

ARTEFACT

DO CUSTO AO VALOR:

O Impacto Estratégico da IA em Supply Chain

O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA REDUÇÃO DE
CUSTOS E EVOLUÇÃO DO SUPPLY CHAIN





QUEM SOMOS:

Autoria & Equipe

A equipe da Autoria é composta por profissionais multidisciplinares com expertise em dados, tecnologia, negócios e inovação. Todo time Artefact trabalha de forma colaborativa para entregar soluções de alto impacto, sempre alinhadas às necessidades de nossos clientes.

Mauricio Guggiana

Ai & Data Consultant Director

Gustavo Andrade

Data Consultant Manager

Lay d'Arc

Graphic Designer

Carolina Dias

Senior Data Scientist

Gustavo Ribeiro

Senior Data Consultant

Paolo Gozdink

Marketing Specialist Brazil & LatAm

Clara Castellon Cunha

Data Consultant

Paolla Furquim

Senior Data Scientist



SOBRE AUTORIA

Artefact

A Artefact acelera a adoção dos dados e da Inteligência Artificial para impactar positivamente as pessoas e as organizações. Oferecemos uma ampla gama de serviços, desde a estratégia até as operações, com a implementação de soluções de IA por setores industriais, que ajudam as empresas a capturar a vantagem competitiva da transformação data e AI.

[in](#) [@](#) [▶](#)



Sumário



Sumário

Introdução

A Nova Realidade: Por que o Supply Chain é o pilar da vantagem competitiva	1
O Cenário Atual: IA Ainda Subutilizada no Setor	2
As Oportunidades Transformadoras da IA	4

Panorama de Supply Chain e Inteligência Artificial

Desafios Atuais do Setor: Um Centro de Custo Crítico e Vulnerável	6
Tendências e Tecnologias no Mercado de Supply Chain	7
Desafios Emergentes e o Papel Transformador da IA	9
A Cadeia de Valor Segmentada: Planejamento, Armazenagem e Logística & Distribuição	11

IA & Planejamento

Inteligência desde o primeiro passo: Como a IA impacta o planejamento	15
As Duas Faces do Planejamento: S&OP e S&OE	17
IA no S&OP: Da Previsão Estratégica à Otimização de Recursos	18
IA no S&OE: Agilidade e Precisão na Execução do Dia a Dia	19
Estudo de Caso: Ganhos Reais com IA em S&OE no Setor de Eletrodomésticos	20

Estoques Otimizados

Estoques Otimizados: Nível de Serviço ótimo a um custo reduzido	22
O Estoque no Contexto do Supply Chain	22
Otimizações além da IA tradicional	24
Política de Estoque	25
Onde Entra a Inteligência Artificial	28



Logística & Distribuição 31

Logística & Distribuição: impulsionando o inbound e o outbound 32

Inbound: Gestão Inteligente da Entrada de Materiais 32

Outbound: Otimizando a Entrega e a Experiência do Cliente 34

Medindo Impacto 38

Como Medir o Impacto: A Metodologia de estimativa de valor 39

Exemplos de estimativa de valor em caso de uso 41

AI Agents 44

Agentes de IA: A próxima fronteira na autonomia da cadeia de valor 45

A Era da Autonomia: Redefinindo a Inteligência na Cadeia de Suprimentos 46

Agentes de IA vs. Automação Tradicional 48

Oportunidades de Agentes para o Setor 49

Agentic Room: A forma de alavancar o impacto exponencialmente 52

Digital Twins 56

Uma Tendência Antiga: Digital Twins 57

Tipos de Digital Twin 59

Benefícios e Desafios na Implementação 60

Cadeia Inteligente 64

Point of View de uma cadeia inteligente 65

Roadmap de Adoção 66

Passo a passo para implementação 69

Artefact como Parceiro 73

Por que Artefact é o Parceiro Ideal 74

Links e Referências 78

Glossário 82

Sumário



Introdução

A Nova Realidade: *Por que o Supply Chain é o pilar da vantagem competitiva*

A gestão da cadeia de suprimentos não se trata apenas de uma função operacional e consolida-se como um pilar estratégico fundamental para a competitividade e o sucesso empresarial no cenário de mercado atual. Atua como um centro essencial para a entrega de valor ao cliente e a otimização de recursos em toda a organização.

Uma cadeia de suprimentos bem organizada e eficiente assegura entregas pontuais, otimiza o uso de recursos, reduz significativamente os custos operacionais e de armazenagem, e eleva a satisfação do cliente, fortalecendo a lealdade e a retenção.

Adicionalmente, contribui para a resiliência organizacional e a melhoria do fluxo de caixa. O processo de gestão da cadeia de suprimentos (SCM) é abrangente, englobando desde a aquisição de matérias-primas e os processos de fabricação até a gestão de inventário, a logística de distribuição e a entrega final ao consumidor, buscando otimizar o desempenho em cada uma dessas etapas.

Embora a cadeia de suprimentos seja frequentemente percebida como um centro de custo crítico, sua capacidade de gerar valor é imensa. Uma gestão otimizada se traduz diretamente em **vantagem competitiva e resiliência**, posicionando a cadeia de suprimentos como um motor de valor estratégico.

A inteligência artificial (IA), ao otimizar esses processos complexos, eleva o papel da cadeia de suprimentos de uma despesa para um investimento estratégico que impulsiona a competitividade e a resiliência.

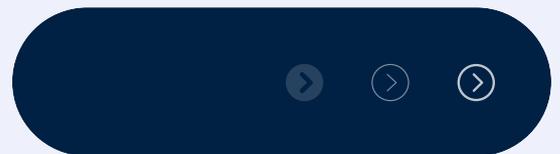
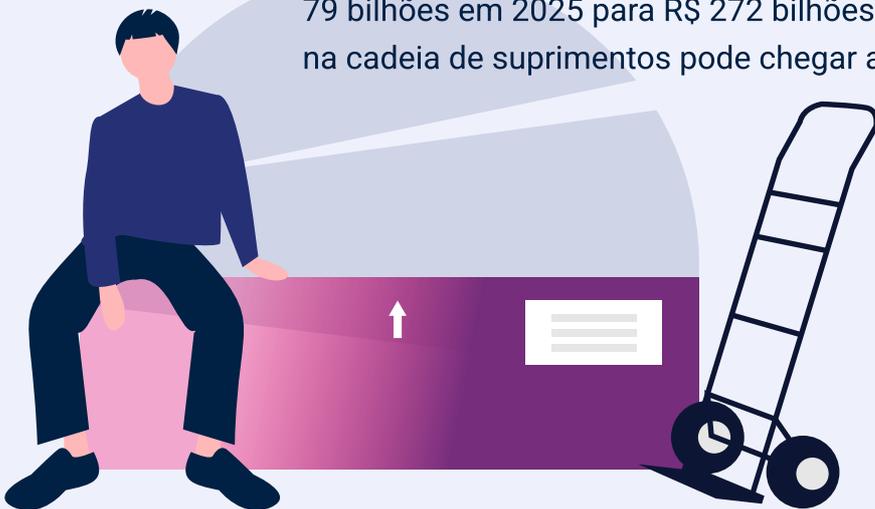
O Cenário Atual: IA Ainda Subutilizada no Setor

Apesar da inegável relevância estratégica do setor e da abundância de soluções de prateleira disponíveis no mercado, a adoção da Inteligência Artificial na cadeia de suprimentos ainda se encontra em um estágio inicial ou é considerada superficial por muitas empresas. Pesquisas recentes indicam que, embora a IA generativa prometa avanços significativos em automação e eficiência, sua implementação enfrenta obstáculos substanciais, como a qualidade dos dados, a complexidade tecnológica e, notavelmente, a resistência organizacional.

Há uma contradição evidente entre o vasto potencial da IA e a lentidão em sua adoção generalizada.

O mercado global de IA em logística tem experimentado um **crescimento exponencial, com projeções de 30% ao ano para os próximos cinco anos**, e empresas com maior investimento em IA reportaram um **crescimento de receita 61% superior**.

O cenário global e brasileiro da gestão da cadeia de suprimentos e da inteligência artificial aplicada está em uma trajetória de crescimento acelerado, impulsionado por uma transformação digital profunda. A Inteligência Artificial (IA) aplicada à cadeia de suprimentos apresenta expansão ainda mais acelerada: mundialmente, as estimativas variam de R\$ 79 bilhões em 2025 para R\$ 272 bilhões em 2031. No Brasil, o mercado de IA na cadeia de suprimentos pode chegar a R\$ 8 bilhões até 2030.



Esse avanço se explica pelos ganhos concretos que a IA traz em eficiência e redução de custos. **Modelos de machine learning e algoritmos de otimização possibilitam:**

- ✓ Previsões de demanda mais precisas, diminuindo rupturas e estoques excedentes e recuperando milhões de reais em vendas perdidas.
- ✓ Roteirização dinâmica, que reduz gastos logísticos e de combustível em dezenas de milhões de reais por ano.
- ✓ Visibilidade em tempo real de toda a cadeia, permitindo decisões proativas e mitigação de riscos operacionais.

Com esses benefícios, a IA transforma a cadeia de suprimentos de um centro de custos em um motor estratégico de geração de valor, justificando o ritmo acelerado de investimento global.

Crescimento anual do mercado global de IA em logística **+30% ao ano**

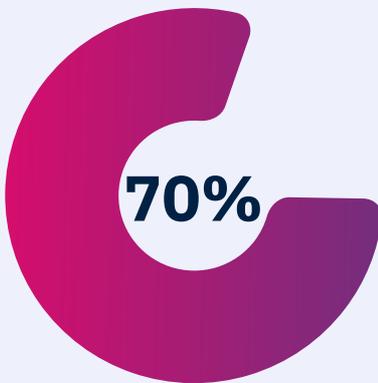
Empresas que mais investem em IA **+61% em receita**

Mercado global de IA na cadeia de suprimentos **R\$ 79 bi (2025)**
R\$ 272 bi (2031)

Mercado brasileiro de IA na cadeia de suprimentos **R\$ 8 bi**

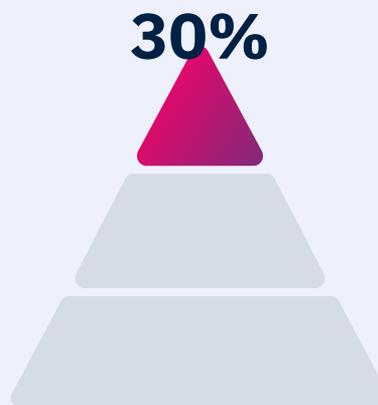
Estamos no meio de uma das maiores oportunidades da IA até agora.

Centro de Custo Crítico



...de todos os principais fatores de custo nas organizações vêm das operações, como manufatura, distribuição e logística.

Baixa Adoção de IA Ainda



...das empresas realmente aplicam IA de forma ampla em suas operações, o que impacta seu potencial de reduzir custos significativamente e manter níveis de serviço.

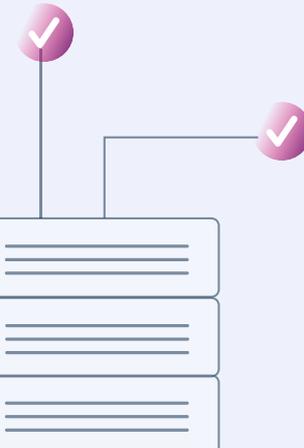
Maior Oportunidade de ROI



As operações oferecem o maior ROI para implementação de IA, com impacto facilmente mensurável por meio de redução de custos, aumento de produtividade e previsibilidade.

Fontes: 1 McKinsey Ops 4.0 2 Deloitte, State of AI 3 MIT Sloan, Winning With AI

As Oportunidades Transformadoras da IA



A Inteligência Artificial promete e entrega maior automação, eficiência e personalização. Empresas de diversos setores já exploram essas inovações, utilizando a IA para automatizar processos críticos como a previsão de demanda, o planejamento de recursos e a gestão de estoque, além de aprimorar o atendimento ao cliente com respostas rápidas e personalizadas. Os benefícios mais frequentemente citados incluem a melhoria da satisfação do cliente, a redução de custos operacionais, o aumento da eficiência dos processos e uma maior automação. Olhando para o futuro, a IA promete impulsionar a sustentabilidade e promover avanços ainda mais significativos na automação.

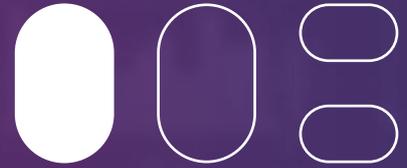
A IA impulsiona valor em uma ampla gama de áreas na cadeia de suprimentos:

Desde a previsão de demanda e o planejamento de produção até a gestão de riscos, a gestão de fornecedores, o *sourcing* estratégico, a análise de contratos, o design de produtos, a manutenção preditiva e a otimização do comércio global. A IA permite que as empresas se adaptem de forma proativa a um mercado cada vez mais volátil o que transforma desafios em oportunidades estratégicas, permitindo que as organizações não apenas reajam a eventos, mas os antecipem para suas operações.



Neste e-book, aprofundaremos como a Inteligência Artificial está sendo explorada em diversas áreas da cadeia de suprimentos, desde o planejamento estratégico até a execução logística. Abordaremos casos reais de aplicação, discutiremos metodologias robustas para mensurar o impacto e o retorno sobre o investimento (ROI) da IA, e exploraremos as principais tendências de mercado do setor. Nosso objetivo é fornecer um guia prático e estratégico para líderes e executivos que buscam transformar seus custos operacionais em valor tangível e vantagem competitiva duradoura através da inovação impulsionada pela IA.

 Capítulo 1



Panorama de Supply Chain e *Inteligência Artificial*



Desafios atuais do setor: um centro de custo crítico e vulnerável

A cadeia de suprimentos é um centro de custo crítico para as empresas, operando sob pressão constante para otimizar a eficiência e as margens. Esta área é suscetível a fatores externos imprevisíveis, que podem variar de greves e condições climáticas extremas a pandemias globais, acidentes de transporte e instabilidade geopolítica.

Tais interrupções podem resultar em:

- ✓ Atrasos significativos
- ✓ Paralisações na produção
- ✓ Perdas financeiras substanciais

Apesar da cadeia de suprimentos ser o ponto onde o valor da empresa é efetivamente entregue ao mercado, assegurando a disponibilidade de produtos e a satisfação do cliente, a adoção de soluções de Inteligência Artificial ainda não atingiu a robustez que seu potencial sugere. Problemas persistentes incluem a dificuldade de integrar equipes de diferentes setores e sistemas díspares, a necessidade contínua de aprimoramento logístico e o desafio de alinhar-se eficazmente com fornecedores.

A volatilidade e imprevisibilidade do ambiente global, frequentemente descrito pela sigla **VUCA (Volatilidade, Incerteza, Complexidade, Ambiguidade)**, exacerbam os desafios tradicionais da cadeia de suprimentos, tornando os métodos reativos obsoletos. A IA surge como a tecnologia capaz de processar a complexidade e a velocidade necessárias para uma gestão proativa e resiliente. Ao trazer incertezas como mudanças climáticas, tensões comerciais e crises energéticas, a capacidade da IA de prever a demanda, identificar padrões ocultos e antecipar problemas é a chave para a competitividade, e isso transforma a gestão da cadeia de suprimentos em uma orquestração inteligente e estratégica.

O que é o mundo VUCA?



Volatilidade (*Volatility*)

Um aspecto-chave do seu trabalho está sujeito a altos e baixos grandes e imprevisíveis.



Incerteza (*Uncertainty*)

O futuro é desconhecido, mas eventos externos provavelmente terão impacto.



Complexidade (*Complexity*)

Muitos fatores interconectados influenciam uns aos outros, de maneiras que são desafiadoras de modelar com confiança.



Ambiguidade (*Ambiguity*)

Dados conflitantes, ruidosos ou insuficientes dificultam a avaliação do que realmente está acontecendo.

30%

do EBITDA médio de um ano é o custo por disrupções dentro de uma década. Em supply chain, isso acontece de 1 a 2 meses a cada 3,7 anos.

¹ Fonte: PWC | ² Fonte: McKinsey (State of AI 2023, Future of Supply Chain & Tech and Regionalization Bolster Supply Chain)

Tendências e Tecnologias no Mercado de Supply Chain

Foco Crescente em S&OP (Sales & Operations Planning)

O Planejamento de Vendas e Operações (S&OP) é uma atividade fundamental que busca alinhar as áreas de vendas e operações para criar um planejamento integrado, capaz de atender às demandas dos clientes e garantir eficiência operacional. A Inteligência Artificial potencializa o S&OP ao viabilizar a assimilação e análise de grandes volumes de dados, resultando em decisões mais assertivas. Essa tecnologia combina precisão e explicabilidade, oferecendo insights detalhados sobre como cada variável impacta o desempenho do negócio.

Com o uso da IA, o **S&OP passa a incorporar dados externos**, como condições climáticas e eventos sazonais, além de **informações em tempo real**, possibilitando previsões de demanda significativamente mais precisas, otimização de estoques e melhor programação da produção. **Plataformas de S&OP apoiadas por IA permitem ainda simulações de cenários ("what-if")**, facilitando a avaliação de impactos de atrasos de fornecedores ou mudanças inesperadas na demanda, bem como a definição do melhor curso de ação

Essa aplicação estratégica da IA no S&OP eleva a qualidade do plano, aumentando a acurácia do planejamento de demanda e otimizando recursos de forma inteligente. Como resultado, há impacto direto no volume de vendas alcançado, na identificação das melhores oportunidades, no aumento de margens e na redução de custos, sempre buscando a combinação mais eficaz de fatores.

A Ascensão da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos

A Indústria 4.0, também conhecida como a Quarta Revolução Industrial, concentra-se na automação de processos e na digitalização da informação industrial, combinando as tecnologias mais avançadas para conferir competitividade aos negócios e reduzir custos. Seus pilares fundamentais incluem a integração de tecnologias digitais como a Internet das Coisas (IoT), Big Data, sistemas ciber-físicos (CPS), robótica e cibersegurança. Dentro desse contexto, a Inteligência Artificial é uma aplicação central da Indústria 4.0, permitindo a robótica avançada, a programação automática de tarefas, a manutenção preditiva e a criação de "cadeias de suprimentos inteligentes" que são capazes de aprender e se adaptar continuamente.

A Indústria 4.0 fornece a infraestrutura de dados que a IA precisa para operar em escala, transformando fábricas e armazéns em ecossistemas inteligentes. A IA, por sua vez, extrai valor desses dados massivos e sem ela, a Indústria 4.0 torna-se apenas uma coleta volumosa de dados.

A Normalização de ERPs, TMS, WMS e Telemetria

Sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERPs), Sistemas de Gerenciamento de Transporte (TMS) e Sistemas de Gerenciamento de Armazém (WMS) são ferramentas de gestão amplamente adotadas que centralizam processos empresariais (ERP), planejam e monitoram operações logísticas (TMS), e gerenciam e otimizam armazéns (WMS), respectivamente.

A integração entre WMS e TMS é considerada crucial para aprimorar a eficiência da cadeia de suprimentos, oferecendo uma visão unificada e em tempo real da operação. A telemetria, por sua vez, complementa esses sistemas ao coletar dados em tempo real de veículos e equipamentos, fornecendo informações cruciais para a otimização de rotas, manutenção preditiva e monitoramento contínuo da frota.

Neste caso, a **Inteligência Artificial permite a análise de dados em tempo real**, identifica potenciais problemas e recomenda soluções, como a previsão de demanda e a otimização de estoque. A IA transforma dados brutos em **insights acionáveis em tempo real**, permitindo que as empresas extraiam o valor máximo de seus investimentos em infraestrutura de TI existente, em vez de exigir uma revisão completa. É importante comentar que a **IA é complementar e não substitui esses sistemas, mas os torna mais inteligentes e interoperáveis**, extraindo valor de dados. A telemetria, ao fornecer dados em tempo real, alimenta essa camada de IA, tornando as decisões ainda mais dinâmicas e responsivas.

Desafios Emergentes e o Papel Transformador da IA

Integração de Sistemas, Pessoas e Processos

Um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas é integrar de forma eficaz sistemas, pessoas e processos para alcançar resultados superiores. A ausência de dados integrados entre os sistemas de origem gera uma série de obstáculos, como a dificuldade em identificar campos comuns, a necessidade de padronização de formatos e o desenvolvimento de mapeamentos de origem e destino. A Inteligência Artificial já está presente em muitos desses sistemas, mas os desafios permanecem, pois soluções de prateleira oferecem baixo nível de customização, levando muitas vezes ao uso de ferramentas inadequadas para problemas específicos.



Para potencializar os resultados de todos os sistemas e ferramentas (ERP, WMS, TMS, entre outros), torna-se necessário desenvolver uma Inteligência Artificial “sob medida”, capaz de criar soluções ideais para o contexto do negócio.

Essa abordagem permite alavancar de forma exponencial os impactos positivos das ferramentas existentes, reduzindo a necessidade de modificações extensas e prolongando a vida útil da infraestrutura atual.

Quando tratamos de pessoas e processos, a necessidade de desenvolver uma Inteligência Artificial própria torna-se ainda mais relevante. Existem particularidades entre plantas e operações de uma mesma empresa e ainda maiores entre organizações diferentes. Assim, criar soluções internas permite que a empresa aproveite melhor seu conhecimento e experiência acumulados.

O avanço das LLMs e dos Agentes está transformando o mercado, tornando a construção de código personalizado cada vez mais acessível. Com isso, as empresas conseguem desenvolver suas próprias soluções e integrar sistemas de forma mais eficiente, gerando resultados exponenciais.

Diferentes graus de customização podem ser escolhidos para cada componente



	Comprar	Híbrido	Construir
	Soluções que buscam resolver todas as necessidades ao mesmo tempo, com pouco ou nenhum esforço de desenvolvimento.	Soluções modulares que resolvem blocos individuais e são conectadas de forma personalizada.	Propriedade da infraestrutura, interfaces e uso de soluções altamente personalizadas.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação rápida • Baixo esforço • Confiável e testado 	<ul style="list-style-type: none"> • Customização equilibrada • Flexibilidade • Controle sobre os componentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor custo a longo prazo • Aprendizado e domínio (<i>ownership</i>)
Contras	<ul style="list-style-type: none"> • Dependência do fornecedor (<i>vendor lock-in</i>) • Alto custo • Pouca ou nenhuma customização 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer orquestração • Esforço de integração • <i>Nem sempre viável</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexo de construir • Necessidade de equipe de sustentação (<i>Sustainability Squad</i>) • Lançamento mais lento

Margens Apertadas e a Busca por Eficiência

A complexidade crescente das cadeias de suprimentos globais, combinada com a pressão constante por redução de custos e aumento da eficiência, transformou a gestão logística em um desafio monumental. Os custos de mobilidade, por exemplo, podem representar até 30% do custo final de um produto. A Inteligência Artificial aprimora a eficiência e as margens de lucro em diversas frentes: previsão de demanda mais precisa, que permite o ajuste ideal de estoques e produção; gerenciamento de inventário para evitar excessos que geram custos ou faltas que resultam em perda de vendas; roteirização inteligente para reduzir custos de transporte e otimizar prazos de entrega; e manutenção preditiva, que evita paradas não planejadas e aumenta a eficiência operacional dos equipamentos.

Falta de Visibilidade e Trabalho Reativo

Interrupções, sejam elas causadas por fatores naturais, geopolíticos ou operacionais, exigem respostas rápidas e adaptativas. Nesse cenário, a Inteligência Artificial integra dados de diversas fontes, fornecendo uma visão holística dos processos. Além disso, a IA pode prever falhas em equipamentos por meio da manutenção preditiva e identificar riscos potenciais na cadeia de suprimentos, permitindo que as empresas ajam preventivamente. A IA não só fornece visibilidade em tempo real, mas também a capacidade de prever e mitigar riscos, garantindo a continuidade dos negócios e minimizando o impacto de eventos externos.

A Cadeia de Valor Segmentada: Planejamento, Armazenagem e Logística & Distribuição

Para compreender de forma aprofundada o impacto transformador da Inteligência Artificial (IA) na cadeia de suprimentos, é essencial analisar a cadeia de valor em três pilares interconectados, cada qual com características e oportunidades próprias.





Planejamento

O primeiro pilar é o Planejamento, que envolve previsão de demanda, planejamento de produção, gestão de fornecedores e mitigação de riscos. A IA atua nesse estágio ampliando a precisão das previsões e a capacidade preditiva, permitindo que as empresas antecipem flutuações de mercado, ajustem níveis de estoque e definam planos de produção mais eficientes.



Armazenagem

Em seguida, a Armazenagem concentra-se na otimização do layout dos centros de distribuição, na automação de processos internos e na gestão de inventário. Com algoritmos de machine learning, a IA possibilita o uso mais inteligente dos espaços, reduz desperdícios e aprimora o controle de estoque, liberando capital de giro e aumentando a produtividade operacional.



Logística & Distribuição

O terceiro pilar, Logística e Distribuição, abrange a roteirização inteligente, a manutenção preditiva das frotas e a eficiência da entrega de última milha. Aqui, a IA gera ganhos expressivos ao indicar rotas mais econômicas, diminuir o consumo de combustível, prever falhas em veículos e, conseqüentemente, melhorar a pontualidade e a experiência do cliente.

Ao integrar a Inteligência Artificial nesses três pilares, os benefícios se manifestam em diversas categorias. A redução de custos é um dos impactos mais diretos, alcançada através da otimização de inventário, rotas de transporte e manutenção preditiva, que, somadas à automação de tarefas repetitivas, geram economias significativas. Conseqüentemente, há um notável aumento da eficiência, pois processos automatizados e decisões mais rápidas e precisas otimizam o uso de recursos e elevam a produtividade geral.

A IA também promove uma melhoria substancial na tomada de decisões. A capacidade de analisar grandes volumes de dados em tempo real e simular cenários complexos fornece aos gestores insights acionáveis para decisões estratégicas mais assertivas.

Isso fortalece a resiliência e a capacidade de adaptação da cadeia, permitindo prever interrupções, mitigar riscos e ajustar as operações dinamicamente frente a fatores externos e mudanças de mercado.



No final da cadeia, o resultado é um aumento expressivo na satisfação do cliente, que percebe valor em entregas mais rápidas e precisas, maior disponibilidade de produtos e uma comunicação mais transparente. Além disso, a otimização de rotas e inventário contribui diretamente para a sustentabilidade, reduzindo o consumo de combustível, as emissões de carbono e o desperdício de produtos, alinhando a operação a uma agenda ambientalmente responsável.

Existem oportunidades para começar em cada fase da cadeia.

Planejamento

A IA permite melhorar significativamente a acurácia dos modelos de previsão, **reduzindo ineficiências e desperdícios ao longo da cadeia.**

- ✓ S&OP and S&OE Optimization
- ✓ Scheduling Optimization

Armazenagem

Com IA, é **possível equilibrar nível de serviço e custo**, otimizando estoques e reduzindo desperdícios logísticos.

- ✓ Inventory Policy
- ✓ Stockout Forecasting

Distribuição

A IA ajuda a **enfrentar variáveis externas e otimizar rotas e cargas**, reduzindo um dos principais ofensores de custo da cadeia.

- ✓ Fuel Optimization
- ✓ Network Optimization

Alavancas

Lucratividade

Redução de Custos

Redução de Custos

Eficiência

Vendas Perdidas

Nível de Serviço





Como a IA impacta o planejamento

Inteligência desde o primeiro passo: *Como a IA impacta o planejamento*

O planejamento é a base de qualquer organização que busca antecipar o futuro para atender suas demandas e gerir seus recursos de forma eficiente. Mais do que uma agenda mensal, é um ciclo contínuo que busca preparar a organização para o que está por vir.

Imagine um simples iogurte na prateleira de um supermercado.

>>

Para que ele esteja disponível para compra, uma cadeia complexa de decisões foi tomada com antecedência:

>> O time comercial negociou com o varejista

>> A logística planejou a entrega

>> A fábrica produziu o item

>> A área de suprimentos comprou os ingredientes e a embalagem semanas antes

Quando multiplicamos essa complexidade por milhares de produtos, sazonalidades e canais de venda, fica claro que o sucesso depende de uma orquestração precisa.

É aqui que entram o Planejamento de Vendas e Operações (S&OP) e a Execução de Vendas e Operações (S&OE), duas frentes complementares que, quando potencializadas pela Inteligência Artificial, transformam a cadeia de suprimentos.



O planejamento é a base de qualquer organização que busca antecipar o futuro para atender suas demandas e gerir seus recursos de forma eficiente. Mais do que uma agenda mensal, é um ciclo contínuo que busca preparar a organização para o que está por vir.

Planejamento e Execução de Vendas e Operações



S&OP

Processo estratégico e tático para equilibrar demanda e oferta no médio e longo prazo (3 a 18 meses), definindo metas, capacidade e investimentos em nível agregado.

✓ Benefícios:

Maior alinhamento entre vendas, operações e finanças.

Redução de custos por meio de decisões melhores e antecipadas.

S&OE

Processo tático e operacional de curto prazo (0 a 12 semanas), focado em execução, ajustes diários/semanais, correção de desvios e decisões em tempo real para garantir aderência ao S&OP.

✓ Benefícios:

Maior nível de serviço e resiliência operacional.

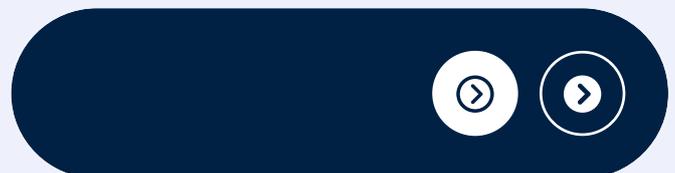
Redução de custos por meio de respostas rápidas a disrupções.

As Duas Faces do Planejamento: S&OP e S&OE

Embora trabalhem juntos, S&OP e S&OE têm focos e horizontes distintos. Entender essa diferença é crucial para aplicar a IA de forma eficaz.

Característica	S&OP (Sales & Operations Planning)	S&OE (Sales & Operations Execution)
Horizonte de Tempo	Médio a Longo Prazo: Planejamento de 3 a 18 meses (ou até 2-3 anos). As reuniões são mensais e mais agregadas.	Curto Prazo: Execução de 0 a 12 semanas. As revisões são semanais ou diárias, focadas em ações rápidas.
Foco e Objetivo	Estratégico e Tático: Focado no equilíbrio entre demanda e oferta, trabalhando com previsões, análises e definição de metas.	Tático e Operacional: Orientado para a execução, monitorando a operação em tempo real para detectar desvios e resolver problemas urgentes, garantindo a aderência ao plano do S&OP.
Granularidade	Agregada: Trata de dados e planos mais gerais, por família de produtos ou região.	Detalhada: Revisa dados com maior granularidade, podendo chegar ao nível de SKU específico para assegurar respostas rápidas.
Função Principal	Definir o plano de jogo estratégico.	Garantir que o plano de jogo seja executado eficazmente no dia a dia, atuando como uma "ponte" para a operação.

Em resumo, S&OP é sobre o planejamento estratégico, enquanto S&OE é sobre a execução tática que garante que a estratégia se traduza em ação eficaz.



IA no S&OP: Da Previsão Estratégica à Otimização de Recursos

No ciclo de S&OP, a Inteligência Artificial já entrega valor massivo, principalmente em duas áreas:

1

Modelos Preditivos: O Alicerce da Demanda

O ponto de partida do S&OP é a previsão de demanda, e é aqui que a IA tem gerado os maiores impactos. Em vez de métodos estatísticos simples, a IA utiliza algoritmos de machine learning para identificar padrões em grandes volumes de dados e, crucialmente, incorporar variáveis explicativas externas que influenciam o comportamento do consumidor. Um modelo robusto considera:

- ✓ **Dados Históricos:** Base de vendas para capturar tendências e sazonalidade.
- ✓ **Variáveis Externas:** Calendários promocionais, feriados, clima, indicadores econômicos, ações da concorrência e canibalização entre produtos.

O objetivo é estimar a demanda irrestrita, o que o mercado compraria, sem limitações de estoque. Mais do que um número, os modelos fornecem intervalos de confiança e explicam quais variáveis influenciam cada resultado.

2

Modelos de Otimização: A Resposta Operacional

Com a previsão em mãos, a IA ajuda a responder: "Como atender a essa demanda com minhas restrições reais?". Modelos de otimização buscam a melhor decisão, considerando:

- ✓ **Função Objetivo:** Minimizar custos, maximizar o atendimento da demanda ou balancear a carga entre fábricas.
- ✓ **Restrições:** Capacidade produtiva, custo de transporte, lead time de fornecedores, níveis de serviço e disponibilidade de insumos.

A grande vantagem é a capacidade de rodar simulações de cenários ("what-if") de forma estruturada: O que acontece se um fornecedor atrasar? Compensa pagar por um frete mais rápido? Isso permite que a revisão financeira subsequente seja baseada em dados concretos, quantificando o impacto de cada decisão.

IA no S&OE: Agilidade e Precisão na Execução do Dia a Dia

Se o S&OP define o plano, o S&OE garante que ele aconteça. Este processo atua como uma ponte para a execução diária, minimizando "incêndios" e ajustando recursos para evitar rupturas ou excessos de estoque. A IA torna esse processo mais ágil e preciso, com aplicações práticas:



Previsão e Detecção em Tempo Real: Processa dados continuamente para detectar desvios entre o plano e o que realmente ocorre, facilitando ajustes rápidos.



Otimização de Estoques e Produção: Com base em previsões dinâmicas de curto prazo, a IA ajuda a evitar faltas e excessos, ajustando volumes e cronogramas.



Monitoramento e Gestão Ágil: Integra dados de sensores IoT e sistemas de monitoramento para acompanhar e agir rapidamente sobre gargalos operacionais.



Automação de Processos: Automatiza análises, geração de relatórios e alertas, liberando os profissionais para focar em decisões estratégicas.



Simulação de Cenários Operacionais: Preveem os impactos de decisões de curto prazo, como uma mudança de rota ou uma parada de máquina, reduzindo riscos.



Gestão de Exceções: Identifica proativamente problemas como falhas ou atrasos e recomenda ações rápidas para minimizar seus impactos.

Ganhos Reais com IA em S&OE no Setor de Eletrodomésticos

Uma empresa de eletrodomésticos enfrentava desafios para extrair e cruzar dados de demanda, estoque e gargalos, usando planilhas manuais. Isso causava sobrecarga de trabalho e uma visão fragmentada da operação, limitando análises no nível de SKU.

Ao implementar uma solução analítica com IA, a empresa automatizou a consolidação de dados de todo o ciclo de S&OE. A automação, aliada a rotinas inteligentes, permitiu cruzar dados de gargalos, estoque e demanda de forma integrada e em tempo real. Os resultados foram:

- ✓ Aumento de 40% na eficiência operacional.
- ✓ Melhoria na capacidade de análise granular por SKU.
- ✓ Melhor comunicação e alinhamento entre as áreas de Planejamento e Produção.
- ✓ Significativa redução do inventário, graças à análise aprimorada.

Este caso demonstra que a aplicação de IA no S&OE não só libera esforços manuais, mas melhora a acurácia das decisões, gera ganhos econômicos e cria um caminho para futuras iniciativas estratégicas.

CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Unindo Estratégia e Execução com Inteligência

A Inteligência Artificial transforma o planejamento de um exercício isolado em um ecossistema integrado. No S&OP, ela traz robustez à previsão estratégica e otimiza o plano de recursos. No S&OE, ela injeta agilidade, precisão e capacidade de resposta rápida na execução diária.

O verdadeiro poder, no entanto, reside na conexão entre os dois. Um processo de S&OE fortalecido pela IA gera dados de alta qualidade que alimentam e aprimoram o próximo ciclo de S&OP, criando um ciclo virtuoso de melhoria contínua. Assim, a IA deixa de ser apenas uma ferramenta de previsão para se tornar o motor que garante que a estratégia definida seja cumprida com excelência no dia a dia.

 Capítulo 3



Estoques Otimizados



Estoques Otimizados: *Nível de Serviço ótimo a um custo reduzido*

O estoque sempre foi um dos pilares mais sensíveis da cadeia de suprimentos. Ele representa, ao mesmo tempo, um amortecedor de incertezas e um dos principais centros de custo. Uma gestão eficiente de estoques impacta diretamente o capital de giro, o nível de serviço prestado aos clientes e a rentabilidade da operação. Nesse sentido, a otimização de estoques se posiciona como uma das maiores oportunidades para alavancar valor no Supply Chain.

O Estoque no Contexto do Supply Chain

Dentro do fluxo integrado de suprimentos, o estoque conecta o planejamento da demanda, a produção e a distribuição. Sua função é mitigar riscos de variabilidade e garantir o abastecimento do mercado. No entanto, manter estoques em excesso significa capital imobilizado e risco de perdas; já operar com estoques insuficientes implica rupturas e perda de receita.

Encontrar o equilíbrio entre custo e nível de serviço é o verdadeiro desafio. Esse desafio se torna mais evidente em indústrias com diferentes modelos produtivos.

No MTO (Make to Order – produção sob encomenda), os níveis de estoque podem ser mais baixos, mas a imprevisibilidade da demanda exige alta flexibilidade de capacidade produtiva. Já no MTS (Make to Stock – produção para estoque), a necessidade de antecipar volumes e posicionar produtos no mercado aumenta a complexidade, tornando o planejamento de estoques crítico para evitar tanto excesso quanto ruptura.



Armazenagem e o Desafio de Trade-off

Armazenagem é, essencialmente, um jogo de trade-offs: cada decisão envolve equilibrar o custo de manter estoque (armazenagem, seguros, capital de giro) contra os riscos de perda por obsolescência e deterioração (write-off) e a necessidade de garantir nível de serviço ao cliente.

Essa equação é ainda mais complexa porque, muitas vezes, o problema não está no estoque em si. Situações de “falta de estoque” podem, na realidade, ser consequência de falhas de previsão de demanda, de gargalos de capacidade produtiva ou até de deficiências na malha logística.

Da mesma forma, o excesso de estoque pode não ser resultado de uma política ruim de armazenagem, mas de uma segmentação inadequada de portfólio, de ciclos de vida mal geridos ou de uma estratégia comercial desalinhada.

Portanto, diagnosticar corretamente se o estoque é de fato o problema é parte fundamental do processo de otimização. A má identificação da causa leva a políticas de ressuprimento ineficazes e perpetua o desequilíbrio entre custos e nível de serviço.

Planejamento como Fonte de Valor

Um planejamento robusto de estoques gera ganhos diretos em warehousing (armazenagem). Políticas de ressuprimento bem desenhadas, classificações adequadas de portfólio como curva ABC/XYZ e integração com previsões de demanda permitem:

- ✓ Reduzir custos com armazéns: melhor utilização de espaço e menor necessidade de capacidade adicional.
- ✓ Diminuir estoques parados: libera capital de giro e reduz risco de obsolescência.
- ✓ Reduzir desperdícios (write-off): principalmente em indústrias de bens perecíveis ou de ciclo de vida curto.
- ✓ Diminuir ocorrência de rupturas: com maior priorização de produtos estratégicos, seja por margem, volume ou relevância de cliente.

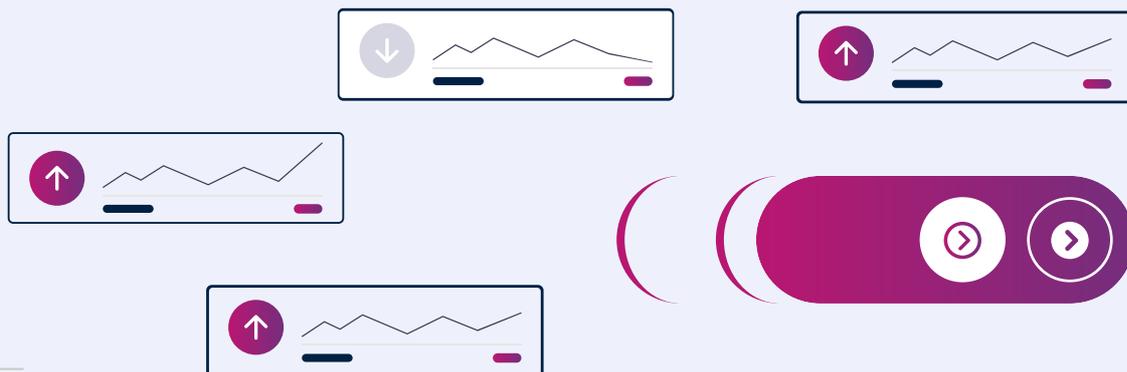
OTIMIZAÇÕES ALÉM DA IA TRADICIONAL



Otimização de Estoque

Um equívoco comum em discussões de Supply Chain é supor que qualquer aplicação avançada de análise ou modelagem é “Inteligência Artificial”. Isso não é verdade. Algoritmos de otimização, como Programação Linear, Programação Inteira Mista ou heurísticas de alocação, são práticas da Ciência de Dados. Eles não são IA, mas são fundamentais para lidar com trade-offs complexos e encontrar pontos ótimos de equilíbrio entre custo e nível de serviço. Seus outputs podem, inclusive, servir como insumos para modelos de IA ou agentes inteligentes, mas não devem ser confundidos com IA em si.

Essa distinção é essencial: nem toda solução é IA, e entender o problema corretamente é mais importante do que aplicar a “buzzword” do momento. Em muitos casos, a aplicação de algoritmos tradicionais de otimização gera ganhos mais rápidos e consistentes do que modelos sofisticados de *machine learning*.



Política de Estoque

Antes de discutir soluções baseadas em algoritmos ou inteligência artificial, é fundamental entender que o ponto de partida sempre é a política de estoque. Uma política de estoque bem definida deve responder a questões como:

- ✓ Quais produtos merecem maior cobertura de estoque, por sua margem ou criticidade para clientes estratégicos?
- ✓ Qual é o nível mínimo de estoque de segurança aceitável para cada categoria de item?
- ✓ Como os ciclos de vida dos produtos impactam a reposição (ex.: lançamentos x maduros)?
- ✓ Quais regras de priorização são aplicáveis em situações de escassez?

Ferramentas clássicas, como classificação ABC/XYZ, níveis de estoque de segurança e regras de ressuprimento parametrizadas, criam a base. A partir dela, soluções mais sofisticadas podem ser aplicadas para refinar e automatizar decisões. Sem essa fundação, a aplicação de IA ou otimização tende a gerar apenas ajustes superficiais.

Para lidar com isso, precisamos trabalhar em 3 indicadores-chave por meio de um modelo de otimização.

Estoque de Segurança

Este é o nível mais baixo de estoque que uma empresa pode manter sem correr o risco de ruptura, garantindo níveis de serviço até que novas reposições cheguem.

✓ **Para calculá-lo, usamos:**

- Taxa de Consumo
- Tempo de Reposição (*Lead Time*)
- Variação da Demanda
- Variação do Tempo de Reposição
- Nível de Serviço Desejado

A aplicação de cálculos baseados em IA oferece **maior precisão, adaptabilidade e eficiência**, ajudando a evitar rupturas de estoque.

Estoque Alvo

Este é o nível de estoque que uma empresa deseja manter para garantir que atenda à demanda esperada sem excessos ou faltas.

✓ **Para calculá-lo, usamos:**

- Estoque de Segurança
- Previsão de Demanda
- Tempo de Reposição (*Lead Time*)

A aplicação de cálculos baseados em IA oferece **maior precisão, adaptabilidade e eficiência**, ajudando a equipe a se concentrar no nível de estoque ideal.

Estoque Máximo

Este é o nível máximo de estoque que uma empresa decide manter para evitar excesso de produtos no armazém. De forma geral, o estoque máximo é atingido quando um novo lote chega e o estoque anterior é igual ou superior ao estoque de segurança.

✓ **Para calculá-lo, usamos:**

- Estoque de Segurança
- Taxa de Consumo
- Tempo de Reposição (*Lead Time*)
- Tamanho do Lote

A aplicação de cálculos baseados em IA oferece **maior precisão, adaptabilidade e eficiência**, ajudando a evitar excesso de estoque.

Política de Estoque

A parceria entre um grande cliente multinacional de CPG e a Artefact é um exemplo de sucesso na integração de inteligência de dados para definição da Política de Estoque.

Em colaboração com os times da cadeia logística, foram desenvolvidas soluções específicas para diferentes tipos de estoque: **matérias-primas, materiais auxiliares e produtos acabados, tanto em fábricas quanto em centros de distribuição**. Cada contexto apresentou particularidades e desafios distintos, exigindo abordagens personalizadas.

Para produtos acabados, foram combinadas análises avançadas e algoritmos de otimização para definir faixas aceitáveis de estoque. As formulações tradicionais da literatura foram enriquecidas com fontes de dados atualizadas automaticamente, o que possibilitou cálculos mais frequentes e precisos em comparação ao processo anterior.

Além disso, foi implementado um algoritmo de otimização projetado para considerar os fatores mais relevantes para o negócio:

- ✓ Priorizar produtos com maior margem
- ✓ Ajustar-se ao nível de serviço relativo de cada cliente
- ✓ Reduzir custos de armazenagem

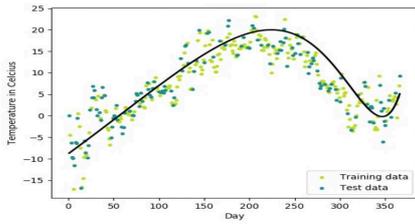
Todas as recomendações são apresentadas em um dashboard customizado, que destaca riscos de ruptura ou write-off e permite endereçá-los por meio de ajustes no plano de produção ou transferências entre armazéns.

Os resultados estimados incluem um aumento potencial de 2% no nível de serviço atual, redução de 4,8% nos níveis de estoque (com impacto direto em custos financeiros) e uma queda de 14% em *write-off*, representando menor perda de produtos e custos de descarte.

O principal modelo de um projeto de política de inventário é a otimização de estoques, mas modelos de demanda e sistemas de recomendação podem ser usados para melhorar os resultados

Previsão de Demanda

Modelo para prever a demanda de todos os produtos e estimar seus níveis de estoque

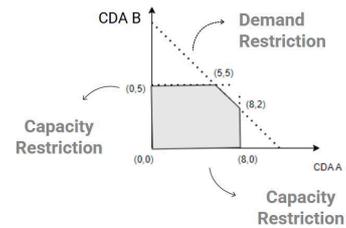


Entradas de dados: Vendas históricas, calendário promocional, eventos, níveis de estoque históricos...

Previsão de Demanda

Modelo de Otimização

Modelo para otimizar os níveis de estoque com base em economia de custos e nível de serviço



Entradas de dados: Restrições, planejamento de produção, plano S&OP, capacidade de estoque...

- Estoque de Segurança
- Estoque Alvo
- Estoque Máximo

Ferramenta de Simulação

Ferramenta que permite conectar todas as saídas e simular diferentes cenários

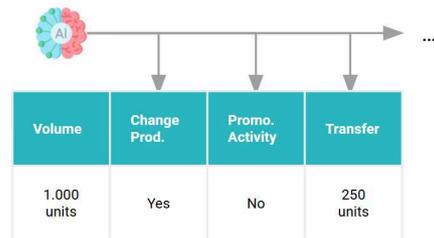


Entradas de dados: Entradas e saídas dos modelos anteriores

Cenários de mudança no Supply

Sistema de Recomendação

Modelo para recomendar quais ações podem ser tomadas para reduzir os níveis de estoque



Entradas de dados: Plano de produção, ações passadas que influenciam o estoque, transferências, promoções...

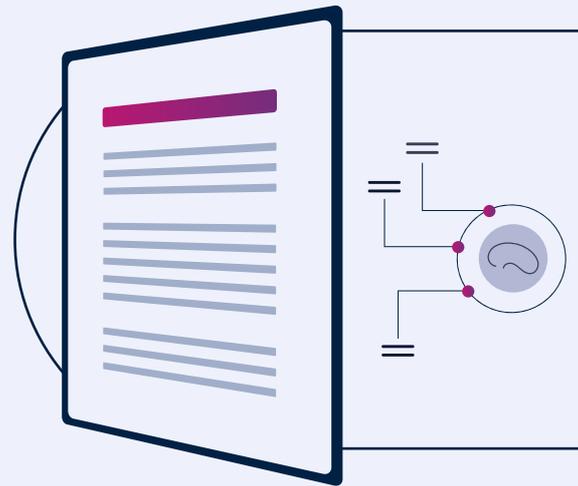
- Ações Recomendadas
- Alocação de Volume

Modelo Obrigatório

Modelo Opcional

Onde Entra a Inteligência Artificial

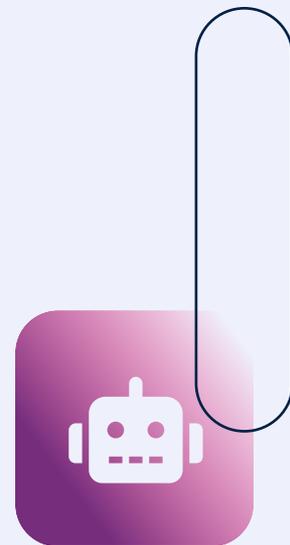
O papel da Inteligência Artificial no contexto de estoques vai além da simples previsão. Ele se divide em três grandes alavancas:



Forecasting (previsão da demanda): modelos estatísticos e de machine learning (aprendizado de máquina) permitem identificar quando os gargalos de estoque são, de fato, o fator limitante das vendas. Ao calibrar a demanda esperada com a política de estoques, a organização consegue prever situações de ruptura antes que elas ocorram.

Agentes inteligentes de decisão: uma vez que políticas de estoque já estejam estabelecidas (faixas mínimas e máximas aceitáveis, parâmetros de segurança, lead times), essas informações podem alimentar agentes de IA (IA Agents). Esses agentes monitoram continuamente os riscos e oportunidades, sugerindo ações concretas como:

- ✓ Redistribuição de produtos entre armazéns
- ✓ Alteração no plano de produção
- ✓ Definição de campanhas promocionais para acelerar o giro de itens parados



Otimização Dinâmica do Layout do Armazém (Slotting): algoritmos de IA podem sugerir a melhor posição dos itens dentro do armazém, levando em conta giro, sazonalidade e rotatividade, reduzindo tempo de picking e custos logísticos.

Adaptabilidade às Realidades de Cada Indústria

Não existe uma política de estoque universal. Cada indústria possui requisitos específicos que determinam a melhor estratégia de gestão para cada realidade. O ROI de projetos de estoque varia de acordo com o setor, a complexidade do portfólio e o ciclo de vida dos produtos. A aplicação de metodologias de otimização e inteligência artificial deve levar em conta essas particularidades para conseguir gerar retorno financeiro.

Exemplos por indústria

Bens de Consumo Perecíveis

Contexto

Políticas de estoque mais rígidas em relação a validade e rotação, uso de forecasting para reduzir rupturas sazonais.

Retorno Financeiro

Na redução de perdas por vencimento e write-off, além do aumento de receita pela diminuição de rupturas em períodos de pico.

Indústria Farmacêutica

Contexto

Integração de estoques com prazos e demandas específicas de canais (hospitalar, varejo, distribuidor). Necessário considerar estoques de segurança mais altos em produtos críticos.

Retorno Financeiro

No equilíbrio entre disponibilidade de medicamentos essenciais e liberação de capital de giro, antes imobilizado em estoques excessivos.

Automotivo e Autopeças

Contexto

Políticas diferenciadas entre itens de alto e baixo giro. Estoques descentralizados próximos a pontos de consumo reduzem custos de indisponibilidade.

Retorno Financeiro

Na redução de custos logísticos e na fidelização de clientes B2B pela maior confiabilidade de disponibilidade de peças.

Indústria de Bens Duráveis

Contexto

Horizonte de planejamento mais longo, maior dependência de estoques de segurança ligadas a lead times extensos e variabilidade de matérias-primas.

Retorno Financeiro

Na otimização do capital de giro e na estabilidade da produção com menor risco de paradas por falta de insumos.

Varejo Multicanal (omnichannel)

Contexto

Estoques unificados e dinâmicos para atender tanto e-commerce quanto lojas físicas. IA aplicada ao slotting pode reduzir tempo de separação e aumentar a produtividade.

Retorno Financeiro

Na produtividade logística e no incremento de receita pela redução de rupturas em canais digitais e físicos.

O valor da otimização de estoques varia para cada indústria que captura ROI de formas diferentes. Enquanto alguns setores focam em eficiência operacional (redução de custos de armazenagem, write-off, transporte), outros trabalham mais com a eficácia comercial (evitar rupturas, fidelizar clientes estratégicos, capturar picos de demanda). Essa adaptabilidade é o que torna políticas de estoque inteligentes em diferenciais para a competição.



Logística & Distribuição

Logística & Distribuição: *impulsionando o inbound e o outbound*

A logística é a principal operação da cadeia de suprimentos, e a distribuição é o ponto de contato final com o cliente. A IA está revolucionando essa etapa, transformando-a de um centro de custo reativo para um sistema proativo e inteligente. A otimização logística com IA pode ser dividida em duas frentes principais: o inbound, focado na entrada de materiais, e o outbound, na entrega final ao cliente.

Inbound: *Gestão Inteligente da Entrada de Materiais*

A logística inbound lida com a aquisição e o recebimento de matérias-primas e componentes, sendo um pilar crítico para a eficiência da produção. Tradicionalmente, essa área enfrenta desafios significativos que a IA está apta a resolver. **Alguns exemplos são:**

Relação com *Procurement* e Fornecedores

A IA aprimora a gestão de fornecedores ao analisar não apenas o histórico de desempenho, mas também a qualidade dos produtos, os prazos de entrega e os custos totais da aquisição (TCO - Total Cost of Ownership). Algoritmos de Machine Learning podem classificar e segmentar fornecedores de forma dinâmica, identificando os mais confiáveis e aqueles que representam riscos potenciais. Por exemplo, a IA pode prever a probabilidade de um fornecedor entregar um pedido com atraso, com base em dados históricos e em variáveis externas. Isso permite que a equipe de procurement tome decisões proativas, como a ativação de um fornecedor secundário ou a negociação de novos termos contratuais, antes mesmo que o atraso ocorra. Essa capacidade preditiva transforma a relação com fornecedores de transacional para estratégica, permitindo parcerias mais sólidas e resilientes.





Desafios de *Leadtime*

O *leadtime*, ou tempo de espera, é um fator crucial que impacta diretamente os níveis de estoque e o planejamento da produção. Variações inesperadas podem causar gargalos, linhas de produção paralisadas ou excesso de estoque, gerando custos desnecessários. A IA pode analisar dados de transporte em tempo real, condições de tráfego, clima e até mesmo eventos geopolíticos ou relatórios de greves em portos para prever o *leadtime* com maior precisão do que os métodos tradicionais. A capacidade de prever atrasos com base em dados de navegação em tempo real permite que a empresa ajuste seu planejamento de produção e a alocação de estoque de forma dinâmica, evitando atrasos e gargalos na linha de montagem e otimizando o fluxo de caixa.

Detecção de Riscos de Fornecimento

Em um mundo volátil e interconectado, a detecção proativa de riscos de fornecimento é muito importante. A IA pode monitorar e processar informações de fontes diversas, como notícias globais, dados financeiros de fornecedores, relatórios de sustentabilidade e eventos em tempo real, para identificar potenciais riscos. Por exemplo, um sistema de IA pode alertar sobre a instabilidade política em uma região-chave ou sobre problemas financeiros de um fornecedor importante antes que eles impactem a cadeia de suprimentos. Isso capacita as empresas a desenvolver estratégias de mitigação eficazes, como a ativação de fornecedores alternativos ou o ajuste dos volumes de pedidos. Essa abordagem proativa de gestão de riscos é um pilar fundamental da resiliência da cadeia, indo além da simples reação a eventos indesejados.



Outbound: Otimizando a Entrega e a Experiência do Cliente

A logística outbound é responsável por levar o produto final até o cliente de forma rápida e econômica. A IA oferece um arsenal de ferramentas para aprimorar cada etapa desse processo, desde o momento em que o produto sai do centro de distribuição até a porta do cliente. **Alguns exemplos são:**

Roteirização Inteligente

A roteirização otimizada por IA considera múltiplas variáveis em tempo real, como tráfego, condições climáticas, prazos de entrega, restrições de veículos (peso, altura), janelas de tempo de entrega e custo de combustível para criar as rotas mais eficientes e econômicas. Isso resulta em economia de combustível, redução de custos de mão de obra e diminuição das emissões de carbono. A IA pode, por exemplo, ajustar rotas dinamicamente durante o percurso para desviar de um acidente ou engarrafamento inesperado, ou até mesmo recalcular a sequência de entregas para otimizar a rota de um veículo.



Otimização de Loading e 3D Modeling of Trucks

A otimização do carregamento dos caminhões, ou "loading", é um desafio complexo, especialmente com cargas de diferentes tamanhos e formatos. A IA pode utilizar modelagem 3D para simular diferentes configurações de carga, maximizando o uso do espaço disponível e minimizando o número de viagens necessárias. Isso não apenas reduz custos de frete, mas também contribui para a sustentabilidade ao diminuir a pegada de carbono. Um sistema de IA pode, por exemplo, sugerir a melhor forma de empilhar paletes irregulares ou produtos de diferentes categorias para garantir a estabilidade e a segurança da carga, evitando danos durante o transporte.



Telemetria e Eficiência

A telemetria, quando aliada à IA, transforma os dados de veículos em inteligência acionável. A IA pode analisar dados de direção (aceleração, frenagem brusca, curvas perigosas), consumo de combustível, tempo de inatividade e rotas percorridas para identificar ineficiências e sugerir melhorias de performance para os motoristas, como treinamentos específicos ou ajustes nos hábitos de direção. Isso não só aumenta a eficiência, mas também melhora a segurança, reduz o desgaste dos veículos e permite a manutenção preditiva, evitando paradas não programadas.



Otimização de Pedidos

A IA pode agrupar e sequenciar pedidos de forma inteligente, consolidando entregas para a mesma área geográfica e garantindo que o carregamento dos caminhões seja feito na ordem correta para uma descarga eficiente. Isso acelera o processo de entrega e melhora a experiência do cliente, especialmente em operações de última milha, onde a velocidade e a precisão são cruciais. Ao prever a demanda e otimizar os pedidos, a IA pode reduzir o número de entregas parciais e aumentar a satisfação do cliente.

OTIF e Cost Saving

A IA impacta diretamente nos principais KPIs da logística. Ao otimizar a roteirização, o carregamento e a sequência de pedidos, a IA aumenta o OTIF (On-Time, In-Full), garantindo que os pedidos cheguem no prazo e completos. A otimização em todas essas frentes, desde o roteiro até o carregamento, leva a uma redução significativa dos custos operacionais, tornando a logística uma fonte de valor e não apenas de despesa.



Planejamento de Transportes

A colaboração estratégica entre um dos maiores players globais do setor de CPG e a Artefact demonstra o poder da inteligência de dados na transformação de operações logísticas e na geração de valor financeiro.

A equipe de logística do nosso cliente enfrentava um complexo desafio de planejamento. Embora os volumes mensais de entrega das fábricas para os centros de distribuição fossem bem definidos, a execução era tratada de forma linear. Esta abordagem ignorava as flutuações semanais da demanda real, criando um problema crítico: a concentração de entregas em períodos específicos.

Em algumas rotas, por exemplo, era necessário entregar 80% do volume já na primeira semana do mês, enquanto outras apresentavam o comportamento inverso. Esta falta de visibilidade sobre as tendências de demanda resultava em ineficiência e custos elevados.

As principais consequências eram:

- ⊗ **Contratação de fretes spot**, consideravelmente mais caros, para cobrir picos de demanda não planejados.
- ⊗ **Deslocamento de caminhões vazios entre regiões**, um investimento puramente reativo para suportar as altas inesperadas.

Para resolver este gargalo, a Artefact desenvolveu uma solução de planejamento customizada. Criamos um modelo estatístico para identificar as tendências de concentração de demanda para cada uma das mais de 200 rotas logísticas.

O modelo passou a emitir **alertas preditivos**, sinalizando as rotas onde o planejamento estava desalinhado com a demanda futura real. Para adicionar uma camada extra de **precisão e impacto**, a solução foi desenhada para ser atualizada diariamente, ajustando seus próprios resultados com base nas entregas já realizadas. Isso permitiu que o modelo se tornasse ainda mais responsivo, **antecipando problemas antes que eles acontecessem.**

A implementação da solução, disponibilizada aos times de planejamento através de um dashboard interativo, gerou resultados transformadores e mensuráveis:

- ✔ **Otimização de Custos:** Aumento significativo na escolha de fretes com melhor custo-benefício, abandonando a dependência de fretes spot mais caros.
- ✔ **Redução de Desperdício:** Queda drástica no investimento logístico com a eliminação de movimentações desnecessárias de caminhões vazios.
- ✔ **Aumento de Eficiência:** Ganho de 12% na eficiência do planejamento, o que se traduziu diretamente em uma economia de milhões de reais em custos logísticos para o cliente.

Este case reforça como a aplicação de data science não apenas otimiza processos, mas também se converte em uma poderosa **alavanca de performance financeira**.



 Capítulo 5



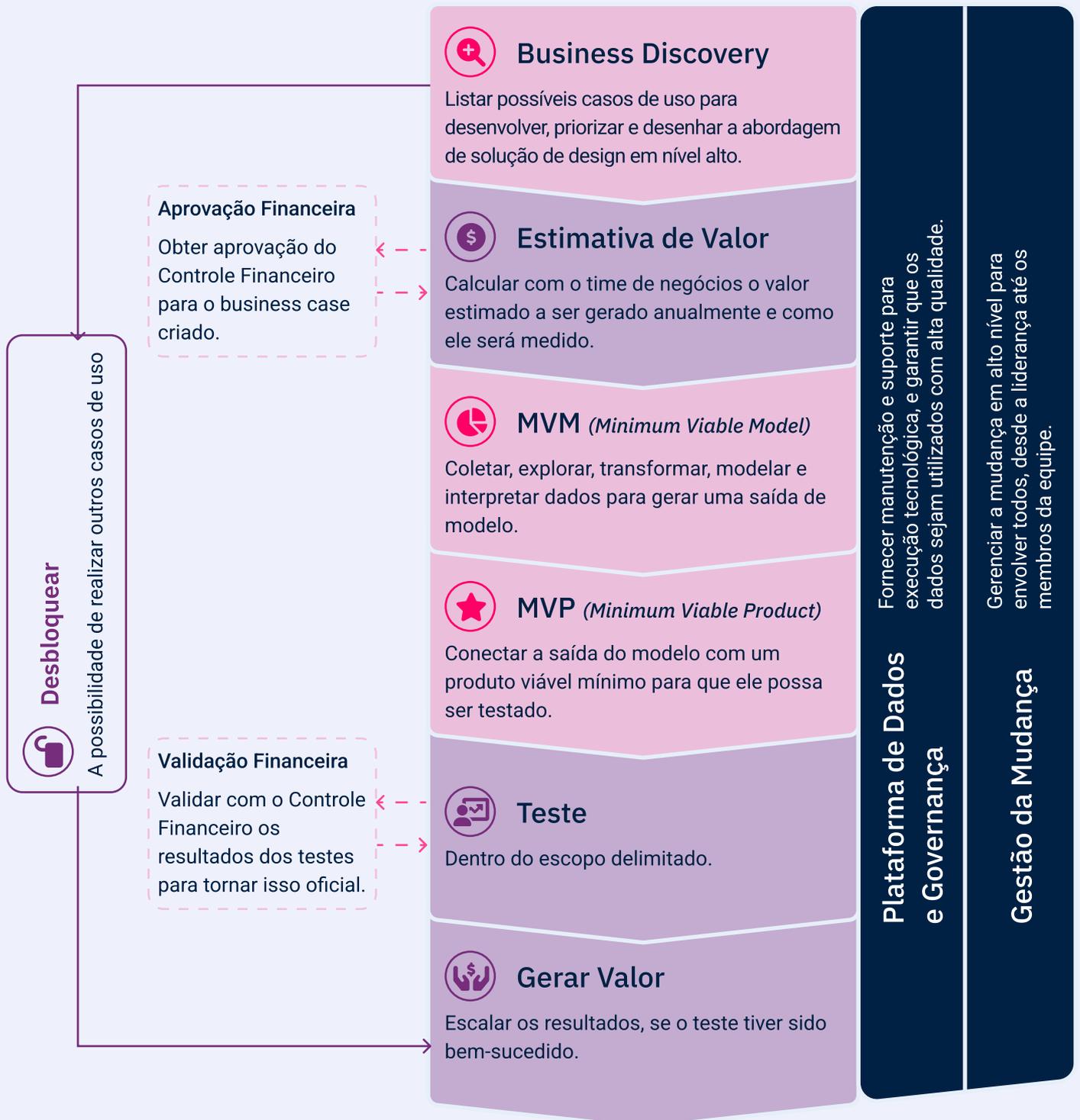
Medindo Impacto

Como medir o impacto: A Metodologia de estimativa de valor

A metodologia de Estimativa de Valor é uma abordagem estruturada para quantificar o impacto financeiro e operacional de uma iniciativa antes, durante e depois de sua implementação. O objetivo é sair de uma visão de "custo de tecnologia" para uma de "investimento com retorno (ROI)". O processo pode ser dividido em 5 etapas principais:

Etapa	Descrição	Objetivo
1. Estabelecer Baseline	<p>Mapear o processo atual ("As Is") e medir seu desempenho com os KPIs existentes.</p>	<p>Determinar ponto de partida para ser possível medir a melhoria.</p>
2. Definição de KPIs de Sucesso	<p>Identificar os Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) que a solução de IA irá impactar diretamente.</p>	<p>Focar a medição nos indicadores que realmente importam para o negócio, como eficiência, custo e nível de serviço.</p>
3. Estimativa de Ganhos	<p>Formular hipóteses sobre o percentual de melhoria que a IA pode trazer para os KPIs definidos.</p>	<p>Criar uma meta quantificável. Por exemplo: "O caso de uso reduzirá o erro de previsão ou o custo em 15%".</p>
4. Tradução para Valor Financeiro	<p>Converter a melhoria dos KPIs em valor monetário (R\$).</p>	<p>Justificar o investimento, calculando o Retorno sobre o Investimento (ROI) e o impacto no P&L da empresa.</p>
5. Monitoramento Pós-Implementação	<p>Acompanhar continuamente os KPIs após a implementação da solução para comparar o resultado real com a estimativa inicial.</p>	<p>Validar o valor gerado, corrigir rotas se necessário e comprovar o sucesso do projeto com o time de finanças e controladoria.</p>

A abordagem de IA como Unidade de Negócio nos permite usar o valor gerado para destravar novas oportunidades.



Legenda:

Etapas comuns da abordagem Data Factory

Incrementos diferenciais da abordagem de IA como Unidade de Negócio

Exemplos de estimativa de valor em caso de uso

Vamos detalhar como essa metodologia se aplica às três grandes áreas da cadeia de suprimentos:

1 Planejamento (S&OP e Previsão de Demanda)

✔ Estabelecer Baseline

O processo atual, manual, tem uma acurácia de previsão (MAPE) de 30%, causando vendas perdidas e custos com excesso de estoque.

✔ Definir KPIs de Sucesso

Acurácia da Previsão: (Ex: MAPE - Erro Percentual Absoluto Médio). • Vendas Perdidas por Ruptura: (R\$). • Custo de Excesso de Estoque: (R\$)

✔ Estimar Ganhos

A hipótese é que a IA melhorará a acurácia da previsão em 10%.

✔ Traduzir para Valor Financeiro

Uma redução de 10% no erro de previsão pode levar a uma diminuição de 5% nas vendas perdidas e a redução de 15% nos custos de carregamento de estoque obsoleto, com economia estimada de R\$ 10 milhões/ano.

✔ Monitorar Pós-Implementação

Após o lançamento, os KPIs são acompanhados continuamente em acordo com time de finanças para validar se o ganho real foi atingido e para corrigir a rota se necessário.

2 Armazenagem e Gestão de Estoques

✔ Estabelecer Baseline

O método atual gera um giro de estoque de 4x/ano, mantém R\$ 150 milhões em capital alocado e tem um nível de serviço de 90%.

✔ Definir KPIs de Sucesso

Giro de Estoque (Inventory Turnover): (Número de vezes). • Custo de Oportunidade do Estoque: (R\$). • Nível de Serviço (Fill Rate): (%).

✓ Estimar Ganhos

A hipótese é que a IA pode melhorar o giro de estoque em 15% e aumentar o nível de serviço em 5 pontos percentuais.

✓ Traduzir para Valor Financeiro

A otimização deve liberar R\$ 22 milhões do capital de giro que estava parado em estoque, além de evitar perdas por falta de produto.

✓ Monitorar Pós-Implementação

Após a implementação, o giro e o nível de serviço serão monitorados continuamente para validar a liberação de capital e garantir a sustentabilidade dos ganhos.

3

Logística e Distribuição**✓ Estabelecer Baseline**

Processo de roteirização tem com um OTIF (entregas no prazo e completas) de 80% e utilização de frota de 70%.

✓ Definir KPIs de Sucesso

Custo de Transporte por Unidade/KM: (R\$). • OTIF (On-Time, In-Full): (%).
• Utilização/Ocupação da Frota: (%).

✓ Estimar Ganhos

A hipótese é que a IA otimizará as rotas, resultando em uma redução dos custos de logística em 12% com aumento do OTIF.

✓ Traduzir para Valor Financeiro

O modelo de roteirização inteligente pode gerar uma economia anual de R\$15 milhões em fretes, além de melhorar a satisfação do cliente com entregas mais confiáveis.

✓ Monitorar Pós-Implementação

Os KPIs de Custo de Transporte/KM e OTIF serão acompanhados continuamente para validar o ganho real e garantir melhor utilização da frota.

Implementação de IA apresenta uma série de alavancas mensuráveis.

Processos Tangíveis e altamente controlados, facilitando a mensuração de resultados

A padronização de processos é chave nas operações o que garante escalabilidade e resultados exponenciais.

Como são um centro de custo significativo, baixos percentuais de ganho representam um valor elevado.

Aceleradores técnicos de parceiros, muitas vezes já disponíveis (e.g. Gurobi) são alavancas de margem de projeto.

Exemplos de Resultados em 12 meses

- ✓ **Planejamento:**
Previsão de Stockouts (R\$ 12MM)
- ✓ **Suprimentos:**
Política de Estoque Raw & Pack (R\$ 3MM)
- ✓ **Armazenamento:**
Política de Estoque de Produto Acabado (R\$ 5,7MM)
- ✓ **Distribuição:**
Planejamento Logístico (R\$ 48,4MM)



16x ROI

Considerando poucas ou até mesmo nenhum *assumption* para a **validação de ganhos apontados dentro de 12 meses após a implementação** dos casos de uso¹

¹Custo médio do Caso de uso de R\$ 900k

Conclusão

Diferentemente de outras unidades de negócio, as operações são fundamentalmente orientadas à redução de custos através de ganhos de eficiência. Neste contexto, a capacidade de rastrear, estruturar e, acima de tudo, quantificar o impacto financeiro de cada projeto não é apenas uma boa prática, mas um imperativo estratégico.

É aqui que surge um paradoxo: embora a Inteligência Artificial represente uma das maiores alavancas de otimização disponíveis, sua adoção ainda é tímida, com apenas 30% das operações afirmando utilizar IA de forma consistente no seu dia a dia. Para quebrar essa barreira e escalar o uso da tecnologia, as organizações precisam de uma metodologia clara para provar o valor de seus investimentos e conectar o potencial da IA a resultados tangíveis.

A metodologia que apresentamos é desenhada exatamente para construir essa ponte, mas seu sucesso depende de responder a duas perguntas fundamentais que devem guiar qualquer iniciativa de dados em operações: Quais alavancas de negócio meu projeto realmente irá impactar? E, crucialmente, como identifico e mensuro esse impacto no dia a dia da operação?



 Capítulo 6



Uma tendência Nova: IA Agents

Agentes de IA: A próxima fronteira na autonomia da cadeia de valor

A cadeia de suprimentos e a manufatura têm sido historicamente centros de custo e de complexidade, suscetíveis a flutuações e eventos externos. Embora o setor tenha avançado na digitalização com a implementação de sistemas de ERP, TMS e WMS, o uso da inteligência artificial (IA) ainda tem sido, em grande parte, superficial, focando principalmente em modelos analíticos e preditivos.

O verdadeiro salto qualitativo para a resiliência e a eficiência não reside apenas em prever o futuro, mas em capacitar sistemas para agir sobre essas previsões. Essa é a essência da próxima tendência disruptiva: **a emergência dos agentes de IA.**

Da IA ao Agente: A próxima alavanca de valor comercial.



RPA
Supremacia

IA Tradicional
Democratização

IA Generativa
Difusão

IA Agentes
Ascensão

A Era da Autonomia: Redefinindo a Inteligência na Cadeia de Suprimentos

A evolução da IA na cadeia de suprimentos pode ser compreendida em três estágios distintos. Inicialmente, a IA era utilizada principalmente para modelos preditivos, como a previsão de demanda e a otimização de inventário. Essas ferramentas, embora valiosas, atuam de forma passiva, fornecendo insights para a tomada de decisões humanas. A IA generativa, por sua vez, representou uma nova capacidade ao permitir que os sistemas compreendessem dados não estruturados, como contratos de fornecedores e registros de compras, e gerassem conteúdo em resposta a prompts. No entanto, tanto a IA preditiva quanto a generativa, em suas formas tradicionais, ainda dependiam da intervenção humana para converter os dados e o conteúdo gerado em ações concretas.

Os agentes de IA representam o estágio mais avançado dessa evolução, atuando como um "divisor de águas" que pavimenta o caminho para uma cadeia de suprimentos autônoma ou semi-autônoma. Sua principal inovação reside na capacidade de transitar da mera análise para a ação.

Isso foi possibilitado pelos avanços em modelos de fundação de IA, que agora possuem capacidades de raciocínio, planejamento e memória em níveis antes inatingíveis. Como resultado, os agentes de IA podem não apenas processar dados, mas também tomar decisões, aprender com a experiência e se adaptar dinamicamente para alcançar um objetivo pré-definido, com pouca ou nenhuma intervenção humana. Essa transição transforma a cadeia de suprimentos de uma função de back-office em um ativo estratégico que pode impulsionar a agilidade e a resiliência do negócio.



O que são Agentes de IA?

Para a liderança executiva, a distinção entre um agente de IA e as tecnologias de automação existentes é fundamental para compreender o seu valor. Um agente de IA é um sistema de software que utiliza IA para perceber o seu ambiente, raciocinar, planejar e executar tarefas de forma autônoma em nome de um usuário ou de um objetivo de negócio. As características que o diferenciam de um bot ou assistente são sua autonomia e capacidade de raciocínio complexo. Enquanto um bot ou um assistente de IA responde a comandos ou perguntas específicas dentro de um contexto limitado, **um agente de IA pode operar de forma independente para alcançar um objetivo maior.**

Ele pode, por iniciativa própria, buscar informações em fontes externas, analisar dados, tomar decisões e executar ações de maneira proativa. Por exemplo, um assistente pode recomendar uma rota, mas um agente de IA pode alterar a rota de uma frota de caminhões de forma autônoma ao detectar um congestionamento em tempo real.

A capacidade dos agentes de interagir com outros agentes para coordenar e executar fluxos de trabalho complexos, um conceito conhecido como colaboração multiagente, sinaliza o surgimento de um futuro onde a orquestração de "frotas" de agentes inteligentes se tornará um novo imperativo estratégico para a liderança.

Ferramentas e protocolos emergentes como o A2A (Agent2Agent) e o MCP (Model Context Protocol) estão sendo desenvolvidos para permitir essa comunicação fluida entre agentes de diferentes ecossistemas e sistemas empresariais, consolidando a infraestrutura para a adoção em larga escala.



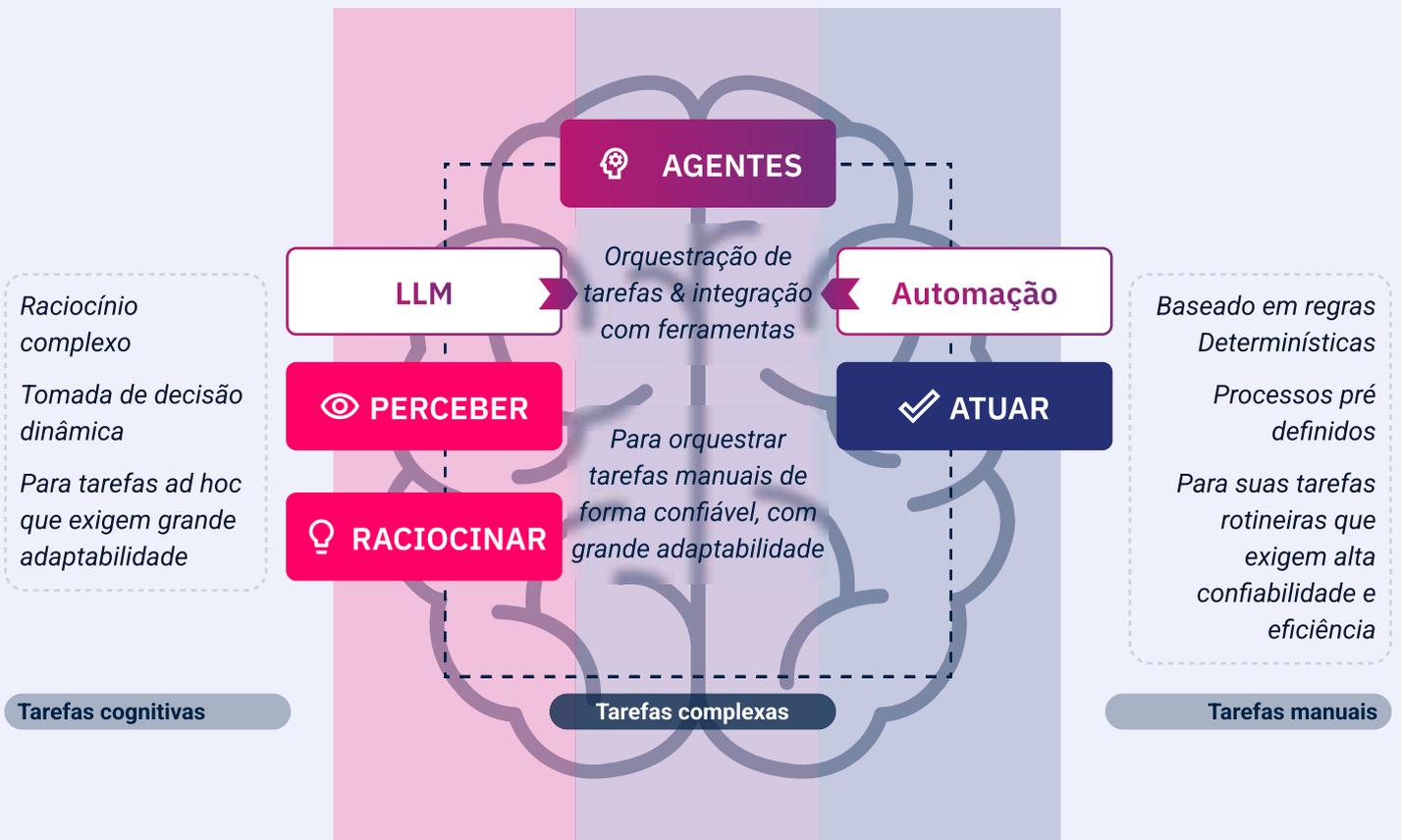
Agentes de IA vs. Automação Tradicional

Para muitos líderes, o conceito de automação pode estar intrinsecamente ligado à automação robótica de processos (RPA). Embora o RPA tenha gerado valor significativo, ele opera dentro de parâmetros fixos e de fluxos de trabalho predefinidos, seguindo a lógica if-then. Os agentes de IA, por outro lado, representam um salto qualitativo que remodela dinamicamente o contexto e, em alguns casos, pode até modificar as suas próprias regras de execução. A tabela a seguir compara as características fundamentais para demonstrar a mudança de paradigma.

Característica	Automação Tradicional (RPA)	Agentes de IA
Autonomia	Baixa: segue fluxos pré-definidos.	Alta: opera e toma decisões de forma independente para alcançar metas.
Raciocínio	Lógica if-then e execução de tarefas estruturadas.	Lógica, inferência e modelos probabilísticos. Considera múltiplas variáveis e ambiguidades.
Aprendizado	Nulo: não aprende com novos dados.	Contínuo: adapta modelos e estratégias com o tempo para melhorar o desempenho.
Proatividade	Reativo: só age quando acionado.	Proativo: pode antecipar necessidades e iniciar ações.
Escopo	Restrito a tarefas repetitivas e estruturadas.	Gerencia fluxos de trabalho complexos, com tarefas de múltiplos passos e dados não estruturados.
Valor Estratégico	Eficiência operacional, redução de erros manuais.	Resiliência, adaptabilidade, insights preditivos e vantagem competitiva.

O RPA se concentra em fazer tarefas mais rápidas e com menos erros. O agente de IA, no entanto, busca um resultado de negócio, operando de forma mais ampla para otimizar fluxos de trabalho complexos, como a previsão de demanda, a roteirização e a gestão de clientes. O valor estratégico não é apenas a economia de custos, mas a capacidade de construir uma cadeia de suprimentos mais transparente e resiliente, que pode se adaptar de forma fluida a disrupções e a mudanças de contexto.

Sistemas de Agentic AI unem RPA e IA Generativa para agentes realizarem tarefas de forma autônoma



Oportunidade dos Agentes em Planejamento e Produção



O Agente Negociador de S&OP (S&OP Autonomous Negotiator)

O processo de S&OP é, em sua essência, uma negociação entre departamentos com metas conflitantes (Vendas querendo maximizar o atendimento, e Operações buscando otimizar a capacidade). Um Agente Negociador Autônomo atua como um mediador inteligente, treinado com dados de negociações históricas, comportamento de fornecedores e preços de mercado. Ele pode negociar alocações de estoque e cronogramas de produção em tempo real para harmonizar as metas de Vendas e Operações. Com isso, a liderança define as regras estratégicas da negociação, enquanto o agente executa as micro-negociações táticas de forma autônoma, tornando o ciclo de S&OP muito mais ágil e consistente.



Agentes na Gestão de Armazenagem e Qualidade



Agente de Controle de Qualidade (*Quality Control Agent*)

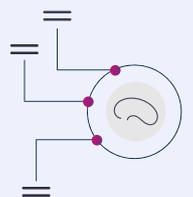
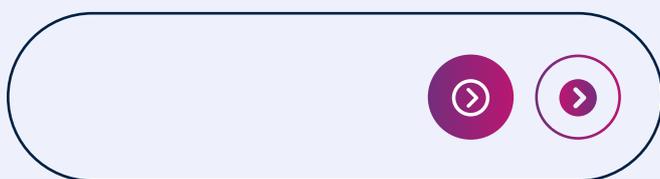
O controle de qualidade é uma atividade meticulosa, tradicionalmente executada por inspetores humanos. Um Agente de Controle de Qualidade utiliza visão computacional e aprendizado de máquina para inspecionar produtos e detectar defeitos durante as fases de produção ou embalagem. Ao automatizar essa função, o agente reduz a dependência de verificações manuais e garante uma consistência superior. Mais importante, ele não apenas rejeita itens, mas libera o inspetor humano para focar em tarefas de maior valor, como a análise da causa-raiz dos defeitos e a proposição de melhorias no processo.

Agentes de IA e a Excelência Operacional



O Agente de Otimização de Rota (*Route Optimization Agent*)

A logística de transporte é um dos elos mais caros da cadeia de suprimentos. Um Agente de Otimização da Rota opera sobre dados de múltiplas fontes, como GPS, tráfego em tempo real e previsões do tempo. Ao contrário dos sistemas tradicionais que se baseiam em planos fixos, o agente pode raciocinar e ajustar a rota dinamicamente. Se detecta um engarrafamento, ele pode alterar a rota de um veículo em tempo real para evitar atrasos, recalcular o tempo de chegada e notificar o cliente, garantindo maior eficiência e reduzindo os custos de combustível.



Agentes para Segurança e Otimização da Força de Trabalho



Agente de Planejamento de Turnos Autônomo (Autonomous Shift-planner Agent)

O planejamento de turnos é uma tarefa complexa que equilibra a demanda operacional com a disponibilidade e as habilidades da equipe. Um Agente de Planejamento de Turnos Autônomo pode gerenciar essa tarefa de forma dinâmica. Ele vai além de um agendamento fixo, ajustando a alocação de pessoal com base em variáveis em tempo real, como flutuações na demanda de produção, as habilidades dos funcionários e até mesmo o histórico de carga de trabalho para evitar a fadiga. Essa capacidade de adaptação garante uma alocação de recursos mais eficiente e flexível, reduzindo custos de mão de obra e aumentando a satisfação da equipe.

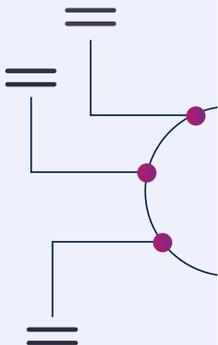


Tabela Resumo: Agentes de IA em Supply Chain e Manufatura

Agente	Funcionalidade-Chave	Benefício para o Negócio	Dados de Entrada Principais
S&OP Autonomous Negotiator	Negocia alocações e horários entre departamentos de forma autônoma.	Aceleração do ciclo de S&OP, maior consistência nas decisões.	Metas de vendas, capacidade de produção, restrições de estoque.
Quality Control Agent	Usa visão computacional para inspecionar produtos e detectar defeitos.	Redução de erros de produção, melhoria da qualidade do produto.	Imagens e vídeos de linhas de produção.
Route Optimization Agent	Ajusta rotas de transporte em tempo real com base em variáveis dinâmicas.	Redução de custos de combustível, entregas mais rápidas.	Dados de GPS, tráfego, clima, fechamento de estradas.
Autonomous Shift-planner Agent	Otimiza a alocação da equipe com base em demanda e habilidades.	Aumento da eficiência, redução de custos, maior satisfação da equipe.	Dados de demanda, disponibilidade de funcionários, habilidades.



Agentic Room: A forma de alavancar o impacto exponencialmente

Embora o impacto dos agentes de IA em áreas como Vendas e Marketing seja frequentemente direto e visível, nas Operações, sua verdadeira força se manifesta de uma maneira diferente: como um multiplicador de valor exponencial. Longe de ter um espaço limitado, os agentes de IA são a chave para alavancar e escalar o impacto de toda a infraestrutura de dados já existente.

A verdadeira magia acontece quando aplicamos agentes para potencializar a utilização de modelos de IA tradicionais. Pensemos em um modelo de previsão de ruptura de estoque. Por si só, seu impacto é claro, mas limitado, pois depende da intervenção humana para avaliar cada risco, redirecionar cargas ou solicitar produção. O resultado é um teto para a eficiência que se pode alcançar.

É aqui que o agente de IA eleva o jogo. Primeiramente, ele pode priorizar de forma inteligente os riscos mais críticos levantados pelo modelo. Em seguida, ele engaja proativamente com os times de produção, planejamento, logística e comercial para orquestrar uma solução balanceada. Levando a capacidade a um novo patamar, se conectarmos este mesmo agente a um modelo de otimização de custos de transporte, ele passa a identificar não apenas uma solução para a ruptura, mas a solução ótima, que minimiza o impacto financeiro.

Existem inúmeras oportunidades para o impacto dos Agentes em toda a cadeia de valor.

AGENTIC ROOMS

Para gerar impacto exponencial com Agentes nas Operações, implementar um único agente não é suficiente. **O verdadeiro ROI surge com a criação de uma "Sala Agêntica" (Agentic Room), que aproveita outras soluções, como:**

1

Modelos de IA Tradicionais:

Os Agentes de IA podem aprimorar processos e eficiência na tomada de decisão, mas a otimização e a previsão avançadas ainda dependem da IA tradicional.

2

Sistema e Integração de Dados:

Os agentes são treinados com os dados necessários, mas a integração com conjuntos e sistemas de dados principais lhes permitirá agir diretamente.

3

Múltiplos Agentes:

A combinação de múltiplos agentes possibilita a cobertura simultânea de diferentes processos e permite que os fatores dentro de cada um influenciem uns aos outros.



	Principais Desafios	Salas (Rooms)	
PLANEJAMENTO	Compreensão entre o Real x Planejado e os fatores por trás das mudanças.	Vendas e Operações	<p>Espaço centralizado para garantir a execução máxima do plano de vendas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ S&OP Optimizer (IA tradicional) ✓ S&OE Agent: Agente responsável por negociar S&OE com todos os envolvidos.
ABASTECIMENTO	Reagir rapidamente a problemas e antecipar riscos com fornecedores.	Gestão de Fornecedores	<p>Espaço focado em negociar e gerenciar fornecedores.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Risk Forecasting (IA tradicional) ✓ Negotiator Agent: Agente responsável por negociar prazos, ajustes e preços com fornecedores.
MANUFATURA	Garantir qualidade e minimizar perdas nos processos.	(Gestão de Operações	<p>Espaço dedicado a garantir qualidade e eficiência.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Quality Forecast (IA tradicional) ✓ Quality Agent: Agente responsável por analisar dados e gerar alertas sobre os fatores de risco de qualidade.
ARMAZENAGEM	Gerenciamento de estoque para garantir o nível de serviço.	(Gestão de Armazém	<p>Agentes focados em garantir o nível de serviço ideal com custos adequados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Inventory Policy (IA tradicional) ✓ Inventory Insights: Agente responsável por analisar capacidade, estoque atual e problemas de alerta.
DISTRIBUIÇÃO	Gestão de frotas e redução de custos operacionais.	Gestão de Frotas	<p>Espaço centralizado para gerenciar frotas e otimizar processos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cost Optimization Model (IA tradicional) ✓ Route Agent: Agente responsável por definir rotas dinamicamente com base em economia de custos.

É por isso que os agentes de IA brilham nas operações quando atuam como o núcleo de um **ecossistema integrado de modelos e automações**. Para que seu potencial seja plenamente realizado, o agente deve ser desenhado para assumir uma função clara e específica dentro do processo, como um Analista Logístico Virtual ou um Planejador de Produção Autônomo. Desta forma, eles transcendem a função de um simples chatbot conversacional para se tornarem ferramentas autônomas que executam tarefas e geram impacto real no negócio.



AI Agents



Robertet Group e o Projeto NaturlA

O Grupo Robertet, líder mundial em fragrâncias, oferece um exemplo de como a IA pode impulsionar a cadeia de desenvolvimento e lançamento de novos produtos.

Em parceria com a Artefact, o grupo desenvolveu o projeto NaturlA, uma **ferramenta baseada em IA generativa voltada à aceleração da pesquisa de perfumes.**

A plataforma é constituída por um motor de **busca inteligente e um painel de inspiração**, capaz de traduzir briefings de imagem em descrições conceituais que podem ser utilizadas para buscar combinações em um banco de dados de mais de 65.000 fórmulas. A IA não cria o perfume, mas facilita o processo de pesquisa.

 ***Ela sugere compostos de ingredientes, considerando as intenções do perfumista, as tendências de mercado e o DNA sensorial da própria Robertet.***

Com a IA, a Robertet consegue antecipar, já no estudo, quais combinações de matérias-primas são compatíveis com sua disponibilidade global, quais têm melhor custo de produção, e quais atendem aos padrões regulatórios de cada mercado. **O resultado é uma redução significativa no time-to-market, permitindo que fragrâncias cheguem às prateleiras antes do cronograma tradicional.**

Mais do que acelerar a criação, o projeto NaturlA demonstra que a tecnologia pode ajudar a **garantir consistência entre o conceito do produto e sua viabilidade produtiva.** Com isso é possível tornar o lançamento de novos produtos um processo previsível, escalável e orientado por dados.

 Capítulo 7



Digital Twins

Uma Tendência Antiga: *Digital Twins*

O conceito de Digital Twin remonta à NASA durante a corrida espacial nos anos 1960, embora o termo só tenha sido cunhado em 2002 por Michael Grieves. Essencialmente, um **Digital Twin é um espelho digital de um processo, máquina ou operação real, cujo objetivo é melhorar a simulação e a análise, mostrando como o sistema espelhado reagiria em diferentes cenários.** Inicialmente usados para estudar o comportamento de foguetes, hoje eles são amplamente aplicados para melhorar o desempenho operacional, tornando-se um conceito central da Indústria 4.0 e, talvez, um pilar da futura Indústria 5.0.

A meta é usar dados em tempo real de ativos para criar uma versão digital que pode simular condições, prever reações e utilizar IA para potencializar resultados. Na prática, permite que as operações rodem um espelho paralelo de si mesmas, aprendendo continuamente enquanto testam novas possibilidades.

Digital Twins, Simulações e IA: Esclarecendo as Diferenças

Os Digital Twins são frequentemente confundidos com simulações ou casos de uso isolados de IA, mas os três conceitos, embora interconectados, são distintos:

✓ **Simulações:**

Uma simulação é uma fotografia estática de como um cenário pode se comportar. Ela opera com "dados de ontem" e não se adapta a dados em tempo real.

✓ **Inteligência Artificial:**

Casos de uso de IA podem reagir dinamicamente a cenários reais, mas geralmente possuem um escopo limitado, tratando de processos específicos sem uma integração ampla com o sistema.

✓ **Digital Twins:**

O Digital Twin reúne esses elementos. Ele usa dados históricos, integra IA para previsão e otimização, e aproveita dados em tempo real de sistemas complexos. O ponto mais importante é que ele cria uma interação de mão dupla: o Digital Twin não apenas analisa dados, mas também fornece feedback direto para as operações, permitindo ajustes em tempo real.

Por exemplo, na fabricação de garrafas de vidro, o resfriamento é uma etapa crítica. Um Digital Twin pode determinar o ritmo ótimo de resfriamento a cada momento, equilibrando qualidade e uso de recursos. Se a qualidade da matéria-prima muda e afeta o processo, o Digital Twin se adapta, comunica novas instruções à operação e mantém a eficiência, eliminando ajustes isolados.



O que são Digital Twins?



Equilíbrio entre o Real e o Planejado

A Ascensão do Digital Twin



Conceito original criado pela NASA para apoiar a corrida espacial e a missão de pouso na Lua nos anos 1960.

O termo “Digital Twin” é cunhado pelo Dr. Michael Grieves e entra no radar da indústria como um conceito além da ciência de foguetes.

Com os avanços tecnológicos e o aumento da acessibilidade à computação em nuvem e sensores, os Digital Twins se tornam cada vez mais comuns em operações complexas.

O avanço da IA e da Agentic AI está expandindo exponencialmente as capacidades dos Digital Twins e ampliando seu impacto nas operações empresariais.



Tipos de Digital Twin

Os Digital Twins podem ser classificados em diferentes níveis de complexidade e abrangência, de acordo com a granularidade e a integração necessária:

1 Asset Twins

São Digital Twins que representam um único ativo ou processo específico, como uma máquina de corte de chapa. Permitem monitorar o desempenho e antecipar falhas de equipamentos individuais.

Desafio principal: a sustentação de um Asset Twin depende fortemente da disponibilidade e qualidade dos dados de sensores do ativo monitorado.

2 System Twins

Focados em uma variável de controle de maior abrangência, como o consumo de energia em uma planta. Conectam diversos ativos para representar e otimizar o comportamento de um sistema ou de uma dimensão operacional.

Desafio principal: a integração entre sistemas de TI (informação) e OT (operação) é fundamental para garantir que o twin seja acionável em escala.

3 Process Twins

São os Digital Twins mais complexos, representando a visão integrada de múltiplos twins ao longo da cadeia. Permitem simular e otimizar processos completos, como o sequenciamento de produção.

Desafio principal: o desenvolvimento de Process Twins exige um profundo entendimento do negócio e de suas interdependências para que as simulações reflitam a realidade e apoiem decisões de alto impacto.

Onde os Digital Twins Estão Sendo Usados?

Os Digital Twins podem ser aplicados em toda a cadeia de valor:

- ✓ **Planejamento:** Melhorando processos de S&OP e S&OE ao combinar dados em tempo real com modelos de previsão e otimização. Se a demanda cai, o Digital Twin pode ajustar o S&OP e o planejamento de produção.
- ✓ **Suprimentos:** Avaliando o impacto das características de matérias-primas. Por exemplo, pode detectar se grãos de soja com alta umidade estão reduzindo a eficiência e ajustar o processo.
- ✓ **Manufatura:** Aplicação tradicional, onde réplicas digitais das plantas permitem monitoramento, ajustes e modelagem preditiva. Sensores podem prever a cor da cerveja, otimizando o uso de malte.
- ✓ **Armazenagem:** Usando dados de WMS para otimizar níveis de estoque e criar uma "torre de controle" para monitorar atividades como *picking* e *packing*, identificando falhas.
- ✓ **Logística:** Explorando dados de telemetria e GPS para otimização 3D de carregamento de caminhões, planejamento de rotas e combinação de veículos, motoristas e pedidos.

Benefícios e Desafios na Implementação

Os Digital Twins oferecem melhorias mensuráveis, como a otimização de desempenho, prevenção de falhas através de manutenção preditiva e uma melhor tomada de decisão baseada em dados. Ao integrar monitoramento, previsão e otimização, eles proporcionam uma visão holística que aumenta a eficiência e reduz custos.

No entanto, a implementação apresenta desafios, especialmente sob a ótica da Tecnologia Operacional (OT):



Integração IT-OT: O fluxo de dados bidirecional exige infraestrutura robusta e interoperabilidade entre sistemas de diferentes idades.



Instrumentação de Alta Granularidade: A coleta de dados em alta resolução (ex: microvibrações) aumenta a precisão, mas também os custos de investimento e manutenção.



Qualidade e Confiabilidade dos Dados: Ambientes industriais adversos podem comprometer a integridade dos dados, exigindo calibração constante e redundância.



Integração com Sistemas Legados: Plantas com PLCs, SCADAs ou DCS antigos podem demandar retrofit, middleware ou conversores, elevando a complexidade.

Caso de Uso

Calibração de Máquinas através de IA

Em muitas indústrias, como a de manufatura e processamento, a geração de energia própria por meio de turbinas a gás é uma necessidade operacional. No entanto, a eficiência dessas turbinas é altamente sensível a variações ambientais, como temperatura e umidade, além de mudanças nas propriedades do combustível.

Tradicionalmente, o ajuste fino desses equipamentos é um processo manual, realizado por especialistas em intervalos sazonais. Esse método, além de demorado, é ineficaz, pois a sintonia ideal se perde assim que as condições do ambiente se alteram. O resultado é um consumo de combustível acima do necessário, aumento na emissão de poluentes (como óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono) e custos operacionais elevados, impactando diretamente a sustentabilidade e a lucratividade da operação.

Para enfrentar esse desafio, uma grande desenvolvedora de máquinas resolveu utilizar IA e criar um Digital Twin da turbina a gás. Funciona da seguinte forma:

- ✔ **Criação do Digital Twin:** Um modelo virtual da turbina é construído utilizando algoritmos de Machine Learning (ML), que aprende e entende todas as nuances operacionais do equipamento físico.
- ✔ **Monitoramento Contínuo:** O software monitora em tempo real as condições ambientais, as propriedades do gás e o desempenho da turbina.





- ✔ **Otimização Autônoma:** A cada dois segundos, a IA analisa os dados e calcula os ajustes ótimos para a queima de combustível e a temperatura da chama. Essas otimizações são enviadas automaticamente para os sistemas de controle da turbina.

Essa abordagem transforma um processo manual e reativo em uma operação autônoma e preditiva, garantindo que a turbina opere sempre em seu "ponto ótimo" de eficiência.

A implementação desta tecnologia de Digital Twin com IA gera resultados tangíveis e de alto impacto para a indústria:

Métrica	Resultado Alcançado
Redução de Emissões de CO	Diminuição de até 14%
Redução de Emissões de NOx	Diminuição entre 10% e 14%
Redução de Combustível e CO ₂	Economia entre 0.5% e 1%

Além dos ganhos de sustentabilidade, a solução permite que as plantas industriais em regiões com forte regulação ambiental estendam suas janelas de produção. A automação do processo de ajuste também libera a equipe de especialistas para focar em tarefas de maior valor agregado, otimizando o uso de recursos humanos.

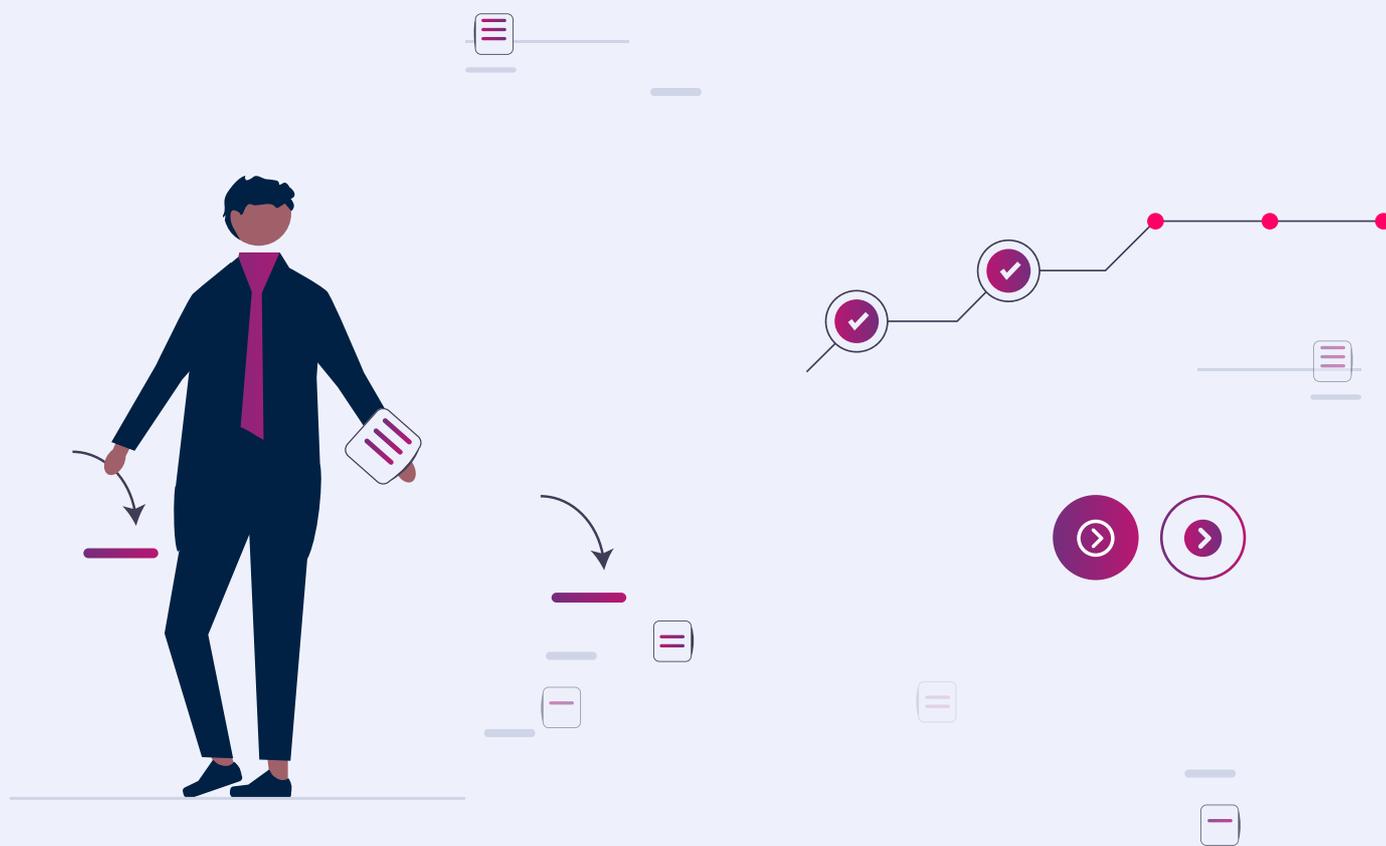
Este caso de uso demonstra como a combinação de Digital Twins e Inteligência Artificial pode ir além do monitoramento, criando sistemas autônomos que otimizam ativamente os processos industriais, gerando valor financeiro e ambiental para a cadeia de suprimentos e manufatura.

Fonte: CONTROL.COM. GE Digital Introduces a Digital Twin Solution to Autonomously Tune Gas Turbines. Disponível em: <https://control.com/news/ge-digital-introduces-a-digital-twin-solution-to-autonomously-tune-gas-turbines/>. Acesso em: 23 out. 2025.



Conclusão do Capítulo: *Uma Ponte para o Futuro*

Avanços em IA e a redução dos custos de sensores tornam a implementação de Digital Twins mais acessível do que nunca. Ainda assim, o mindset em torno do tema permanece excessivamente ligado à manufatura, onde o investimento em OT e o equilíbrio IT-OT são mais complexos. A verdadeira oportunidade está em enxergar os Digital Twins como uma ponte para a Indústria 4.0 e até 5.0. Não é necessário transformar toda a operação de uma só vez. A adoção abre caminho para que as empresas evoluam de um modelo reativo para um modelo proativo de otimização. Os resultados são claros: maior eficiência, decisões mais precisas e, acima de tudo, redução de custos, o principal objetivo das operações.



 Capítulo 8

Uma cadeia inteligente

Essa mudança de foco exige a evolução dos Times/Pessoas. A IA não substitui a equipe, mas sim a empodera. Profissionais que antes gastavam tempo em tarefas manuais e repetitivas, como a entrada de dados e a geração de relatórios, agora usam a inteligência da IA para tomar decisões mais rápidas e estratégicas. Novas funções, como cientistas de dados e analistas de IA, se tornam cruciais para a operação. A cultura da empresa se move em direção à tomada de decisões baseada em dados, com a IA atuando como um assistente inteligente.

O próximo nível de evolução dessa cadeia inteligente é a ascensão dos Agentes de IA. Diferente de um modelo de IA que apenas gera insights, um agente é um sistema autônomo capaz de tomar decisões e executar tarefas de forma independente.

Um agente pode, por exemplo, analisar a necessidade de reposição de estoque, verificar a disponibilidade de um fornecedor, criar o pedido de compra e até mesmo agendar o transporte, tudo sem a intervenção humana. Esses agentes operam 24/7 e podem gerenciar múltiplas tarefas simultaneamente, liberando a equipe para se concentrar em questões mais complexas.

Chegar a esse ponto exige um Roadmap de adoção bem planejado. A jornada não é uma simples migração de sistemas, mas uma transformação cultural e tecnológica.

Um caminho possível para a implementação dessa cadeia inteligente inclui:

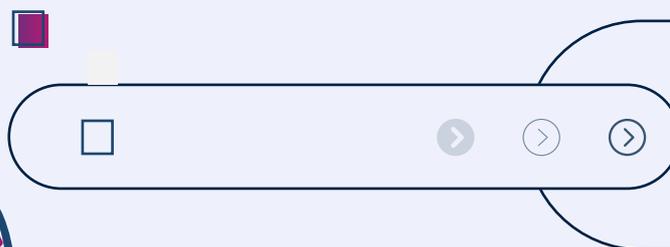
- ✓ **Avaliação da Maturidade Digital:** Entenda onde a empresa está hoje em termos de dados, sistemas e processos.
- ✓ **Projetos-Piloto Focados:** Comece com um projeto-piloto em uma área de alto impacto, como a otimização de roteirização ou a previsão de demanda, para provar o valor e construir a confiança interna.
- ✓ **Expansão e Integração:** Após o sucesso do piloto, expanda a solução para outras áreas da cadeia, integrando os sistemas e processos.
- ✓ **Automação Gradual:** À medida que a confiança na IA cresce, comece a automatizar a tomada de decisão em tarefas de menor risco, permitindo que os agentes assumam um papel maior.
- ✓ **Cadeia Autônoma:** Chegue ao ponto de uma cadeia de suprimentos inteligente, onde a IA orquestra grande parte das operações de forma autônoma, com a intervenção humana focada na supervisão e no aprimoramento contínuo.

Operações impulsionadas por IA evoluem lado a lado com o valor de negócio

O roadmap da IA nas Operações não é linear; cada fase – do planejamento à distribuição – segue seu próprio ritmo.



Em vez de uma mudança abrupta, a adoção deve ser um processo gradual e bem planejado. A seguir, apresentamos um passo a passo detalhado para guiar essa evolução.



Apesar do alto custo das operações, dividido entre as diferentes fases da cadeia de valor, a Inteligência Artificial transforma esse cenário **ao desbloquear ganhos exponenciais de eficiência, escala e impacto.**



Diagnóstico

O primeiro passo é construir a base sobre a qual toda a inteligência será desenvolvida. Sem dados de qualidade, qualquer iniciativa de IA está fadada ao fracasso.



Otimização

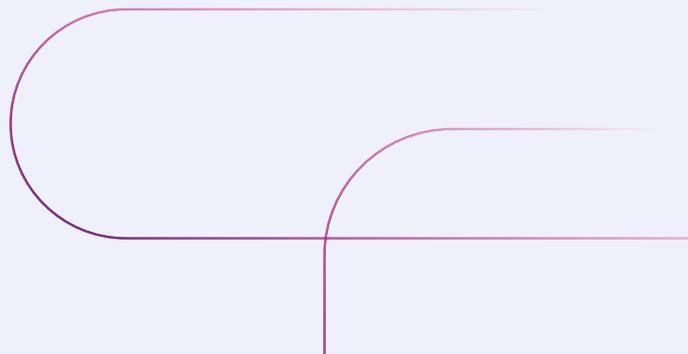
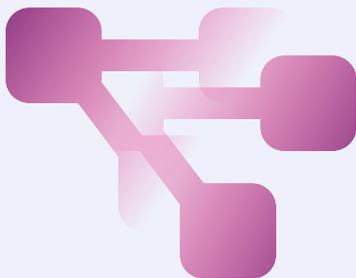
Com a fundação validada, o foco se volta para a otimização dos processos centrais da cadeia, expandindo o uso de IA para gerar ganhos de escala.

Capacitação

A tecnologia por si só não gera valor; são as pessoas que a utilizam que fazem a diferença. Esta etapa é crucial para garantir a adoção e a sustentabilidade da transformação.

Autonomia

Esta é a fase mais avançada da jornada, onde a cadeia de suprimentos começa a operar de forma autônoma, com a IA não apenas sugerindo, mas também executando ações.



Passo 1 *Diagnóstico e Fundação (Foundations)*

O primeiro passo é construir a base sobre a qual toda a inteligência será desenvolvida. Sem dados de qualidade, qualquer iniciativa de IA está fadada ao fracasso.

Avaliação de Maturidade Digital:

Realize um diagnóstico completo para entender o cenário atual ("As Is"). Mapeie todos os sistemas existentes (ERP, WMS, TMS), a qualidade e a disponibilidade dos dados, os processos manuais e o nível de capacitação digital das equipes.

Definição da Arquitetura de Dados:

Desenvolva um plano para unificar as informações. O objetivo é criar uma fonte única da verdade (single source of truth), integrando dados de sensores (IoT), telemetria, sistemas internos e fontes externas (clima, tendências de mercado).

Prova de Conceito (PoC) Focada:

Inicie com um projeto-piloto de alto impacto e baixo risco para validar a tecnologia e comprovar o valor (ROI). Boas opções incluem a otimização de uma rota específica ou a previsão de demanda para uma única linha de produtos. O sucesso aqui cria o momentum necessário para a expansão.



Passo 2 *Otimização de Processos e Ganhos de Escala*

Com a fundação validada, o foco se volta para a otimização dos processos centrais da cadeia, expandindo o uso da IA para gerar ganhos de escala.

Expansão para Processos Adjacentes:

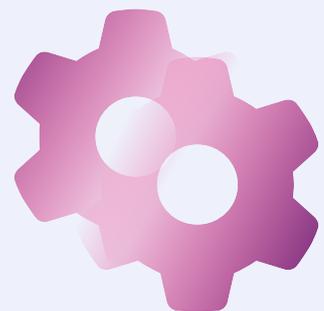
Utilize os aprendizados do piloto para implementar a IA em outras áreas. Se começou com previsão de demanda, avance para otimização de estoque; se o foco foi roteirização, expanda para a gestão de pátio e manutenção preditiva da frota.

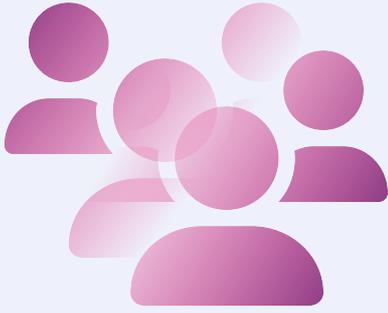
Automação de Tarefas Repetitivas:

Comece a automatizar tarefas manuais que consomem tempo da equipe, como a extração e a compilação de relatórios, a entrada de dados e o monitoramento básico de KPIs. Isso libera os profissionais para atividades de maior valor agregado.

IA como "Copiloto":

Nesta fase, a IA atua como um assistente inteligente. Ela gera insights, recomenda ações e simula cenários, mas a decisão final ainda é humana. O objetivo é aumentar a capacidade analítica da equipe e acelerar a tomada de decisão.





Passo 3 *Capacitação e Transformação Cultural (People)*

A tecnologia por si só não gera valor; são as pessoas que a utilizam que fazem a diferença. Esta etapa é crucial para garantir a adoção e a sustentabilidade da transformação.

Treinamento e Qualificação:

Capacite as equipes para trabalharem com as novas ferramentas. Profissionais de planejamento, logística e armazém precisam entender como interpretar os outputs da IA para tomar decisões mais estratégicas.

Desenvolvimento de Novas Competências:

Invista na formação de novos papéis, como analistas e cientistas de dados focados em Supply Chain, que serão responsáveis por refinar os modelos e extrair insights cada vez mais profundos.

Fomento à Cultura Data-Driven:

Promova uma cultura onde as decisões são baseadas em dados e evidências, não apenas na intuição. Celebre os sucessos dos projetos de IA e demonstre o impacto positivo nos resultados da empresa.





Passo 4 Rumo à Autonomia com Agentes de IA

Esta é a fase mais avançada da jornada, onde a cadeia de suprimentos começa a operar de forma autônoma, com a IA não apenas sugerindo, mas também executando ações.

Implementação de Agentes Autônomos:

Introduza agentes de IA para automatizar processos de decisão de ponta a ponta em tarefas de menor risco. Por exemplo, um agente pode ser programado para analisar os níveis de estoque, gerar um pedido de compra, enviá-lo a um fornecedor pré-aprovado e agendar a coleta, tudo sem intervenção humana.

Orquestração Inteligente:

Os agentes começam a interagir entre si, orquestrando fluxos de trabalho complexos. Um agente de demanda pode comunicar uma mudança de previsão a um agente de produção, que, por sua vez, ajusta o planejamento e notifica o agente de compras sobre a necessidade de mais matéria-prima.

Supervisão e Melhoria Contínua:

O papel da equipe humana evolui para o de supervisor e estrategista. Os profissionais monitoram a performance dos agentes, ajustam os parâmetros dos algoritmos e focam na resolução de exceções e na melhoria contínua do ecossistema autônomo.

Seguindo este roadmap, uma empresa pode transformar sua cadeia de suprimentos de forma estruturada, mitigando riscos e garantindo que cada investimento em tecnologia se traduza em valor real e mensurável para o negócio.



Artefact como Parceiro

Por que Artefact é a *parceria ideal* nessa transformação

A transformação de uma cadeia de suprimentos tradicional em um ecossistema inteligente é um desafio complexo que exige um parceiro com experiência comprovada em dados, IA e consultoria de negócios. A Artefact se posiciona como o parceiro ideal para essa jornada por diversos motivos.



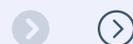
Expertise em Dados e IA

A Artefact possui uma equipe de cientistas de dados, engenheiros de Machine Learning e especialistas em IA. Com a capacidade de analisar grandes volumes de dados e identificar padrões complexos, a Artefact não apenas implementa a IA, mas também constrói a fundação de dados necessária para que a inteligência artificial funcione. A empresa se especializa em construir soluções preditivas e prescritivas, capazes de prever cenários futuros e recomendar ações concretas.



Visão Estratégica e de Negócios

A abordagem da Artefact vai além do técnico. A empresa entende que a IA na cadeia de suprimentos não é apenas sobre tecnologia, mas sobre a transformação do negócio. A consultoria da Artefact foca em como a IA pode gerar valor financeiro mensurável, reduzindo o "custo para servir" e aumentando a lucratividade. Eles trabalham em parceria com os clientes para identificar os pontos de dor mais críticos e desenvolver um roadmap de IA que se alinhe com os objetivos de negócios.





Soluções Adaptáveis e Escaláveis

A Artefact compreende que cada empresa é única. Em vez de soluções prontas, a empresa oferece uma abordagem personalizada que se adapta às necessidades específicas de cada cliente. Seja uma pequena ou média empresa buscando uma solução SaaS ou uma grande corporação com sistemas complexos, a Artefact constrói soluções que são adaptáveis e escaláveis, garantindo que a IA cresça junto com o negócio.



Casos de Sucesso e Parcerias Estratégicas

A experiência da Artefact se reflete em seus casos de sucesso globais e parcerias estratégicas. A empresa possui um histórico de sucesso na implementação de soluções de IA em empresas de diferentes setores, o que demonstra a capacidade de entregar resultados tangíveis. Ao escolher a Artefact, as empresas não apenas adquirem tecnologia de ponta, mas também um parceiro estratégico que entende os desafios da cadeia de suprimentos e está comprometido em transformar o custo em valor.

Nosso impacto comprovado

Ao longo de anos de parceria na jornada de impulsionar negócios por meio de soluções e estratégias em dados e IA, tivemos um grande impacto, agregando cada vez mais valor nas metodologias e ações de crescimento de negócio para nossos clientes e parceiros.

35%

De aumento na eficiência operacional

Implementação de soluções de IA personalizadas, otimizando processos internos em uma grande empresa de bens de consumo, resultando em uma operação mais ágil e eficaz.

20%

Redução nos custos operacionais, com aplicação de tecnologias avançadas de automação

40%

Melhoria na precisão das previsões de demanda utilizando análise preditiva baseada em IA

O que nossos clientes falam sobre nós!

Nossos projetos já resultaram em ganhos significativos para nossos clientes. Veja alguns depoimentos de quem viu o resultado de perto.



Forecast de Demanda e Abastecimento

Com a solução de previsão da Artefact, aumentamos a precisão e reduzimos o tempo necessário das equipes. Em apenas três meses conseguimos obter um ganho financeiro significativo.



Previsão de Rupturas de Estoque

Com a previsão de rupturas da Artefact, prevenimos riscos, aumentando a eficiência e assegurando receita ao longo de toda a cadeia de abastecimento em apenas cinco dias.

Alguns de nossos clientes

Trabalhamos com algumas das marcas mais reconhecidas no setor. Temos parceria com mais de 1.000 clientes em todo o mundo, entre mais de 300 grandes marcas internacionais.



Estratégia & Transformação

- ▲ Data & AI Strategy
- ▲ Data & AI organization
- ▲ Data Maturity Assessment
- ▲ Corporate Training
- ▲ Hackathons
- ▲ Data & AI Days
- ▲ GenAI Academy
- ▲ Artefact AI Summits



IA Aceleração

- ▲ AI & Gen AI Factory
- ▲ Data & AI for Operations
- ▲ AI for Customer Care
- ▲ Data & AI for Private Equity



Dados Fundamentos & BI

- ▲ Data Governance & Management
- ▲ Data – New BI – Self Business Intelligence
- ▲ Data for Sustainability



IT & Data Plataforms

- ▲ Data-Centric IT
- ▲ Cloud Services
- ▲ Tech-Agnostic Solutions
- ▲ Smarter Decision-Making
- ▲ Optimized IT Operations



Marketing Data & Digital

- ▲ Consumer Data Environment
- ▲ Data Valorization & Category Management
- ▲ Measurements (MROI) & Insights
- ▲ Marketing Analytics
- ▲ Data-driven Sales
- ▲ GMP Certified Reseller



Indústrias de Expertise:

BENS DE CONSUMO (CPG'S) | VAREJO & E-COMMERCE | LUXO & COSMÉTICOS | SAÚDE
| BANCOS & SEGUROS | TELECOMUNICAÇÕES | ESPORTES & ENTRETENIMENTO |
VIAGENS & TURISMO | SETOR PÚBLICO & GOVERNO | IMOBILIÁRIO | INDÚSTRIA &
UTILIDADES



Links e Referências



[1] Livro | Publicação acadêmica

CHRISTOPHER, Martin. Logistics and Supply Chain Management. 5. ed. Harlow: Pearson, 2016.

[2] Artigo Corporativo

SLIMSTOCK. O que é o sucesso da supply chain e como alcançá-lo? Slimstock Blog, 2024.

[3] Livro | Publicação acadêmica

IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre. 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.

[4] Livro | Publicação acadêmica

MENTZER, John T. Fundamentals of Supply Chain Management: Twelve Drivers of Competitive Advantage. Thousand Oaks: SAGE, 2004.

[5] Artigo Corporativo

REMIRA. S&OP and IBP in comparison: what are the differences and similarities? Remira, 2023.

[6] Artigo Corporativo

DATUP. S&OP vs S&OE: diferenças e como usá-las. Datup.ai, 2023.

[7] Relatórios

EY. How supply chains benefit from using generative AI. EY Insights, 2024.

[8] Relatórios

4INTELLIGENCE.AI. MACHADO, A. L. D. Planejamento e S&OP: o impacto do uso da Inteligência Artificial nas indústrias. 4Intelligence, 2023.

[9] Livro | Publicação acadêmica

SLIMSTOCK. Software de Execução de Vendas e Operações (S&OE). Slimstock, 2023.

[10] Livro | Publicação acadêmica

SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. Designing and Managing the Supply Chain. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2023.

[11] | **Fonte Técnica-Institucional**

GOOGLE CLOUD. O que são agentes de IA? Definição, exemplos e tipos. Disponível em: <https://cloud.google.com/discover/what-are-ai-agents?hl=pt-BR>. Acesso em: 1 set. 2025.

[12] | **Fonte Técnica-Institucional**

AWS. The rise of autonomous agents: What enterprise leaders need to know about the next wave of AI. AWS Insights. Disponível em: <https://aws.amazon.com/blogs/aws-insights/the-rise-of-autonomous-agents-what-enterprise-leaders-need-to-know-about-the-next-wave-of-ai/>. Acesso em: 1 set. 2025.

[13] | **Fonte Técnica-Institucional**

YOUTUBE. Revolutionizing Supply Chains with AI The Future is Now. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=U-6CXTeoYx4>. Acesso em: 1 set. 2025.

[14] | **Fonte Técnica-Institucional**

CLOUDFLARE. O que é um agente de IA? | IA agêntica. Disponível em: <https://www.cloudflare.com/pt-br/learning/ai/what-is-agentic-ai/>. Acesso em: 1 set. 2025.

[15] | **Fonte Técnica-Institucional**

CNN BRASIL. O que são agentes de IA, que inauguram nova fase da inteligência artificial. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/o-que-sao-agentes-de-ia-que-inauguram-nova-fase-da-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 1 set. 2025.

[16] | **Fonte Técnica-Institucional**

GOOGLE CLOUD. Vertex AI Agent Builder. Disponível em: <https://cloud.google.com/products/agent-builder>. Acesso em: 1 set. 2025.

[17] | **Fonte Técnica-Institucional**

AWS. AI Agents - Amazon Bedrock. Disponível em: <https://aws.amazon.com/bedrock/agents/>. Acesso em: 1 set. 2025.

[18] | **Fonte Técnica-Institucional**

GOOGLE CLOUD. Anomaly detection overview | BigQuery. Disponível em: <https://cloud.google.com/bigquery/docs/anomaly-detection-overview>. Acesso em: 1 set. 2025.

[19] | **Fonte Técnica-Institucional**

CNN BRASIL. Criatividade não pode ser trocada por IA, diz líder de assistente virtual. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/noticias/criatividade-nao-pode-ser-trocada-por-ia-diz-lider-de-assistente-virtual/>. Acesso em: 1 set. 2025.

[20] | **Fonte Técnica-Institucional**

ARTEFACT. Solução ROBERTET NaturIA: Quando artificial intelligence se torna... Disponível em: <https://www.artefact.com/br/cases/naturia-when-artificial-intelligence-becomes-the-partner-of-robertets-creators/>. Acesso em: 1 set. 2025.

[21] | Fonte Técnica-Institucional

PWC BRASIL. Desafios da implementação da inteligência artificial na... Disponível em: https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/setores-atividade/assets/produ%C3%A7%C3%A3o-industrial/2024/folder_ia-em-supply-chain.pdf. Acesso em: 1 set. 2025.

[22] | Relatório

INSPER. Roadmap para a adoção de inteligência artificial nas organizações. Disponível em: <https://www.insper.edu.br/pt/conteudos/gestao-e-negocios/roadmap-para-a-adocao-de-inteligencia-artificial-nas-organizacoes>. Acesso em: 1 set. 2025.

[23] | Artigo Científico

SIMCHI-LEVI, David; MELLOU, K.; et al. Large Language Models for Supply Chain Decisions. arXiv preprint, 2025.

[24] | Artigo Corporativo

ORACLE BRASIL. O que é planejamento de vendas e operações (S&OP)? Oracle Brasil.

[25] | Artigo Corporativo

PLANNERA. S&OP vs S&OE: quais são as diferenças entre os dois? Plannera, 2023.

[26] | Artigo Corporativo

DSC. Como a IA pode auxiliar no planejamento de S&OP? DSC Blog.

[27] | Livro | Publicação acadêmica

STRATEGYCHAIN. O que é S&OP e Integrated Business Planning? StrategyChain.

[28] | Artigo Corporativo

IMAM. S&OP – IBP – S&OE – Planejamento Tático Colaborativo. IMAM Blog.

[29] | Artigo Corporativo

INTITO. Key differences between S&OP and IBP. Intito.

[30] | Artigo Corporativo

CICLOACADEMY. S&OP/IBP e S&OE/ITP: por que empresas falham na execução. Ciclo Academy.

[31] | Artigo Corporativo

DOCUSIGN. S&OP (Sales and Operations Planning): o que é e benefícios. DocuSign.

[32] | Livro | Publicação acadêmica

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 7. ed. Harlow: Pearson, 2019.

[33] | Livro | Publicação acadêmica

SILVER, Edward A.; PYKE, David F.; PETERSON, Rein. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 1998.

[34] | **Livro | Publicação acadêmica**

BALLOU, Ronald H. Business Logistics/Supply Chain Management. 5. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2003.

[35] | **Relatório**

MCKINSEY & COMPANY. The future of supply chain: AI-driven optimization and digital twins. New York, 2022.

Glossário



API (Interface de Programação de Aplicações)

Conjunto de definições e protocolos que permite que diferentes softwares se comuniquem e troquem dados.

Big Data

Conjuntos de dados tão grandes e complexos que os métodos tradicionais de processamento de dados são inadequados para analisá-los e gerenciá-los.

APS (Advanced Planning and Scheduling)

Sistema avançado de planejamento e programação da produção, utilizado para otimizar capacidade, prazos e custos na cadeia de suprimentos.

Bullwhip Effect (Efeito Chicote):

Fenômeno na cadeia de suprimentos onde pequenas variações na demanda do consumidor final resultam em flutuações de demanda progressivamente maiores à medida que se sobe na cadeia (varejista, atacadista, fabricante, fornecedor).

Armazém 4.0 (Smart Warehousing)

Armazém que utiliza tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, IA e robótica, para otimizar operações, aumentar a eficiência e a automação.

Cadeia de Suprimentos (Supply Chain)

Rede de todas as pessoas, organizações, recursos, atividades e tecnologias envolvidas na criação e venda de um produto, desde a entrega de matérias-primas do fornecedor até o cliente final.

Automação Robótica de Processos (RPA)

Tecnologia que permite configurar um software ou "robô" para emular e integrar as ações de uma interação humana em sistemas digitais para executar um processo de negócios.

Cibersegurança

Prática de proteger sistemas, redes e programas de ataques digitais.

CPS (Sistemas Ciber-Físicos)

Sistemas que integram computação e comunicação com processos físicos, onde o software e o hardware estão profundamente interligados.

Digital Twins

Réplicas virtuais de objetos, processos ou sistemas físicos que são atualizadas em tempo real com dados de sensores, permitindo simulações e análises preditivas.

Dados explicativos (Explanatory Variables)

Variáveis externas ou complementares – como clima, promoções, feriados e indicadores econômicos – utilizadas para enriquecer modelos preditivos de demanda.

IA (Inteligência Artificial)

Campo da ciência da computação que se dedica ao desenvolvimento de sistemas que podem realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana, como aprendizado, raciocínio e resolução de problemas.

Edge AI

Processamento de dados de IA em dispositivos ou servidores próximos à fonte de dados (na "borda" da rede), em vez de em um data center centralizado.

IA Generativa (Generative AI)

Subcampo da IA capaz de gerar novos conteúdos (texto, imagens, áudio, vídeo) com base em dados de treinamento.

ERP (Enterprise Resource Planning)

Sistema de gestão que centraliza e integra processos empresariais, como finanças, recursos humanos, produção e vendas.

Indústria 4.0 (Quarta Revolução Industrial)

Conceito que engloba a automação e digitalização da manufatura e da cadeia de suprimentos, utilizando tecnologias como IoT, IA, Big Data e robótica.

Forecast (Previsão de Demanda)

Processo de estimar a demanda futura com base em dados históricos, estatísticas e modelos de IA.

IoT (Internet das Coisas)

Rede de objetos físicos incorporados com sensores, software e outras tecnologias com o propósito de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet.

KPI (Key Performance Indicator)

Indicador Chave de Desempenho, métrica quantificável usada para avaliar o sucesso de uma organização, projeto ou atividade em relação a seus objetivos.

Last-Mile Delivery (Entrega de Última Milha)

A etapa final do processo de entrega, do centro de distribuição ao cliente final, geralmente a mais cara e complexa.

LLM (Large Language Models)

Modelos de linguagem em larga escala treinados em grandes volumes de dados textuais, capazes de compreender, gerar e explicar decisões em linguagem natural.

Machine Learning (ML)

Subconjunto da IA que permite que os sistemas aprendam a partir de dados, identifiquem padrões e tomem decisões com mínima intervenção humana.

MTS (Make to Stock)

Estratégia de produção onde produtos são fabricados e estocados com base em previsões de demanda, visando ter um amplo estoque disponível para atendimento rápido dos pedidos.

MTO (Make to Order)

Estratégia que fabrica produtos apenas após o recebimento de um pedido específico do cliente, focando na personalização e flexibilidade, mas com tempos de entrega mais longos.

MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Métrica utilizada para avaliar a acurácia de previsões, representando o erro médio percentual entre valores previstos e reais.

Middleware

Software que atua como uma ponte entre diferentes aplicações, sistemas operacionais e bancos de dados, permitindo que eles se comuniquem e troquem dados.

NLP (Processamento de Linguagem Natural)

Ramo da IA que permite que computadores entendam, interpretem e gerem a linguagem humana.

OTIF (On-Time, In-Full)

Indicador de desempenho (KPI) na gestão da cadeia de suprimentos que mede a percentagem de pedidos entregues dentro do prazo acordado (On-Time) e na quantidade exata e com a qualidade esperada (In-Full), avaliando a eficiência logística e a satisfação do cliente.

PLC (Controlador Lógico Programável)

Um dispositivo eletrônico industrial que executa programas para controlar e monitorar máquinas e processos de fabricação.

Telemetria

Tecnologia que permite a medição e transmissão de dados de pontos remotos para equipamentos de recepção para monitoramento e análise.

ROI (Return on Investment)

Retorno sobre o Investimento, métrica financeira que avalia a eficiência de um investimento, comparando o ganho obtido com o custo do investimento.

TMS (Transportation Management System)

Sistema de gestão de transportes, responsável pelo planejamento, execução e monitoramento das operações logísticas de transporte.

S&OE (Sales & Operations Execution)

Processo operacional de curto prazo, voltado à execução e ajuste dinâmico de planos diante de imprevistos, geralmente em horizontes de dias a semanas.

VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity)

Acrônimo que descreve ou reflete a volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade das condições e situações gerais.

S&OP (Sales & Operations Planning)

Processo de planejamento integrado que alinha as áreas de vendas, marketing, produção e finanças para criar um plano de negócios unificado.

WMS (Warehouse Management System)

Sistema de gerenciamento de armazém, software focado em gerenciar e otimizar os processos e operações dos armazéns.

Slotting

Processo de otimização do posicionamento de produtos dentro de um armazém para maximizar a eficiência de armazenamento e picking.

Write-off

Perda financeira relacionada a estoques não aproveitados ou vencidos, contabilizada como prejuízo.