresentou uma queda de 4% no total de vínculos empregatícios formais se comparado ao fechamento de 2010. O cenário econômico e político do país apresentavam instabilidades que culminaram em uma crise econômica, sendo os principais o desequilíbrio fiscal promovido por gastos públicos elevados, a instabilidade institucional e política ocorrida por meio de tensões entre o Congresso e o poder Executivo e a operação lava jato que expos esquemas de corrupção, a inflação elevada com o IPCA ultrapassando o teto da meta, a queda na produção industrial que culminou em uma retração do setor e, consecutivamente, possuiu impacto no alto nível de desemprego. Dessa forma, o Brasil entrou em uma intensa recessão que impactou o país por um longo período.

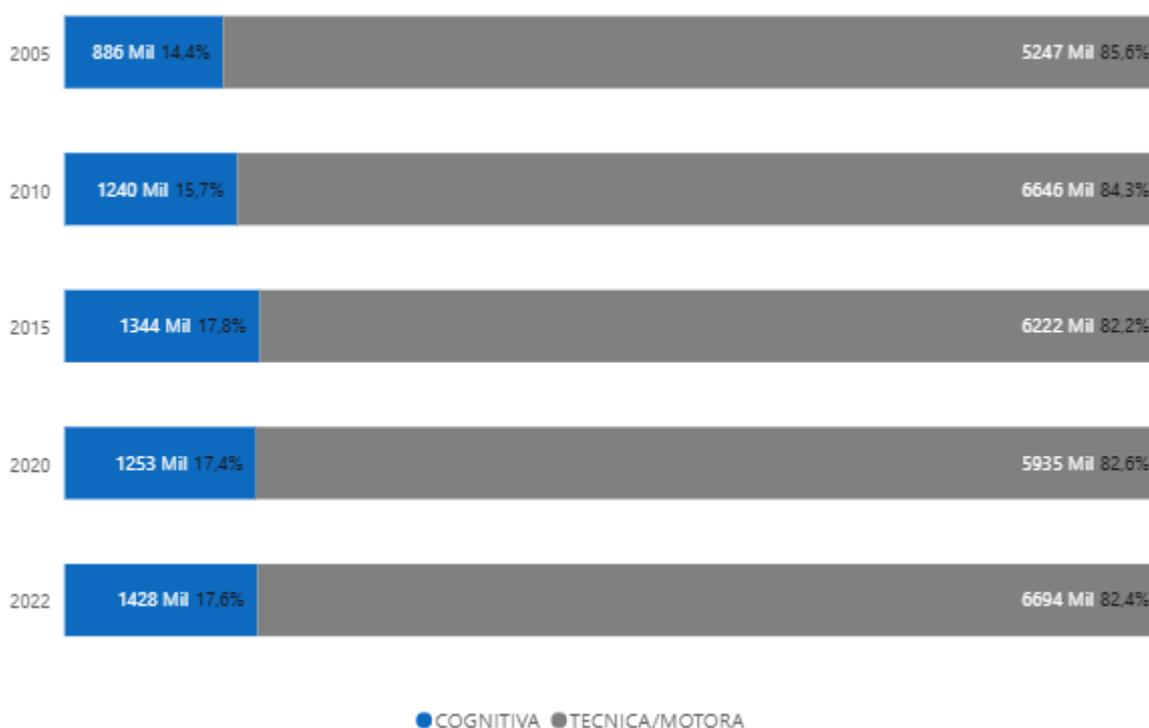
Ademais, também é possível notar (Figura 3) a queda de 5% no total de vínculos empregatícios formais se comparado ao período anterior, 2015, pois o país seguiu enfrentando uma recessão dado contexto apresentado acima e demais ocorridos como o Impeachment ocorrido em 2016 e outros mas apresentou sinais de recuperação entre 2017 e 2019 com o controle da inflação, lento crescimento econômico, adoção de reformas estruturais e outros. Porém, a pandemia da COVID-19 iniciada em 2020 propiciou um colapso temporário no país: houve a queda de 3,3% do PIB, intensa retenção do setor industrial, principalmente no que tange atividades não essenciais e, conseqüentemente, foi um período marcado pela necessidade abrupta da reconfiguração do mercado de trabalho frente à adaptação a nova realidade vivida o que levou ao aumento do trabalho informal, terceirização de serviços e ruptura de vínculos com os intitulados *lay-offs*.

Já em 2022 observa-se uma retomada significativa de 13% no total de vínculos empregatícios formais se comparado ao fechamento de 2020. Nesse período podem-se destacar a recuperação parcial do PIB que apresentou o crescimento de 4,8% em 2021, incorporação de novas tecnologias e a criação de políticas que estimularam à recuperação econômica como auxílio emergencial, a redução da taxa Selic, o programa Nacional de Apoio às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte (Pronampe) e assim sucessivamente (Figura 3).

4.2 EVOLUÇÃO DOS VÍNCULOS EMPREGATÍCIOS POR CLASSIFICAÇÃO DE HABILIDADE (2005 – 2022)

Conforme exposto na seção 3.3 da metodologia, para fins de análises foi adotada a classificação das famílias ocupacionais presentes na CBO conforme o tipo de habilidade predominante - técnicas/motoras ou cognitivas. Por meio dessa classificação foi possível avaliar a composição dos vínculos no setor industrial.

Figura 4 – Evolução dos vínculos empregatícios por classificação de habilidade predominante



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 4 traz informações de valores absolutos por classificação e o percentual sobre o total anual. Observa-se que, conforme esperado dado setor analisado, as famílias ocupacionais com habilidades técnicas/ motoras representaram grande predominância no número total de vínculos. Porém, é possível identificar uma tendência de aumento progressivo das famílias ocupacionais com habilidades cognitivas frente ao total ao analisar o aumento de 3,2% percentual frente a todos os períodos.

Por mais que a diferença absoluta tenha se mantido grande, é possível notar que de 2010 a 2015 houve um aumento expressivo, se comparado ao total do período, de 2,1% do total de vínculos relacionados a famílias ocupacionais com habilidades cognitivas predominantes o que pode se correlacionar com o processo de reindustrialização, a valorização do emprego formal e da introdução de ações relativas à Indústria 4.0 no período. De forma complementar ao raciocínio, de 2016 a 2020 podemos notar um leve decréscimo possivelmente relacionada à forte crise econômica vivida pelo Brasil, onde o alto índice de desemprego, a retração do PIB e a queda nos investimentos impactaram o mercado de trabalho formal do país, e um leve acréscimo em 2022, se comparado ao fechamento de 2020, que pode se relacionar com os indícios de recuperação econômica pós contexto da pandemia da COVID 19 e à reorganização dos setores de produção no país (Gráfico 2).

De maneira complementar, a literatura presente na elaboração desta pesquisa evidência que a Indústria 4.0 e sua implementação requerem o desenvolvimento de habilidades cognitivas desenvolvidas como o trabalho em equipe, capacidade analítica e de tomada de decisão, resolução de problemas e outros (DRUCK, 2010; GAIGER, 2020). Sendo assim, é possível notar que o setor industrial é historicamente composto, de forma majoritária, por trabalhadores(as) com domínio técnico/ operacional mas há indícios de reorganização que podem ser mais significativas ao decorrer dos próximos anos visto que o Brasil ainda está em processo de transição para a Indústria 4.0, com marcos relevantes em 2018 e 2020 em diante sendo, consecutivamente, o lançamento da agenda brasileira para a Indústria 4.0 e a aceleração dos processos de automação em algumas indústrias aceleradas pela pandemia.

4.3 PRINCIPAIS FAMÍLIAS OCUPACIONAIS DO SETOR INDUSTRIAL (2005 – 2022)

A Figura 5 apresenta as onze famílias ocupacionais com o maior volume total de vínculos empregatícios formais no setor industrial entre os períodos analisados nesta pesquisa com o intuito de, por meio de dados, demonstrar a variação percentual – crescimento ou retração – que essas famílias obtiveram.

Figura 5 - Transformações e permanências das principais famílias ocupacionais do setor industrial por vínculo empregatício (2005–2022)

Código CBO 2002 Família	Descrição CBO 2002 Família	Classificação Habilidade	Total de Vínculos 2005	Total de Vínculos 2022	Variação (%)
7842	ALIMENTADORES DE LINHAS DE PRODUÇÃO	TÉCNICA/MOTORA	487144	981599	101,4%
4110	ESCRITURÁRIOS EM GERAL, AGENTES, ASSISTENTES E AUXILIARES ADMINISTRATIVOS	COGNITIVA	286152	374299	31,0%
7632	OPERADORES DE MÁQUINAS PARA COSTURA DE PEÇAS DO VESTUÁRIO	TÉCNICA/MOTORA	251822	223389	-11,3%
8455	MARCENEIROS E AFINS	TÉCNICA/MOTORA	172409	199896	15,9%
7212	PREPARADORES E OPERADORES DE MÁQUINAS-FERRAMENTA CONVENCIONAIS	TÉCNICA/MOTORA	174351	188869	8,3%
5211	VENDEDORES E DEMONSTRADORES EM LOJAS OU MERCADOS	COGNITIVA	144042	161438	12,1%
6221	TRABALHADORES AGRÍCOLAS NA CULTURA DE GRÃOS	TÉCNICA/MOTORA	132949	93418	-30,0%
8621	OPERADORES DE MÁQUINAS DE VAPOR E UTILIDADES	TÉCNICA/MOTORA	133795	93044	-30,5%
4141	ALMOXARIFES E ARMAZENISTAS	TÉCNICA/MOTORA	100599	253300	151,6%

Figura 5 – Continuação

Código CBO 2002 Família	Descrição CBO 2002 Família	Classificação Habilidade	Total de Vínculos 2005	Total de Vínculos 2022	Variação (%)
9113	MECÂNICOS DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS INDUSTRIAIS	TÉCNICA/MOTORA	98663	114472	16,0%
9121	TÉCNICOS DE CONTROLE DA PRODUÇÃO	COGNITIVA	93387	124867	33,7%
	TOTAL		2039878	2944487	44,3%

Fonte: Elaboração própria

Evidencia-se que a família ocupacional que possui o maior número de vínculos em 2005, período inicial da análise, e em 2022, período final da análise, é a 7842 – Alimentadores de linhas de produção (Figura 5). Essa família é classificada, em nível de habilidade, como técnica/ motora e, dado seu predomínio, demonstra ser uma função extremamente relevante para o processo de produção do setor industrial visto que prevalece mesmo em períodos e contextos distintos.

Além disso, é possível notar (Figura 5) que as famílias ocupacionais 4110 - Escriturários, agentes e assistentes administrativos e 3912 – Técnicos de controle de produção, predominantemente cognitivas, estão presentes nesse ranking e obtiveram crescimentos expressivos em termos de variação percentual o que pode indicar uma ampliação da demanda do mercado de trabalho por mão de obra mais qualificada similar ao abordado por Antunes (2011) e Pochmann (2013) no que tange a modificação na demanda por ocupações relacionadas ao processo de avanço tecnológico.

Ademais, a família ocupacional que apresentou o maior crescimento foi a 4141 – Almojarifes e armazenistas com cerca de 145,6% de variação percentual entre os períodos. Esse aumento significativo pode possuir relação direta com os processos de automação, digitalização de processos, o crescimento do comércio eletrônico e cadeias produtivas que

exigem a adaptação da logística de estoque e armazenamento frente a demanda do mercado (Figura 5).

Por fim, nota-se que não há homogeneidade frente a variação percentual uma vez que existem famílias que obtiveram um crescimento elevado e outras um grande decréscimo.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo consistiu, fundamentalmente, em analisar como as inovações tecnológicas impactaram o mercado de trabalho brasileiro, considerando o recorte do setor industrial, em relação ao que tange as ocupações classificadas pela CBO 2002 entre os anos de 2005 a 2022. Especificamente, buscou-se classificar as famílias ocupacionais presentes no setor industrial conforme o tipo de habilidade predominante frente as suas atividades, identificar como a distribuição dos vínculos empregatícios formais se modificou ao longo do período de análise, avaliar a polarização de habilidades e o crescimento ou retração das famílias ocupacionais a fim de identificar os efeitos tangíveis da transformação digital frente a estrutura ocupacional brasileira.

Para isso, conforme apresentado no capítulo 3 deste estudo, foi definida e utilizada a metodologia quantitativa com base em dados secundários extraídos da RAIS considerando os vínculos empregatícios formais do setor industrial brasileiro frente as ocupações definidas pela CBO 2002. Para analisar as ocupações, definiu-se o recorte de famílias ocupacionais que foram agrupadas, posteriormente, conforme a habilidade predominante exigida – técnica/motora ou cognitiva. A análise considerou os quinquênios a partir de 2005 e, como exceção os dados de 2022 por serem os dados de fechamento mais recentes.

Através dessas definições foram realizadas as análises de dados e os resultados obtidos evidenciaram que o número total de vínculos empregatícios formais na indústria cresceu entre 2005 e 2022, com variações expressivas entre os períodos dado contexto político e econômico vivido pelo país. Algumas ocupações técnicas/motoras que antes não possuíam um total de vínculos expressivos apresentaram um forte crescimento como armazenistas e almoxarifes, destacando a reconfiguração ocupacional do setor frente as transformações decorrentes das inovações tecnológicas. De maneira relacional, essas análises dialogam com o conceito de “destruição criativa” apresentada por Schumpeter (1961), onde cada avanço inovativo gera a eliminação e a criação de novas ocupações e competências frente ao mercado de trabalho e suas demandas.

Além disso, a análise empírica reforça que o avanço e desenvolvimento de tecnologias digitais e inovações geram uma valorização de habilidades cognitivas e, frente aos dados analisados, notou-se um crescimento substancial no número total de vínculos de famílias

ocupacionais relacionadas às habilidades cognitivas, como os assistentes administrativos e técnicos de controle de produção, em contrapartida houve a retração de algumas famílias ocupacionais relacionadas às habilidades técnicas/motoras.

Entretanto, conforme evidenciado pelos dados extraídos, essa valorização e substituição de ocupações predominantemente cognitivas em detrimento das técnicas/motoras não ocorre de forma homogênea no setor industrial, especialmente no que tange as ocupações relacionadas à linha de produção e manutenção, uma vez que as habilidades técnicas/motoras prosseguem sendo essenciais para o funcionamento das cadeias produtivas principalmente levando em consideração o contexto do Brasil, um país que ainda está se desenvolvendo frente as inovações tecnológicas.

Dessa forma, observa-se que não se trata de uma substituição e sim de uma reconfiguração das competências necessárias frente ao mercado de trabalho industrial através do avanço da demanda por capacidades de aprendizagem contínua, análise integrada as atividades técnicas e outros, o que se alinha à ideia de que as inovações tecnológicas não excluem a necessidade do trabalho humano, mas transformam a natureza do trabalho.

Adicionalmente, por se tratar de uma análise empírica baseada em dados secundários, essa pesquisa possui algumas limitações. Sendo elas:

- A estruturação da CBO 2002 pode ser considerada defasada visto que foi criada e definida em um contexto que antecede os tópicos analisados neste estudo como a Indústria 4.0, a inteligência artificial e outros. Dessa forma, por mais que seja a base oficial de ocupações utilizadas no Brasil a mesma não contempla de forma integral novas ocupações e competências em ascensão.
- A RAIS não abrange trabalhadores autônomos ou informais, o que limita a análise ao mercado de trabalho formal brasileiro no que tange o setor industrial.
- As classificações por tipo de habilidade técnica/ motora, cognitiva ou mista não existem em nenhum veículo de dados brasileiro e, consecutivamente, foi construído considerando certa subjetividade e interpretação totalmente baseadas nas literaturas presentes no referencial teórico e nas descrições oficiais das famílias de ocupações da CBO 2002, adotando critérios bem definidos.

- São avaliadas as associações e tendências relacionadas ao avanço tecnológico e seus impactos no mercado de trabalho no que tange a transformação e as demandas por determinadas habilidades. Dessa forma, não há investigação de causalidade.

Dessa forma, a análise de dados deste estudo se limita as variáveis extraídas da RAIS com os filtros descritos na seção 3.2 por se tratar das informações disponíveis e mais recentes. No entanto, apesar das limitações apresentadas, este estudo apresenta contribuições relevantes ao analisar e prover evidências sobre o impacto das inovações tecnológicas sobre as configurações do mercado de trabalho formal no que tange a demanda por ocupações do setor industrial brasileiro. Além disso, ao relacionar os dados da RAIS com a estrutura da CBO 2002 e com a classificação das habilidades predominantes das famílias ocupacionais, apresenta um panorama empírico que destaca as transformações decorridas frente aos períodos deste estudo, gerando insumos que permitem o entendimento sobre a reconfiguração ocupacional advinda das inovações tecnológicas.

Ademais, os resultados obtidos reforçam e evidenciam discussões teóricas referentes a destruição criativa, polarização ocupacional, modificações no perfil de trabalho demandado pela indústria e outros conceitos abordados no referencial teórico e, concomitantemente, oferece contribuições para o planejamento de políticas públicas referentes a qualificação profissional e atualização da CBO, contribuindo para discussões acadêmicas e necessidades de adaptação da força de trabalho em relação as transformações digitais.

Como sugestão para estudos posteriores, recomenda-se ampliar a análise para outros setores econômicos, como o setor de serviços, comércio e agropecuário que possuem grande relevância no país uma vez que, ao investigar como o impacto das inovações tecnológicas impactam esses demais setores, pode gerar uma compreensão mais aprofundada sobre a reconfiguração ocupacional no Brasil. De forma complementar, tais análises intersetoriais também permitem avaliar se os demais setores apresentam dinâmicas particulares - se há alguma tendência por valorização de habilidades cognitivas em detrimento das técnicas/motoras ou vice-versa, ou se o padrão do setor industrial se repete.

Além disso, a incorporação de variáveis demográficas e socioeconômicas ao estudo como faixa etária, escolaridade e tempo de vínculo empregatício permitiria identificar tendências

e impactos além das setoriais, como quais grupos sofreram mais impactos frente as transformações tecnológicas e quais são mais adaptáveis.

Por fim, acredita-se que os objetivos deste estudo foram alcançados através do entendimento e análise, por meio de dados oficiais, de como a estrutura ocupacional formal da indústria brasileira vem se modificando a medida em que novas tecnologias são implementadas. Dessa forma, espera-se que esta pesquisa contribua para futuros debates e investigações sobre os impactos das inovações tecnológicas no mercado de trabalho brasileiro.

6. REFERÊNCIAS

- ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, v. 128, n. 6, p. 2188-2244, 2020.
- ANTUNES, R. *Riqueza e miséria do trabalho no Brasil: o ciclo reverso do trabalho*. São Paulo: Boitempo, 2011.
- AUTOR, D. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, v. 29, n. 3, p. 3-30, 2015.
- AUTOR, D.; LEVY, F.; MURNANE, R. J. The skill content of recent technological change: an empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 118, n. 4, p. 1279-1333, 2003.
- BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. *A segunda era das máquinas: trabalho, progresso e prosperidade em uma época de tecnologias brilhantes*. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014.
- DRUCKER, P. F. *Inovação e espírito empreendedor: prática e princípios*. São Paulo: Cengage Learning, 1987.
- FREEMAN, C. *The Economics of Industrial Innovation*. 3. ed. Cambridge: The MIT Press, 1997.
- FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, v. 114, p. 254-280, 2017.
- DRUCK, G. *Reestruturação e trabalho no Brasil: anos 1990 e sindicalismo*. São Paulo: Boitempo, 2010.
- GAIGER, L. I. *Tendências do trabalho e da ocupação na sociedade contemporânea*. Caxias do Sul: EDUCS, 2020.
- GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. Deep Learning. *Nature*, v. 521, n. 7553, p. 436-444, 2015.
- HA, S.; FENG, J.; LIU, C. Reinforcement learning for online industrial robot control. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 57, p. 199-208, 2019.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review. Working Paper. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2015.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (Org.). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Securing the future of German manufacturing industry. Acatech, 2013.
- MITCHELL, T. *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill, 1997.
- MOKYR, J.; VICKERS, C.; ZIEBARTH, N. L. The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different? *Journal of Economic Perspectives*, v. 29, n. 3, p. 31-50, 2015.

POCHMANN, M. *A nova classe média: o trabalho na base da pirâmide social brasileira*. São Paulo: Boitempo, 2013.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

ROGERS, E. M. *Diffusion of Innovations*. 5. ed. New York: Free Press, 2003.

SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. São Paulo: Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, J. A. The analysis of economic change. *The Review of Economic Statistics*, v. 17, n. 4, p. 2-10, 1935.

TIDD, J.; BESSANT, J. Innovation and entrepreneurship. *International Journal of Innovation Management*, v. 17, n. 4, p. 1-16, 2013.