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

Antes da IA, a Maturidade Digital: um Framework para Reengenharia Inteligente de Processos na Supply Chain

Petros Augustynczk Samways
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa - PR
Joao Luiz Kovaleski
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa – PR
Leozenir Mendes Betim
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa – PR
Luis Mauricio Martins de Resende
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa – PR

Resumo: A crescente complexidade das cadeias de suprimentos, associada à volatilidade da demanda, à pressão por resiliência e à necessidade de decisões mais rápidas, tem ampliado o interesse pelo uso de Inteligência Artificial (IA) em processos de planejamento, compras, estoques, logística e gestão de riscos. Entretanto, a adoção de IA não produz, por si só, reengenharia de processos: quando aplicada sobre dados fragmentados, sistemas desconectados e rotinas pouco padronizadas, tende a automatizar ineficiências existentes. Este artigo analisa como a maturidade digital organizacional condiciona a capacidade de redesenhar processos da supply chain com apoio de IA. O objetivo é propor um framework conceitual simples que conecte níveis de maturidade digital, prontidão para IA e intensidade de reengenharia possível. Metodologicamente, desenvolve-se uma pesquisa qualitativa, exploratória e bibliográfica, estruturada a partir de trabalhos seminais de reengenharia de processos e de literatura recente sobre supply chain digital, modelos de maturidade, prontidão organizacional para IA e aplicações de IA em gestão de processos. Como resultado, propõe-se uma trajetória em cinco níveis - inicial, digitalizado, integrado, inteligente e orquestrado - articulada a quatro etapas: diagnóstico, priorização, redesenho e escala governada. A principal contribuição é evidenciar que a maturidade digital deve ser tratada como condição habilitadora da reengenharia apoiada por IA, e não como uma etapa tecnológica paralela.

Palavras-chave: Reengenharia de processos, Inteligência Artificial, Maturidade digital, Cadeia de suprimentos, Transformação digital.

Before AI, Digital Maturity: A Framework for Intelligent Process Reengineering in the Supply Chain

Abstract: The growing complexity of supply chains, combined with demand volatility, resilience pressures and the need for faster decisions, has increased interest in Artificial Intelligence (AI) for planning, procurement, inventory, logistics and risk-management processes. However, AI adoption does not automatically produce process reengineering: when deployed over fragmented data, disconnected systems and poorly standardized routines, it may simply automate existing inefficiencies. This paper analyzes how organizational digital maturity conditions the ability to

redesign supply chain processes with AI support. The objective is to propose a simple conceptual framework linking digital maturity levels, AI readiness and the feasible intensity of process reengineering. Methodologically, the study adopts a qualitative, exploratory and bibliographic approach, combining seminal business process reengineering literature with recent research on digital supply chains, maturity models, organizational AI readiness and AI applications in process management. The resulting framework proposes a five-level trajectory - initial, digitized, integrated, intelligent and orchestrated - combined with four stages: diagnosis, prioritization, redesign and governed scaling. The main contribution is to position digital maturity as an enabling condition for AI-supported reengineering rather than as a parallel technology initiative, offering a practical roadmap for managers who seek to move from isolated AI pilots to end-to-end intelligent process redesign.

Keywords: Business process reengineering, Artificial Intelligence, Digital maturity, Supply chain, Digital transformation.

1. Introdução

As cadeias de suprimentos contemporâneas operam em um ambiente marcado por elevada interdependência entre fornecedores, clientes, operadores logísticos e diferentes regiões geográficas. A digitalização ampliou a disponibilidade de dados e conectividade, mas também tornou mais evidente a necessidade de coordenação em tempo real entre funções que historicamente foram administradas em silos. A literatura de digital supply chain associa essa transformação ao uso combinado de tecnologias de informação, conectividade e analytics para criar processos mais integrados, responsivos e orientados a valor (BÜYÜKÖZKAN; GÖÇER, 2018). Em paralelo, conceitos de Supply Chain 4.0 reforçam que a evolução tecnológica deve ser compreendida como uma trajetória de maturidade, e não como a simples aquisição de ferramentas isoladas (FREDERICO et al., 2020).

Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) tem ganhado espaço em atividades como previsão de demanda, otimização de estoques, análise de fornecedores, roteirização, manutenção preditiva, detecção de riscos, processamento documental e suporte à decisão. Revisões recentes mostram que a IA pode atuar em diferentes subcampos da gestão da cadeia, mas também evidenciam requisitos de dados, integração organizacional e implantação que condicionam seus resultados (TOORAJIPOUR et al., 2021; CULOT; PODRECCA; NASSIMBENI, 2024). Portanto, a questão gerencial deixa de ser apenas onde aplicar IA e passa a incluir uma pergunta anterior: a organização possui maturidade digital suficiente para redesenhar o processo em torno dessa tecnologia?

A reengenharia de processos oferece uma lente adequada para essa discussão. Desde os trabalhos de Hammer (1990), Davenport e Short (1990) e Hammer e Champy (1993), a reengenharia é apresentada como uma mudança fundamental na lógica do processo, em contraste com melhorias incrementais. O ponto central não é automatizar a rotina existente, mas repensar como o trabalho deve ser organizado quando novas tecnologias alteram as possibilidades de coordenação, informação e decisão. Essa lógica permanece atual. Pesquisas na interseção entre Business Process Management (BPM) e IA já identificam aplicações de IA em descoberta, análise, redesenho, implementação e monitoramento de processos (FETTKE; DI FRANCESCOMARINO, 2025). A literatura mais recente também sugere que a IA generativa e os sistemas agentivos renovam a relevância da lógica de redesenho radical, embora preservem riscos clássicos relacionados a governança, organização e pessoas (MADSEN; SLÅTTEN, 2026).

O problema investigado neste artigo decorre de uma lacuna prática entre a ambição de implementar IA e as capacidades organizacionais necessárias para transformar processos de supply chain. Iniciativas de IA implantadas em ambientes com dados inconsistentes, baixa integração entre ERP, WMS, TMS, sistemas de fornecedores e planilhas, ausência de governança e baixa clareza de papéis tendem a permanecer como pilotos locais. Em contrapartida, modelos de maturidade digital e estudos sobre prontidão organizacional para

IA destacam dimensões como estratégia, liderança, tecnologia, dados, conhecimento, cultura e pessoas como fatores essenciais para adoção bem-sucedida (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; JÖHNK; WEIßERT; WYRTKI, 2021).

Diante disso, o objetivo deste artigo é propor um framework conceitual simples que relacione maturidade digital, prontidão para IA e reengenharia de processos na cadeia de suprimentos. Busca-se responder à seguinte questão: como o nível de maturidade digital condiciona o tipo e a intensidade de reengenharia de processos apoiada por IA que uma supply chain pode realizar? Como contribuição, o estudo organiza a discussão em cinco níveis de maturidade e quatro etapas de transformação, oferecendo uma referência gerencial para evitar que a adoção de IA se limite à automação de processos ainda fragmentados.

O artigo está dividido em cinco seções. Após esta introdução, a segunda seção apresenta o método de pesquisa. A terceira discute reengenharia, supply chain digital, maturidade digital e prontidão para IA. A quarta apresenta os resultados da síntese e o framework proposto, incluindo níveis de maturidade, etapas de implantação e uma aplicação ilustrativa. Por fim, a quinta seção apresenta as conclusões, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, exploratória e bibliográfica, com finalidade conceitual. A opção por uma revisão bibliográfica estruturada, de caráter narrativo, decorre do objetivo de integrar correntes de literatura que normalmente são analisadas separadamente: reengenharia e BPM, transformação digital da supply chain, modelos de maturidade digital e prontidão/capacidade organizacional para IA. Não se pretende realizar uma revisão sistemática exaustiva, mas construir uma síntese teoricamente fundamentada capaz de sustentar a proposição de um framework aplicável ao contexto da Engenharia de Produção.

A seleção conceitual foi orientada por quatro eixos: a) fundamentos de Business Process Reengineering e Business Process Management; b) digitalização, Supply Chain 4.0 e maturidade digital; c) prontidão organizacional e capacidades para adoção de IA; e d) aplicações e implicações da IA em supply chain e gestão de processos. Foram priorizados trabalhos seminais para o conceito de reengenharia e estudos revisados por pares recentes que apresentassem modelos, revisões de literatura, evidências empíricas ou sínteses diretamente relacionadas aos eixos do estudo. Também foi utilizada, como referência de orientação societal, a visão de Indústria 5.0 da Comissão Europeia, que enfatiza sustentabilidade, resiliência e centralidade humana no uso de tecnologias digitais (EUROPEAN COMMISSION, 2021).

A análise foi realizada por comparação temática. De cada contribuição foram extraídos elementos associados a: pré-condições tecnológicas e de dados; capacidades organizacionais; mecanismos de redesenho; usos de IA; formas de governança; e resultados esperados na cadeia. Em seguida, os elementos convergentes foram agrupados em cinco dimensões de maturidade: dados e governança; integração e arquitetura tecnológica; processos e visibilidade ponta a ponta; pessoas e cultura; e estratégia/governança de IA. A partir dessa síntese, foram propostos cinco níveis evolutivos e quatro etapas de reengenharia. O framework resultante possui natureza prescritiva-conceitual e, portanto, deve ser posteriormente validado empiricamente.

Tabela 1 - Síntese das bases teóricas utilizadas na construção do framework

Referência	Eixo	Contribuição para este estudo
Hammer (1990); Hammer e Champy (1993)	Reengenharia	Redesenho fundamental e radical de processos; tecnologia como habilitadora, não como fim.
Davenport e Short (1990)	Processos e TI	Tecnologia da informação altera possibilidades de coordenação e deve ser combinada ao redesenho do processo.
Schumacher, Erol e Sihn (2016)	Maturidade digital	Maturidade depende de dimensões tecnológicas e organizacionais, incluindo estratégia, liderança, cultura e pessoas.
Büyüközkan e Göçer (2018)	Digital supply chain	Digitalização da cadeia exige integração de tecnologias, processos e parceiros para geração de valor.
Frederico et al. (2020); Weerabahu et al. (2023)	Supply Chain 4.0 e maturidade	A transformação da cadeia ocorre por níveis de maturidade, com estratégia, tecnologia, capacidades e capital humano.
Jöhnk, Weißert e Wyrtki (2021)	Prontidão para IA	Alinhamento estratégico, recursos, conhecimento, cultura e dados condicionam a adoção de IA.
Toorajipour et al. (2021); Culot, Podrecca e Nassimbeni (2024)	IA em supply chain	Aplicações de IA dependem de requisitos de dados/sistemas, implantação, integração interorganizacional e avaliação de desempenho.
Fettke e Di Francescomarino (2025); Madsen e Slåtten (2026)	IA e gestão de processos	IA pode apoiar todo o ciclo de BPM e ampliar a viabilidade de redesenhos mais adaptativos e autônomos, exigindo governança.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

3. Referencial teórico

3.1 Reengenharia de processos: da ruptura ao redesenho orientado por dados

A Business Process Reengineering (BPR) emergiu no início da década de 1990 como reação à automação incremental de rotinas existentes. Hammer (1990) argumentou que o ganho relevante não decorre apenas de informatizar atividades, mas de questionar premissas do trabalho e eliminar estruturas que deixaram de ser necessárias. Davenport e Short (1990), de forma complementar, associaram explicitamente tecnologia da informação e redesenho de processos, defendendo que novas capacidades tecnológicas alteram o modo como informação, sequência, localização e coordenação podem ser organizadas. Hammer e Champy (1993) consolidaram a reengenharia como o repensar fundamental e o redesenho radical de processos para melhorias expressivas em desempenho.

A principal diferença entre reengenharia e melhoria contínua está, portanto, na unidade de mudança. Enquanto a melhoria incremental busca reduzir desperdícios e variabilidade dentro da lógica vigente, a reengenharia questiona a própria lógica do processo: quem decide, em que momento, com quais dados, com que grau de autonomia e com que fluxo entre áreas. Na supply chain, essa distinção é particularmente importante porque muitos processos atravessam fronteiras funcionais e organizacionais, por exemplo, previsão de demanda, planejamento de materiais, compras, gestão de fornecedores, gestão de estoques e transporte.

Com a consolidação do BPM, a lógica de redesenho passou a ser incorporada a um ciclo de gestão que inclui identificação, descoberta, análise, redesenho, implementação e monitoramento (DUMAS et al., 2018). Isso permite tratar a reengenharia não como um evento isolado, mas como uma capacidade organizacional de transformar processos com

base em evidências. Técnicas como process mining reforçam essa perspectiva porque tornam visíveis fluxos reais de execução, desvios, retrabalho e gargalos, reduzindo a dependência de mapas de processo apenas declarativos (CHO et al., 2017).

A IA amplia esse potencial ao introduzir capacidade preditiva, prescritiva e generativa no ciclo de processos. Fettke e Di Francescomarino (2025) demonstram que métodos de IA podem apoiar desde a descoberta de processos até sua análise, redesenho, automação e monitoramento. Em vez de apenas acelerar tarefas, a IA pode alterar a arquitetura da decisão: exceções podem ser previstas antes de ocorrerem, alternativas podem ser simuladas, documentos não estruturados podem ser interpretados e determinadas decisões podem ser delegadas a sistemas dentro de limites de risco definidos. Nessa perspectiva, a reengenharia apoiada por IA ocorre quando a tecnologia modifica o desenho do processo e seus direitos de decisão, e não apenas quando adiciona uma ferramenta a uma atividade existente.

3.2 Supply chain digital e maturidade organizacional

A transformação de uma cadeia tradicional em uma supply chain digital pressupõe visibilidade, conectividade e capacidade de uso de dados ao longo do fluxo físico e informacional. Büyüközkan e Göçer (2018) caracterizam a digital supply chain como uma cadeia orientada a valor e apoiada por tecnologias capazes de integrar e analisar informações de forma mais ampla. Entretanto, a disponibilidade de tecnologias como cloud computing, IoT, analytics, automação, robótica e digital twins não significa que uma empresa consiga combiná-las de modo coerente.

Modelos de maturidade surgem justamente para representar essa evolução. Schumacher, Erol e Sihn (2016) mostram que a prontidão para Indústria 4.0 não é exclusivamente tecnológica e propõem dimensões que incluem produtos, clientes, operações, tecnologia, estratégia, liderança, governança, cultura e pessoas. No contexto específico da cadeia de suprimentos, Frederico et al. (2020) e Weerabahu et al. (2023) também tratam Supply Chain 4.0 e digital supply chain como trajetórias de maturidade, destacando estratégia digital, tecnologias, capacidades organizacionais, infraestrutura e capital humano.

Esse argumento é central para a reengenharia com IA. Uma empresa pode possuir soluções de IA em departamentos específicos e, ainda assim, apresentar baixa maturidade sistêmica da supply chain. Por exemplo, um modelo sofisticado de previsão de demanda terá efeito limitado se cadastros de produtos são inconsistentes, se dados de vendas não estão integrados ao planejamento, se o lead time de fornecedores é atualizado manualmente ou se a política de estoque não está formalizada. A maturidade, nesse sentido, representa a capacidade do sistema sociotécnico de fornecer dados confiáveis, conectar decisões, absorver mudanças e sustentar o novo processo após o piloto.

A maturidade também deve ser avaliada no nível interorganizacional. Cadeias de suprimentos dependem de fornecedores, clientes e operadores logísticos que possuem diferentes níveis de digitalização. Por isso, a visibilidade ponta a ponta não depende apenas da arquitetura interna da empresa focal. A capacidade de compartilhar dados, estabelecer padrões, definir governança e integrar eventos externos torna-se parte do problema de reengenharia. Quanto maior a dependência do processo de dados distribuídos entre parceiros, maior a relevância de maturidade digital e governança de ecossistema.

3.3 Prontidão organizacional e capacidades para Inteligência Artificial

A prontidão para IA diferencia-se da simples disponibilidade de software ou infraestrutura computacional. Jöhnk, Weißert e Wyrtki (2021) identificam cinco grandes categorias de prontidão organizacional: alinhamento estratégico, recursos, conhecimento, cultura e dados. A contribuição desse enfoque está em reconhecer que adoção bem-sucedida exige coerência entre o problema de negócio, os recursos disponíveis e a disposição da

organização para alterar rotinas. Em direção semelhante, Mikalef e Gupta (2021) tratam capacidade de IA como combinação de recursos tangíveis, humanos e intangíveis, e não como aquisição de uma tecnologia isolada.

Aplicado à supply chain, isso implica que o caso de uso de IA deve estar vinculado a um problema mensurável do processo. Prever demanda, por exemplo, não é um objetivo em si; o objetivo pode ser reduzir erro de previsão e, sobretudo, redesenhar decisões de reposição, alocação de capacidade e gestão de exceções. Da mesma forma, um algoritmo de roteirização só configura transformação quando seus resultados estão conectados ao TMS, às restrições operacionais, aos dados de transporte e ao processo de aprovação. O valor emerge da integração entre modelo analítico e processo decisório.

Estudos recentes sobre IA em supply chain reforçam a importância dessa integração. Toorajipour et al. (2021) identificam ampla variedade de técnicas e subáreas potenciais. Culot, Podrecca e Nassimbeni (2024), ao restringirem sua análise a estudos empíricos, organizam os desafios em torno de requisitos de dados e sistemas, processos de implantação tecnológica, integração interorganizacional e implicações de desempenho. Essa estrutura sugere que a maturidade digital atua como mecanismo de conversão entre potencial técnico da IA e mudança real do processo.

Também se torna necessária uma governança explícita para a atuação de IA. À medida que modelos passam de suporte analítico para decisões prescritivas ou execução automatizada, surgem questões sobre qualidade de dados, explicabilidade, limites de autonomia, responsabilização, segurança, privacidade e monitoramento de desempenho. A reengenharia deve, portanto, redesenhar não apenas o fluxo de atividades, mas os papéis entre pessoas, algoritmos e sistemas. O princípio orientador é que o nível de autonomia permitido à IA deve ser proporcional à criticidade, reversibilidade e risco da decisão.

3.4 IA na supply chain: de automação local a reengenharia ponta a ponta

As aplicações mais recorrentes de IA na supply chain podem ser agrupadas em previsão, otimização, classificação/extração de informação, detecção de anomalias e apoio ou automação de decisões. Na previsão de demanda, modelos de machine learning podem incorporar múltiplas variáveis e gerar previsões em maior frequência. Na logística, algoritmos podem apoiar roteirização, consolidação de cargas e seleção de modais. Em compras, modelos podem classificar fornecedores, analisar documentos e sinalizar riscos. Na manutenção, dados de sensores podem sustentar modelos preditivos. Em gestão de riscos, digital twins e modelos analíticos podem testar cenários de ruptura antes de decisões reais (IVANOV; DOLGUI, 2021).

O ponto de reengenharia está na integração dessas capacidades ao fluxo decisório. Um processo tradicional de planejamento pode ser baseado em consolidação mensal de planilhas, revisão manual e emissão tardia de ordens. Um processo redesenhado pode operar por eventos, receber dados integrados de vendas e estoque, produzir previsões continuamente, priorizar exceções e gerar recomendações de reposição. O papel do planejador muda de executor de cálculos para gestor de exceções, cenários e trade-offs. A tecnologia, portanto, altera sequência, frequência, responsabilidades e critérios da decisão.

Contudo, quanto mais abrangente o redesenho, maior a dependência de maturidade. Aplicações locais de IA podem funcionar com conjuntos de dados relativamente delimitados; já processos ponta a ponta exigem integração entre funções e parceiros, qualidade de dados mestre, arquitetura robusta, regras de negócio explícitas e governança. Esse gradiente fundamenta a proposição central deste artigo: a intensidade viável de reengenharia apoiada por IA é condicionada pelo nível de maturidade digital da organização e da cadeia.

Tabela 2 - Exemplos de IA e pré-condições de reengenharia na supply chain

Processo	Tecnologia	Uso da IA	Pré-condição digital	Mudança no processo
Planejamento da demanda	ML/predição	Prever volumes e detectar padrões	Dados históricos confiáveis; integração comercial/operacional	Revisão por exceção em vez de consolidação manual
Estoques e reposição	Otimização/ML	Definir estoque, ponto de pedido e reposição	ERP/WMS integrados; parâmetros mestres governados	Reposição orientada por evento e risco
Compras e fornecedores	NLP/ML	Analisar documentos, risco e desempenho	Base única de fornecedores; contratos digitalizados	Sourcing e monitoramento contínuo por exceção
Logística	Otimização/IA	Rotas, modais, cargas e ETA	TMS, telemetria e restrições operacionais integradas	Planejamento dinâmico e replanejamento em tempo real
Riscos e resiliência	Digital twin/analytics	Simular rupturas e respostas	Visibilidade ponta a ponta; eventos externos confiáveis	Gestão preventiva de cenários e contingências
Processos administrativos	IA generativa/NLP	Ler contratos, faturas e mensagens	Documentos digitais; segurança e governança	Triagem, validação e encaminhamento sem atividades repetitivas

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Toorajipour et al. (2021), Ivanov e Dolgui (2021), Culot, Podrecca e Nassimbeni (2024) e Fettke e Di Francescomarino (2025)

4. Resultados e discussão

4.1 Maturidade digital como condição habilitadora

A síntese da literatura permite tratar maturidade digital como variável de projeto da reengenharia. Em níveis baixos, o desafio principal é tornar o processo observável e digital: padronizar atividades, organizar dados e reduzir dependência de planilhas e registros manuais. Em níveis intermediários, o foco desloca-se para integração, visibilidade ponta a ponta e governança, criando condições para modelos preditivos e pilotos de IA. Nos níveis superiores, a organização pode redesenhar decisões de forma mais profunda, conectando modelos, sistemas e papéis organizacionais em ciclos mais rápidos e, progressivamente, mais autônomos.

Essa leitura evita dois extremos. O primeiro é a visão tecnológica de que qualquer processo pode ser transformado imediatamente pela IA. O segundo é a visão determinística de que a empresa precisa atingir maturidade máxima antes de iniciar qualquer iniciativa. O framework proposto adota uma lógica de adequação: usos experimentais e locais podem começar em níveis menores, desde que os riscos sejam limitados; já a reengenharia transversal, com decisões automatizadas e integração interorganizacional, exige níveis mais elevados de maturidade.

A partir das convergências identificadas em Schumacher, Erol e Sihn (2016), Jöhnk, Weißert e Wyrtki (2021), Frederico et al. (2020) e Weerabahu et al. (2023), foram consolidadas cinco dimensões de diagnóstico: a) dados e governança de dados; b) integração e arquitetura tecnológica; c) processos e visibilidade ponta a ponta; d) pessoas, competências e cultura; e e) estratégia, governança e gestão de risco de IA. Essas dimensões não precisam evoluir de forma perfeitamente uniforme, mas a existência de lacunas críticas pode limitar o tipo de reengenharia viável.

Tabela 3 - Níveis propostos de maturidade para reengenharia apoiada por IA

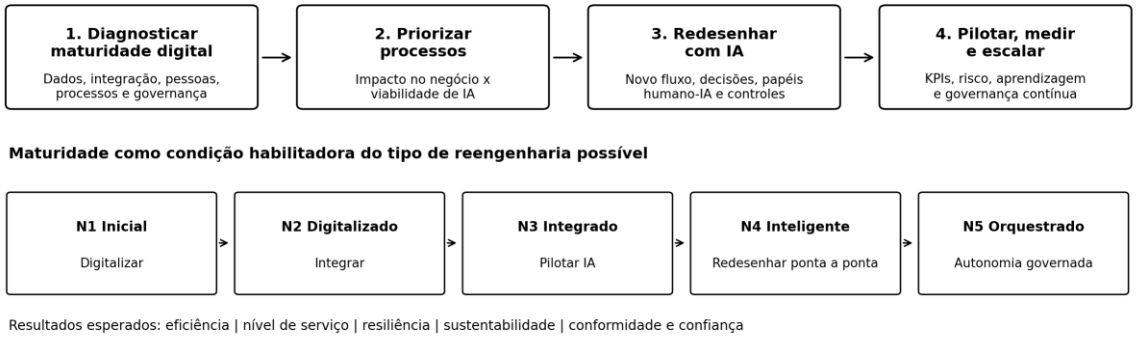
Nível	Características	Prioridade de reengenharia	Uso de IA compatível	Controle-chave
1 - Inicial	Processos manuais; dados dispersos; baixa padronização	Mapear, simplificar e digitalizar o processo	Experimentos controlados, sem dependência operacional	Dados e processo ainda não são suficientemente confiáveis
2 - Digitalizado	Sistemas locais e registros digitais, porém em silos	Padronizar dados e integrar sistemas principais	Copilotos, classificação, automações locais e apoio analítico	Evitar automatizar handoffs e inconsistências entre áreas
3 - Integrado	ERP e sistemas conectados; dados governados; visibilidade relevante	Redesenhar fluxos interfuncionais e gestão por exceção	ML preditivo, otimização e pilotos prescritivos integrados	Manter humano na decisão de maior impacto e medir desempenho
4 - Inteligente	Analytics integrado; automação; monitoramento de modelos	Redesenhar decisões ponta a ponta e reduzir latência	IA prescritiva, process mining, agentes restritos e digital twins	Governança de modelos, segurança, explicabilidade e contingência
5 - Orquestrado e sustentável	Ecossistema conectado; decisões adaptativas; governança madura	Reengenharia contínua com aprendizado e critérios ESG/resiliência	Orquestração semi-autônoma/autônoma dentro de limites definidos	Supervisão proporcional ao risco e avaliação socioambiental contínua

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

4.2 Framework de Maturidade Digital para Reengenharia Inteligente da Supply Chain

O framework proposto é composto por duas lógicas complementares. A primeira é evolutiva e representa os cinco níveis de maturidade. A segunda é cíclica e representa quatro etapas de reengenharia: diagnosticar, priorizar, redesenhar e escalar. O nível de maturidade não determina automaticamente qual tecnologia deve ser utilizada; ele define o grau de complexidade, integração e autonomia que a organização consegue sustentar com risco aceitável. A Figura 1 sintetiza essa relação.

Figura 1 - Framework de Maturidade Digital para Reengenharia Inteligente da Supply Chain



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Etapa 1 - Diagnosticar maturidade digital. O ponto de partida é avaliar as cinco dimensões propostas no processo-alvo e em suas interfaces. O diagnóstico deve ser realizado sobre evidências operacionais: origem e qualidade dos dados, nível de integração, existência de identificadores comuns, disponibilidade de logs, clareza de regras, competências da equipe e mecanismos de governança. O resultado não deve ser uma nota genérica da empresa, mas um perfil de prontidão do processo que será redesenhado.

Etapa 2 - Priorizar processos. A seleção deve equilibrar impacto e viabilidade. Processos com elevado custo, retrabalho, latência decisória, variabilidade, dependência de análise

humana repetitiva ou grande volume de dados podem apresentar maior potencial. Entretanto, um caso de uso de alto impacto e baixa prontidão deve gerar primeiro um plano de capacitação digital. Essa lógica reduz o risco de selecionar IA apenas pelo apelo tecnológico.

Etapa 3 - Redesenhar com IA. O processo futuro deve ser concebido a partir da pergunta: se dados confiáveis e capacidade de IA estivessem disponíveis, como a decisão deveria ocorrer? Nessa etapa definem-se atividades a eliminar, automatizar ou ampliar; dados necessários; regras e objetivos do modelo; papéis humano-IA; limites de autonomia; tratamento de exceções; trilhas de auditoria; e integração com sistemas transacionais. A tecnologia entra como elemento do desenho do processo, e não como camada posterior.

Etapa 4 - Pilotar, medir e escalar. O novo processo deve ser testado com indicadores de negócio e controles de risco. Além de métricas técnicas do modelo, a avaliação deve incluir tempo de ciclo, custo, nível de serviço, estoque, produtividade, qualidade, resiliência e, quando aplicável, métricas ambientais. O escalonamento somente ocorre quando o processo demonstra estabilidade, os dados são monitorados e os responsáveis pelas decisões estão definidos. Em processos críticos, deve existir mecanismo de fallback para operação segura em caso de indisponibilidade ou degradação do modelo.

4.3 Aplicação ilustrativa: planejamento de demanda e reposição

Para demonstrar a aplicação do framework, considera-se um processo hipotético de planejamento de demanda e reposição. No cenário inicial, os planejadores extraem dados do ERP, combinam planilhas comerciais, revisam previsões semanalmente e geram recomendações de compra após múltiplas validações. O fluxo contém atividades de consolidação, correção manual de cadastro e conferência de estoque, e o desempenho depende fortemente de conhecimento tácito.

Em maturidade nível 1, a prioridade não é implantar um modelo sofisticado de previsão, mas padronizar famílias de produtos, políticas de estoque, calendários e responsabilidades. No nível 2, dados passam a ser digitais, porém podem estar fragmentados entre ERP, CRM e WMS; a reengenharia concentra-se em integração e qualidade de dados. Ferramentas de IA generativa podem apoiar documentação e análises pontuais, mas não devem assumir decisões operacionais críticas.

Ao atingir o nível 3, a organização passa a dispor de base integrada suficiente para um piloto de machine learning. O redesenho pode substituir a consolidação manual por previsão recorrente e gestão por exceção: o sistema sinaliza itens com maior erro, risco de ruptura ou alteração de padrão, e o planejador concentra atenção nos casos relevantes. A decisão permanece supervisionada e os impactos sobre nível de serviço, estoque e aderência da previsão são monitorados.

No nível 4, a previsão deixa de ser uma saída isolada e passa a alimentar decisões prescritivas de reposição, capacidade e alocação. Eventos de fornecedores e logística podem atualizar cenários em maior frequência. O processo é redesenhado de forma transversal entre planejamento, compras e operações. No nível 5, modelos de simulação ou digital twins podem comparar alternativas considerando simultaneamente custo, nível de serviço, risco e critérios de sustentabilidade, com decisões de baixa criticidade executadas automaticamente dentro de limites e decisões de alto impacto encaminhadas para aprovação humana.

Esse exemplo evidencia que o mesmo caso de uso - previsão de demanda - possui significados muito diferentes conforme a maturidade. Em baixa maturidade, a IA é uma ferramenta analítica periférica; em maturidade intermediária, torna-se parte de um processo integrado; e em maturidade avançada, pode sustentar uma reconfiguração do sistema de decisão da supply chain. Portanto, o potencial de IA não deve ser avaliado apenas pela

acurácia do algoritmo, mas pela capacidade da organização de redesenhar e operar o processo resultante.

4.4 Implicações gerenciais, resiliência e sustentabilidade

A primeira implicação gerencial é que o portfólio de IA deve estar subordinado ao portfólio de processos. Em vez de iniciar pela ferramenta disponível, recomenda-se identificar processos críticos, mensurar sua maturidade e definir qual transformação de desempenho se pretende obter. Essa inversão reduz o risco de pilotos desconectados e torna mais clara a responsabilidade pelos resultados.

A segunda implicação é que maturidade digital precisa ser tratada como investimento em capacidade de transformação. Integração de sistemas, governança de dados, formação de pessoas e padronização de processos podem parecer atividades preparatórias, mas são parte do próprio projeto de reengenharia. A literatura de prontidão para IA sustenta que recursos, conhecimento, cultura, dados e alinhamento estratégico devem evoluir conjuntamente (JÖHNK; WEIßERT; WYRTKI, 2021).

A terceira implicação refere-se à resiliência. Cadeias digitais com maior visibilidade e capacidade analítica podem detectar mudanças mais cedo e simular respostas a rupturas. O conceito de digital supply chain twin de Ivanov e Dolgui (2021) exemplifica como representação digital do estado da rede pode apoiar decisões preditivas e reativas. No framework proposto, contudo, esse tipo de solução é associado a níveis superiores de maturidade porque depende de dados integrados e atualizados sobre a rede.

A quarta implicação é incorporar sustentabilidade e centralidade humana ao redesenho. A perspectiva de Indústria 5.0 enfatiza que o uso de tecnologias deve contribuir não apenas para produtividade, mas para uma indústria sustentável, resiliente e centrada nas pessoas (EUROPEAN COMMISSION, 2021). Assim, decisões de IA em logística, compras e estoques podem incluir critérios ambientais e de risco, enquanto o desenho dos papéis deve considerar capacitação, supervisão e qualidade do trabalho. O objetivo não é maximizar autonomia algorítmica, e sim utilizar o nível adequado de automação para o contexto e a criticidade do processo.

Por fim, a discussão sugere quatro proposições conceituais: P1) maior maturidade digital amplia a viabilidade de reengenharia com IA ao elevar qualidade de dados, integração e capacidade de absorção; P2) o valor da IA aumenta quando o redesenho modifica fluxo, responsabilidades e decisões, e não apenas automatiza tarefas; P3) o nível de autonomia deve crescer de forma proporcional à maturidade de governança e ao controle de risco; e P4) os resultados da reengenharia inteligente devem ser avaliados de forma multidimensional, incorporando eficiência, serviço, resiliência, sustentabilidade e confiança. Essas proposições oferecem uma agenda direta para validação empírica.

5. Conclusões

Este artigo discutiu a reengenharia de processos apoiada por Inteligência Artificial na cadeia de suprimentos a partir de uma premissa central: antes de escalar IA, a organização precisa desenvolver maturidade digital compatível com o grau de transformação desejado. O objetivo foi propor um framework conceitual que conectasse maturidade digital, prontidão para IA e intensidade de reengenharia possível.

Por meio de pesquisa bibliográfica exploratória e síntese conceitual, foram integradas contribuições clássicas de BPR com literatura recente sobre BPM e IA, digital supply chain, Supply Chain 4.0, maturidade digital e prontidão organizacional para IA. A análise mostrou convergência em torno de capacidades que extrapolam tecnologia: dados, integração, processos, pessoas, cultura, estratégia e governança. Esses elementos foram

reorganizados em cinco dimensões diagnósticas e cinco níveis de maturidade: inicial, digitalizado, integrado, inteligente e orquestrado/sustentável.

Como resultado, o framework propõe quatro etapas - diagnosticar, priorizar, redesenhar e escalar - e associa cada nível de maturidade a tipos compatíveis de uso de IA e reengenharia. Em níveis iniciais, a prioridade é digitalizar e integrar. No nível integrado, tornam-se viáveis pilotos preditivos conectados aos sistemas e a gestão por exceção. Nos níveis inteligente e orquestrado, a IA pode participar de decisões prescritivas, simulações, adaptação de processos e automação mais abrangente, desde que acompanhada por governança, supervisão e mecanismos de contingência.

A contribuição teórica está em posicionar a maturidade digital como condição habilitadora entre potencial tecnológico e redesenho efetivo do processo. A contribuição gerencial consiste em uma lógica simples para evitar a automação de ineficiências e orientar a evolução de pilotos isolados para processos ponta a ponta. O framework também reforça que desempenho não deve ser limitado a custo e velocidade, incorporando resiliência, sustentabilidade, conformidade e confiança na operação.

Como limitação, o estudo possui natureza conceitual e bibliográfica e o framework ainda não foi validado em organizações. Além disso, diferentes segmentos possuem requisitos distintos de integração, regulação e risco, o que pode alterar os limiares entre os níveis. Trabalhos futuros devem operacionalizar as cinco dimensões em indicadores mensuráveis, aplicar o diagnóstico em estudos de caso ou surveys e testar a relação entre maturidade, intensidade de reengenharia apoiada por IA e desempenho da supply chain. Também se recomenda investigar diferenças entre empresas focais e seus fornecedores, especialmente em cadeias sustentáveis e em contextos de pequenas e médias empresas.

Referências

BÜYÜKÖZKAN, G.; GÖÇER, F. Digital Supply Chain: literature review and a proposed framework for future research. Computers in Industry, v. 97, p. 157-177, 2018. DOI: 10.1016/j.compind.2018.02.010.

CHO, M.; SONG, M.; COMUZZI, M.; YOO, S. Evaluating the effect of best practices for business process redesign: an evidence-based approach based on process mining techniques. Decision Support Systems, v. 104, p. 92-103, 2017. DOI: 10.1016/j.dss.2017.10.004.

CULOT, G.; PODRECCA, M.; NASSIMBENI, G. Artificial intelligence in supply chain management: a systematic literature review of empirical studies and research directions. Computers in Industry, v. 162, art. 104132, 2024. DOI: 10.1016/j.compind.2024.104132.

DAVENPORT, T. H.; SHORT, J. E. The new industrial engineering: information technology and business process redesign. Sloan Management Review, v. 31, n. 4, p. 11-27, 1990.

DUMAS, M.; LA ROSA, M.; MENDLING, J.; REIJERS, H. A. Fundamentals of Business Process Management. 2. ed. Berlin: Springer, 2018. DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4.

EUROPEAN COMMISSION. Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021.

FETTKE, P.; DI FRANCESCOMARINO, C. Business Process Management and Artificial Intelligence: literature survey and future research. KI - Künstliche Intelligenz, v. 39, p. 67-79, 2025. DOI: 10.1007/s13218-025-00891-y.

FREDERICO, G. F.; GARZA-REYES, J. A.; ANOSIKE, A.; KUMAR, V. Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. Supply Chain Management: An International Journal, v. 25, n. 2, p. 262-282, 2020. DOI: 10.1108/SCM-09-2018-0339.

HAMMER, M. Reengineering work: don't automate, obliterate. Harvard Business Review, v. 68, n. 4, p. 104-112, 1990.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. Reengineering the Corporation: a manifesto for business revolution. New York: HarperBusiness, 1993.

IVANOV, D.; DOLGUI, A. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. Production Planning & Control, v. 32, n. 9, p. 775-788, 2021. DOI: 10.1080/09537287.2020.1768450.

JÖHNK, J.; WEIßERT, M.; WYRTKI, K. Ready or not, AI comes: an interview study of organizational AI readiness factors. Business & Information Systems Engineering, v. 63, p. 5-20, 2021. DOI: 10.1007/s12599-020-00676-7.

MADSEN, D. Ø.; SLÅTTEN, K. Business Process Reengineering in the age of generative and agentic AI: translation, persistence, and renewed relevance. Administrative Sciences, v. 16, n. 8, art. 364, 2026. DOI: 10.3390/admsci16080364.

MIKALEF, P.; GUPTA, M. Artificial intelligence capability: conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. Information & Management, v. 58, n. 3, art. 103434, 2021. DOI: 10.1016/j.im.2021.103434.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. Procedia CIRP, v. 52, p. 161-166, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.040.

TOORAJIPOUR, R.; SOHRABPOUR, V.; NAZARPOUR, A.; OGHAZI, P.; FISCHL, M. Artificial intelligence in supply chain management: a systematic literature review. Journal of Business Research, v. 122, p. 502-517, 2021. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.09.009.

WEERABAHU, W. M. S. K.; SAMARANAYAKE, P.; NAKANDALA, D.; HURRIYET, H. Digital supply chain research trends: a systematic review and a maturity model for adoption. Benchmarking: An International Journal, v. 30, n. 9, p. 3040-3066, 2023. DOI: 10.1108/BIJ-12-2021-0782.