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

ANTROPOTECNOLOGIA E GESTÃO DA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE FATORES HUMANOS E ORGANIZACIONAIS EM AMBIENTES PRODUTIVOS

Fabiana Gontarz Fajardo
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
João Luiz Kovaleski
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Resumo: A transferência de tecnologia em ambientes produtivos costuma ser descrita a partir de seus componentes técnicos, mas os estudos aplicados mostram que a implementação também é condicionada pela organização do trabalho, pelas competências disponíveis e pelas características do contexto receptor. Este artigo analisa comparativamente onze publicações com o propósito de identificar fatores humanos, organizacionais e contextuais que reaparecem em processos de implementação e transferência tecnológica e de discutir esses achados sob a perspectiva da Antropotecnologia. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória e bibliográfica. O corpus foi delimitado de forma intencional e examinado por meio de uma matriz de extração comum aos estudos, seguida de leitura temática comparativa. A análise permitiu reunir os achados em sete eixos: papel humano em ambientes automatizados; adaptação ao contexto local; integração homem-máquina; desenvolvimento de competências; barreiras à adoção; limites de abordagens tecnocêntricas; e condições de implementação relacionadas aos resultados organizacionais. Em conjunto, as evidências mostram que o desempenho da tecnologia depende menos de sua sofisticação isolada do que da forma como ela se articula com processos, pessoas, infraestrutura e práticas de gestão. A Antropotecnologia contribui para essa discussão ao enfatizar a compatibilidade entre a solução transferida e as condições efetivas de uso.

Palavras-chave: Antropotecnologia, Transferência de tecnologia, Gestão da tecnologia, Sistemas sociotécnicos, Indústria 4.0.

ANTHROPOTECHNOLOGY AND TECHNOLOGY TRANSFER MANAGEMENT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF HUMAN AND ORGANIZATIONAL FACTORS IN PRODUCTIVE ENVIRONMENTS

Abstract: Technology transfer in productive environments is often described mainly through its technical components, yet applied studies show that implementation is also shaped by work organization, available competencies, and the characteristics of the receiving context. This article comparatively examines eleven publications in order to identify human, organizational, and contextual factors that recur in technology implementation and transfer processes and to discuss these findings from an anthropotechnological perspective. The study is qualitative, exploratory, and bibliographic. The corpus was intentionally delimited and examined through a common extraction matrix followed by comparative thematic reading. The analysis grouped the findings into seven axes: the human role in automated environments; adaptation to the local context; human-machine integration; competence development; barriers to adoption; limits of technocentric approaches; and implementation conditions related to organizational outcomes. Taken together, the evidence

indicates that technological performance depends less on isolated sophistication than on how the solution is articulated with processes, people, infrastructure, and management practices. Anthropotechnology contributes to this discussion by emphasizing compatibility between the transferred solution and the actual conditions of use.

Keywords: Anthropotechnology, Technology transfer, Technology management, Sociotechnical systems, Industry 4.0.

1. Introdução

A digitalização dos processos produtivos ampliou o uso de sistemas automatizados, plataformas analíticas e outras soluções associadas à Indústria 4.0. Esse movimento, porém, não autoriza uma relação direta entre maior sofisticação tecnológica e melhor desempenho. Em situações concretas de implantação, a tecnologia passa a operar dentro de rotinas já existentes, com pessoas, regras, limitações de infraestrutura e formas específicas de organizar o trabalho. É nesse encontro entre a solução técnica e o ambiente real que parte importante dos resultados é definida.

Essa questão se torna mais evidente quando há transferência de tecnologia. Ao levar uma solução de um contexto para outro, não se transfere apenas um equipamento, um software ou um procedimento. Também são transportados pressupostos sobre infraestrutura, qualificação, jornada, divisão de tarefas e formas de uso. Quando esses pressupostos não se confirmam no destino, a tecnologia precisa ser ajustada. Narimoto e Camarotto (2018) observaram essa necessidade na transferência de tecnologias de colheita mecanizada entre Austrália e Brasil. Souza, Lima e Varella (2021), em um setor distinto, encontraram incompatibilidades na adoção de centrais mecanizadas de triagem concebidas para outra realidade operacional.

A Antropotecnologia oferece um ponto de observação adequado para esse tipo de problema porque desloca a atenção da tecnologia isolada para a relação entre a solução, seus usuários e o contexto de aplicação. Nos trabalhos reunidos neste estudo, essa relação aparece quando se discutem adaptação local, conhecimento dos operadores, barreiras organizacionais e condições concretas de uso. Corsi, Kovaleski e Pagani (2021) associam a abordagem antropotecnológica à antecipação de dificuldades de adaptação, enquanto Kovaleski, Picinin e Kovaleski (2022) mostram que os desafios da transferência tecnológica incluem dimensões culturais, organizacionais, sociais, educacionais e humanas.

A permanência do trabalho humano em ambientes automatizados é outro ponto relevante. A literatura examinada não descreve apenas substituição de tarefas; em vários casos, registra mudança de função. Supervisão, controle, interpretação de informações, resolução de problemas e tomada de decisão passam a ganhar peso. Margherita e Braccini (2024) observaram esse movimento em organizações manufatureiras; Ginigaddara et al. (2022) identificaram novas exigências de qualificação em sistemas de construção industrializada; e Masood e Egger (2019) mostraram que a realidade aumentada pode apoiar o trabalhador em atividades de manutenção, treinamento e assistência operacional.

Partindo desse problema, o artigo busca responder à seguinte questão: quais condições humanas, organizacionais e contextuais aparecem de forma recorrente em estudos sobre implementação e transferência de tecnologias em ambientes produtivos? O objetivo é comparar as evidências disponíveis no corpus, identificar pontos de convergência e discutir em que medida eles podem ser compreendidos à luz da Antropotecnologia. A intenção não é propor um modelo universal de implantação, mas organizar achados que possam apoiar decisões de gestão da tecnologia e projetos de transformação digital.

2. Referencial analítico: tecnologia como sistema sociotécnico

A leitura sociotécnica adotada neste trabalho parte de uma ideia simples: uma tecnologia não entra em uma organização sem alterar o modo como o trabalho é realizado.

Ela pode modificar fluxos de informação, responsabilidades, formas de supervisão e requisitos de qualificação. Por isso, avaliar uma implantação apenas pelo desempenho técnico do artefato deixa de fora parte relevante do problema. Também é necessário observar se a solução é compatível com os processos e com as condições em que será utilizada.

Margherita e Braccini (2020) tratam a Indústria 4.0 como um arranjo sociotécnico no qual pessoas e tecnologias participam conjuntamente da geração de valor. No estudo posterior, Margherita e Braccini (2024) relacionam colaboração, feedback e participação dos trabalhadores ao desempenho organizacional. Esse conjunto de evidências reforça que máquinas, sistemas digitais e práticas de gestão não funcionam como elementos independentes: seus efeitos dependem da maneira como são articulados.

A contribuição da Antropotecnologia está justamente em acrescentar a questão da adequação ao contexto receptor. Narimoto e Camarotto (2018) e Souza, Lima e Varella (2021) mostram, em situações distintas, que diferenças entre o ambiente de origem e o de destino alteram o modo de funcionamento da tecnologia. Condições operacionais, organização do trabalho e características locais podem exigir modificações que não seriam previstas olhando apenas para as especificações técnicas.

Corsi, Kovaleski e Pagani (2021) interpretam a Antropotecnologia como apoio à identificação de incompatibilidades antes que elas se consolidem na operação. Kovaleski, Picinin e Kovaleski (2022) ampliam esse argumento ao reunir desafios de natureza cultural, organizacional, educacional, governamental e humana. Assim, a transferência deixa de ser entendida como simples deslocamento de uma solução pronta e passa a exigir análise das condições que tornam sua apropriação possível.

A aprendizagem também aparece como parte desse processo. Bordeleau, Mosconi e Santa-Eulalia (2020) mostram que o valor produzido por recursos de inteligência e análise de dados depende da capacidade organizacional de interpretar e usar as informações. Em pequenas e médias empresas, Matt, Modrák e Zsifkovits (2021) apontam a disponibilidade de profissionais qualificados como uma limitação relevante para a adoção de tecnologias da Indústria 4.0. Em ambos os casos, a competência das pessoas não é um complemento posterior: ela integra as condições necessárias para que a tecnologia funcione de fato.

3. Procedimentos metodológicos

A pesquisa é qualitativa, exploratória e bibliográfica. Foi adotada uma análise comparativa de evidências secundárias porque o interesse do estudo está nas regularidades e diferenças registradas em pesquisas aplicadas sobre implementação e transferência de tecnologias. Cada publicação foi tratada como uma unidade de análise. Não se pretendeu realizar revisão sistemática, estimar frequência de ocorrência dos fatores ou generalizar estatisticamente os resultados; o propósito foi construir uma síntese interpretativa a partir de estudos com contextos e desenhos metodológicos distintos.

O corpus foi constituído por onze publicações selecionadas de forma intencional entre estudos relacionados à Antropotecnologia, à transferência de tecnologia e à implementação tecnológica. A inclusão considerou quatro aspectos: tratar de adoção, implementação ou transferência de tecnologia; apresentar estudo empírico, estudo de caso ou síntese com relação direta com ambientes produtivos; permitir a identificação de fatores humanos, organizacionais ou contextuais; e oferecer descrição suficiente para comparação. Foram mantidos trabalhos de setores diferentes justamente porque o objetivo era verificar se determinados problemas reapareciam mesmo quando mudavam a tecnologia e o ambiente analisado.

Para organizar a leitura, foi elaborada uma matriz com os mesmos campos para todas as fontes. Em cada estudo foram registrados o setor ou contexto, a tecnologia ou

fenômeno observado, os fatores humanos e organizacionais mencionados, as necessidades de adaptação, as barreiras e facilitadores e os resultados relatados pelos autores. O preenchimento da matriz ficou restrito ao que estava explicitado nas publicações; não foram atribuídas relações causais quando elas não eram sustentadas pelo próprio estudo. O Quadro 1 apresenta o corpus e o aspecto de cada trabalho utilizado na comparação.

A análise foi feita em duas rodadas de leitura. Na primeira, os registros da matriz foram agrupados em quatro dimensões orientadoras: fatores humanos, fatores organizacionais, condições do contexto e resultados da implementação. Na segunda, os trechos foram comparados por proximidade de sentido, permitindo que categorias mais específicas emergissem do material. Para evitar que um caso isolado fosse tratado como padrão, uma categoria só foi mantida na síntese quando aparecia em pelo menos duas fontes distintas. Desse procedimento resultaram sete eixos analíticos: reconfiguração do papel humano; adaptação local; integração homem-máquina; desenvolvimento de competências; barreiras multidimensionais; crítica ao tecnocentrismo; e condições de implementação associadas aos resultados organizacionais.

Os estudos de caso foram utilizados como fontes secundárias de evidência sobre fenômenos observados em situações reais, em consonância com a contribuição atribuída por Yin (2015) a esse tipo de investigação. Neste artigo, contudo, não se reproduz o método de estudo de caso: os casos já publicados são comparados entre si. Para tornar a análise rastreável, aplicaram-se os mesmos campos de extração a todo o corpus e manteve-se, em cada eixo, a identificação das fontes que sustentam a interpretação. A seleção intencional e não exaustiva do conjunto analisado é assumida como limite do estudo.

Quadro 1 – Corpus e foco da análise comparativa

Estudo	Contexto/foco	Contribuição utilizada na comparação
Margherita e Braccini (2020)	Organização manufatureira em contexto de Indústria 4.0	Interação sociotécnica entre trabalhadores e tecnologias.
Margherita e Braccini (2024)	Organizações manufatureiras	Relação entre tecnologias 4.0, práticas humanas/organizacionais e desempenho.
Ginigaddara et al. (2022)	Construção industrializada/offsite	Novas competências profissionais associadas à digitalização e automação.
Masood e Egger (2019)	Realidade aumentada em Indústria 4.0	Desafios de implementação e fatores de sucesso.
Narimoto e Camarotto (2018)	Colheita mecanizada de cana na Austrália e no Brasil	Adaptação local na transferência de tecnologia.
Souza, Lima e Varella (2021)	Centrais mecanizadas de triagem em São Paulo	Incompatibilidades entre tecnologia transferida e condições locais.
Corsi, Kovaleski e Pagani (2021)	Transferência de tecnologia e Antropotecnologia	Adaptação tecnológica e fatores do ambiente receptor.
Kovaleski, Picinin e Kovaleski (2022)	Transferência de tecnologia na Indústria 4.0	Barreiras culturais, organizacionais, educacionais e humanas.
Mohankumar, Leong e Suprapto (2020)	Realidade virtual e aumentada na Indústria 4.0	Interação entre humanos e sistemas inteligentes.
Bordeleau, Mosconi e Santa-Eulalia (2020)	Empresas manufatureiras de médio porte	Aprendizagem organizacional, capacidade analítica e geração de valor.
Matt, Modrák e Zsifkovits (2021)	Pequenas e médias empresas	Recursos humanos qualificados e competências para Indústria 4.0.

Fonte: elaboração própria a partir dos estudos analisados.

4. Resultados e discussão

4.1 O fator humano permanece central em ambientes tecnologicamente avançados

Um aspecto atravessa praticamente todo o conjunto analisado: mesmo em ambientes com alto grau de automação, o trabalho humano continua desempenhando funções decisivas. O que muda é o conteúdo de parte das atividades. Tarefas rotineiras podem ser automatizadas, enquanto supervisão, interpretação, controle, resolução de problemas e decisão ganham espaço.

Nas organizações estudadas por Margherita e Braccini (2024), trabalhadores inseridos em ambientes de Indústria 4.0 atuam no acompanhamento de sistemas automatizados, no controle operacional e na solução de ocorrências. O desempenho, portanto, não decorre apenas da capacidade técnica do sistema. Ele também depende de pessoas capazes de perceber desvios, interpretar situações e intervir quando a automação não oferece uma resposta suficiente.

Ginigaddara et al. (2022) chegam a uma conclusão próxima ao examinar a construção industrializada. A digitalização cria novas exigências de trabalho ligadas à modelagem, à integração logística, à operação de sistemas automatizados e ao controle computacional. O caso mostra que modernizar a produção implica também redefinir competências, e não simplesmente instalar novas ferramentas.

Masood e Egger (2019) ajudam a qualificar essa discussão ao analisar aplicações de realidade aumentada. Em tarefas de manutenção, treinamento e assistência operacional, a tecnologia fornece informação e orientação no momento de uso, enquanto o trabalhador continua responsável por interpretar a situação e executar a atividade. Nesse arranjo, o valor está na combinação entre recursos digitais e julgamento humano.

O estudo de Narimoto e Camarotto (2018) torna visível outra dimensão do mesmo problema. Operadores brasileiros precisaram desenvolver estratégias próprias para trabalhar com máquinas transferidas para condições diferentes das encontradas no país de origem. A experiência de quem opera a tecnologia, nesse caso, não é apenas execução: ela funciona como fonte de informação sobre incompatibilidades e necessidades de ajuste.

4.2 A adaptação local é condição para a transferência tecnológica

A transferência entre contextos distintos é um dos pontos em que as limitações de uma visão estritamente técnica aparecem com maior clareza. Narimoto e Camarotto (2018) e Souza, Lima e Varella (2021) analisam tecnologias muito diferentes, mas os dois casos mostram que uma solução bem-sucedida em determinado ambiente pode perder eficiência quando chega a outro sem as adaptações necessárias.

Na colheita mecanizada, diferenças de relevo, jornadas e organização do trabalho entre Austrália e Brasil exigiram alterações e estratégias específicas de uso (NARIMOTO; CAMAROTTO, 2018). A máquina, portanto, não chegou ao novo contexto como um pacote neutro. Seu desempenho foi condicionado por características do ambiente que não podiam ser ignoradas na operação.

Situação semelhante foi registrada por Souza, Lima e Varella (2021) na transferência de centrais mecanizadas de triagem para São Paulo. As características dos resíduos e do ambiente operacional não correspondiam integralmente às condições consideradas no desenho original. O caso mostra que eficiência técnica observada no local de origem não garante o mesmo resultado quando os pressupostos de funcionamento mudam.

Esses achados ajudam a entender por que Corsi, Kovaleski e Pagani (2021) atribuem à Antropotecnologia um papel preventivo. Observar o ambiente receptor antes e

durante a implantação permite reconhecer discrepâncias entre o uso previsto e o uso possível. Kovaleski, Picinin e Kovaleski (2022) reforçam esse ponto ao lembrar que diferenças culturais, organizacionais, sociais e educacionais também interferem na transferência.

A adaptação local, portanto, não precisa ser vista como correção de um projeto que deu errado. Ela pode ser incorporada desde o início como parte da própria implantação. Dependendo da distância entre o contexto de origem e o de destino, os ajustes podem alcançar parâmetros de operação, infraestrutura, treinamento, divisão de tarefas, fluxo de trabalho e formas de comunicação.

4.3 A integração homem-máquina produz melhores resultados que a oposição entre automação e trabalho

Outro resultado recorrente aparece na forma como pessoas e sistemas automatizados se relacionam. Os trabalhos não indicam vantagem em maximizar a automação por si mesma. O ponto decisivo é distribuir funções de maneira coerente, usando a tecnologia onde ela amplia capacidade de processamento, acesso à informação ou precisão e preservando a intervenção humana onde interpretação e adaptação continuam necessárias.

Margherita e Braccini (2020) propõem justamente essa leitura ao tratar ambientes de Indústria 4.0 como sistemas sociotécnicos. A pergunta deixa de ser apenas se uma máquina ou um software consegue executar determinada tarefa. Passa a incluir o efeito da tecnologia sobre o sistema de trabalho e sobre as relações entre quem opera, decide, supervisiona e mantém o processo.

Nas aplicações de realidade aumentada analisadas por Masood e Egger (2019), a complementaridade aparece de maneira concreta: o sistema oferece orientação e informação contextual, enquanto o trabalhador interpreta a situação e executa a atividade. Mohankumar, Leong e Suprapto (2020) também situam realidade virtual e aumentada em ambientes produtivos nos quais a interação entre usuários e sistemas inteligentes faz parte da própria arquitetura tecnológica.

Essa interação ajuda a explicar por que algumas soluções sofisticadas criam problemas novos quando são mal incorporadas ao trabalho. Uma interface pode acrescentar etapas, dificultar a leitura de informações ou exigir competências que ainda não foram desenvolvidas. Em situações críticas, também pode restringir indevidamente a capacidade de intervenção do operador. O efeito é diferente quando a tecnologia melhora a visibilidade do processo, apoia a aprendizagem e oferece informação útil para decidir.

Sob a ótica antropotecnológica, a questão central não é quanto se automatiza, mas como a automação se encaixa nas condições reais de uso. Essa diferença é importante em projetos de transformação digital, nos quais sensores, plataformas analíticas, sistemas de apoio à decisão e novas interfaces podem ser implantados ao mesmo tempo e alterar de forma significativa a experiência de trabalho.

4.4 Capacitação e aprendizagem são parte da infraestrutura tecnológica

A qualificação aparece no corpus como condição de implantação, e não como etapa acessória realizada depois que o sistema entra em operação. Tecnologias mais complexas alteram requisitos cognitivos, técnicos e organizacionais e, com isso, mudam o repertório necessário para desempenhar funções que antes tinham outra configuração.

Ginigaddara et al. (2022) identificam competências ligadas à modelagem digital, à integração logística, à operação de sistemas automatizados e ao controle computacional. O achado é relevante porque mostra que a mudança tecnológica não substitui apenas

ferramentas: ela redefine parte do trabalho e deve ser considerada nas decisões de treinamento, alocação e desenvolvimento profissional.

Bordeleau, Mosconi e Santa-Eulalia (2020) acrescentam a dimensão da aprendizagem organizacional. A disponibilidade de dados e de ferramentas analíticas, por si só, não garante criação de valor. A organização precisa ser capaz de interpretar informações, compartilhá-las e incorporá-las às decisões. É nesse processo que uma possibilidade técnica se converte, ou não, em capacidade organizacional.

Nas pequenas e médias empresas discutidas por Matt, Modrák e Zsifkovits (2021), a escassez de recursos humanos qualificados aparece como um obstáculo importante à Indústria 4.0. A dificuldade tende a ser maior quando o investimento em tecnologia avança mais rapidamente do que a capacidade de formar, atrair ou reter profissionais preparados para utilizá-la.

Consideradas em conjunto, essas evidências justificam tratar capacitação como parte da infraestrutura da própria tecnologia. Se a operação depende de conhecimentos que não existem no contexto receptor, a capacidade de absorção será limitada mesmo quando o equipamento ou o sistema é tecnicamente adequado. Por isso, aquisição, formação, aprendizagem em serviço e compartilhamento de conhecimento precisam ser planejados de forma articulada.

4.5 Barreiras à adoção tecnológica são multidimensionais

As dificuldades de adoção encontradas nos estudos raramente têm uma única origem. Elas aparecem na infraestrutura, na cultura organizacional, no treinamento, na integração entre áreas, no grau de maturidade tecnológica e na aceitação pelos usuários. Essa diversidade ajuda a explicar por que uma solução tecnicamente adequada pode produzir resultados fracos na prática.

Kovaleski, Picinin e Kovaleski (2022) reúnem desafios de natureza organizacional, cultural, governamental, educacional e humana na transferência de tecnologia associada à Indústria 4.0. O quadro apresentado pelos autores amplia a análise de risco: além de verificar se a tecnologia funciona, é preciso saber se a organização dispõe das condições institucionais e operacionais necessárias para absorvê-la.

Masood e Egger (2019) encontram obstáculos distribuídos por diferentes partes do sistema, entre eles integração organizacional, adaptação tecnológica, infraestrutura e aceitação dos trabalhadores. A importância desse resultado está justamente na combinação dos fatores. Uma deficiência pode intensificar outra, tornando pouco útil a busca por uma causa única para o insucesso da implantação.

Corsi, Kovaleski e Pagani (2021) aproximam essa discussão da Antropotecnologia ao mostrar que falhas de adaptação comprometem a transferência. O problema, portanto, pode estar tanto na solução quanto no descompasso entre a solução e o ambiente em que ela passa a operar.

Do ponto de vista da gestão, esse conjunto de evidências recomenda um diagnóstico anterior à implantação que vá além dos requisitos técnicos. Infraestrutura disponível, competências, flexibilidade dos processos, apoio da gestão, capacidade de manutenção, canais de comunicação e participação dos usuários são variáveis que ajudam a antecipar problemas de uso e integração. Mapear essas condições pode reduzir retrabalho, baixa utilização e rejeição posterior.

Também é preciso considerar que as barreiras se alimentam umas das outras. Treinamento insuficiente pode aumentar resistência; infraestrutura instável pode reduzir a confiança dos usuários; pouca participação pode fazer com que incompatibilidades só

apareçam quando o sistema já está em operação. Por esse motivo, respostas isoladas tendem a ter alcance limitado.

4.6 A literatura critica abordagens tecnocêntricas

Vários trabalhos do corpus questionam uma interpretação recorrente da transformação digital: a de que incorporar uma tecnologia mais avançada produziria, por si só, melhor desempenho. A crítica não é dirigida à inovação tecnológica, mas à tendência de avaliar o investimento sem considerar as condições que permitem sua utilização efetiva.

Margherita e Braccini (2024) observam que a discussão sobre Indústria 4.0 costuma privilegiar as capacidades técnicas das soluções e dar menos atenção aos fatores humanos e organizacionais. Ao analisar práticas relacionadas à dimensão humana da gestão, os autores mostram que o desempenho decorre da interação entre esses elementos e os recursos tecnológicos.

No caso estudado por Souza, Lima e Varella (2021), a mecanização da triagem não pôde ser compreendida como simples troca de trabalho manual por equipamento. As características do material processado e do ambiente de operação alteraram a funcionalidade esperada do sistema, expondo limites de um projeto pensado a partir de condições diferentes.

Bordeleau, Mosconi e Santa-Eulalia (2020) chegam a conclusão compatível em outro campo: recursos tecnológicos só se convertem em valor quando existem aprendizagem organizacional e uso estratégico das informações. Ter capacidade de processamento não é o mesmo que transformá-la em melhoria do processo ou da decisão.

Essa distinção é relevante para decisões de investimento. Uma comparação restrita a funcionalidades, especificações ou grau de automação pode ocultar custos de integração, treinamento e reorganização. A avaliação precisa alcançar também a aderência aos processos, a capacidade real de uso e os efeitos sobre o sistema de trabalho.

É nesse ponto que a Antropotecnologia se aproxima da crítica ao tecnocentrismo. O foco deixa de estar apenas no artefato e passa para a relação entre artefato, população e contexto. Em termos gerenciais, a pergunta não é somente qual tecnologia é mais avançada, mas qual delas pode ser apropriada e integrada de maneira consistente naquele ambiente.

4.7 Ganhos de produtividade e qualidade dependem da forma de implementação

Os benefícios atribuídos à tecnologia aparecem no corpus como resultados condicionados pela forma de implantação. Produtividade, qualidade e eficiência permanecem objetivos possíveis, mas não surgem automaticamente da compra ou da instalação da solução. Eles dependem da articulação entre a tecnologia e as práticas organizacionais que sustentam seu uso.

Margherita e Braccini (2024) relacionam colaboração sociotécnica, feedback e participação dos trabalhadores a resultados organizacionais em ambientes de Indústria 4.0. Isso sugere que o desempenho da tecnologia é influenciado pelo modo como a organização cria espaço para comunicação, aprendizagem e intervenção humana durante a adoção.

Bordeleau, Mosconi e Santa-Eulalia (2020) mostram que a transformação digital produz valor quando a capacidade analítica é incorporada às decisões. A tecnologia amplia o volume e a qualidade da informação disponível, mas o benefício só aparece quando a organização consegue usar esse recurso em seus processos.

Masood e Egger (2019) chegam a ponto semelhante ao associar o sucesso de aplicações de realidade aumentada ao alinhamento entre tecnologia, organização e

usuários. A formulação é particularmente útil porque desloca a análise do desempenho de cada componente isolado para a qualidade da relação entre eles.

À luz dos estudos comparados, uma implantação pode ser examinada por quatro perguntas práticas: a solução funciona nas condições reais do ambiente? Os processos e a infraestrutura conseguem incorporá-la? Os trabalhadores têm condições e competências para utilizá-la? A organização consegue aprender com o uso e ajustar a nova forma de trabalho? Essas perguntas não esgotam o problema, mas ajudam a verificar se o investimento tecnológico está apoiado por condições mínimas de apropriação.

4.8 Síntese integrativa das evidências

Os sete eixos foram separados para fins de análise, mas os casos mostram que eles se cruzam. A adaptação local depende de usuários capazes de reconhecer incompatibilidades; essa participação, por sua vez, exige conhecimento e canais para que a experiência de operação chegue à gestão. Capacitação interfere na aceitação e no uso, enquanto a integração homem-máquina depende da forma como processos e responsabilidades foram desenhados.

Em vez de uma sequência rígida, a implementação aparece como um processo contínuo de ajuste. A organização parte de uma solução e de certas expectativas de uso, confronta essas expectativas com as condições do ambiente e, a partir das diferenças encontradas, modifica procedimentos, treinamento ou configuração técnica. Depois que a tecnologia entra em operação, novos problemas e possibilidades surgem da experiência cotidiana. O aprendizado produzido nesse período pode levar a novos ajustes.

Essa leitura permite tratar a Antropotecnologia não apenas como recurso para corrigir problemas depois da transferência, mas como referência para decisões tomadas antes e durante a implantação. Conhecer o contexto, ouvir os usuários e verificar compatibilidades previamente pode evitar que dificuldades previsíveis sejam descobertas apenas quando a solução já está incorporada ao processo produtivo.

Quadro 2 – Síntese dos fatores sociotécnicos identificados

Eixo	Síntese da evidência	Implicação organizacional
Fator humano	Reconfiguração das funções para supervisão, controle, decisão e adaptação.	Planejar papéis e responsabilidades junto com a tecnologia.
Adaptação local	Diferenças de contexto alteram a efetividade da tecnologia transferida.	Diagnosticar condições reais e prever ajustes antes da implantação.
Integração homem-máquina	Tecnologias geram valor quando complementam capacidades humanas.	Projetar interfaces, fluxos e decisões como sistema integrado.
Capacitação	Novas tecnologias exigem competências técnicas, digitais e organizacionais.	Tratar formação como parte da infraestrutura do projeto.
Barreiras	Cultura, infraestrutura, treinamento e maturidade afetam a adoção.	Realizar diagnóstico multidimensional de prontidão.
Crítica ao tecnocentrismo	Recursos tecnológicos isolados não garantem valor.	Avaliar aderência organizacional e capacidade de apropriação.
Ganhos condicionados	Produtividade e eficiência dependem do alinhamento na implementação.	Monitorar resultados técnicos, humanos e organizacionais.

Fonte: elaboração própria a partir dos estudos analisados.

5. Implicações para a gestão da tecnologia e a engenharia

Para a gestão da tecnologia e para a engenharia, os resultados reforçam que uma implantação tecnológica também é uma intervenção organizacional. Novos sistemas alteram rotinas, fluxos de informação, competências e responsabilidades. Tratar o projeto apenas como aquisição de equipamento ou atualização de infraestrutura tende a deixar essas mudanças sem planejamento.

A escolha da solução, por exemplo, precisa ser acompanhada de uma análise sobre quem irá utilizá-la, quais processos serão alterados e quais responsabilidades podem mudar. Essa leitura aproxima o projeto técnico da operação real e permite antecipar necessidades de treinamento, suporte e reorganização do trabalho.

A participação de operadores e usuários também merece espaço durante a implantação. Esses profissionais acumulam conhecimento sobre exceções, limitações e formas reais de executar as tarefas, elementos que nem sempre aparecem na especificação técnica. Testes-piloto, validação de fluxos e ciclos de feedback são maneiras de incorporar esse conhecimento sem transferir ao usuário a responsabilidade pelo projeto.

Outro ponto é a forma de medir o sucesso. Instalar o sistema ou colocar uma funcionalidade em produção informa pouco sobre a qualidade da apropriação. Indicadores ligados à competência dos usuários, estabilidade do processo, capacidade de resolver problemas e uso efetivo das funcionalidades podem mostrar se a implantação se consolidou ou se permanece apenas formalmente concluída.

A compatibilidade entre contextos precisa receber atenção semelhante. Uma solução que funcionou em outra unidade, empresa ou país foi sustentada por determinadas condições de infraestrutura, organização e qualificação. Replicá-la exige reconhecer quais dessas condições também existem no novo ambiente e quais terão de ser construídas ou adaptadas.

A contribuição da Antropotecnologia, nesse cenário, está em recolocar pessoas e contexto dentro do problema de projeto. Fatores humanos deixam de ser tratados como interferências externas ou fontes de resistência e passam a compor a própria análise de viabilidade da solução. Essa mudança pode tornar a implementação mais coerente com as condições de trabalho e reduzir ajustes tardios.

6. Considerações finais

O estudo comparou onze publicações com o objetivo de reconhecer fatores sociotécnicos que reaparecem na implementação e na transferência de tecnologias em ambientes produtivos. A análise reuniu os achados em sete eixos: papel humano em ambientes automatizados, adaptação ao contexto local, integração homem-máquina, desenvolvimento de competências, barreiras à adoção, crítica ao tecnocentrismo e condições de implementação relacionadas aos resultados organizacionais.

Embora os trabalhos examinados tratem de setores e tecnologias diferentes, uma conclusão aparece com consistência: a qualidade técnica da solução não explica sozinha o resultado da implantação. Competências, infraestrutura, organização do trabalho, participação dos usuários, cultura e capacidade de aprendizagem interferem na apropriação da tecnologia e no desempenho observado.

A leitura antropotecnológica ajuda a reunir essas evidências sem reduzir a discussão a um único fator. Nos casos comparados, as dificuldades surgem com frequência quando há distância entre o modo como a tecnologia foi concebida e as condições em que precisa operar. Quando adaptação, participação e aprendizagem entram no processo desde o início, aumenta a possibilidade de construir uma relação mais estável entre solução técnica e organização.

Para projetos de transformação digital e transferência tecnológica, o resultado sugere uma mudança de ênfase: além de selecionar a tecnologia, é necessário planejar as condições de sua incorporação. Diagnóstico do contexto, definição de papéis, desenvolvimento de competências, participação dos usuários e acompanhamento do uso ajudam a tratar a implantação como processo organizacional, e não como evento encerrado no momento da instalação.

A principal limitação está no próprio recorte. O corpus é intencional e não exaustivo, portanto não representa toda a produção sobre Antropotecnologia, sistemas sociotécnicos ou transferência de tecnologia. Além disso, os estudos diferem quanto a setor, objetivo e desenho metodológico. Essa heterogeneidade foi útil para observar recorrências, mas não permite comparar magnitudes de efeito nem estabelecer relações causais entre os fatores encontrados.

Pesquisas futuras podem ampliar o conjunto de fontes com estratégias sistemáticas de busca e seleção e aplicar a matriz de análise a setores específicos. Também seria útil investigar, empiricamente, se o peso de fatores como adaptação, capacitação, participação e integração homem-máquina muda conforme a maturidade tecnológica e o tipo de processo produtivo.

Referências

BORDELEAU, F.-E.; MOSCONI, E.; SANTA-EULALIA, L. A. de. Business intelligence and analytics value creation in Industry 4.0: a multiple case study in manufacturing medium enterprises. Production Planning & Control, [S. l.], v. 31, n. 2-3, p. 173-185, 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631458.

CORSI, A.; KOVALESKI, J. L.; PAGANI, R. N. Technology transfer, anthropotechnology and sustainable development: how do the themes relate? Journal of Technology Management & Innovation, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 96-108, 2021. Disponível em: http://jotmi.org. Acesso em: 23 mar. 2025.

GINIGADDARA, B.; PERERA, S.; FENG, Y.; RAHNAMAYIEZEKAVAT, P.; KAGIOGLOU, M. Industry 4.0 driven emerging skills of offsite construction: a multi-case study-based analysis. Construction Innovation, [S. l.], 2022. DOI: https://doi.org/10.1108/CI-04-2022-0081.

KOVALESKI, F.; PICININ, C. T.; KOVALESKI, J. L. The challenges of technology transfer in the Industry 4.0 era regarding anthropotechnological aspects: a systematic review. SAGE Open, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 1-13, 2022. DOI: https://doi.org/10.1177/21582440221111104.

MARGHERITA, E. G.; BRACCINI, A. M. Exploring the socio-technical interplay of Industry 4.0: a single case study of an Italian manufacturing organisation. In: WORKSHOP ON SOCIO-TECHNICAL PERSPECTIVE IN IS DEVELOPMENT, 2020. Proceedings [...]. [S. l.]: [s. n.], 2020.

MARGHERITA, E. G.; BRACCINI, A. M. The impact of Industry 4.0 technologies and the soft side of TQM on organisational performance: a multiple case study analysis on manufacturing organisations. The TQM Journal, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 812-831, 2024. DOI: https://doi.org/10.1108/TQM-01-2022-0022.

MASOOD, T.; EGGER, J. Augmented reality in support of Industry 4.0: implementation challenges and success factors. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, [S. l.], v. 58, p. 181-195, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.02.003.

MATT, D. T.; MODRÁK, V.; ZSIFKOVITS, H. (ed.). Implementing Industry 4.0 in SMEs: concepts, examples and applications. Cham: Springer, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-70516-9.

MOHANKUMAR, P.; LEONG, W. Y.; SUPRAPTO, B. Y. Virtual and augmented reality in Industry 4.0. In: Digital manufacturing and Industry 4.0. [S. l.]: Elsevier, 2020. cap. 4.

NARIMOTO, L. R.; CAMAROTTO, J. A. Technology transfer and anthropotechnology: an analysis of the sugarcane harvesting in Australia and Brazil. African Journal of Agricultural Research, [S. l.], v. 13, n. 31, p. 1564-1576, 2018. DOI: https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12165.
SOUZA, M. A. de; LIMA, F. de P. A.; VARELLA, C. V. S. A conformação social do lixo e das tecnologias de triagem: o caso da transferência de Centrais Mecanizadas de Triagem em São Paulo. urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana, [S. l.], v. 13, e20200073, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20200073.
YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.