

**ETARISMO DIGITAL NA INDÚSTRIA E OS DESAFIOS PARA O
SUCESSO DE TREINAMENTOS PARA FUNCIONÁRIOS SENIORES**
*DIGITAL AGEISM IN THE INDUSTRY AND CHALLENGES FOR THE
TRAINING SUCCESS FOR THE OLDER EMPLOYEES*

MARCOS ROBERTO FLORIANO DE MELO

Mestrando em Engenharia de Produção. Universidade Federal do ABC (UFABC) – Brasil.
marcos.melo@ufabc.edu.br.

SILVIA NOVAES ZILBER TURRI

Pós Doutorado. Universidade de São Paulo (USP) – Brasil.
silvia.zilber@ufabc.edu.br.

RESUMO

A transição para a Indústria 4.0 e a consolidação dos preceitos humano-cêntricos da Indústria 5.0 posicionam a Inteligência Artificial (IA) e a automação avançada no centro das estratégias de manufatura. Nesse cenário de transformação digital, a rápida integração de novas tecnologias no ambiente industrial impõe um desafio estratégico para a engenharia de produção: a mitigação do etarismo digital e a efetiva capacitação de colaboradores com cinquenta anos ou mais. Trabalhadores seniores detêm um vasto capital intelectual e experiência prática fundamentais para a resolução de problemas complexos no chão de fábrica e nas operações de engenharia de produção industrial. Contudo, a adaptação a algoritmos e sistemas cibernéticos pode esbarrar em barreiras didáticas e estruturais. A ausência de uma transição tecnológica inclusiva resulta em percepções de insegurança no emprego e no risco de perda dessa força de trabalho altamente qualificada. Em contrapartida, quando apoiados por treinamentos corporativos estruturados e métodos de aprendizagem adequados, esses profissionais apresentam um potencial substancial para impulsionar a inovação produtiva. Diante disso, este artigo conduz uma revisão sistemática da literatura, fundamentada nas diretrizes do protocolo PRISMA 2020, com o objetivo de identificar e analisar as metodologias mais eficazes para o treinamento em IA e tecnologias digitais voltadas para trabalhadores seniores no segmento industrial.

PALAVRAS-CHAVE: COMPETÊNCIAS DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO, CAPACITAÇÃO DIGITAL INDUSTRIAL, INDÚSTRIA 5.0, MÉTODOS DE APRENDIZAGEM, ETARISMO DIGITAL.

SBGC – Sociedade Brasileira de Gestão do Conhecimento – sbgc.org.br

KM Brasil 2026 - 21º Congresso Brasileiro de Gestão do Conhecimento – kmbrasil.org

ABSTRACT

The transition to Industry 4.0 and the consolidation of the human-centric principles of Industry 5.0 place Artificial Intelligence (AI) and advanced automation at the core of manufacturing strategies. In this landscape of digital transformation, the rapid integration of new technologies into the industrial environment presents a strategic challenge for production engineering: mitigating the digital ageism and effectively upskilling employees aged fifty and older. Senior workers possess vast intellectual capital and practical experience that are fundamental to solving complex problems on the shop floor and in industrial production engineering operations. However, adapting to algorithms and cyber-physical systems can encounter educational and structural barriers. The lack of an inclusive technological transition leads to perceptions of job insecurity and the risk of losing this highly skilled workforce. By the other hand, when supported by structured corporate training and appropriate learning methods, these professionals demonstrate substantial potential to drive production innovation. Given this context, this article conducts a systematic literature review based on the PRISMA 2020 protocol guidelines aiming to identify and analyze the most effective training methodologies regarding AI and digital technologies for senior workers in the industrial segment.

KEYWORDS: *PRODUCTION ENGINEER COMPETENCIES, INDUSTRIAL DIGITAL SKILLS, INDUSTRY 5.0, LEARNING METHODS, DIGITAL AGEISM.*

1. INTRODUÇÃO

A transição para a Indústria 4.0 e a emergência dos preceitos da Indústria 5.0 posicionam a Inteligência Artificial (IA) e a automação avançada no centro das estratégias de manufatura e sustentabilidade industrial. Nesse cenário de transformação digital, o foco evolui da mera eficiência das máquinas para a sinergia colaborativa entre o ser humano e os sistemas cibernéticos. Contudo, a rápida digitalização do chão de fábrica e das operações de engenharia traz à tona um desafio sistêmico para a gestão da produção: o etarismo digital. Este fenômeno compreende práticas e ideologias que excluem, discriminam ou negligenciam os interesses, as experiências e as necessidades da população idosa frente às tecnologias emergentes (Stypinska *et al.*, 2023). Na manufatura moderna, os algoritmos baseados em reconhecimento de padrões e IA não substituem apenas o trabalho braçal, mecânico e rotineiro (Cupertino, 2023). Eles

reconfiguram operações de controle de qualidade, planejamento logístico e design de produtos, demandando uma gama cada vez mais ampla de habilidades cognitivas de ordem superior. Nesse contexto, o questionamento central do debate contemporâneo ganha contornos críticos no ambiente industrial: "até que ponto o trabalho humano será complementado ou substituído pela informatização?" (Alcover *et al.*, 2021). Os sistemas de IA, se não implementados sob uma gestão de mudança inclusiva, podem reforçar preconceitos, partindo do estereótipo de que trabalhadores com mais de 50 anos são tecnologicamente incompetentes ou inflexíveis para operar novos maquinários e softwares (Chu *et al.*, 2022). A urgência de investigar o etarismo digital na engenharia de produção decorre da intersecção entre a aceleração da adoção de IA e a realidade demográfica que redefine a força de trabalho global. Com a estimativa da Organização Mundial da Saúde (OMS) de que a população com 60 anos ou mais atingirá 1,4 bilhão até o final de 2030 (Stypinska *et al.*, 2023), o setor industrial absorverá e reterá cada vez mais profissionais seniores. Para as organizações, isso representa um dilema estratégico: como garantir a produtividade e a inovação tecnológica sem descartar o vasto capital intelectual, a resiliência e a experiência prática que esses trabalhadores acumularam ao longo de décadas?

Embora dados de diferentes países indiquem uma alta vulnerabilidade dos trabalhadores mais velhos à insegurança no emprego e gerando angústia quanto à obsolescência de suas habilidades (Stypinska *et al.*, 2023; Alcover *et al.*, 2021), pesquisas demonstram que profissionais seniores apresentam flexibilidade e treinabilidade equivalentes aos de seus colegas mais jovens na execução de tarefas informatizadas (Alcover *et al.*, 2021). Apesar disso, os resultados de treinamentos tradicionais nem sempre aumentam a produtividade desses funcionários na mesma proporção, sugerindo que os modelos de capacitação corporativa convencionais na indústria podem ser ineficientes para este grupo específico (Zwick *et al.*, 2015). A ausência de correlação direta entre idade, produtividade e custos de mão de obra apresenta um cenário complexo para a gestão de recursos humanos (Casas *et al.*, 2024). Levantam-se, portanto, questionamentos importantes: os desafios enfrentados são inerentes à estrutura didática dos programas, que carecem de adaptação às necessidades da força de trabalho envelhecida, ou refletem práticas que não possuem embasamento científico para garantir a transferência eficaz do aprendizado tecnológico? Para que os programas de capacitação digital no ambiente de manufatura sejam eficazes, é estritamente necessário que engenheiros de produção e gestores tenham acesso a evidências baseadas em dados sobre a efetividade de diversos métodos de treinamento (Beinicke *et al.*, 2019). Diante do exposto, o

presente artigo tem como objetivo identificar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, os métodos de treinamento mais eficazes para trabalhadores seniores, apontar as lacunas nas pesquisas atuais e sugerir diretrizes futuras aplicáveis ao contexto da Indústria 5.0.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A transição tecnológica vivenciada pelas organizações contemporâneas impõe uma reavaliação crítica das dinâmicas laborais, em especial no que tange ao envelhecimento da força de trabalho e à introdução de tecnologias avançadas de automação. Para fundamentar a presente revisão sistemática, este capítulo aborda três eixos conceituais centrais: a evolução da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0 sob uma perspectiva humano-cêntrica, o fenômeno do etarismo digital na engenharia de produção e os modelos e ferramentas de aprendizagem e capacitação contínua para colaboradores seniores no ambiente industrial.

2.1 A PERSPECTIVA HUMANO-CÊNTRICA NA MANUFATURA INDUSTRIAL

A Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) consolidou a digitalização do chão de fábrica por meio de tecnologias de informação e comunicação (TICs), automação avançada e sistemas cibernéticos. Contudo, a evolução recente do pensamento industrial, materializada no conceito de Indústria 5.0, desloca o foco estritamente centrado na eficiência mecanicista das máquinas para uma abordagem que prioriza a sustentabilidade, a resiliência e, sobretudo, uma perspectiva humano-cêntrica (González-Pérez; Ramírez-Montoya, 2022).

Nesse novo cenário, a Inteligência Artificial (IA) e a robótica avançada são redesenhadas não para substituir o elemento humano, mas para atuar em sinergia colaborativa com ele, complementando capacidades analíticas e operacionais (Alcover *et al.*, 2021). No contexto da engenharia de produção moderna, a informatização transcende a substituição do trabalho braçal e rotineiro, passando a reconfigurar processos complexos de planejamento logístico, controle de qualidade e design de produtos (Cupertino, 2023). No entanto, a incorporação acelerada de tecnologias categorizadas na literatura como STARA (*Smart Technology, Artificial Intelligence, Robotics, and Algorithms*) impõe desafios organizacionais significativos, despertando debates críticos sobre a vulnerabilidade ocupacional e os limites de até que ponto o trabalho humano será substituído ou complementado por algoritmos cognitivos (Alcover *et al.*, 2021).

2.2 ETARISMO DIGITAL, VIÉZES E VULNERABILIDADE OCUPACIONAL

O crescimento da presença de sistemas de IA nas organizações ocorre paralelamente a uma alteração demográfica global sem precedentes. Com estimativas de que a população com 60 anos ou mais atingirá a marca de 1,4 bilhão de pessoas até 2030, a retenção e o engajamento de trabalhadores seniores tornou-se um desafio imperativo para o setor industrial (Stypinska *et al.*, 2023). Apesar da centralidade dessa força de trabalho, a interação entre o envelhecimento demográfico e a adoção de tecnologias emergentes dá origem ao chamado "etarismo digital" — fenômeno sociotécnico compreendido por ideologias e práticas organizacionais que excluem, discriminam ou negligenciam os interesses, habilidades e necessidades dos profissionais idosos perante o ambiente digital (Stypinska *et al.*, 2023).

O etarismo digital no segmento de manufatura manifesta-se de forma multidimensional. Em nível psicológico e comportamental, os trabalhadores seniores enfrentam uma dupla ameaça: o preconceito social associado à idade e o risco de substituição pela automação, o que frequentemente acentua a percepção de insegurança no emprego, o sofrimento psicológico e o medo da obsolescência tecnológica (Alcover *et al.*, 2021). Esse descompasso entre as exigências de fluência digital e as competências percebidas (*skills mismatch*) atua como um catalisador para a decisão pela aposentadoria precoce, prejudicando a estabilidade e a retenção do capital intelectual nas empresas (Casas *et al.*, 2024).

Além das barreiras culturais, o etarismo é perpetuado de forma estrutural pelo viés algorítmico. Softwares de Inteligência Artificial e Sistemas de Tomada de Decisão Automatizada (ADM) aplicados à gestão de recursos humanos e ao recrutamento podem filtrar e discriminar ativamente profissionais com mais de 50 anos, restringindo seu acesso a oportunidades de requalificação (Stypinska, 2022). Tal distorção provém frequentemente de falhas no *design* das ferramentas ("dados para o algoritmo"), uma vez que as bases de dados utilizadas para treinar sistemas cibernéticos e de reconhecimento visual sub-representam a população madura ou a rotulam sob estereótipos que associam a velhice a características negativas, como inflexibilidade cognitiva e teimosia (Chu *et al.*, 2022; Chu *et al.*, 2023). A superação dessas barreiras exige um esforço deliberado para o desenvolvimento de sistemas concebidos sob diretrizes inclusivas (*age-inclusive*), mitigando a exclusão no *design* de interfaces industriais (Stypinska, 2022).

2.3 MÉTODOS DE APRENDIZAGEM PARA TRABALHADORES SENIORES

Contrariando estereótipos que subestimam o potencial de renovação técnica de trabalhadores maduros, evidências empíricas demonstram que profissionais seniores apresentam níveis de flexibilidade, capacidade de adaptação e treinabilidade equivalentes aos de seus colegas mais jovens quando submetidos a programas educacionais adequadamente estruturados (Alcover *et al.*, 2021; Casas *et al.*, 2024). Contudo, os modelos tradicionais de treinamento corporativo na indústria, baseados primariamente em palestras expositivas unidirecionais e padronizadas, revelam-se ineficientes por não considerarem as especificidades e o ritmo de aprendizagem (*self-paced learning*) de funcionários mais velhos (Armstrong-Stassen; Templer, 2005; Zwick, 2015).

A eficácia do treinamento na Indústria 4.0 e 5.0 requer uma abordagem baseada em sistemas sociotécnicos, harmonizando o ambiente físico, o design ergonômico das interfaces corporativas e a dinâmica de aprendizagem (Ranasinghe *et al.*, 2024). Do ponto de vista cognitivo, eventual declínio nas capacidades fluidas — como a velocidade de processamento de novas informações — é amplamente compensado pela inteligência cristalizada, traduzida pelo vasto repertório técnico, resiliência e experiência tácita acumulada pelos seniores no chão de fábrica (Ranasinghe *et al.*, 2024). Nesse contexto, metodologias como o *microlearning* (ensino em módulos curtos e fragmentados) e o aprendizado interativo e prático (*hands-on*), intercalado com pausas estratégicas, mostram-se superiores na consolidação da memória e na redução da ansiedade tecnológica (Armstrong-Stassen; Templer, 2005; González-Pérez; Ramírez-Montoya, 2022; Ranasinghe *et al.*, 2024).

A utilização das próprias ferramentas da Indústria 4.0 também se destaca como alternativa pedagógica de alta eficiência. Ambientes virtuais e imersivos, como os proporcionados por Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR), configuram cenários de simulação seguros, ergonômicos e livres de ruídos ambientais estressores, oferecendo feedback em tempo real e favorecendo a assimilação de novas rotinas psicomotoras sem o receio do erro (Ranasinghe *et al.*, 2024). Adicionalmente, a consolidação de políticas institucionais de aprendizagem ao longo da vida (*lifelong learning*) e de iniciativas colaborativas — tais como redes de memória conectadas (*connected memory networks*) e programas de mentoria reversa e intergeracional — provou ser fundamental: os trabalhadores mais velhos transferem seu histórico em resolução de problemas operacionais aos novatos, enquanto a geração mais jovem auxilia na fluência e na navegação cibernética dos seniores,

reduzindo preconceitos mútuos e elevando a produtividade industrial (Kyndt *et al.*, 2013; Stojanova *et al.*, 2019; Ranasinghe *et al.*, 2024).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa consiste em uma revisão sistemática da literatura de natureza qualitativa e descritiva. Para garantir o rigor científico, a reprodutibilidade e a transparência metodológica, o estudo foi desenhado e conduzido em conformidade com as diretrizes do protocolo PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). A execução metodológica foi dividida nas etapas descritas a seguir.

3.1 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram definidos parâmetros estritos para a seleção dos estudos. Como critérios de inclusão, admitiram-se: (a) artigos originais e revisões de literatura publicados em periódicos; (b) estudos que abordassem métodos de aprendizagem, capacitação ou vulnerabilidade ocupacional frente às tecnologias digitais (como a Inteligência Artificial e a Indústria 5.0); e (c) pesquisas cujo foco de análise fosse a força de trabalho sênior. O recorte temporal estabelecido foi de 2005 a 2025, justificado por abranger a consolidação teórica do conceito de "Indústria 5.0" e o consequente avanço das discussões sobre a transformação digital na literatura acadêmica. Como critérios de exclusão, definiram-se: (a) publicações com baixo número de citações, visando resguardar o impacto e a relevância da amostra; (b) estudos que não detalhassem métodos de capacitação aplicáveis a funcionários mais velhos; e (c) pesquisas cujos resultados se distanciassem da aplicação prática e do ambiente industrial.

3.2 FONTES DE INFORMAÇÃO E ESTRATÉGIA DE BUSCA

As buscas foram conduzidas no segundo semestre de 2025 utilizando duas das principais bases de dados multidisciplinares e de engenharia: *Scopus* e *ScienceDirect*. A estratégia de busca foi estruturada inicialmente a partir dos termos "Indústria 5.0", "Inteligência Artificial", "Etarismo Digital" e "Força de Trabalho da Geração". Para assegurar a aderência ao escopo de capacitação, foram adicionados os descritores "Métodos de Aprendizagem", "Capacitação Digital", "Vulnerabilidade Ocupacional" e "Eficiência da Formação". A equação de busca utilizou o operador booleano "AND" para cruzar os eixos tecnológicos com os demográficos

(idade/capacitação), restringindo-se aos campos de título, resumo e palavras-chave, resultando em uma recuperação inicial de 85 estudos após a leitura dos resumos, mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Estrutura da estratégia de busca e operadores booleanos

Eixos Temáticos	Descritores / Palavras-chave	Operadores Lógicos
Eixo 1: Tecnológico e Demográfico	“Indústria 5.0”	<i>AND</i> (Cruzamento entre os eixos)
	<i>OR</i> “Inteligência Artificial”	
	<i>OR</i> “Etarismo Digital”	
	<i>OR</i> “Força de Trabalho da Geração Z”	
Eixo 2: Capacitação e Impacto	“Métodos de Aprendizagem”	<i>AND</i> (Cruzamento entre os eixos)
	<i>OR</i> “Capacitação Digital”	
	<i>OR</i> “Vulnerabilidade Ocupacional”	
	<i>OR</i> “Eficiência da Formação”	

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Nota: Os dados foram coletados durante o 2º semestre de 2025

3.3 PROCESSO DE SELEÇÃO DE ESTUDOS

A seleção e o refinamento da amostra ocorreram em múltiplas fases, conforme o fluxo delineado no fluxograma PRISMA. Inicialmente, a partir dos 85 estudos identificados, 32 artigos foram removidos por serem considerados não relevantes ou estarem duplicados. Com a remoção, restaram 53 registros, os quais passaram por uma nova triagem rigorosa; nesta etapa, mais 18 registros foram excluídos após a leitura aprofundada dos títulos e resumos. Os 35 artigos considerados elegíveis avançaram para a etapa de leitura na íntegra, resultando na exclusão de 6 documentos que não sustentavam o foco da pesquisa. Dessa forma, 29 estudos

foram incluídos na etapa preliminar de síntese qualitativa. Finalmente, após uma avaliação criteriosa para garantir que as publicações atendessem plenamente a todos os critérios de inclusão pré-estabelecidos, 15 estudos adicionais foram descartados por estarem fora do escopo, resultando em uma amostra final de 14 estudos altamente relevantes e incluídos na síntese final. Todo o fluxo de identificação, triagem e inclusão está detalhado na Figura 1.

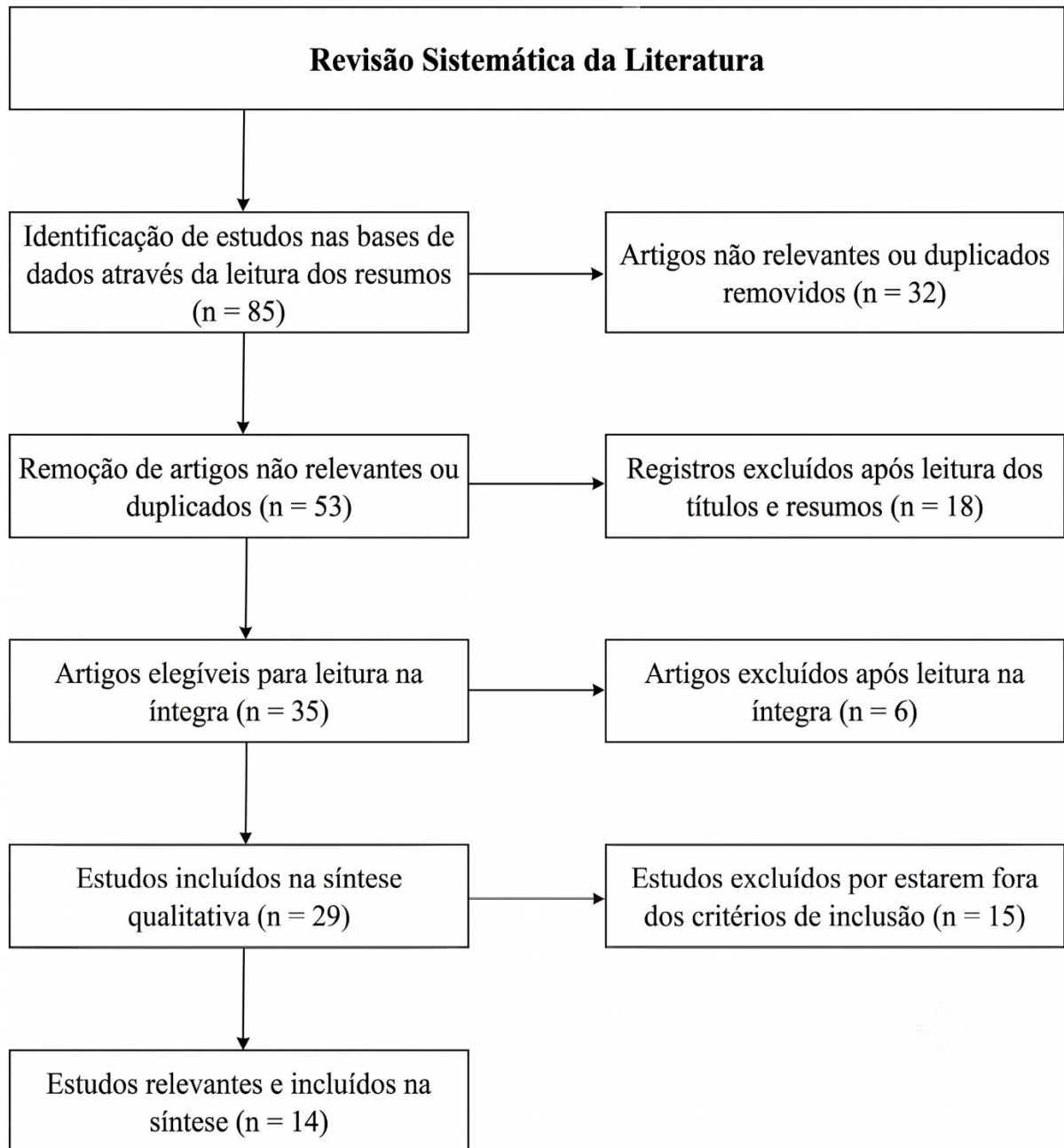
3.4 AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE RISCO E VIÉS

Antes da extração dos dados, os 14 artigos da amostra final passaram por uma avaliação de qualidade metodológica e risco de viés. Essa análise crítica considerou três eixos: a transparência no desenho da pesquisa, a adequação da amostra ao escopo dos trabalhadores seniores e a robustez empírica dos resultados apresentados. Estudos que exibiram fragilidades na descrição do contexto industrial ou cujas conclusões não estavam solidamente amparadas por dados empíricos foram ponderados. A aplicação deste filtro qualitativo mitigou distorções teóricas e assegurou a confiabilidade das evidências sintetizadas.

3.5- EXTRAÇÃO E SÍNTESE DE DADOS

Para os 14 artigos selecionados na etapa final de triagem para leitura na íntegra, estabeleceu-se um protocolo padronizado de extração qualitativa de dados, focado em decodificar as dimensões sociotécnicas envolvidas na capacitação contínua dentro do ambiente industrial. Em vez de apenas catalogar os resultados das publicações, o processo analítico buscou categorizar as informações em dois vetores principais, os quais compõem a matriz de síntese apresentada na Tabela 1: de um lado, o diagnóstico crítico dos obstáculos laborais e tecnológicos enfrentados pela força de trabalho sênior (Desafios Identificados); de outro, o mapeamento de estratégias didáticas, ergonômicas e organizacionais propostas pela literatura para superar tais barreiras (Percepções e Soluções). Os dados foram extraídos focando em identificar: os desafios enfrentados pela força de trabalho sênior na indústria, as barreiras de aprendizado tecnológico e as metodologias de treinamento mais eficientes descritas pelos autores. A síntese dos resultados foi realizada de forma narrativa e qualitativa, contrastando e harmonizando as percepções teóricas para compor a análise crítica apresentada na seção subsequente.

Figura 1: Método PRISMA



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Nota: Os dados foram coletados durante o 2º semestre de 2025

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESAFIOS E PERCEPÇÕES SOBRE TREINAMENTOS

A interação entre o envelhecimento demográfico e a inserção de tecnologias STARA (*Smart Technology, Artificial Intelligence, Robotics, and Algorithms*) no ambiente industrial

gera um fenômeno classificado na literatura como vulnerabilidade ocupacional tecnológica (Alcover *et al.*, 2021). Trabalhadores seniores enfrentam uma dupla ameaça: o preconceito inerente à idade e o risco de substituição de suas funções por processos automatizados (Alcover *et al.*, 2021). A percepção de insegurança no emprego é acentuada pela dificuldade de adaptação a novos requisitos cognitivos, o que pode resultar em sofrimento psicológico, risco de depressão clínica e na antecipação do declínio de suas habilidades (Alcover *et al.*, 2021). Como consequência, o descompasso de competências (*skills mismatch*) atua como um catalisador para a aposentadoria precoce, impactando de forma mais severa os trabalhadores com níveis educacionais mais baixos (Casas *et al.*, 2024).

O etarismo digital agrava esse cenário ao se manifestar de forma sistêmica na infraestrutura tecnológica e corporativa. Sistemas de Inteligência Artificial, incluindo algoritmos de recrutamento e avaliação de desempenho, frequentemente operam com base em Sistemas de Tomada de Decisão Automatizada (ADM) que podem discriminar ativamente profissionais mais velhos no acesso a vagas e oportunidades de requalificação (Stypinska, 2022). Essa discriminação tem origem na fase de desenvolvimento dos algoritmos ("dados para o algoritmo"), onde bases de dados de treinamento em visão computacional e reconhecimento facial representam as faixas etárias mais avançadas ou as agrupam em categorias genéricas (como os trabalhadores "50+"), gerando um viés de representação e de avaliação que reduz a precisão da IA para esse público (Chu *et al.*, 2023). Ademais, análises de sentimento aplicadas a grandes volumes de texto na internet demonstram que algoritmos associam palavras ligadas à velhice a características negativas, como teimosia e declínio, retroalimentando preconceitos que excluem os idosos dos processos de *design* de novos ambientes de trabalho (Chu *et al.*, 2022; Stypinska, 2022).

Por parte da gestão corporativa, observa-se que as organizações tendem a utilizar políticas de saída, como a aposentadoria antecipada, de forma mais intensiva do que medidas de desenvolvimento e treinamento contínuo para funcionários seniores (Alcover *et al.*, 2021). A Tabela 1 sintetiza as principais barreiras enfrentadas e as percepções necessárias para reverter a exclusão digital, indicando que a experiência prévia dos trabalhadores atua como um fator de compensação para as limitações cognitivas relacionadas à idade, desde que o ambiente de treinamento seja adequadamente estruturado.

Tabela 1 - Desafios e Percepções sobre os Treinamentos para Trabalhadores Seniores

Autor(es)	Desafios Identificados	Percepções e Soluções
	• Barreiras logísticas e de formato no acesso a programas de treinamento contínuo.	• Seniores aprendem e se adaptam tanto quanto os jovens quando recebem suporte adequado.
Casas <i>et al.</i> (2024)	• O medo da obsolescência tecnológica, que frequentemente impulsiona a decisão de aposentadoria precoce.	• A requalificação (<i>reskilling</i>) retarda a evasão da força de trabalho, retendo a memória institucional.
	• Resistência ao aprendizado alimentada pelo estereótipo de "idade avançada". • Falta de familiaridade prévia com tecnologias digitais e novas ferramentas cibernéticas.	• A experiência acumulada é um ativo estratégico para a estabilidade organizacional. • A experiência tácita deve ser ativamente integrada aos treinamentos para facilitar a aceitação.
Chu <i>et al.</i> (2023)	• Exclusão no design: sistemas de IA frequentemente concebidos sem considerar a usabilidade para adultos mais velhos. • Incompatibilidade entre métodos tradicionais de ensino corporativo e as novas competências exigidas pela Indústria 4.0.	• O envolvimento de funcionários seniores no <i>co-design</i> e na implementação de novas ferramentas aumenta drasticamente a taxa de aceitação. • Abordagens como o <i>microlearning</i> (microaprendizagem) e módulos flexíveis são altamente eficazes.
González-Pérez <i>et al.</i> (2022)	• Falta de personalização didática, resultando em baixa transferência de conhecimento. • Ameaça de estereótipos negativos no ambiente de manufatura, subestimando a capacidade de inovação dos seniores.	• Treinamentos adaptados aos estilos de aprendizagem individuais aumentam o engajamento e a fluência digital. • Há uma crescente valorização institucional dos trabalhadores seniores devido à sua estabilidade e capacidade de resolução de de
Ranasinghe <i>et al.</i> (2024)	• Barreiras ergonômicas (físicas e cognitivas) não consideradas nas interfaces digitais do chão de fábrica. • Dificuldade em acompanhar o ritmo acelerado e a complexidade da automação nas linhas de produção.	• Ajustes na interface de sistemas industriais e suporte contínuo garantem alta produtividade tecnológica dessa faixa etária. • Muitos trabalhadores reconhecem a necessidade vital de se atualizar para manter a empregabilidade.
Stojanova <i>et al.</i> (2019)	• Ausência de políticas estruturadas de "<i>lifelong learning</i>" (aprendizagem ao longo da vida) nas empresas e governos.	• A participação efetiva em treinamentos reduz o desemprego estrutural e eleva a autoconfiança.
	• Falta de recursos direcionados para a requalificação contínua. • Desconfiança quanto à relevância prática das tecnologias emergentes no dia a dia operacional.	• Quando superam as barreiras iniciais com treinamento inclusivo, os seniores tornam-se multiplicadores de conhecimento.
Stypinska <i>et al.</i> (2022)	• Viés algorítmico: <i>softwares</i> de RH baseados em IA podem discriminar ou filtrar profissionais mais velhos no acesso a novos	• A criação de diretrizes anti-idade (<i>age-inclusive</i>) para a implementação de IA garante equidade e engajamento no ambiente

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Nota: Os dados foram coletados durante o 2º semestre de 2025

4.2 FATORES RELEVANTES PARA A EFICÁCIA DOS TREINAMENTOS

A eficácia dos programas de capacitação demanda a adoção de uma abordagem de sistema sociotécnico, que promova a otimização conjunta das dimensões sociais (indivíduos, cultura organizacional, redes de aprendizagem) e técnicas (tecnologias de aprendizado, *design* do ambiente de trabalho, interação humano-máquina) (Ranasinghe *et al.*, 2024). A literatura estabelece que o declínio de capacidades cognitivas fluidas (como a velocidade de processamento de informações) é compensado pela inteligência cristalizada e pela vasta experiência acumulada pelo trabalhador sênior (Ranasinghe *et al.*, 2024). Para que essa compensação ocorra no processo de aprendizagem, é necessário minimizar fatores ambientais estressores. Ambientes de manufatura com altos níveis de distrações visuais e auditivas exigem

que trabalhadores mais velhos realizem quase o dobro de repetições para assimilar novas tarefas psicomotoras em comparação aos mais jovens (Ranasinghe *et al.*, 2024).

O uso de tecnologias baseadas na Indústria 4.0 apresenta-se como uma solução didática de alta eficiência. Ambientes imersivos, como Realidade Virtual (*Virtual Reality*) e Realidade Aumentada (AR), fornecem configurações de treinamento seguras e controladas, permitindo a personalização do ritmo de aprendizagem com instruções explícitas e feedback em tempo real (Ranasinghe *et al.*, 2024). Ferramentas digitais com interfaces ergonômicas ajudam a reduzir a ansiedade associada à tecnologia, desde que o aprendizado seja intercalado e de natureza prática (*hands-on*), com pausas adequadas para a consolidação da memória (Armstrong-Stassen; Templer, 2005; Ranasinghe *et al.*, 2024).

Contrariando a premissa de que o avanço tecnológico prejudica os profissionais mais velhos, evidências macroeconômicas indicam que a implementação de robôs e a densidade de capital não-TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) nos setores produtivos podem, na verdade, beneficiar as faixas etárias superiores (Park; Shin, 2023). A automação de tarefas manuais e repetitivas reduz a exigência de esforço físico no chão de fábrica, criando um ecossistema ocupacional mais amigável ao trabalhador envelhecido e, em casos específicos de serviços, elevando a participação salarial deste grupo em detrimento dos trabalhadores de meia-idade (Park; Shin, 2023). O nível de escolaridade atua como um mediador dessa relação: profissionais seniores com educação terciária apresentam maior resiliência à automação, conseguindo integrar-se às novas demandas operacionais e reduzir significativamente sua probabilidade de evasão laboral (Casas *et al.*, 2024).

4.3 RELAÇÕES ENTRE CATEGORIAS DE TREINAMENTOS NA INDÚSTRIA

A literatura evidencia uma discrepância crítica entre o fornecimento de acesso ao treinamento e a adaptação metodológica das instruções. A simples inserção do trabalhador sênior em programas corporativos de capacitação é ineficaz caso as organizações mantenham formatos baseados exclusivamente em palestras teóricas, negligenciando a aplicação prática e o ritmo individual de aprendizagem (*self-paced learning*) (Armstrong-Stassen; Templer, 2005). Além disso, a ausência de programas voltados para a conscientização de gestores e lideranças sobre como gerenciar, avaliar e reter talentos idosos perpetua a subutilização deste capital humano (Armstrong-Stassen; Templer, 2005).

A retenção do conhecimento prático corporativo depende intrinsecamente da transição de modelos de treinamento unidirecionais para ecossistemas de aprendizagem intergeracional e bidirecional (Ranasinghe *et al.*, 2024). Organizações que estruturam redes de memória conectadas (*connected memory networks*) e programas de mentoria reversa garantem que o saber técnico dos trabalhadores seniores seja transferido aos novatos, enquanto os mais jovens auxiliam na fluência digital e na adaptação cibernética dos mais velhos (Ranasinghe *et al.*, 2024). Esse intercâmbio colaborativo, seja ele classificado como formal, informal ou não-formal, reduz os conflitos geracionais, mitiga preconceitos mútuos e aumenta a satisfação no trabalho (Ranasinghe *et al.*, 2024).

Portanto, a superação da divisão digital e do distanciamento algorítmico exige que o treinamento na Indústria 4.0 transcenda o mero repasse de informações técnicas (Stypinska, 2022; Ranasinghe *et al.*, 2024). Ao promover o *microlearning* (módulos fragmentados de ensino), aliado à gamificação que respeite a utilidade prática do conhecimento no trabalho real, as indústrias garantem que a requalificação não apenas previna o desemprego de longo prazo, mas estabeleça uma cultura contínua onde a força de trabalho sênior participe ativamente na tomada de decisões e na parametrização dos novos sistemas (Ranasinghe *et al.*, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A transição digital rumo aos paradigmas da Indústria 4.0 e da Indústria 5.0 impõe uma reconfiguração profunda das dinâmicas operacionais na manufatura e na engenharia de produção. A presente revisão sistemática, conduzida à luz das diretrizes do protocolo PRISMA 2020, evidenciou que a integração da força de trabalho sênior nesse cenário esbarra em barreiras multidimensionais que transcendem a mera familiaridade tecnológica. Constatou-se que o etarismo digital se manifesta de maneira estrutural no ecossistema corporativo, seja por meio de vieses algorítmicos em processos de recursos humanos, pela falta de ergonomia cognitiva no design dos sistemas ou pela perpetuação de estereótipos organizacionais que subestimam o potencial inovador dessa parcela demográfica. Diante disso, este estudo sintetiza suas conclusões e implicações sob quatro eixos fundamentais para a gestão do conhecimento institucional.

5.3 CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo contribui para o debate acadêmico e organizacional ao demonstrar que a ineficiência frequentemente relatada na requalificação de funcionários seniores e o consequente medo da obsolescência tecnológica — fator catalisador de decisões de aposentadoria precoce — não decorrem do envelhecimento biológico ou cognitivo dos indivíduos. Pelo contrário, o estudo comprova que essas deficiências são reflexos diretos da incompatibilidade das metodologias tradicionais de ensino corporativo, que ignoram o ritmo de aprendizagem individual (*self-paced learning*), e da ausência de políticas estruturadas de aprendizagem ao longo da vida (*lifelong learning*). Assim, o artigo ressignifica o papel do trabalhador sênior na Indústria 5.0, posicionando-o não como um agente passivo ou resistente à digitalização, mas como um ativo estratégico indisponível cujas resiliência, inteligência cristalizada e experiência prática são indispensáveis para a estabilidade e inovação produtiva.

5.4 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

Sob a ótica teórica, a pesquisa contribui para o avanço da Gestão do Conhecimento e da Engenharia de Produção ao consolidar um framework conceitual que conecta a mitigação do etarismo digital ao sucesso da transferência e retenção do capital intelectual industrial. O estudo preenche uma lacuna acadêmica ao evidenciar como a interseção entre tecnologias STARA e a demografia envelhecida impacta a vulnerabilidade ocupacional. No âmbito das aplicações práticas, o trabalho demonstra que o redesenho instrucional é uma necessidade imediata no chão de fábrica. A prática da requalificação (*reskilling*) deve abandonar o formato unidirecional expositivo em favor de abordagens modulares e personalizadas, como a micro aprendizagem (*microlearning*) e o uso de ambientes virtuais imersivos (Realidade Virtual e Realidade Aumentada), que reduzem o ruído ambiental e a ansiedade cibernética. As evidências apontam que, ao remover barreiras logísticas e comprovar a aplicabilidade diária da Inteligência Artificial nos processos fabris, os profissionais seniores adaptam-se plenamente, reduzindo o risco de desemprego estrutural e atuando como multiplicadores práticos das novas tecnologias.

5.5 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

Para o amadurecimento da Gestão do Conhecimento organizacional, este estudo oferece diretrizes acionáveis aos gestores e líderes de engenharia. Primeiramente, evidencia-se a urgência de auditar e reformular os Sistemas de Tomada de Decisão Automatizada (ADM)

aplicados à gestão de pessoas, garantindo que os algoritmos de recrutamento e avaliação operem sob diretrizes inclusivas (*age-inclusive*) e não repliquem vieses de obsolescência. Em segundo lugar, os gestores devem instituir ecossistemas de aprendizagem intergeracional e bidirecional mediante programas de mentoria reversa e redes de memória conectadas (*connected memory networks*).

Nessa dinâmica gerencial, os profissionais seniores transferem seu histórico valioso de resolução de problemas complexos aos colaboradores mais jovens, enquanto os novatos auxiliam os mais velhos na navegação e fluência digital. Por fim, recomenda-se que a liderança integre ativamente a força de trabalho sênior nas etapas de *co-design* e parametrização de novas ferramentas cibernéticas, transformando a usabilidade ergonomicamente acessível em um indicador de desempenho operacional.

5.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E ESTUDOS FUTUROS

Em conformidade com o rigor metodológico adotado, cumpre reconhecer as limitações inerentes a esta revisão sistemática. O escopo de busca foi delimitado às bases *Scopus* e *ScienceDirect* e priorizou trabalhos com elevado índice de citações para resguardar o impacto científico da amostra. Essa delimitação pode configurar viés de publicação, restringindo a captura de literaturas emergentes, estudos de relevância regional, teses alocadas em repositórios institucionais ou literatura cinzenta. Além disso, a seleção terminológica e o recorte temporal podem não ter abarcado nuances teóricas recentes ou nomenclaturas em consolidação sobre o etarismo digital na manufatura. Para o avanço contínuo da linha de pesquisa, sugere-se que estudos futuros realizem investigações empíricas de natureza longitudinal e transversal em plantas industriais, avaliando quantitativamente o ganho de produtividade decorrente da aplicação de metodologias de aprendizagem intergeracional.

Recomenda-se também aprofundar a pesquisa sobre a formulação de diretrizes *age-inclusive* no desenvolvimento de algoritmos de manufatura avançada e examinar como a ergonomia cognitiva nas interfaces humano-máquina afeta a curva de aprendizado. Por fim, instiga-se a academia a investigar se a integração sinérgica entre a excelência analítica dos seniores e a fluência digital dos jovens constitui o catalisador primário para o atingimento da maturidade de gestão do conhecimento exigida pela Indústria 5.0.

6 REFERÊNCIAS

ALCOVER, C.-M. *et al.* "Aging-and-Tech Job Vulnerability": a proposed framework on the dual impact of aging and AI, robotics, and automation among older workers. **Organizational Psychology Review**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 204138662199210, 10 fev. 2021.

ARMSTRONG-STASSEN, M.; TEMPLER, A. Adapting training for older employees: the Canadian response to an aging workforce. **Journal of Management Development**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 57-67, 2005.

BEINICKE, A.; KYNDT, E. Evidence-based actions for maximizing training effectiveness in corporate E-learning and classroom training. **Studies in Continuing Education**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 1-21, 26 abr. 2019.

CASAS, P. *et al.* The impact of artificial intelligence in the early retirement decision. **Empirica**, [S. l.], 9 maio 2024.

CHU, C. H. *et al.* Age-related bias and artificial intelligence: a scoping review. **Humanities and Social Sciences Communications**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 1-17, 17 ago. 2023.

CHU, C. H. *et al.* Digital ageism: challenges and opportunities in artificial intelligence for older adults. **The Gerontologist**, [S. l.], v. 62, n. 7, 20 jan. 2022.

CUPERTINO, T. R. **Impactos da inteligência artificial na economia mundial**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso / Dissertação / Tese – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

GONZÁLEZ-PÉREZ, L. I.; RAMÍREZ-MONTOYA, M. S. Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. **Sustainability**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 1493, 27 jan. 2022.

KYNDT, E.; GOVAERTS, N.; DOCHY, F.; BAERT, H. The learning intention of low-qualified employees: a key for participation in lifelong learning and continuous training. **Vocations and Learning**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 211-229, 2013.

PARK, D.; SHIN, K. Technology and wage share of older workers. **Econstor**, [S. l.], 1 maio 2023.

RANASINGHE, T. *et al.* Never too late to learn: unlocking the potential of the aging workforce in manufacturing and service industries. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 270, p. 109193, 1 fev. 2024.

STOJANOVA, H.; LIETAVCOVA, B.; RAGUŽ, I. V. The dependence of unemployment of the senior workforce upon explanatory variables in the European Union in the context of Industry 4.0. **Social Sciences**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 29, 18 jan. 2019.

STYPINSKA, J. AI ageism: a critical roadmap for studying age discrimination and exclusion in digitalized societies. **AI & Society**, [S. l.], v. 38, n. 2, 3 out. 2022.

ZWICK, T. Training older employees: what is effective? **International Journal of Manpower**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 136-150, 5 maio 2015.