

imagem gerada por IA da plataforma Google Gemini

TRANSFORMAÇÃO DIGITAL EM LOGÍSTICA: TORRES DE CONTROLE E ROTA PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS 4.0 NA AMÉRICA LATINA

Luiz Carlos Roque Junior

Achiles Rodrigues

Anara Wisnievski

Ricardo Moreira da Silva

ARTIGO 2

RESUMO

Este estudo explora o papel das torres de controle na transformação das cadeias de suprimentos da América Latina, abordando os benefícios e desafios de sua implementação. A pesquisa inclui um estudo de caso de uma empresa relevante no combate à COVID-19 e diagnósticos de doenças negligenciadas, demonstrando como as torres de controle melhoram visibilidade, resiliência e sustentabilidade nas operações. A análise qualitativa destaca que, apesar dos desafios relacionados à integração tecnológica e altos investimentos, essas torres proporcionam retorno financeiro sustentável e vantagens estratégicas significativas. Além disso, o modelo proposto de visão ampliada conecta elementos de complexidade, maturidade e resiliência, oferecendo uma abordagem holística para enfrentar as particularidades regionais. Os resultados indicam que as torres de controle são essenciais para a digitalização e a competitividade nas cadeias de suprimentos da região.

Palavras-chave: Torres de controle; Cadeia de suprimentos; Resiliência

ABSTRACT

This study explores the role of control towers in transforming Latin American supply chains, addressing the benefits and challenges of their implementation. The research includes a case study of a leading company in the fight against COVID-19 and neglected disease diagnostics, demonstrating how control towers improve visibility, resilience, and sustainability in operations. The qualitative analysis highlights that, despite the challenges related to technological integration and high investments, these towers will ensure sustainable financial returns and significant strategic advantages. In addition, the proposed model of expanded vision connects elements of complexity, maturity, and resilience, offering a holistic approach to address regional particularities. The results indicate that control towers are essential for digitalization and competitiveness in the region's supply chains.

Keywords: Control towers; Supply chain; Resilience.

1. Introdução

Este artigo explora o papel das torres de controle das cadeias de suprimentos na América Latina e no Brasil, em meio a desafios globais como a pandemia da COVID-19, a guerra na Ucrânia e problemas logísticos. A busca por visibilidade e controle operacional tornou-se crucial para a sobrevivência do negócio.

A definição de cadeia de suprimentos, de acordo com Ballou (2006), é a transformação de pequenas empresas em corporações globais, gerando uma necessidade premente de gerenciar os dados para decisões estratégicas. Autores ressaltam a importância da resiliência nas cadeias de suprimentos (Lücker e Seifert, 2017; Shashi e segs., 2020; Ali e segs., 2017; Chowdhury e Quaddus, 2016). A integração de estratégias de curto, médio e longo prazo é essencial e, nesse sentido, a Indústria 4.0 introduziu tecnologias inovadoras para dominar as cadeias de suprimentos.

Para a criação da resiliência, é muito importante adotar estratégias alinhadas a diferentes horizontes de tempo. A Indústria 4.0 oferece tecnologias valiosas para melhorar as cadeias de suprimentos, proporcionando vantagem competitiva. Os autores ressaltam a relevância dessas tecnologias no gerenciamento eficaz das operações como a criação da resiliência (Asdecker e Felch, 2018; Byrne e segs., 2018; Dallasega e segs., 2018; Dossou, 2018; Fareri e segs., 2020; Galati e Bigliardi, 2019; Garrido-Hidalgo e segs., 2019; Manavalan e Jayakrishna, 2019; Radanliev e segs., 2018; Ralston e Blackhurst, 2020; Remko, 2020; Tiwari e Shringi, 2021).

De acordo com Patsavellas e segs. (2021), a implementação de estratégias de resiliência, como reconfiguração de recursos, gestão de risco, continuidade do suprimento e visibilidade da cadeia de suprimentos, reflete a complexidade e a preparação essenciais para operar no ambiente atual. Contudo, a digitalização e a busca pela resiliência apresentam desafios, como indicado por Vlachos (2021), Patsavellas (2021) e Gupta (2022). Esses desafios incluem desalinhamentos internos/externos de *software*, qualidade e integração deficientes dos dados, limitações de orçamento, problemas de titularidade dos dados, resiliência para a desmontagem de silos funcionais, falta de sistemas especializados nas torres de controle da cadeia de suprimentos, falta de gestão de comprometimento, tomada de decisão ineficaz, sistemas de controle de estoque imprecisos, gerenciamento do fornecedor ineficaz, implementação infrequente de estratégias de gestão do risco, falta de recursos e capacidade gerencial, necessidade de talento especializado, alto custo de manutenção da segurança do estoque, falta de compartilhamento de informações, falta de confiança e falta de visibilidade da cadeia de suprimentos.

Essas deficiências, principalmente a falta de visibilidade das cadeias de suprimentos para o governo, resultam em perdas de produto, falha no atendimento da população necessitada, e contribuem para a corrupção na América Latina devido à falta de transparência (Ali e segs., 2017b; Shashi e segs., 2020; Patsavellas e segs. (2021).

Nesse contexto, a visibilidade emerge como um elemento crucial para a resiliência. De acordo com Dybskaya e Sergeev (2019), ter visibilidade na cadeia de suprimentos significa medir e monitorar o desempenho nos quatro principais recursos: agilidade, resiliência, confiabilidade e responsabilidade. É aqui que emerge o conceito avançado de controle, monitoramento e gerenciamento das cadeias de suprimentos complexas, conhecido como "Supply Chain Control

Tower" (SCCT), ou em português, Torre de Controle da Cadeia de Suprimentos (TCCS), conforme apresentado por Patsavellas e segs. (2021), Dybskaya e Sergeev (2019), Shamroukh (2021), Kumar e segs. (2023). Originárias das torres de controle da aviação, essas torres são cruciais para o monitoramento e o gerenciamento de cadeias de suprimentos complexas (Dybskaya e Sergeev, 2019; Shamroukh, 2021).

O uso multifacetado da tecnologia na cadeia de suprimentos pode automatizar processos, especialmente em logística, resultando em ganhos significativos em eficiência e confiabilidade (Bowersox e segs., 2002). Além disso, a tecnologia exerce um papel essencial na coleta, análise e compartilhamento eficiente de informações por toda a cadeia de suprimentos.

As plataformas digitais e os sistemas de informação permitem o rápido compartilhamento de dados entre as diferentes partes, melhorando a visibilidade e a coordenação (Chopra e Meindl, 2010). O uso da tecnologia também simplifica a tomada de decisão baseada nos dados na cadeia de suprimentos, com as ferramentas de análise identificando tendências, padrões e oportunidades, contribuindo com decisões mais influentes e estratégicas (Rushton e segs., 2014). A introdução de práticas sustentáveis na cadeia de suprimentos proporciona benefícios significativos, como a construção da confiança e da imagem da marca, aumentando a lealdade do cliente, reduzindo custos através da eficiência, e mitigando os riscos associados à continuidade da cadeia ou violações regulatórias (Carter e Rogers, 2008).

As torres de controle na cadeia de suprimentos têm um histórico recente, inicialmente isoladas e lineares, oferecendo insights limitados a áreas específicas como transporte, logística ou armazenamento, em geral como soluções de *software* no local com recursos limitados.

Contudo, o surgimento da computação em nuvem, combinada com tecnologias como inteligência artificial, aprendizado de máquina, IoT e análise preditiva/prescritiva, transformou esse cenário. As torres de controle atuais fornecem visibilidade abrangente, agindo como centros de comando que aproximam as empresas dos seus fornecedores, permitindo a entrega proativa de serviço para os clientes. Sharabati (2022) ressalta a integração diária das torres de controle da cadeia de suprimentos da DHL, coordenando globalmente as atividades de logística para reduzir estoques e gerenciar riscos. Dessa forma, as Torres de Controle funcionam como plataformas operacionais para a Cadeia de Suprimentos 4.0, integrando tecnologias como IoT, aprendizado de máquina e big data analytics para fornecer visibilidade, automação e resiliência. Elas permitem a tomada de decisão estratégica em tempo real, alinhada com os princípios da Indústria 4.0 e impulsionando a modernização nas cadeias de suprimentos da América Latina. Frederico e segs. (2019, 2020, 2023).

Assim, a cadeia de suprimentos inteligente emerge como resultado de interações sociotécnicas gerenciadas sistematicamente (Vlachos, 2023, p. 1415). A transição rumo às cadeias de suprimentos inteligentes exigem integração coordenada de tecnologias como IoT, big data analytics e capacidades dos sistemas sociotécnicos adaptativos na implementação das Torres de Controle da Cadeia de Suprimentos (TCCS). Essas torres funcionam como hubs de tomada de decisão estratégica, ligando dados em tempo real a ações responsivas, e assim dando suporte ao avanço rumo à maturidade da Cadeia de

Suprimentos 4.0. (Vlachos, 2023).

Empresas como Walmart, Intel, Cisco, Klabin, Vibra Energia e BP Bunge também usam essas torres para coordenar processos, monitorar atividades e compartilhar dados entre as diferentes funções. Além das empresas, os governos, como o da Coreia, adotam as Torres de Controle da Cadeia de Suprimentos (TCCS) para lidar com as crises e aperfeiçoar as operações. Por conseguinte, nosso principal problema de pesquisa é: Qual é o papel das torres de controle nas cadeias de suprimentos da América Latina? E os seus objetivos são: analisar o nível de maturidade das cadeias de suprimentos; analisar o nível de maturidade das torres de controle; identificar as vantagens e desvantagens.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Conceitos das torres de controle nas cadeias de suprimentos

No contexto das cadeias de suprimentos, a definição exata de uma torre de controle pode variar, dependendo das particularidades da cadeia em questão e das necessidades específicas da administração. Em sua essência, contudo, a torre de controle da cadeia de suprimentos pode ser entendida como um centro integrado de sistemas, processos e tecnologias que oferece visibilidade em tempo real, monitoramento e controle das operações da cadeia de suprimentos (Christopher, 2016).

Uma perspectiva de definição conceitual é apresentada aqui, embora seja importante destacar que este tópico ainda representa uma fronteira inexplorada em muitos setores da economia. Além disso, a definição não é uma verdade imutável, mas sim um conceito em constante evolução e adaptação.

Tabela 1– Conceito de torre de controle nas cadeias de suprimentos

Autor/ano	Conceito/definição de torre de controle
Karkula (2018)	A torre é um sistema central no nível tecnológico apropriado, que pretende organizar processos, adquirindo e analisando dados da cadeia de suprimentos para assegurar a melhor transparência.
Trzuskawska-Grzesińska (2017)	Sistema de planejamento e execução, que lida efetivamente com restrições e/ou contenção de recursos, bem como desvios no processo, procurando executar ações corretivas e preventivas em tempo real.
Akben e Özel (2017)	O sistema da torre de controle da cadeia de suprimentos é um sistema que tenta tornar visível o ambiente externo para a empresa. Sua iniciativa: oferecer visibilidade "de ponta a ponta", eliminando a latência do sistema, por todas as transações e eventos para salvar rapidamente e ajudar os planejadores quanto às disrupções e desvios dos planos de demanda e operações.
Fekpe e Administração (2021)	É a capacidade de rastrear as entregas em tempo real, o que, por sua vez, ajuda a tornar o processo de entrega mais eficiente.

Autor/ano	Conceito/definição de torre de controle
Tsertou e segs. (2016)	Uma torre de controle da cadeia de suprimentos é um *hub* central com tecnologia para trabalhar com dados e dar visibilidade melhorada à tomada de decisão alinhada com os objetivos estratégicos.
Barbosa-Povoa e Pinto (2020)	Oferece visibilidade da cadeia de suprimentos e entrega as informações necessárias para suporte à tomada de decisão em tempo real, estruturada como uma torre de controle de aeroporto. É um sistema unificado, em um único local físico, que ajuda na implementação das decisões críticas, com um impacto em toda a cadeia de suprimentos.
Vlachos (2021)	É um *hub* central com a tecnologia, a organização e os processos necessários para capturar e usar dados da cadeia de suprimentos, visando oferecer maior visibilidade para a tomada de decisão no curto e no longo prazo que esteja alinhada com os objetivos estratégicos.
Shamroukh, (2021)	Uma torre de controle da cadeia de suprimentos é um *software* sofisticado e de vanguarda que consolida e centraliza os vários processos e atividades complexas de qualquer sistema da cadeia de suprimentos, assim construindo um *hub* que rastreia, gerencia, organiza e executa a operação bem-sucedida.
Kumar e segs. (2023)	Uma TCCS é muito mais do que um controle tradicional, ela inclui pessoas, processos, novas formas de trabalhar, infraestrutura da tecnologia e dados que, combinados, podem ajudar uma empresa a orquestrar de modo proativo pelas funções da sua cadeia de suprimentos e por redes de suprimentos mais amplas, pretendendo aumentar o valor da empresa.
Gupta (2022)	A torre de controle da cadeia de suprimentos é um conceito que resulta na combinação de pessoas, processos, dados, organização e tecnologia. As torres de controle capturam e usam dados operacionais em tempo real (ou perto disso) por todo o ecossistema empresarial, visando oferecer visibilidade aumentada e melhorar a tomada de decisão.

Após esta análise inicial de algumas definições, fica evidente que este tópico, de fato, pode apresentar inúmeras nuances.

Assim, é proposto o compartilhamento da interpretação do autor deste estudo sobre esse conceito, com base tanto no contexto brasileiro quanto em experiências práticas acumuladas: "*Trata-se de um ecossistema centralizado de processos, sistemas e pessoas que permite a visibilidade, o monitoramento e o controle em tempo real de todas as operações dentro da cadeia de suprimentos.*"

2.2 Objetivos das torres de controle

As torres de controle exercem um papel fundamental na administração da cadeia de suprimentos, fornecendo ferramentas e dados que ajudam as organizações a otimizar os processos e melhorar o desempenho operacional. Sua função é ampla e adaptável às necessidades específicas de cada organização, cobrindo monitoramento, medição, avaliação e implementação de ações corretivas e preventivas, além de responder às demandas do cliente. Geralmente, as

torres de controle se comunicam interna e externamente para dar início a processos contínuos de aperfeiçoamento (Roque Júnior e segs., 2019; Shamroukh, 2021).

Em um contexto desafiador para empresas e governos, especialmente na América Latina, com cadeias de suprimentos complexas e dependência nos países asiáticos, esta abordagem eficiente aumenta a visibilidade e a maturidade das empresas nas cadeias de suprimentos, promovendo um ciclo de aprimoramento continuado (Roque Júnior e segs., 2019). As torres de controle estão se tornando centros de inovação nas cadeias de suprimentos, alinhadas com o conceito de Cadeia de Suprimento 4.0, como ressaltou Frederico e seg. (2019), e por isso permitem a maximização da lucratividade com um foco nos fornecedores e clientes, causando impacto direto na estratégia. A transição para esta cadeia demanda transparência, colaboração e planejamento. Nesse contexto, as torres de controle exercem um papel essencial na integração de sistemas através da combinação de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), RFID [*Identificação por rádio frequência*], GPS [*Sistema de posicionamento global*], ERP [*Planejamento de recursos empresariais*], WMS [*Sistema de gestão de armazéns*], TMSs [*Sistemas de gerenciamento de transporte*], AIs [*Inteligências artificiais*] e outras plataformas empresariais. Esta integração melhora os investimentos já feitos pelas empresas.

O papel crucial das torres de controle visa regulamentar a cadeia de suprimentos, maximizando o serviço, reduzindo o tempo de ciclo e otimizando os recursos (Trzuskawska-Grzesińska, 2017). Ao atender aos três níveis da operação da cadeia de suprimentos – estratégico, tático e operacional – as torres de controle possibilitam decisões alinhadas no curto e no longo prazo (Karkula, 2018).

O estudo de Sharabati (2022) ressalta que as torres de controle da cadeia de suprimentos causa impacto nas dimensões da vantagem competitiva, com o maior efeito se manifestando na qualidade, seguida de confiabilidade e, por fim, a capacidade de resposta. De acordo com os estudos da Cadeia de Suprimentos 4.0 de Frederico em 2019, 2022 e 2023, percebemos que, ao atender os três níveis da operação (estratégico, tático e operacional), as torres de controle se alinham diretamente com os preceitos da Cadeia de Suprimentos 4.0 como agilidade, integração digital, transparência, permitindo o gerenciamento das diferentes operações. Hong e segs. (2025) argumentam que “a torre de controle digital é um elo crítico entre o gerenciamento da cadeia de suprimentos e as incertezas externas, permitindo a integração de dados em tempo real, a avaliação do risco e a tomada de decisões fundamentada” (pg. 22). Embora seu estudo esteja voltado para cadeias de suprimentos farmacêuticos, os autores oferecem "comprovação efetiva sustentando as alegações teóricas sobre o potencial revolucionário dessas tecnologias para as operações da cadeia de suprimentos” (pg. 22). Esses insights são altamente aplicáveis nos contextos da América Latina, onde as cadeias de suprimentos em geral enfrentam disrupções relacionadas à infraestrutura, complexidade reguladora e choques externos. Nesses cenários, as torres de controle digitais podem servir como habilitadores estratégicos da adaptabilidade, ligando as lacunas das informações e dando suporte ao desenvolvimento de cadeias de suprimentos resilientes e responsivas.

2.3 Estruturas da torre de controle

As torres de controle no gerenciamento da cadeia de suprimentos compreende várias estruturas que exercem um papel fundamental na implementação e na operação eficientes desses sistemas. Essas estruturas fornecem a base necessária para a configuração e o alinhamento das torres de controle, abordando as necessidades específicas

de cada organização. Algumas dessas estruturas incluem partes hierárquicas, modulares, de rede, de fluxo de informação, de processo, entre outras, como ressaltado na literatura (ver a Tabela 2).

Tabela 2 – Outras formas de estruturas da torre de controle

Autor	Estrutura
Trzuskawska-Grzesińska (2017)	1 – camada de percepção da cadeia de suprimentos. 2 – camada empresarial das cadeias de suprimentos. 3 – camadas de controle das operações de informação. 4 – plataforma de serviços de informação. 5 – camada de trabalho de informação.
Handfield e segs. (2020a).	Detecção e prevenção, resposta, alívio, recuperação e gerenciamento de dados.
Akben e Özel (2017)	1 – camada empresarial da cadeia de suprimentos. 2 – camada de percepção da informação. 3 – camada de controle computacional. 4 – plataforma de serviços de informação. 5 – camada da força de trabalho de qualidade.
Shou-Wen e segs. (2013)	1 – camada empresarial da cadeia de suprimentos. 2 – camada de percepção da informação. 3 – camada de controle da operação das informações. 4 – plataforma de serviços de informação da camada. 5 – camada o trabalho da informação
Geilgens (2021)	Ela apresenta a estrutura da Torre de Controle oferecida pela IBM: 1 – camada empresarial da cadeia de suprimentos. 2 – serviços de inteligência da cadeia de suprimentos. 3 – aplicações da cadeia de suprimentos (gerenciamento do fornecedor, gestão do estoque, gerenciamento dos pedidos).

Cada estrutura tem suas vantagens e desafios, e a sua adaptação às características específicas da empresa e ao contexto de negócio é crucial. Vale mencionar que a estrutura das torres de controle está sujeita à evolução ao longo do tempo, pois a organização adquire maturidade no gerenciamento da cadeia de suprimentos, incorpora novas tecnologias e aprimora as suas práticas. Este é um processo contínuo de aprendizado e aperfeiçoamento, em que as torres de controle estruturadas devem se ajustar a mudanças e desafios no ambiente empresarial (Roque Júnior e segs., 2021).

De acordo com a National Confederation of Industry [*Confederação Nacional da Indústria* (CNI, 2015)], a integração logística na América do Sul enfrenta desafios significativos devido a questões como infraestrutura inadequada, dificuldades regulatórias e a complexidade dos sistemas de transporte entre países na região. Esses fatores causam impacto direto na eficiência das cadeias de suprimentos, tornando mais desafiadora a adoção de soluções como as torres de controle. No contexto da América Latina, a seleção da estrutura apropriada de torre de controle se torna ainda mais crítica devido aos desafios exclusivos da região. Diferentemente na Europa e na América do Norte, que se beneficiam de infraestruturas logísticas mais desenvolvidas, a América Latina enfrenta obstáculos significativos que podem causar impacto na adoção e na

eficácia das torres de controle. Um dos principais problemas é a infraestrutura inadequada da região, que varia bastante entre os países. Muitas nações da América Latina lutam com redes de transporte antiquadas ou insuficientes, como as rodovias com manutenção insatisfatória, sistemas ferroviários limitados e portos congestionados. Essas deficiências de infraestrutura resultam em atrasos, custos aumentados e ineficiências nas operações da cadeia de suprimentos, tornando mais difícil obter a visibilidade e a coordenação desejadas pela rede. A distância geográfica é outro desafio que agrava as dificuldades logísticas. A América Latina abriga países imensos com grandes territórios, e a distância entre os principais nós da cadeia de suprimentos (como fabricantes, fornecedores e clientes) geralmente exige transporte de longa distância. Isso pode levar a custos de transporte mais altos e a prazos de entrega mais longos, o que complica a sincronização das operações e a previsão da demanda (NCI, 2015).

As restrições regulatórias também exercem um papel significativo no impedimento da eficiência da cadeia de suprimentos na região. Os países da América Latina normalmente têm ambientes reguladores complexos e fragmentados, com cada país tendo seu próprio conjunto de procedimentos aduaneiros, tarifas e restrições de importação/exportação, uma vez que nem todos os países fazem parte do bloco do Mercosul. Essas diferenças criam barreiras para o comércio transfronteiriço uniforme, levando a atrasos no desembaraço, nas inspeções da alfândega e nos requisitos de documentação adicional. A falta de regulamentações harmonizadas nos blocos regionais de comércio como o Mercosul ainda complica a coordenação das atividades de logística entre os países-membros, exigindo constante adaptação a diferentes normas de conformidade (NCI, 2015).

Além disso, os fatores culturais na América Latina também podem influenciar a dinâmica da cadeia de suprimentos. A região é caracterizada por um alto nível de diversidade em termos de práticas comerciais, idiomas e formas de trabalhar. Essas diferenças culturais podem resultar em desafios na comunicação e atrapalhar a colaboração entre as partes interessadas nos diferentes países. Além disso, os países da América Latina tendem a ter uma abordagem mais centralizada à tomada de decisão, o que pode reduzir a implementação de inovações tecnológicas ou o estabelecimento de novas estratégias operacionais, como a integração de uma torre de controle. Banco Mundial (2023).

Graças a essas complexidades, as cadeias de suprimentos na América Latina em geral envolvem múltiplas partes interessadas nacionais e internacionais, como fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas. A diversidade dos produtos comercializados e a variação nas regulamentações comerciais entre os países e os blocos regionais ainda complicam os esforços de coordenação e integração. Para abordar esses desafios, as empresas devem adotar estratégias customizadas que levem em conta as características logísticas, reguladoras e culturais únicas da região, assegurando a implementação e a operação bem-sucedidas das torres de controle da cadeia de suprimentos na América Latina (NCI, 2015). Para dar suporte a esta pesquisa, os dados fornecidos pelo Índice de Desempenho Logístico (IDL) do Banco Mundial oferecem valiosos insights ao desempenho dos sistemas logísticos pelas diferentes regiões. O IDL, um indicador desenvolvido pelo Banco Mundial, avalia o desempenho logístico dos

países mundo afora, considerando fatores como eficiência dos processos aduaneiros, qualidade da infraestrutura do comércio e do transporte, facilidade de organizar remessas, competência dos serviços logísticos, capacidade de rastrear e localizar consignações, e pontualidade das remessas. Ao impulsionar esses indicadores, o IDL ajuda a fornecer uma visão comparativa dos pontos fortes e dos desafios logísticos enfrentados pelos diferentes países, o que é essencial para entender como as cadeias de suprimentos operam dentro de regiões específicas. Banco Mundial (2023).

Assim, o desempenho do IDL em Singapura serve como um exemplo dos padrões mais altos na infraestrutura logística, enquanto os países na América Latina enfrentam desafios adicionais, como infraestrutura inadequada, restrições reguladoras e cadeias de suprimentos fragmentadas, causando impacto no seu desempenho logístico global. Banco Mundial (2023).

Os dados do IDL também apresentam baixas pontuações nos variados níveis de complexidade, maturidade e resiliência pelas diferentes regiões, oferecendo mais contexto para o modelo apresentado neste estudo. Países com pontuações mais altas no IDL tendem a exibir cadeias de suprimentos mais maduras, eficientes e resilientes, enquanto aqueles com pontuações mais baixas geralmente lutam com desafios logísticos mais significativos. Banco Mundial (2023). Essas dificuldades estruturais e reguladoras tornam a implementação da Cadeia de Suprimentos 4.0 particularmente desafiadora na América Latina, reforçando o papel estratégico das torres de controle como facilitadoras da transformação digital regional.

2.4 Aplicação da torre de controle da cadeia de suprimentos à logística

A literatura usa vários termos para se referir à torre de controle, inclusive "torre de controle da cadeia de suprimentos" (Trzuskawska-Grzesińska, 2017). Além disso, as configurações dessas torres são dinâmicas e distintas, variando de acordo com a estratégia adotada pela organização. Entre as opções, a torre de controle logística com ênfase no transporte é a mais citada, como indicado por Akben e Özel (2017), Liotine (2019) e Trzuskawska-Grzesińska (2017). Por outro lado, a torre de controle da cadeia de suprimentos busca uma visão mais abrangente, considerando transporte, estoque, compras, custos e outras operações de ponta a ponta.

Wyciślak e Pourhejazy (2023) ressaltam como as torres de controle podem integrar sistemas inteligentes de tomada de decisão, como reserva de doca automatizada. Esse tipo de funcionalidade aumenta o nível de autonomia nas cadeias de suprimentos e se alinha com os objetivos da Cadeia de Suprimentos 4.0, ao permitir respostas mais rápidas, reduzindo o desperdício e melhorando a eficácia operacional.

As torres de controle devem ser capazes de fornecer informações sobre disrupções típicas nos processos da cadeia de suprimentos. A tabela abaixo destaca algumas dessas situações que podem ser monitoradas pelos indicadores, alertas de KPI [Indicadores principais de desempenho], e que especificam os setores que exigem essas respostas. Os exemplos apresentados ilustram como a torre de controle usa esses pilares de pessoas, processos e sistemas para atender às necessidades das empresas em relação à estratégia (ver a Tabela 3).

Tabela 3 – Aplicação das torres de controle

Aplicação das torres de controle	Capacidades de análise	Habilidades operacionais
Transporte	– Pedido no prazo; – Custos de transporte; – Desempenho da transportadora ou do entregador; – Ocorrências.	– Sequência, rastreio; – Gestão de exceções relacionadas ao tempo nas etapas do transporte; – Fornecimento de cópia digital; – Otimização apenas para transporte, como manutenção preventiva, veículo em marcha lenta – Embarque focado em pedido.
Cadeia de suprimentos	– Pedidos completos e pontuais; – Custo total para atender (custo da atividade, custo do transporte, custos do fornecedor, etc.); – Desempenho dos fornecedores, operadores de logística e recursos internos; – Ocorrências de ponta a ponta.	– Visibilidade de ponta a ponta da cadeia de suprimentos, fabricação, distribuição, transporte, etc.; – Gestão de exceções em qualquer etapa da cadeia de suprimentos; – Otimização no transporte, capacidades internas e dinâmica do estoque e nível de serviço; – Ordem de embarque e serviços.
Comércio exterior	– Importações ou exportações no prazo; – Custos de importação ou exportação; – Qualificação dos fornecedores; – Avaliação dos fornecedores; – ocorrências	– Visibilidade do processo do ponto de coleta até o destino. – Sequência e rastreio; – Gestão de exceções nas etapas do transporte relacionadas ao tempo; – Otimização somente para o transporte. – Embarque focado em pedido. – Monitoramento da temperatura e geolocalização.

2.5 Desafios na implementação das torres de controle na cadeia de suprimentos

A implementação da visibilidade da cadeia de suprimentos em tempo real pode trazer benefícios, mas enfrenta desafios significativos devido a vários fatores inter-relacionados que abrangem categorias individuais, organizacionais, tecnológicas e ambientais.

A Tabela 4 abaixo ressalta algumas oportunidades e desafios que serão explorados a seguir.

Tabela 4 – Oportunidades e desafios

Autor/ano	Oportunidades	Desafios
Karkula (2018)	Transparência, integração, automação, previsão, flexibilidade do sistema, capacidade de gestão flexível e pontualidade.	Equipe altamente qualificada e experiente usando as ferramentas apropriadas.
Dybskaya e Sergeev (2019)	Visibilidade de ponta a ponta, controle avançado e automação da gestão.	Visibilidade limitada do gerenciamento da cadeia de suprimentos, suporte simples da tomada de decisão com alertas frequentemente atrasados, planejamento centralizado sem mudanças na execução em tempo real, falta de escalabilidade e integração difícil dos sistemas de TI, tornando difícil o reaproveitamento das conexões existentes com parceiros.
Trzuskawska-Grzesińska (2017)	Traz valor agregado às operações, estrutura dedicada, monitoramento do processo, medição, avaliação, ações corretivas e preventivas	Equipes e processos dedicados, sistemas de infraestrutura e suporte customizado.
Pan e segs. (2019)	Melhora a capacidade de integração.	O desempenho operacional superior não está associado à implementação de recursos do sistema de informações abrangente, como as torres de controle.
Akben e Özel (2017)	Satisfação do cliente, tomada de decisão, redução do custo, proteção, desenvolvimento.	Visibilidade limitada, suporte à decisão não atualizado, execução multiplanejada e descentralizada, vínculos não escalonáveis, não reutilizáveis com parceiro comercial, e alto custo das tecnologias da informação pretendidas para o projeto.
Liotine, (2019)	As tecnologias como Inteligência Artificial podem exercer um papel importante nos processos de tomada de decisão em um ambiente de torre de controle.	Limitações na tecnologia, como serialização, impacto na visibilidade da torre de controle, e falta de algum nível de regulamentação ou governança, desejáveis para regulamentar a interação e evitar conflitos de interesse.
Tsertou e segs. (2016)	Elas podem ser implementadas em diferentes arquiteturas, como locais centralizados para muitos clientes de forma compartilhada, dedicados no local ou remotos para um cliente específico.	Requer conhecimento de aplicativos e recursos de tecnologia de *software* com alto valor agregado.
Handfield e segs. (2020)	Necessidade de contratar e reter o melhor talento para operação e desenvolvimento da torre de controle.	Manutenção de uma estrutura em um local com a disponibilidade de contratar e reter mão de obra qualificada, em tais locais os custos são mais altos.
Kumar e segs. (2023)	Visibilidade, modelagem de cenários, voltado para o cliente, sustentável, ágil, redes resilientes, níveis de serviço e experiências personalizadas para cada tipo de cliente.	Não foram apresentados desafios em sua análise.

2.6 Maturidade para a implementação das torres de controle

A implementação bem-sucedida da torre de controle de uma cadeia de suprimentos requer maturidade tanto nos níveis organizacional e da cadeia de suprimentos. Contudo, é geralmente desafiador entender esta jornada, levando a prazos não realistas e expectativas não atendidas. Deanna M. Rainwater, da Tata Consultancy Services (TCS), propõe uma abordagem em quatro fases para alcançar a maturidade: (1) avaliação da descoberta, (2) permitir a torre de controle, (3) construção da torre de controle, e (4) permitir recursos avançados.

Esta jornada evolui pelas quatro etapas: (1) excelência funcional, (2) integração interna, (3) integração externa, e (4) orquestração. De acordo com Kumar e segs. (2023), muitas empresas lutam para obter visibilidade por toda a rede de suprimentos, tornando difícil extrair o valor esperado. Para lidar com esses desafios, Kumar e segs. (2020) ressaltam os principais pilares para as torres de controle nas cadeias de suprimentos, incluindo recursos orientados para o caso, novas formas de trabalhar, arquitetura e estratégia flexíveis, e governança robusta de dados. A modularidade é crucial, permitindo que a torre de controle evolua lado a lado com a empresa, adaptando-se rapidamente às mudanças do mercado.

O plano de implementação proposto por Vlachos (2021) e Mukherjee (2023) consiste em três fases: (1) início, (2) vida, e (3) aperfeiçoamento continuado. As torres de controle da cadeia de suprimentos contam com as principais tecnologias agrupadas em três importantes categorias: (1) tecnologias no longo prazo (EDI, XML, RFID, 5G, IoT, blockchain); (2) tecnologias de mediação (plataformas em novem, aplicativos de rastreamento da carga); e (3) tecnologias intensivas (big data, ciência dos dados, analytics/BI, análise preditiva e prescritiva, modelização do cenário, AI/aprendizado de máquina) (Vlachos, 2021; Zurron & Lima Junior, 2021; Gupta, 2022).

A maturidade nas cadeias de suprimentos não é um problema trivial. Ela se refere ao grau em que as organizações e seus parceiros na cadeia de suprimentos adotam práticas integradas, estratégicas e orientadas para a tecnologia. Neste estudo, consideramos o modelo de maturidade em quatro etapas adaptado de Zurron & Lima Junior (2020), que descreve uma evolução progressiva nas capacidades da cadeia de suprimentos.

Etapa 1 – Excelência funcional: As organizações operam com departamentos separados, voltados para as eficiências internas sem colaboração multifuncional.

Etapa 2 – Integração interna: Os processos começam a se integrar aos departamentos, com compartilhamento de dados melhorado e visibilidade.

Etapa 3 – Integração externa: A empresa estende a colaboração além dos limites internos, conectando-se com fornecedores e clientes para operações sincronizadas.

Etapa 4 – Orquestração da cadeia de suprimentos: Nesse nível, as empresas coordenam toda a sua rede de suprimentos usando tecnologias digitais, análise preditiva e tomada de decisão conjunta, criando um ecossistema responsivo e resiliente.

A variação nos níveis de maturidade entre as organizações que implementam uma torre de controle na cadeia de suprimentos decorre de vários fatores não abordados explicitamente na literatura. Contudo, os estudos de Roque Júnior e segs. (2019, 2021, 2023) sobre maturidade fornecem insights importantes para comparação. Elementos como complexidade da cadeia de suprimentos, disponibilidade e adoção das principais tecnologias, governança dos dados, cultura organizacional e investimento estratégico exercem um importante papel nesta diversidade. As empresas com redes amplas e globalizadas enfrentam desafios adicionais na integração e na visibilidade, enquanto aquelas com baixa qualidade de dados ou infraestrutura tecnológica limitada tendem a progredir de modo mais lento. Ademais, a disposição em adotar novas formas de trabalhar e a capacidade de promover a colaboração interna e externa influenciam o ritmo da evolução. O entendimento desses fatores é essencial para evitar prazos não realistas e expectativas não alinhadas, permitindo uma implementação mais eficiente e adaptável sob medida para as necessidades do negócio.

2.7 Retorno sobre o investimento (ROI) nas torres de controle da cadeia de suprimentos

As torres de controle na cadeia de suprimentos representam investimentos significativos em termos financeiros, de tempo e de esforço. A avaliação do Retorno sobre o Investimento (ROI) é crucial para medir o impacto da implementação nessas torres.

No Relatório Anual do Estado da Logística, "The Great Reset" [*A grande reinicialização*], publicado pelo Conselho de Profissionais de Gestão da Cadeia de Suprimentos (CSCMP), é ressaltado que uma torre de controle pode reduzir os custos da cadeia de suprimentos de 10 a 20%. As empresas que adotaram as torres de controle obtiveram resultados significativos, como uma redução de 3 a 5% nos custos de logística e uma melhoria de 10 a 20% na eficiência da mão de obra (Kumar e segs., 2023). Deloitte relata um caso em que uma torre de controle otimizou os fluxos do material, melhorando a disponibilidade e alcançando um ROI de 212%, com payback em menos de um ano. Além da redução dos custos operacionais, a produtividade aumenta com maior visibilidade e coordenação na cadeia de suprimentos. Isso se traduz em tempos de ciclo menores, programação e roteamento aprimorados, melhor uso dos equipamentos e menos tempo de paralisação. Kumar e segs. (2023) também destacam as otimizações na eficiência de capital, com uma redução de 5 a 15% nos estoques e de 8 a 15% em destruição/doação/desconto.

Essas melhorias estão alinhadas com as demandas do setor, como comprovado pelo "Estudo da Logística Terceirizada" de 2022, no qual 60% dos expedidores listaram as torres de controle como o principal requisito da tecnologia para os provedores de 3PL. Essa classificação sem precedentes ressalta a importância crescente das torres de controle na eficiência operacional e na resposta às demandas tecnológicas do setor.

Em termos gerais, este estudo aborda dos desafios específicos enfrentados pelas torres de controle na América Latina, explorando como elas melhoram a visibilidade e a resiliência nas cadeias de suprimentos diante das questões tecnológicas, ambientais e sociais globais.

Usando a metodologia que será mostrada a seguir, é apresentado o diagnóstico de doenças negligenciadas

em um estudo de caso de uma empresa sem fins lucrativos na América Latina. A seção subsequente relaciona as constatações do estudo de caso a insights de uma pesquisa de empresas da América Latina de diferentes tamanhos e termina com considerações finais e sugestões para a pesquisa futura.

3. METODOLOGIA

Um estudo de caso é um método de pesquisa que geralmente utiliza dados qualitativos coletados de eventos reais para explicar, explorar ou descrever atuais fenômenos dentro de seu próprio contexto. Ele é caracterizado por ser um estudo detalhado e completo de poucos objetos, ou mesmo um único, fornecendo conhecimento minucioso (Yin, 2015).

A pesquisa foi conduzida em cinco etapas distintas: 1. Tema; 2. Projeto da pesquisa; 3. Preparação e coleta de dados; 4. Análise; e, 5. Redação do relatório. Na primeira etapa, o tema das torres de controle na América Latina foi definido, apresentando a pergunta da pesquisa e os objetivos específicos. Foram ressaltadas a novidade e a escassez da exploração literária no tópico na América Latina. Este item é uma importante limitação, pois poucas publicações apresentam uma tendência positiva para a implementação, e poucas notas sobre dificuldades da implementação e do projeto. Esta limitação não foi superada neste trabalho, que recomenda futuros estudos buscando preencher esta lacuna existente. Este artigo busca explorar o estudo de caso de uma empresa importante na luta contra a COVID-19 e no diagnóstico das doenças negligenciadas na região, fornecendo insights às ações do mercado da América Latina para inverter o status quo. A empresa usou a torre de controle durante a pandemia, assim fornecendo a primeira visão sobre o tópico com base na experiência prática de uma organização, com suporte teórico e robustez, de acordo com (Yin, 2015). Dois outros instrumentos também serão usados: uma análise da literatura e um questionário respondido pelas empresas que operam na América Latina. A análise quantitativa não foi aplicada ao trabalho porque não é o escopo do artigo; essa análise pode ser realizada em um estudo futuro. Assim, temos três visões sobre o mesmo fenômeno para uma comparação mais abrangente de um tópico emergente com poucas publicações.

Para tanto, apresentamos as proposições que exercem um papel crucial neste estudo de caso, orientando o escopo da pesquisa, a coleta de dados e a análise. As três proposições principais estão resumidas:

1. A implementação gradual das torres de controle nas cadeias de suprimentos da América Latina representa uma oportunidade de melhorar a visibilidade e a resiliência, tornando-as mais eficientes e competitivas, dada a complexidade e os desafios regionais.

2. A implementação das torres de controle deverá ser feita sob medida para as necessidades específicas das empresas, considerando a complexidade e os recursos locais.

3. As torres de controle exercem um papel crucial no aprimoramento da sustentabilidade das cadeias de suprimentos da América Latida, dada a complexidade e a fragmentação dessas cadeias na região.

O protocolo da pesquisa, consistindo em um tema, a pergunta da pesquisa, as proposições, os instrumentos de

análise e coleta de dados da unidade, inclusive análise da literatura, dados primários e secundários, questionários e entrevistas, foi usado para confirmar ou refutar as proposições e responder às perguntas da pesquisa. A triangulação dos métodos, empregando diferentes técnicas de coleta de dados e análise, fortaleceu a validade dos resultados. A análise qualitativa foi conduzida usando a técnica de análise de conteúdo. O relatório final compila os resultados da pesquisa, fornecendo uma visão geral abrangente da implementação das torres de controle nas cadeias de suprimentos da América Latina. Ressaltamos que as empresas entrevistadas têm operações na América Latina, com sedes, fornecedores e clientes, que são válidas para consideração da cadeia latina, dados os desafios da aquisição e da distribuição.

A pesquisa foi conduzida com profissionais das empresas que operam na América Latina, resultando em 24 respostas válidas. A unidade de análise para o estudo de caso é uma instituição sem fins lucrativos voltada para o teste diagnóstico, que esteve bastante ativa durante a pandemia da COVID-19 e operou uma torre de controle de logística. Esta organização respondeu à pesquisa, que também foi compartilhada na mídia social com outros profissionais de logística de empresas presentes no Brasil e na América Latina. Dentre as pessoas pesquisadas, 60,7% tinham cargos no alto escalão como gerente, diretor, vice-CEO ou CEO, e 82,6% eram das regiões sudeste e sul do Brasil. Para enriquecer o entendimento do tópico, o estudo incluiu entrevistas, um estudo de viabilidade atual e uma análise bibliográfica, permitindo uma triangulação das fontes. O questionário da pesquisa foi a principal ferramenta de coleta de dados, oferecendo uma visão abrangente das perspectivas das pessoas pesquisadas. O questionário foi administrado usando a escala Likert de 7 pontos (ver a Tabela 5).

Tabela 5 – Respostas ao questionário

Pergunta	% da resposta, eu concordo, concordo enfaticamente, concordo totalmente
1. A implementação de uma torre de controle melhora a eficiência da cadeia de suprimentos?	100
2. As torres de controle geram resiliência na cadeia de suprimentos?	95,6
3. A tecnologia usada nas torres de controle se integra facilmente aos sistemas existentes?	73,9
4. O uso das torres de controle ajuda a mitigar os riscos na cadeia de suprimentos?	100

Pergunta	% da resposta, eu concordo, concordo enfaticamente, concordo totalmente
5. A implementação de uma torre de controle requer um investimento significativo?	69,5
6. O retorno sobre o investimento nas torres de controle é alto?	82,5
7. As torres de controle melhoram a comunicação entre as diferentes partes da cadeia de suprimentos?	95,7
8. As torres de controle são uma necessidade no ambiente empresarial atual?	91,3
9. A torre de controle pode ser usada eficazmente em qualquer indústria?	91,2
10. A implementação de uma torre de controle aumenta a satisfação do cliente?	100
11. As torres de controle aumentam a visibilidade por toda a cadeia de suprimentos?	100
12. As torres de controle contribuem para a sustentabilidade da cadeia de suprimentos?	95,7
13. A formação de equipes especializadas é necessária para o funcionamento eficaz das torres de controle?	91,3
14. As torres de controle ajudam a reduzir os custos operacionais?	100
15. As torres de controle ajudam a melhorar a previsão da demanda?	87
16. A implementação de uma torre de controle é um processo demorado?	65,2
17. As torres de controle ajudam a melhorar a administração?	91,3

Pergunta	% da resposta, eu concordo, concordo enfaticamente, concordo totalmente
18. A implementação de uma torre de controle melhora o desempenho global da organização?	95,7
19. As torres de controle são eficazes para lidar com as disrupções da cadeia de suprimentos?	95,7
20. As torres de controle exercem um papel crítico na transformação digital da cadeia de suprimentos?	95,7
21. As torres de controle estão voltadas para o transporte?	52,1
22. As torres de controle estão voltadas para a parte operacional?	60,8
23. As torres de controle estão voltadas para a parte de análise?	95,7

As últimas duas perguntas do questionário são pertinentes quando classificando as maturidades da logística ou das torres de controle e o nível de maturidade das cadeias de suprimentos. Ver se:

Continuação da Tabela 5

24. Analisando sua torre de controle, você a considera madura? Fonte: Zurron e Lima Junior (2021)	
Nível 1	4,3%
Nível 2	13%
Nível 3	34,8%
Nível 4	21,7%
Não tenho informações que me permitam avaliar o nível de maturidade	26,1%

25. Ver as imagens abaixo e definir o nível de maturidade de sua empresa com base nas competências apresentadas	
Etapa inicial	9,5%
Pré-intermediária	4,8%
Intermediária	33,3%
Pré-avançada	23,8%
Avançada	14,3%
Não tenho informações que me permitam avaliar o nível de maturidade	14,3%

4 MODELO DO QUADRO GERAL PARA 4 CADEIAS DE SUPRIMENTOS MULTIDIMENSIONAIS DE 4 ELEMENTOS

Para aprimorar o entendimento do impacto das torres de controle e sua interação com a tecnologia, propomos a criação de uma visão ampliada para as cadeias de suprimentos. Este modelo, baseado nos trabalhos de Roque Júnior e segs. (2019), Roque Júnior e segs. (2021) e Roque Júnior e segs. (2023), proporciona uma estrutura abrangente consistindo em quatro elementos principais: Visão, Complexidade, Maturidade e Resiliência. Esses elementos estão interconectados e se estendem para múltiplas dimensões, refletindo a natureza dinâmica e em evolução da gestão da cadeia de suprimentos.

Explicação do modelo:

A parte central deste modelo é a Visão, representada como o círculo central do diagrama. A Visão envolve a capacidade de compreender tanto o estado atual quanto o futuro da cadeia de suprimentos, identificando oportunidades e ameaças, e fornecendo a previsão estratégica necessária para alavancar as melhorias. Ela age como o princípio norteador que influencia todos os outros elementos do modelo.

• Há círculos externos ao redor da visão central, cada um representando um dos elementos principais: Complexidade, Maturidade e Resiliência. Cada um desses elementos tem múltiplas dimensões que refletem os desafios e as nuances da gestão das cadeias de suprimentos.

• Complexidade é uma medida da dificuldade envolvida na gestão de uma cadeia de suprimentos, levando em conta fatores como número de parceiros, distribuição geográfica e vulnerabilidade na demanda e na oferta. Ela determina o nível de complexidade nos relacionamentos entre fornecedores, fabricantes e distribuidores.

• Maturidade se refere ao nível de

experiência, sofisticação e eficiência das operações de uma cadeia de suprimentos. Ela avalia o quanto a cadeia de suprimentos é avançada em termos de processos, adoção da tecnologia e gestão estratégica. Um alto nível de maturidade significa uma operação mais refinada e eficiente.

• Resiliência é a capacidade de uma cadeia de suprimentos de se adaptar e recuperar de disrupções, como desastres naturais, problemas geopolíticos ou flutuações do mercado. Ela abarca a robustez do sistema e sua capacidade de rápida recuperação e operação contínua apesar dos contratempos.

As linhas no modelo representam os relacionamentos entre esses elementos, indicando que Visão está intricadamente ligada a todos os outros componentes. Visão não apenas informa sobre o entendimento da Complexidade, mas também facilita o desenvolvimento da Maturidade e impulsiona a Resiliência. Ela assegura que a cadeia de suprimentos é adaptável, sofisticada e está preparada para lidar com as disrupções. As bolas na figura representam as diferentes dimensões em cada um dos quatro elementos. Cada bola está posicionada em níveis variados, representando o grau ou a maturidade de cada dimensão. Essas dimensões e seus atributos formam, em conjunto, a maior estrutura do modelo.

Aplicação do Modelo:

Este modelo qualitativo pode ser aplicado às operações de uma empresa para avaliar o atual estado de sua cadeia de suprimentos. A aplicação deverá ser conduzida por uma combinação de questionários e análises qualitativas, permitindo que a empresa avalie a complexidade, maturidade e resiliência de sua cadeia de suprimentos. Essas ferramentas facilitarão a identificação dos pontos fortes e das áreas para aprimoramento, bem como fornecerão uma maneira estruturada de avaliação da prontidão da cadeia de suprimentos para integração com uma torre de controle. Para o caso específico das torres de controle da cadeia de suprimentos, o elemento final – Visão – se torna particularmente crucial, pois ele une todos os elementos do modelo. A própria torre de controle serve como o eixo central para a integração de tecnologia, pessoas, sistemas e infraestrutura, viabilizando a criação de uma cadeia de suprimentos coesiva e eficiente. As constatações deste estudo estão arraigadas na resposta da empresa sob investigação, identificando os principais elementos do modelo e analisando como complexidade, maturidade e resiliência se manifestam em suas operações. Com base em nossa pesquisa anterior, os autores deste estudo já exploraram esses elementos. Contudo, a principal tarefa remanescente é a adaptação e o refinamento do elemento Visão, que se materializou através do estabelecimento da torre de controle da cadeia de suprimentos, e o seu papel na interconexão de tecnologias, pessoas, sistemas e infraestrutura.

Este modelo proporciona uma visão holística de como interagem os diferentes fatores na cadeia de suprimentos, permitindo que as empresas naveguem melhor nas complexidades das redes globais de suprimentos, aprimorem sua maturidade operacional e construam maior resiliência contra as disrupções. Com o uso de uma combinação de questionários e análises quantitativas, as empresas podem obter insights de sua atual posição, ajudando-as a planejar uma abordagem mais fundamentada e eficaz para a implementação das torres de controle e a melhoria do desempenho global da cadeia de suprimentos.

5. DISCUSSÃO

Os resultados do questionário revelam uma visão positiva com respeito à

implementação das torres de controle na gestão da cadeia de suprimentos. O entendimento total (100%) quanto ao papel das torres de controle na melhora da eficiência, mitigando os riscos e aumentando a satisfação do cliente, sugere uma percepção muito favorável em relação ao impacto positivo desta tecnologia.

O alto entendimento (95,6%) quanto à capacidade das torres de controle de gerar resiliência na cadeia de suprimentos é um indicador significativo, ressaltando a importância desta tecnologia na adaptação dos transtornos e na manutenção da continuidade operacional.

A questão da integração tecnológica (73,9%) aponta para uma conscientização dos desafios, mas ainda existe uma maioria que percebe uma integração relativamente fácil com os sistemas existentes.

O entendimento do investimento significativo (69,5%) sugere o reconhecimento da necessidade de recursos substanciais para a implementação. Contudo, o entendimento elevado sobre um ROI alto (82,5%) indica que, apesar do investimento inicial, as organizações realizam benefícios financeiros sustentáveis.

A compatibilidade nas respostas indica que as torres de controle exercem um papel vital em diversas áreas, da comunicação e visibilidade até a redução de custo e previsão melhorada da demanda. Contudo, existe uma visível variação nas respostas com respeito ao foco no transporte, operabilidade e análise, indicando que as organizações podem ter diferentes abordagens ao implementar as torres de controle.

Contudo, é digno de nota que a percepção sobre a maturidade das torres de controle apresenta uma diversidade de respostas, com 26,1% dos participantes indicando não ter informações para estimar o nível de maturidade quando analisam a maturidade das torres de controle. Os resultados demonstram uma distribuição variada, com a maioria localizada nos níveis de maturidade 3 e 4. Esta diversidade sugere que as organizações estão em diferentes etapas em suas jornadas de implementação e adoção da tecnologia. Além disso, as respostas sobre o nível de maturidade da empresa com base nas competências apresentadas indicam uma distribuição relativamente uniforme entre as etapas intermediária e pré-avançada.

Com base nos dados e respostas ao questionário, as conclusões para as três proposições esboçadas são positivas, como pode ser visto a seguir:

Proposição 1: Os dados revelam o entendimento total (100%) quanto à eficácia das torres de controle no aprimoramento da eficiência da cadeia de suprimentos, mitigando os riscos (95,6%) e aumentando a satisfação do cliente (100%). Os dados apresentados indicam que existe uma sólida percepção positiva sobre o potencial dessas torres para melhorar as operações. Isso sugere que a implementação gradual pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a visibilidade e a resiliência das cadeias de suprimentos da América Latina.

Proposição 2: A variação nas respostas com respeito ao investimento significativo (69,5%) sugere que existe conscientização quanto à necessidade de recursos substanciais para a implementação. Contudo, o entendimento elevado sobre um alto retorno sobre o investimento (ROI) (82,5%) indica que, apesar do

investimento inicial, as organizações realizam benefícios financeiros sustentáveis. Isso sugere que a adaptação às necessidades específicas das empresas pode ser viável, levando em conta os benefícios percebidos.

Proposição 3: O entendimento quanto à capacidade das torres de controle de contribuir para a sustentabilidade da cadeia de suprimentos (95,7%) sugere que essas torres são percebidas como um elemento positivo na abordagem da complexidade e da fragmentação das cadeias da América Latina. Assim, há evidência de que as torres de controle podem exercer um papel crucial no aprimoramento da sustentabilidade dessas cadeias.

Esses resultados fornecem insights valiosos para a compreensão do cenário atual da adoção das torres de controle na América Latina, destacando tanto os benefícios percebidos quanto os desafios e as variações na implementação e na maturidade desta tecnologia.

O modelo de visão ampliada proposto enriquece o entendimento do papel das torres de controle nas cadeias de suprimentos da América Latina. Ao integrar elementos de visão, complexidade, maturidade e resiliência, o modelo oferece uma abordagem holística.

Os resultados da pesquisa indicam que uma visão nítida é crucial para abordar os desafios da complexidade logística na região, impulsionando também a maturidade e a resiliência operacionais. O entendimento melhorado desses elementos fornece insights valiosos para as empresas que buscam otimizar suas cadeias de suprimentos e maximizar os benefícios das torres de controle, validando a importância deste modelo teórico na abordagem dos desafios regionais.

6. CONCLUSÃO

Concluímos que o tópico é pertinente para os países da América Latina dados os desafios encontrados, e os objetivos específicos foram alcançados com base na análise da literatura, questionário, estudo de caso e modelo de visão ampliada de 4 elementos, como pode ser visto nas conclusões abaixo. Com a discussão do primeiro objetivo específico, “analisar o nível de maturidade das cadeias de suprimentos", foi possível identificar uma diversidade de maturidade nas cadeias de suprimentos da América Latina com base nas respostas das empresas que operam nessa região. As respostas indicam que as organizações estão em diferentes etapas em suas jornadas de implementação e adoção das torres de controle, sugerindo a necessidade de uma abordagem estratégica e adaptativa para atender às diferentes necessidades e desafios presentes na região. Conforme apresentado na análise da literatura das limitações, a maturidade das empresas deverá ser explorada minuciosamente, dado o contexto de pequenas empresas presentes na América Latina, que representam uma grande parcela das empresas.

No segundo objetivo, "analisar o nível de maturidade das torres de controle", os resultados apontaram para uma distribuição variada, com a maioria localizada nos níveis de maturidade 3 e 4. Esta diversidade sugere que as organizações estão progressivamente adotando esta tecnologia, mas em ritmos diferentes. A heterogeneidade na maturidade ressalta a importância de uma implementação gradual adaptada às circunstâncias específicas das empresas na América Latina, sua capacidade de

investimento, contratação de mão de obra e capacidade de liderar tecnologia, processos e pessoas.

No terceiro objetivo específico, a visão é positiva sobre as vantagens das torres de controle, incluindo melhorias na eficiência, resiliência, satisfação do cliente e redução dos custos operacionais. Contudo, há também a conscientização dos desafios, como a necessidade de investimentos significativos e a complexidade da integração tecnológica. A literatura, assim como o estudo e os questionários, apresentaram poucas observações sobre os desafios, que são apresentados de um modo mais genérico como tecnologia, pessoas e investimento.

Com base no acima exposto, é possível responder ao principal objetivo da pesquisa, que as torres de controle exercem um papel significativo na gestão das cadeias de suprimentos na América Latina. As respostas indicam uma percepção positiva com respeito aos benefícios oferecidos por esta tecnologia, como eficiência melhorada, resiliência, satisfação do cliente e custos operacionais reduzidos, dadas as dificuldades da implementação, como no contexto da América Latina com sua infraestrutura deficiente e desafios logísticos apresentados nos relatórios do Índice de Desempenho Logístico (IDL), calculado pelo Banco Mundial; e o Relatório de Competitividade Global (GCR). Essas avaliações favoráveis ressaltam a importância estratégica das torres de controle na adaptação e na otimização das cadeias de suprimentos em uma região marcada por complexidades e desafios diversificados. O desafio do investimento será uma limitação, mas o mercado está se expandindo. É esperado que o mercado global de torres de controle, avaliado em US$ 7,31 bilhões em 2022, vivencie crescimento notável com uma taxa composta anual de 21,3% de 2023 até 2030, de acordo com os dados da Grand View Research (2023). Por fim, este estudo apresentou algumas limitações que devem ser superadas pela pesquisa futura, a saber: baixa taxa de resposta ao questionário; não ser possível estimar o número de torres de controle na região, o que não permite comparações; por ser um tópico recente, o número de artigos pesquisados limita a análise da literatura. A empresa estudada também representa um caso único, tornando necessária a apresentação de mais estudos de caso.

Embora este estudo forneça insights importantes através de uma abordagem triangulada que inclui dados da pesquisa, ainda persistem algumas limitações de um estudo de viabilidade efetivo e uma análise bibliográfica. O questionário foi aplicado a um número limitado de empresas, com sólida concentração no Brasil. É, portanto, recomendado que a pesquisa futura amplie o escopo da pesquisa, aumentando o número de empresas respondentes e expandindo a amostra para inclusão das organizações de outros países da América Latina. Além disso, futuros estudos podem beneficiar-se da aplicação de métodos de análise qualitativa adicionais para complementar e aprofundar as conclusões. Também é sugerido que o modelo teórico seja refinado através de estudos de caso comparativos, análise longitudinal, e investigações quanto à adoção da tecnologia pelos diferentes contextos organizacionais e regionais na América Latina.

REFERÊNCIAS

Akben, E. and Özel, E. (2017), “Supply chain visibility: a systematic literature review”, *Journal of International Industrial Engineering* , Vol. 13 No. 3, pp. 363-397.

Akben, İ. and Özel, M. (2017), “Supply chain visibility: control tower approach”, *Gaziantep University Journal of Social Sciences* , Vol. 16 No. 3, pp. 612-627. DOI: https://doi.org/10.21547/jss.306811 .

Ali, A., Mahfouz, A. and Arisha, A. (2017a), “ Analysing supply chain resilience: integrating the constructs in a concept mapping framework via a systematic literature review”, *Supply Chain Management* , Vol. 22 No. 1, pp. 16-39. DOI: https://doi.org/10.1108/SCM-06-2016-0197 .

Ali, I., Nagalingam, S. and Gurd, B. (2017b), “ Building resilience in SMEs of perishable product supply chains: enablers, barriers and risks”, *Production Planning and Control* , Vol. 28 No. 15, pp. 1236-1250. DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1362487 .

Asdecker, B. and Felch, V. (2018), “ Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains”, *Journal of Modeling in Management* , Vol. 13. DOI: https://doi.org/ 10.1108/JM2-03-2018-0042 .

Ballou, R. H. (2006). *Supply chain management* : planning, organization and business logistics, 5th. ed., Bookman, Porto Alegre, RS.

Barbosa-Povoa, AP and Pinto, JM (2020), “ Process supply chains: perspectives from academia and industry”, *Computers and Chemical Engineering* , Vol. 132. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compchemeng. 2019.106606 .

Bowersox, DJ, Closs, DJ and Cooper, MB (2002), *Supply Chain Logistics Management - Vol. 2,* McGraw-Hill, New York, NY.

Byrne, G., Dimitrov, D., Monostori, L., Teti, R., van Houten, F. and Wertheim, R. (2018), “Biologicalisation: biological transformation in manufacturing”, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* , Vol. 21, pp. 1-32. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.03.003 .

Carter, CR and Rogers, DS (2008), “A sustainable supply chain management framework: moving towards a new theory”, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* .

Chopra, S. and Meindl, P. (2010), *Supply chain management - strategy, planning and operations,* 5th. ed., Prentice Hall, São Paulo, SP.

Chowdhury, MMH and Quaddus, M. (2016), " Supply chain readiness, response and recovery for resilience", *Supply Chain Management* , Vol. 21 No. 6, pp. 709-731. DOI: https://doi.org/10.1108/SCM-12-2015-0463 .

Christopher, M. (2016), *Logistics and supply chain management,* 5th. ed., Pearson, United Kingdom.

Dallasega, P., Rauch, E. and Linder, C. (2018), "Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: a systematic literature review", *Computers in Industry* , Vol. 99, pp. 205-225. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.039 .

Dossou, PE (2018), "Impact of sustainability on the supply chain 4.0 performance", *Procedia Manufacturing* , Vol. 17, pp. 452-459. DOI: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.069 .

Dybskaya, VV and Sergeev, VI (2019), *The concept of 'Supply Chain Control Tower': design methodology and practical implementation, logistics and supply chain management* , No. 2, pp. 3-14.

Fareri, S., Fantoni, G., Chiarello, F., Coli, E. and Binda, A. (2020), " Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining", *Computers in Industry* , Vol. , 103222. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compind.2020. 103222 .

Fekpe, ES and Administration, P. (2021), " Information technology deployment and supply chain performance", *Evidence From Emerging Economy* , Vol. 1 No. 1, pp. 19-32.

Frederico, GF, Garza-Reyes, JA, Anosike, A. and Kumar, V. (2019), " Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda", *Supply Chain Management: An International Journal* . DOI: https://doi.org/10.1108/scm-09-2018-0339 .

Frederico, G.F.,Garza-Reyes, J.A.,Anosike, A. and Kumar, V. (2020), «Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda", *Supply Chain Management*, Vol. 25 No. 2, pp. 262-282. https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339

Frederico, G.F., Kumar, V., Garza-Reyes, J.A., Kumar, A. and Agrawal, R. (2023), «Impact of I4.0 technologies and their interoperability on performance: future pathways for supply chain resilience post-COVID-19», *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 34 No. 4, pp. 1020-1049. https://doi.org/10.1108/IJLM-03-2021-0181

Galati, F. and Bigliardi, B. (2019), "Industry 4.0: emerging themes and future research avenues using a text mining approach", *Computers in Industry* , Vol. 109, pp. 100-113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.018 .

Garrido-Hidalgo, C., Olivares, T., Ramirez, F.J. and Roda-Sanchez, L. (2019), " An end-to-end internet of things solution for reverse supply chain management in industry 4.0", *Computers in Industry* , Vol. 112, 103127. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103127 .

Geilgens, J. (2021), " Wie können Lieferketten mithilfe intelligenter Datennutzung und Datenintegration fit für die Zukunft gemacht werden?", *Wirtsch Inform Manag,* Vol. 13, pp. 14-19. DOI: https://doi.org/10.1365/s35764-020-00315-6 .

Grand View Research . (2023), *Control tower market size, share & growth report, 2030*. Available at: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cont rol-towers-market .

Gupta, A. (2022), "To better navigate vendor offerings, you need a thorough understanding of a control tower and its capabilities", *Gartner* , 25 Mar. Available at: https://www.gartner.com/en/articles/what-is-a-supply-chain-control-tower-and-what-s-needed-to-deploy-one . Accessed July 20, 2023.

Handfield, R., Finkenstadt, D., Schneller, E., Godfrey, A. and Guinto, A. (2020a), *COVID-19: a supply chain response assessment* .

Handfield, R., Finkenstadt, DJ, Schneller, ES, Godfrey, AB and Guinto, P. (2020b), " A commons for a supply chain in the post-COVID-19 era: the case for a reformed strategic national stockpile" , *Milbank Quarterly* , Vol. 98 No. 4, pp. 1058-1090. DOI: https://doi.org/10.1111/1468-0009.12485 .

Karkula, M. (2018), "Monitorowanie I kontrola łańcucha dostaw: koncepcja supply chain control tower I jej zastosowanie W", *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport*, Vol. 120, pp. 265-277.

Kumar, P., Soroka, A., Khatri, K., Cornet, P.C. (2023), *Supply chain control tower - from visibility to value* . Available in: https://www.Kumaretal.com/us-en/insights/consulting/supply-chain-control-tower#accordion-b0c9d2731d-item-7cd392b5de . Accessed July 11, 2023.

Kumar, A., Luthra, S., Mangla, S.K., Kazançoğlu, Y., and Kumar, M. (2020), "A Framework for Overcoming Sustainable Supply Chain Challenges Through Industry 4.0 Solution Measures and of the circular economy: an automotive case", *Journal of Cleaner Production* , Vol. 277, 123182.

Liotine, M. (2019), "Shaping the next generation pharmaceutical supply chain control tower with autonomous intelligence", *Journal of Autonomous Intelligence* , Vol. 2 No. 1, p. 56. DOI: https://doi.org/10.32629/jai.v2i1.34 .

Lücker, F. and Seifert, R.W. (2017), " Building up resilience in a pharmaceutical supply chain through inventory, dual sourcing and agility capacity", *Omega (United Kingdom)* , Vol. 73, pp. 114-124. DOI: https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.01.001 .

Manavalan, E. and Jayakrishna, K. (2019), "A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements", *Computers and Industrial Engineering* , Vol. 127, pp. 925-953. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030.

Mukherjee, A. (2023), *The critical process of supply chain control tower integration orchestration. supply chain management review* . Available at: https://www.scmr.com/article/the_process_of_supply_chain_control_tower_integration_orchestration . Accessed July 25, 2023.

National Confederation of Industry (NCI). Challenges for logistical integration in South America / Armando Castelar. - Brasília: CNI, 2015. 113 p. : ill. Available at: https://static.portaldaindustria.com.br/legacy/app/conteudo_18/2016/03/02/10642/0203-EstudoDesafiosparaaIntegraoLogsticadaAmericadoSul.pdf. Accessed on: Mar. 8, 2024.

Pan , _ _ 2, pp. 569-594. DOI: https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2018-0023 .

Patsavellas, J., Kaur, R. and Salonitis, K. (2021), "Supply chain control towers: technology push or market pull-an assessment tool", *IET Collaborative Intelligent Manufacturing* , Vol. 3, pp. 290-302. DOI: https://doi.org/10.1049/cim2.12040 .

Radanliev, P., De Roure, DC, Nurse, JRC, Montalvo, M. and Khan, AA (2018), "Global Supply Cahin Control Towers", *Supply Chain Management* , Vol. 5 No. 4, pp. 1086-1092. 1086-1092.

Ralston, P. and Blackhurst, J. (2020), "Industry 4.0 and resilience in the supply chain: a driver of capability enhancement or capability loss?", *International Journal of Production Research* , Vol. 0 No. 0, pp. 1-14. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1736724 .

Remko, van H. (2020), "Research opportunities for a more resilient post-COVID-19 supply chain – closing the gap between research findings and industry practice", *International Journal of Operations and Production Management* , Vol. 40 No. 4, pp. 341-355. DOI: https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2020-0165 .

Roque JR, LC, Costa, MLN and Frederico, GF (2019), " Supply chain management maturity and complexity: findings from a case study at a health biotechnology company in Brazil", *International Journal of Logistics Systems and Management* , Vol. 33 No 1. DOI: https://doi.org/10.1504/IJLSM.2019.099658 .

Roque JR, LC, Silva, RM, Gauer, GF, Reis, GG, Frederico, GF (2021), " The impact of Covid-19 on international supply chains looking through the SCOR model", *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* , São Paulo, SP.

Roque JR, LC, Frederico, GF, Costa, MLN (2023), " Maturity and resilience in supply chains: a systematic review of the literature", *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management 5* , pp. 1-25. DOI: https://doi.org/10.1108/ijieom-08-2022-0035 .

Rushton, A., Croucher, P. and Baker, P. (2014), *The Logistics and Distribution Management Handbook - Understanding the Supply Chain,* Kogan Page Publishers.

Shamroukh, S. (2021), *Supply chain control tower - visibility and performance assessment,* 115p., Kindle eBook. ASIN: B09FYP7G86.

Sharabati, AAA , Al-Atrash, SA and Dalbah, IY (2022), "The use of supply chain control tower in pharmaceutical industry to create a competitive advantage", *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing* , Vol. 16 No. 3, pp. 354-375.

Shashi, C.P., Cerchione, R. and Ertz, M. (2020), " Managing supply chain resilience to pursue business and environmental strategies", *Business Strategy and the Environment* , Vol. 29 No. 3, pp. 1215-1246. DOI: https://doi.org/10.1002/bse.2428 .

Shou-Wen, J., Ying, T. and Yang-Hua, G. (2013), "Study on supply chain information control tower system", *Information Technology Journal* , Vol. 8488-8493. Available at: https://scialert.net/abstract/?doi=itj.2013.8488.8493 . Accessed on May 16, 2021.

Tiwari, P. and Shringi, D. (2021), " An approach towards advanced SCM system through AI and industry 4.0", *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science* , Vol. 391-398.

Trzuskawska-Grzesińska, A. (2017) , "Control towers in supply chain management – past and future", *Journal of Economics and Management* , Vol. 27 No. 1, pp. 114-133. DOI: https://doi.org/10.22367/jem.2017.27.07 .

Tsertou, A., Amditis, A., Latsa, E., Kanellopoulos, I. and Kotras, M. (2016), " Dynamic and synchromodal container consolidation: the cloud computing enabler", *Transportation Research Procedia* , Vol. 14, pp. . 2805-2813. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.345 .

Vlachos, I. (2021), "Implementation of an intelligent supply chain control tower: a socio-technical systems case study", *Production Planning & Control.* DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2021.2015805 .

Yin, RK (2015), *Case study: planning and methods,* 5a. ed., Bookman, Porto Alegre, RS.

World Bank (2023), *Logistics Performance Index – Singapore, 2023*, World Bank Group. Available at: https://lpi.worldbank.org/international/scorecard/radar/C/SGP/2023/R+LCN+2023.

Zurron, DG, Lima Junior, OF (2021), "Supply Chain Control Tower (SCCT) What it is and how it can improve operations", *Revista Mundo Logística* , Edition 80, Jan./Feb., pp. 46-54.



imagem gerada por IA da plataforma Google Gemini

DIGITAL TRANSFORMATION IN LOGISTICS: CONTROL TOWERS AND THE PATH TO SUPPLY CHAIN 4.0 IN LATIN AMERICA

Luiz Carlos Roque Junior

Achiles Rodrigues

Anara Wisnievski

Ricardo Moreira da Silva

ARTICLE 2

RESUMO

Este estudo explora o papel das torres de controle na transformação das cadeias de suprimentos da América Latina, abordando os benefícios e desafios de sua implementação. A pesquisa inclui um estudo de caso de uma empresa relevante no combate à COVID-19 e diagnósticos de doenças negligenciadas, demonstrando como as torres de controle melhoram visibilidade, resiliência e sustentabilidade nas operações. A análise qualitativa destaca que, apesar dos desafios relacionados à integração tecnológica e altos investimentos, essas torres proporcionam retorno financeiro sustentável e vantagens estratégicas significativas. Além disso, o modelo proposto de visão ampliada conecta elementos de complexidade, maturidade e resiliência, oferecendo uma abordagem holística para enfrentar as particularidades regionais. Os resultados indicam que as torres de controle são essenciais para a digitalização e a competitividade nas cadeias de suprimentos da região.

Palavras-chave: Torres de controle; Cadeia de suprimentos; Resiliência

ABSTRACT

This study explores the role of control towers in transforming Latin American supply chains, addressing the benefits and challenges of their implementation. The research includes a case study of a leading company in the fight against COVID-19 and neglected disease diagnostics, demonstrating how control towers improve visibility, resilience, and sustainability in operations. The qualitative analysis highlights that, despite the challenges related to technological integration and high investments, these towers will ensure sustainable financial returns and significant strategic advantages. In addition, the proposed model of expanded vision connects elements of complexity, maturity, and resilience, offering a holistic approach to address regional particularities. The results indicate that control towers are essential for digitalization and competitiveness in the region's supply chains.

Keywords: Control towers; Supply chain; Resilience.

1 Introduction

This article explores the role of control towers in Latin American and Brazilian supply chains, amid global challenges such as the COVID-19 pandemic, war in Ukraine and logistical problems. The search for visibility and operational control has become crucial for business survival.

The definition of supply chain, according to Ballou (2006), is the transformation of small companies into global corporations, generating an urgent need to manage data for strategic decisions. Authors emphasize the importance of resilience in supply chains (Lücker and Seifert, 2017; Shashi et al ., 2020; Ali et al ., 2017; Chowdhury and Quaddus, 2016). The integration of short, medium and long-term strategies is essential and, in this sense, Industry 4.0 has introduced innovative technologies to dominate supply chains.

To create resilience, it is crucial to adopt strategies aligned to different time horizons. Industry 4.0 offers valuable technologies to improve supply chains, providing competitive advantage. Authors highlight the relevance of these technologies in the effective management of operations such as creating resilience (Asdecker and Felch, 2018; Byrne et al ., 2018; Dallasega *et al. ,* 2018; Dossou, 2018; Fareri et al ., 2020; Galati and Bigliardi, 2019; Garrido-Hidalgo et al ., 2019; Manavalan and Jayakrishna, 2019; Radanliev et al ., 2018; Ralston and Blackhurst, 2020; Remko, 2020; Tiwari and Shringi, 2021).

According to Patsavellas et al (2021), the implementation of resilience strategies, such as resource reconfiguration, risk management, supply continuity and supply chain visibility, reflect the essential complexity and preparation to operate in the current environment.

However, digitalization and the search for resilience present challenges, as pointed out by Vlachos (2021), Patsavellas (2021) and Gupta (2022). These challenges include internal/ external *software* misalignments , poor data quality and integration, budget constraints, data ownership issues, resistance to breaking down functional silos, lack of specialized systems in supply chain control towers, lack of commitment management, ineffective decision making, inaccurate inventory control systems, ineffective supplier management, infrequent implementation of risk management strategies, lack of resources and management capacity, need for specialized talent, high cost of maintaining inventory security, lack of information sharing, lack of trust and lack of supply chain visibility.

These deficiencies, mainly the lack of visibility of supply chains for the government, result in product losses, failure to serve the needy population and contribute to corruption in Latin America due to lack of transparency (Ali *et al. ,* 2017b; Shashi et al ., 2020; Patsavellas et al . (2021).

In this context, visibility emerges as a crucial element for resilience. According to Dybskaya and Sergeev (2019), having visibility in the supply chain means measuring and monitoring performance in four main resources: agility, resilience, reliability and responsibility. This is where the advanced concept of control, monitoring and management of complex supply chains emerges, known as "Supply Chain Control Tower" (SCCT), or in Portuguese, Supply Chain Control Towers (TCCS), as presented by Patsavellas et al . (2021), Dybskaya and Sergeev (2019), Shamroukh (2021), Kumar et al . (2023). Originating from aviation control towers, these towers are crucial for monitoring and managing complex supply chains (Dybskaya and

Sergeev, 2019; Shamroukh, 2021).

The multifaceted use of technology in the supply chain can automate processes, especially in logistics, resulting in significant gains in efficiency and reliability (Bowersox et al ., 2002). Furthermore, technology plays an essential role in efficiently collecting, analyzing and sharing information throughout the supply chain.

Digital platforms and information systems enable rapid data sharing between different parties, improving visibility and coordination (Chopra and Meindl, 2010). The use of technology also simplifies data-driven decision-making in the supply chain, with analysis tools identifying trends, patterns and opportunities, contributing to more influential and strategic decisions (Rushton *et al. ,* 2014). Introducing sustainable practices into the supply chain provides significant benefits, such as building trust and brand image, increasing customer loyalty, reducing costs through efficiency, and mitigating risks associated with chain continuity or regulatory violations (Carter and Rogers, 2008).

Control towers in the supply chain have a rather recent history, initially isolated and linear, offering limited insights into specific areas such as transportation, logistics or warehousing, often as resource-constrained on-premises *software* solutions.

However, the rise of cloud computing, combined with technologies such as artificial intelligence, machine learning, IoT and predictive/prescriptive analytics, has transformed this landscape. Today's control towers provide comprehensive visibility, acting as command centers that bring companies closer to their suppliers, enabling proactive service delivery to customers. Sharabati (2022) highlights DHL's daily integration of supply chain control towers, coordinating logistics activities globally to reduce inventories and manage risks. In this way, Control Towers function as operational platforms for Supply Chain 4.0, integrating technologies such as IoT, machine learning and big data analytics to provide visibility, automation and resilience. They enable strategic decision-making in real time, aligning with the principles of Industry 4.0 and driving the modernization of Latin American supply chains. Frederico et al (2019,2020,2023).

Therefore, the intelligent supply chain emerges as a result of systematically managing socio-technical interactions (Vlachos, 2023, p.1415). The transition toward intelligent supply chains requires coordinated integration of technologies such as IoT, big data analytics, and adaptive socio-technical systems capabilities that are enabled through the implementation of Supply Chain Control Towers (SCCT). These towers operate as strategic decision-making hubs, bridging real-time data with responsive actions, and thus supporting the advancement toward Supply Chain 4.0 maturity. (Vlachos, 2023).

Companies such as Walmart, Intel, Cisco, Klabin, Vibra Energia and BP Bunge also use these towers to coordinate processes, monitor activities and share data between different functions. In addition to companies, governments, such as the Korean one, adopt Supply Chain Control Towers (SCCTT to deal with crises and improve operations. Therefore, our main research problem is: What is the role of control towers in Latin American supply chains? And, its objectives are: to analyze the maturity level of supply chains; analyze the maturity level of control towers; identify the advantages and disadvantages.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Concepts of control towers in supply chains

In the context of supply chains, the precise definition of a control tower may vary, depending on the particularities of the chain in question and specific management needs. At its core, however, a supply chain control tower can be understood as an integrated center of systems, processes and technologies that provides real-time visibility, monitoring and control of supply chain operations (Christopher, 2016).

A conceptual definition perspective is presented here, although it is important to highlight that this topic still represents an unexplored frontier in many sectors of the economy. Furthermore, the definition is not an immutable truth, but rather a concept in constant evolution and adaptation.

Table 1- Control tower concept in supply chains

Author/year	Concept/definition of control tower
Karkula (2018)	The tower is a central system at the appropriate technological level, intended for organizing processes, acquiring and analyzing supply chain data to ensure better transparency.
Trzuskawska-Grzesińska (2017)	Planning and execution system, which effectively deals with resource restrictions and/or containment, as well as deviations in the process, aiming to execute corrective and preventive actions in real time.
Akben e Özel (2017)	Supply chain control tower system is a system that tries to make the external environment visible to the business. It's initiative; provides "end-to-end" visibility, eliminating system latency, across all transactions and events to quickly save and assist planners against disruptions and deviations from demand and operations plans.
Fekpe e Administração (2021)	It is the ability to track deliveries in real time, which in turn helps make the delivery process more efficient.
Tsertou et al . (2016)	A supply chain control tower is a central *hub* with technology to work with data and provide enhanced visibility for decision-making aligned to strategic objectives.
Barbosa-Povoa e Pinto (2020)	Provides supply chain visibility and delivers the information needed to support decision making in real time, structured like an airport control tower. It is a unified system, in a single physical location, that helps in the implementation of critical decisions, with an impact on the entire supply chain.

Author/year	Concept/definition of control tower
Vlachos (2021)	It is a central *hub* with the technology, organization and processes needed to capture and use supply chain data to provide greater visibility for short- and long-term decision-making that is aligned with strategic objectives.
Shamroukh, (2021)	A supply chain control tower is a sophisticated, cutting-edge *software* that consolidates and centralizes the various complex processes and activities of any supply chain system, thus building a *hub* that tracks, manages, organizes and carries out the operation well. -successful.
Kumar et al. (2023)	A TCCS is much more than a traditional control, it includes people, processes, new ways of working, technology infrastructure and data that, combined, can help enable a company to proactively orchestrate across its supply chain functions. and broader supply networks, aiming to increase the company's value.
Gupta (2022)	Supply chain control tower is a concept that results in the combination of people, processes, data, organization and technology. Control towers capture and use (near) real-time operational data from across the entire business ecosystem to provide enhanced visibility and improve decision-making.

After this initial analysis of some definitions, it becomes evident that this topic, in fact, can present several nuances.

In view of this, it is proposed to share the interpretation of the author of this study on this concept, based both on the Brazilian context and on accumulated practical experiences: " It is a centralized ecosystem of processes, systems and people that enables real-time visibility, monitoring and control of all operations within the supply chain."

2.2 Objectives of control towers

Control towers play a fundamental role in supply chain management, providing tools and data that help organizations optimize processes and improve operational performance. Its function is broad and adaptable to the specific needs of each organization, covering monitoring, measurement, evaluation and implementation of corrective and preventive actions, in addition to responding to customer demands. Often, control towers report internally and externally to initiate continuous improvement processes (Roque Júnior et al ., 2019; Shamroukh, 2021).

In a challenging context for companies and governments, especially in Latin America, with complex supply chains and dependence on Asian countries, this efficient approach increases companies' visibility and maturity in supply chains, promoting a cycle of continuous improvement (Roque Júnior *et al. ,* 2019). Control towers are becoming centers of innovation in supply chains, aligning with the concept of Supply Chain 4.0, as highlighted by Frederico et al. (2019) therefore, they enable the maximization of profitability with a focus on suppliers and customers, directly impacting the strategy. The transition to this chain demands transparency, collaboration and planning. In this context, control towers play an essential role in integrating systems through the combination of technologies such as Internet of Things (IoT), RFID, GPS, ERP, WMS, TMSs, AIs, and other corporate platforms. This integration enhances the investments already made by companies.

The crucial role of control towers aims to regulate the supply chain, maximizing service, reducing cycle time and optimizing

resources (Trzuskawska-Grzesińska, 2017). Meeting the three levels of supply chain operation – strategic, tactical and operational – control towers enable aligned decisions in the short and long term (Karkula, 2018).

The study by Sharabati (2022) highlights that supply chain control towers impact the dimensions of competitive advantage, with the greatest effect manifesting itself in quality, followed by reliability and, finally, responsiveness. According to Frederico's studies 2019, 2022 and 2023 Supply Chain 4.0, we see that by meeting the three levels of operation (strategic, tactical and operational), the control towers align directly with the precepts of Supply Chain 4.0, such as agility, digital integration, transparency allowing the management of different operations. Hong et al. (2025) argue that "the digital control tower is a critical link between supply chain management and external uncertainties, allowing for real-time data integration, risk assessment, and informed decision-making" (p. 22). Although their study focuses on pharmaceutical supply chains, the authors provide "actual evidence to back up theoretical claims about the revolutionary potential of these technologies for supply chain operations" (p. 22). These insights are highly applicable to Latin American contexts, where supply chains frequently face disruptions related to infrastructure, regulatory complexity, and external shocks. In such scenarios, digital control towers can serve as strategic enablers of adaptability, bridging information gaps and supporting the development of resilient and responsive supply chain systems.

2.3 Control tower structures

Control towers in supply chain management comprise several structures that play a crucial role in the efficient implementation and operation of these systems. These structures provide the necessary basis for the configuration and alignment of control towers, addressing the specific needs of each organization. Some of these structures include hierarchical, modular, network, information flow, process, among others, as highlighted in the literature (see Table 2).

Table 2 - Other shapes of control tower structures

Autor	Structure
Trzuskawska-Grzesińska (2017)	1-Supply chain perception layer. 2-Business layer of supply chains. 3-Layers of information operations control. 4- Information service platform. 5- Information labor layer.
Handfield *et al* . (2020a)	Detection and prevention, response, relief, recovery, data management.
Akben and Özel (2017)	1-Supply chain business layer. 2- Information perception layer. 3-Layer computing control. 4-Layer information service platform. 5-Tier of quality workforce.
Shou-Wen *et al*. (2013)	1-Supply chain business layer. 2- Information perception layer. 3-Layer of information operation control. 4-Layer information service platform. 5-Layer of information labor
Geilgens (2021)	It presents the structure of the Control Tower offered by IBM: 1- Supply chain business network. 2-Supply chain intelligence services. 3- Supply chain applications (supplier management, inventory management, order management)

Each structure has its advantages and challenges, and it is crucial to adapt it to the specific characteristics of the company and the business context. It is worth mentioning that the structure of control towers is subject to evolution over time, as the organization acquires maturity in supply chain management, incorporates new technologies and improves its practices. It is a continuous process of learning and improvement, in which structured control towers must adjust to changes and challenges in the business environment (Roque Júnior et al ., 2021).

According to the National Confederation of Industry (NCI, 2015), logistical integration in South America faces significant challenges due to issues such as inadequate infrastructure, regulatory difficulties, and the complexity of transportation systems between countries in the region. These factors directly impact the efficiency of supply chains, making the adoption of solutions like control towers more challenging. In the context of Latin America, selecting the appropriate control tower structure becomes even more critical due to the region's unique challenges. Unlike Europe and North America, which benefit from more developed logistics infrastructures, Latin America faces significant obstacles that can impact the adoption and effectiveness of control towers. One of the main issues is the region's inadequate infrastructure, which varies widely between countries. Many Latin American nations struggle with outdated or insufficient transportation networks, such as poorly maintained roads, limited rail systems, and congested ports. These infrastructure gaps result in delays, increased costs, and inefficiencies in supply chain operations, making it more difficult to achieve the desired visibility and coordination across the network. Geographical distance is another challenge that exacerbates logistical difficulties. Latin America is home to vast countries with large territories, and the distance between key supply chain nodes (such as manufacturers, suppliers, and customers) often requires long-distance transportation. This can lead to higher transportation costs and longer delivery times, which complicates the synchronization of operations and demand forecasting (NCI, 2015).

Regulatory constraints also play a significant role in hampering supply chain efficiency in the region. Latin American countries often have complex and fragmented regulatory environments, with each country having its own set of customs procedures, tariffs, and import/export restrictions since not all countries are part of the Mercosur bloc. These differences create barriers to seamless cross-border trade, leading to delays in clearance, customs inspections, and additional documentation requirements. The lack of harmonized regulations within regional trading blocs such as Mercosur further complicates the coordination of logistics activities among member countries, requiring constant adaptation to different compliance standards (NCI, 2015).

In addition, cultural factors in Latin America can also influence supply chain dynamics. The region is characterized by a high degree of diversity in terms of business practices, languages, and ways of working. These cultural differences can result in communication challenges and hinder collaboration between stakeholders in different countries. In addition, Latin American countries tend to have a more centralized approach to decision-making, which can slow down the implementation of technological innovations or the establishment of new operational strategies, such as the integration of a control tower, World Bank (2023).

Given these complexities, supply chains in Latin America often involve multiple national and international stakeholders such as suppliers, manufacturers, distributors, and retailers. The diversity of products traded and the variation in

trade regulations between countries and regional blocs further complicate coordination and integration efforts. To address these challenges, companies must adopt customized strategies that consider the region's unique logistical, regulatory and cultural characteristics, ensuring the successful implementation and operation of supply chain control towers in Latin America. (NCI, 2015). o support this research, data provided by the World Bank's Logistics Performance Index (LPI) offers valuable insights into the performance of logistics systems across different regions. The LPI, an indicator developed by the World Bank, evaluates the logistics performance of countries worldwide, considering factors such as the efficiency of customs processes, quality of trade and transport infrastructure, ease of arranging shipments, competence of logistics services, ability to track and trace consignments, and timeliness of shipments. By leveraging these indicators, the LPI helps provide a comparative view of the logistical strengths and challenges faced by different countries, which is essential for understanding how supply chains operate within specific regions, World Bank (2023).

For instance, Singapore's performance on the LPI serves as an example of the highest standards in logistics infrastructure, while countries in Latin America face additional challenges, such as inadequate infrastructure, regulatory constraints, and fragmented supply chains, impacting their overall logistics performance, World Bank (2023).

The LPI data also underscores the varying levels of complexity, maturity, and resilience across different regions, offering further context for the model presented in this study. Countries that score higher on the LPI tend to exhibit more mature, efficient, and resilient supply chains, while those with lower scores often struggle with more significant logistical challenges, World Bank (2023). These structural and regulatory difficulties make the implementation of Supply Chain 4.0 particularly challenging in Latin America, reinforcing the strategic role of control towers as facilitators of regional digital transformation.

2.4 Application of supply chain control tower to logistics

The literature uses several terms to refer to the control tower, including "supply chain control tower" (Trzuskawska-Grzesińska, 2017). Furthermore, the configurations of these towers are dynamic and distinct, varying according to the strategy adopted by the organization. Among the options, the logistics control tower with an emphasis on transportation is the most cited, as indicated by Akben and Özel (2017), Liotine (2019) and Trzuskawska-Grzesińska (2017). In contrast, the supply chain control tower seeks a more comprehensive view, considering transportation, inventory, purchasing, costs and other end-to-end operations.

Wyciślak and Pourhejazy (2023) highlight how control towers can integrate intelligent decision-making systems, such as automated dock booking. This kind of functionality increases the level of autonomy in supply chains and aligns with the goals of Supply Chain 4.0 by enabling faster responses, reducing waste, and improving operational efficiency.

Control towers must be able to provide information about typical disruptions in supply chain processes. The table below highlights some of these situations that can be monitored through indicators, KPIs alerts and specifies the sectors that require these responses. The examples presented illustrate how the control tower uses the pillars of people, processes and systems to meet the needs of companies in relation to strategy, see Table 3).

Table 3 - Application of control towers

Application of control towers	Analysis capabilities	Operational skills
Transport	– Order on time; – Transportation costs; – Performance of the transporter or delivery person; – Occurrences.	– Sequence, track; – Exception management in time-related transport stages; – Supply of digital stub; – Optimization for transportation only, such as preventative maintenance, vehicle idling – Order-focused shipping.
Supply chain	– Complete and punctual orders; – Total cost to serve (activity cost, transportation cost, supplier costs, etc.); – Performance of suppliers, logistics operators and internal resources; – End-to-end occurrences.	– End-to-end visibility of the supply chain, manufacturing, distribution, transportation, etc.; – Exception management at any stage of the supply chain; – Optimization in transportation, internal capabilities and dynamics of stocks and service level; – Boarding order and services.
Foreign trade	– Imports or exports on time; – Import or export costs; – Qualification of suppliers; – Suppliers evaluation; – occurrences	– Visibility of the process from collection point to destination. – Sequence and track. – Exception management in time-related transport stages. – Optimization for transport only. – Order-focused shipping. – Temperature monitoring and geolocation.

2.5 Challenges in implementing control towers in the supply chain

Implementing real-time supply chain visibility can bring benefits but faces significant challenges due to several interrelated factors spanning individual, organizational, technological and environmental categories.

The Table 4 below highlights some opportunities and challenges that will be explored below.

Table 4 - Opportunities and challenges

Author/Year	Opportunities	Challenges
Karkula (2018)	Transparency, integration, automation, forecasting, system flexibility, flexible management capacity and punctuality.	Highly qualified team with experience using the appropriate tools.
Dybskaya and Sergeev (2019)	End-to-end visibility, advanced control and management automation.	Limited visibility of supply chain management, simple decision-making support with often delayed alerts, centralized planning without executing changes in real time, lack of scalability and difficult integration of IT systems and making it difficult to reuse existing connections with partners.
Trzuskawska-Grzesińska (2017)	Brings added value to operations, dedicated structure, process monitoring, measurement, evaluation, corrective and preventive actions	Dedicated teams and processes, infrastructure and customized support systems.
Pan et al. (2019)	Improves integration capacity.	Superior operational performance is not associated with the implementation of comprehensive information system resources such as control towers.
Akben and Özel (2017)	Customer satisfaction, decision making, cost reduction, protection, development.	Limited visibility, non-updated decision support, multi-planned and decentralized execution, non-scalable, non-reusable commercial partner links and high cost of information technologies intended for the project.
Liotine, (2019)	Technologies such as Artificial Intelligence can play a valuable role in decision-making processes in a control tower environment.	Limitations in technology, such as serialization, impact on control tower visibility, and the lack of some level of regulation or governance, which is desirable to regulate interaction and avoid conflicts of interest.
Tsertou et al. (2016)	They can be implemented in different architectures, such as in centralized locations for many customers in a shared way, dedicated on-site or remote for a specific customer.	Requires knowledge of high-value-added software technology applications and resources.
Handfield et al. (2020)	Need to hire and retain the best talent for operation and development of the control tower.	Maintenance of a structure in a location with the availability of hiring and retaining qualified labor, in such locations the costs are higher.
Kumar et al. (2023)	Visibility, scenario modeling, customer-focused, sustainable, agile, resilient networks, service levels and personalized experiences for each type of customer.	He presented no challenges in his analysis.

2.6 Maturity for implementation of control towers

Successfully implementing a supply chain control tower requires maturity at both the organizational and supply chain levels. However, understanding this journey is often challenging, leading to unrealistic timelines and unmet expectations. Deanna M. Rainwater of Tata Consultancy Services (TCS) proposes a four-phase approach to achieving maturity: (1) Discovery assessment, (2) Enabling the control tower, (3) Construction of the control tower, and (4) Enabling advanced features.

This journey progresses through four stages: (1) Functional excellence, (2) Internal integration, (3) External integration, and (4) Orchestration. According to Kumar et al. (2023), many companies struggle to achieve visibility across the entire supply network, making it difficult to extract the expected value. To address these challenges, Kumar et al. (2020) emphasize key pillars for control towers in supply chains, including case-oriented resources, new ways of working, flexible architecture and strategy, and robust data governance. Modularity is crucial, allowing the control tower to evolve alongside the business and adapt quickly to market changes.

The implementation plan proposed by Vlachos (2021) and Mukherjee (2023) consists of three phases: (1) Initiation, (2) Live, and (3) Continuous improvement. Supply chain control towers rely on core technologies grouped into three main categories: (1) Long-term technologies (EDI, XML, RFID, 5G, IoT, blockchain); (2) Mediation technologies (cloud platforms, cargo tracking applications); and (3) Intensive technologies (big data, data science, analytics/BI, predictive and prescriptive analysis, scenario modeling, AI/machine learning) (Vlachos, 2021; Zurron & Lima Junior, 2021; Gupta, 2022).

Maturity in supply chains is not a trivial matter. It refers to the degree to which organizations and their supply chain partners adopt integrated, strategic, and technology-driven practices. In this study, we consider the four-stage maturity model adapted from Zurron & Lima Junior (2020), which outlines a progressive evolution in supply chain capabilities.

Stage 1 – Functional excellence: Organizations operate with isolated departments, focusing on internal efficiencies without cross-functional collaboration.

Stage 2 – Internal integration: Processes begin to integrate across departments, with improved data sharing and visibility.

Stage 3 – External integration: The company extends collaboration beyond internal boundaries, connecting with suppliers and customers for synchronized operations.

Stage 4 – Supply chain orchestration: At this level, companies coordinate their entire supply network using digital technologies, predictive analytics, and joint decision-making, creating a responsive and resilient ecosystem.

The variation in maturity levels among organizations implementing a supply chain control tower stems from several factors not explicitly addressed in the literature. However, studies by Roque Júnior et al. (2019, 2021, 2023) on maturity provide relevant insights for comparison. Elements such as supply chain complexity, the availability and adoption of key technologies, data governance, organizational culture, and strategic investment play a significant role in this diversity. Companies with extensive and globalized networks face additional challenges in integration and visibility, while those with poor data quality or limited technological infrastructure tend to progress more slowly. Furthermore, the willingness to embrace new ways of working and the ability to foster internal

and external collaboration influence the pace of evolution. Understanding these factors is essential to avoiding unrealistic timelines and misaligned expectations, enabling a more efficient and adaptable implementation tailored to business needs.

2.7 Return on investment (ROI) in supply chain control towers

Control towers in the supply chain represent significant investments in financial terms, time and effort. Assessing the Return on Investment (ROI) is crucial to measuring the impact of implementing these towers.

In the 2021 State of Logistics Annual Report, " The Great Reset ," released by the Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), it is highlighted that a control tower can reduce supply chain costs by 10 to 20%. Companies that adopted control towers achieved significant results, such as a 3 to 5% reduction in logistics costs and a 10 to 20% improvement in labor efficiency (Kumar et al ., 2023). Deloitte reports a case where a control tower optimized material flows, improved availability and achieved a 212% ROI, with payback in less than a year. In addition to reducing operational costs, productivity increases with greater visibility and coordination in the supply chain. This translates into shorter cycle times, improved scheduling and routing, better equipment usage and less downtime. Kumar et al. (2023) also highlights optimizations in capital efficiency, with a reduction of 5 to 15% in inventories and 8 to 15% in destruction/ donation/discount.

These improvements are in line with industry demands, as evidenced by the 2022 " Third-Party Logistics Study ," where 60% of shippers listed control towers as the top technology requirement for 3PL providers. This unprecedented classification highlights the growing importance of control towers in operational efficiency and in responding to the sector's technological demands.

In general terms, this study addresses specific challenges facing control towers in Latin America, exploring how they improve visibility and resilience in supply chains in the face of global technological, environmental and social issues.

Using the methodology that will be presented below, a case study of a non-profit company diagnosing neglected diseases in Latin America is presented. The subsequent section connects the case study findings to insights from a survey of Latin American companies of different sizes and ends with final considerations and suggestions for future research.

3. METHODOLOGY

A case study is a research method that generally uses qualitative data collected from real events to explain, explore, or describe current phenomena within their own context. It is characterized by being a detailed and exhaustive study of a few, or even a single, object, providing in-depth knowledge (Yin, 2015).

The research was conducted in five distinct stages: 1. Theme; 2. Research design; 3. Data preparation and collection; 4. Analysis; and, 5. Report writing. In the first stage, the theme of control towers in Latin America was defined, presenting the research question and specific objectives. The novelty and scarcity of literary exploration on the topic in Latin America were highlighted. This item is a major limitation, since the few publications present a positive bias towards implementation and few notes on implementation and project difficulties. This limitation was not overcome in this work, which recommends future studies seeking to fill this existing gap. This article seeks to explore the case study of a relevant company in the fight

against COVID-19 and in the diagnosis of neglected diseases in the region, providing insights into the actions of the Latin American market to reverse the status quo. The company used the tower and control during the pandemic, thus providing the first view on the topic based on the practical experience of an organization, providing theoretical support and robustness according to (Yin, 2015). Two other instruments will also be used: a literature review and a questionnaire answered by companies that operate in Latin America. Quantitative analysis was not applied to the work because it is not the scope of the article; such analysis can be carried out in a future study. Thus, we have three views on the same phenomenon for a more comprehensive comparison of an emerging topic with few publications.

To this end, we present the propositions that play a crucial role in this case study, guiding the scope of the research, data collection, and analysis. Three central propositions are outlined:

1. The gradual implementation of control towers in Latin American supply chains represents an opportunity to improve visibility and resilience, making them more efficient and competitive, given the complexity and regional challenges.

2. The implementation of control towers should be tailored to the specific needs of companies, considering local complexity and resources.

3. Control towers play a crucial role in improving the sustainability of Latin American supply chains, given the complexity and fragmentation of these chains in the region.

The research protocol, consisting of a theme, research question, propositions, unit of analysis and data collection instruments, including literature review, primary and secondary data, questionnaires and interviews, was used to confirm or refute the propositions and answer the research questions. Triangulation of methods, employing different data collection and analysis techniques, strengthened the validity of the results. Qualitative analysis was conducted using the content analysis technique. The final report compiles the results of the survey, providing a comprehensive overview of the implementation of control towers in Latin American supply chains. We highlight that the companies interviewed have operations in Latin America, with headquarters, suppliers and customers, which are valid for considering the chain as Latin, given the challenges of acquisition and distribution.

The survey was conducted with professionals from companies operating in Latin America, resulting in 24 valid responses. The unit of analysis for the case study is a non-profit institution focused on diagnostic testing, which was highly active during the COVID-19 pandemic and operated a logistics control tower. This organization responded to the survey, which was also shared via social media with other logistics professionals from companies present in Brazil and Latin America. Of the respondents, 60.7% held senior positions such as manager, director, vice-CEO, or CEO, and 82.6% were from the Southeast and South regions of Brazil. To enrich the understanding of the topic, the study included interviews, a real business case, and a bibliographic analysis, enabling a triangulation of sources. The survey questionnaire was the primary data collection tool, providing a comprehensive view of the respondents' perspectives. The questionnaire was administered using a 7-point Likert scale (see Table 5).

Table 5 - Answers to the questionnaire

Question	Answer% I agree, I strongly agree, I completely agree
1. Does implementing a Control Tower improve supply chain efficiency?	100
2. Do Control Towers generate resilience in the supply chain?	95,6
3. Is the technology used in Control Towers easy to integrate with existing systems?	73,9
4. Does the use of Control Towers help mitigate risks in the supply chain?	100
5. Does implementing a Control Tower require a significant investment?	69.5
6. Is the return on investment in Control Towers high?	82.5
7. Do Control Towers improve communication between different parts of the supply chain?	95.7
8. Are Control Towers a necessity in today's business environment?	91.3
9. Can the Control Tower be effectively used in any industry?	91.2
10. Does implementing a Control Tower increase customer satisfaction?	100
11. Do Control Towers increase visibility across the supply chain?	100
12. Do Control Towers contribute to supply chain sustainability?	95.7

Question	Answer% I agree, I strongly agree, I completely agree
13. Is the formation of specialized teams necessary for the effective functioning of Control Towers?	91.3
14. Do Control Towers help reduce operational costs?	100
15. Do Control Towers help improve demand forecasting?	87
16. Is implementing a Control Tower a time-consuming process?	65.2
17. Do Control Towers help improve inventory management?	91.3
18. Does implementing a Control Tower improve the organization's overall performance?	95.7
19. Are Control Towers effective in dealing with supply chain disruptions?	95.7
20. Do Control Towers play a critical role in supply chain digital transformation?	95.7
21. Do control towers focus on transportation?	52.1
22. Are the control towers focused on the operational part?	60.8
23. Are the control towers focused on the analysis part?	95.7

The last two questions of the questionnaire are relevant when classifying the maturities of logistics or supply control towers and the maturity level of supply chains. See if:

Continuation of table 5

24-Analyzing your control tower, do you consider it to be mature? Source: Zurron and Lima Junior (2021)	
Level 1	4.3%
Level 2	13%
Level 3	34.8%
Level 4	21.7%
I do not have information to be able to assess the level of maturity	26.1%
25- Look at the images below and define your company's maturity level based on the skills presented	
Early stage	9.5%
Pre-intermediate	4.8%
Intermediary	33.3%
Pre-Advanced	23.8%
Advanced	14.3%
I do not have information to be able to assess the level of maturity	14.3%

4 BIG-PICTURE MODEL FOR 4-ELEMENT, MULTI-DIMENSIONAL SUPPLY CHAINS

To enhance the understanding of the impact of control towers and their interaction with technology, we propose the creation of an expanded vision model for supply chains. This model, based on the works of Roque Júnior et al. (2019), Roque Júnior et al. (2021), and Roque Júnior et al. (2023), offers a comprehensive framework consisting of four key elements: Vision, Complexity, Maturity, and Resilience. These elements are interconnected and span multiple dimensions, reflecting the dynamic

and evolving nature of supply chain management.

Model Explanation:

The core of this model is the Vision, represented as the central circle in the diagram. Vision encompasses the ability to understand both the current and future state of the supply chain, identifying opportunities and threats, and providing the strategic foresight necessary to drive improvements. It acts as the guiding principle that influences all other elements of the model.

• Surrounding the central vision are three outer circles, each representing one of the core elements: Complexity, Maturity, and Resilience. Each of these elements has multiple dimensions that reflect the challenges and nuances of managing supply chains.

• Complexity is a measure of the difficulty involved in managing a supply chain, considering factors such as the number of partners, geographic spread, and the variability in demand and supply. It determines the level of intricacy in the relationships between suppliers, manufacturers, and distributors.

• Maturity refers to the level of experience, sophistication, and efficiency of a supply chain's operations. It evaluates how advanced the supply chain is in terms of processes, technology adoption, and strategic management. A higher maturity level signifies a more refined and efficient operation.

• Resilience is the ability of a supply chain to adapt to and recover from disruptions, such as natural disasters, geopolitical issues, or market fluctuations. It encompasses the robustness of the system and its capacity for quick recovery and continuous operation despite setbacks.

The lines in the model represent the relationships between these elements, indicating that Vision is intricately linked to all the other components. Vision not only informs the understanding of Complexity but also facilitates the development of Maturity and boosts Resilience. It ensures that the supply chain is adaptable, sophisticated, and prepared to tackle disruptions. The balls in the figure represent the different dimensions within each of the four elements. Each ball is positioned at varying levels, representing the degree or maturity of each dimension. These dimensions and their attributes collectively form the larger framework of the model.

Application of the Model:

This qualitative model can be applied to a company's operations to assess the current state of its supply chain. The application should be conducted through a combination of questionnaires and qualitative analysis, allowing the company to evaluate the complexity, maturity, and resilience of its supply chain. These tools will facilitate the identification of strengths and areas for improvement, as well as providing a structured way to assess the supply chain's readiness for integration with a control tower. For the specific case of supply chain control towers, the final element—Vision—becomes particularly crucial, as it ties together all the elements of the model. The control tower itself serves as the central hub for integrating technology, people, systems, and infrastructure, facilitating the creation of a cohesive and efficient supply chain. The findings from this study are rooted in the response of the company under investigation, identifying key elements of the model, and analyzing how complexity, maturity, and resilience manifest within its operations. Based on previous research, the authors of this study have already explored these elements. However, the

key remaining task is the adaptation and refinement of the Vision element, which has materialized through the establishment of the supply chain control tower, and its role in interconnecting technologies, people, systems, and infrastructure.

This model provides a holistic view of how different factors interact within the supply chain, enabling companies to better navigate the complexities of global supply networks, enhance their operational maturity, and build greater resilience against disruptions. By using a combination of questionnaires and qualitative analysis, companies can gain insights into their current position, helping them plan a more informed and effective approach to implementing control towers and improving overall supply chain performance.

5. DISCUSSION

The results of the questionnaire reveal a positive view regarding the implementation of control towers in supply chain management. The complete agreement (100%) on the role of control towers in improving efficiency, mitigating risks and increasing customer satisfaction suggests a largely favorable perception regarding the positive impact of this technology.

The high agreement (95.6%) on the ability of control towers to generate resilience in the supply chain is a significant indicator, highlighting the importance of this technology in adapting to disturbances and maintaining operational continuity.

The issue of technological integration (73.9%) points to an awareness of the challenges, but there is still a majority who perceive relatively easy integration with existing systems.

Agreement on significant investment (69.5%) suggests recognition of the need for substantial resources for implementation. However, the high agreement on a high ROI (82.5%) indicates that, despite the initial investment, organizations realize sustainable financial benefits.

The consistency in responses indicates that Control Towers play a vital role in several areas, from communication and visibility to cost reduction and improved demand forecasting. However, there is noticeable variation in responses regarding the focus on transportation, operability and analytics, indicating that organizations may have different approaches when implementing control towers.

However, it is notable that the perception about the maturity of control towers presents a diversity of responses, with 26.1% of participants indicating that they do not have information to assess the level of maturity when analyzing the maturity of control towers. The results show a diverse distribution, with the majority located at maturity levels 3 and 4. This diversity suggests that organizations are at different stages in their technology implementation and adoption journeys. Furthermore, responses about the company's maturity level, based on presented skills, indicate a relatively even distribution between the intermediate and pre-advanced stages.

Based on the data and responses to the questionnaire, the conclusions for the three propositions outlined are positive, as can be seen below:

Proposition 1: The data reveals that complete agreement (100%) on the effectiveness of control towers in improving supply chain efficiency, mitigating risks (95.6%) and increasing customer satisfaction (100%). The data presented indicates that there is a

strong positive perception about the potential of these towers to improve operations. This suggests that gradual implementation may be an effective strategy to improve the visibility and resilience of Latin American supply chains.

Proposition 2: The variation in responses regarding significant investment (69.5%) suggests that there is awareness of the need for substantial resources for implementation. However, the high agreement on a high return on investment (ROI) (82.5%) indicates that, despite the initial investment, organizations realize sustainable financial benefits. This suggests that adapting to the specific needs of companies may be viable, considering the perceived benefits.

Proposition 3: Agreement on the ability of control towers to contribute to supply chain sustainability (95.7%) suggests that these towers are perceived as a positive element to address the complexity and fragmentation of Latin American chains. Therefore, there is evidence that control towers can play a crucial role in improving the sustainability of these chains.

These results provide valuable insights for understanding the current scenario of control tower adoption in Latin America, highlighting both the perceived benefits and the challenges and variations in the implementation and maturity of this technology.

The proposed expanded vision model enriches the understanding of the role of control towers in Latin American supply chains. By integrating elements of vision, complexity, maturity and resilience, the model offers a holistic approach.

The survey results indicate that a clear vision is crucial to addressing the challenges of logistical complexity in the region, while driving operational maturity and resilience. Improved understanding of these elements provides valuable insights for companies seeking to optimize their supply chains and maximize the benefits of control towers, validating the importance of this theoretical model for addressing regional challenges.

6. CONCLUSION

We concluded that the topic is relevant for Latin American countries given the challenges encountered, and the specific objectives were achieved based on the literature review, questionnaire, case study, and expanded 4-element vision model, as can be seen in the conclusions below. With the discussion of the first specific objective, “analyzing the maturity level of supply chains,” it was possible to identify a diversity of maturity in Latin American supply chains based on the responses of companies operating in this region. The responses indicate that organizations are at different stages in their journeys of implementing and adopting control towers, suggesting the need for a strategic and adaptive approach to meet the different needs and challenges present in the region. As presented in the literature review of limitations, the maturity of companies should be explored in depth, given the context of small companies present in Latin America, which represents a large portion of companies.

In the second objective, “analyzing the maturity level of control towers,” the results pointed to a varied distribution, with the majority located at maturity levels 3 and 4. This diversity suggests that organizations are progressively adopting this technology, but at different rates. The heterogeneity in maturity highlights the importance of a gradual implementation adapted to the specific circumstances

of companies in Latin America, their investment capacity, hiring of labor and skills to master technology, processes and people.In the third specific objective, the view is positive about the advantages of control towers, including improvements in efficiency, resilience, customer satisfaction and reduction of operating costs. However, there is also awareness of challenges, such as the need for significant investments and the complexity of technological integration. The literature, as well as the study and questionnaires, had few notes on the challenges, which are presented in a more generic way as technology, people and investment.

Based on the above, it is possible to respond to the main objective of the research, where control towers play a significant role in the management of supply chains in Latin America. The responses indicate a positive perception regarding the benefits provided by this technology, such as improved efficiency, resilience, customer satisfaction and reduced operating costs, given the difficulties of implementation, such as in the context of Latin America with its low infrastructure and logistical challenges presented in the Logistic Performance Index (LPI) reports, calculated by the World Bank; and the Global Competitiveness Report (GCR). These favorable assessments highlight the strategic importance of control towers in adapting and optimizing supply chains in a region marked by diverse complexities and challenges. The investment challenge will be a limitation, however, the market is expanding. The global control tower market, valued at US$ 7.31 billion in 2022, is expected to experience notable growth with a compound annual rate of 21.3% from 2023 to 2030, according to data from Grand View Research (2023). Finally, this study presented some limitations that are expected to be overcome by future research, namely: low response rate to the questionnaire; it is not possible to estimate the number of control towers in the region, which does not allow comparisons; since it is a recent topic, the number of articles researched limits the literature review. The company under study also represents a unique case, making it necessary to introduce more case studies.

Although this study provides relevant insights through a triangulated approach including survey data, a real business case and bibliographic analysis some limitations remain. The questionnaire was applied to a limited number of companies, with a strong concentration in Brazil. It is therefore recommended that future research broaden the scope of the survey, increasing the number of responding companies and expanding the sample to include organizations from other Latin American countries. Moreover, future studies could benefit from applying additional qualitative analysis methods to complement and deepen the findings. It is also suggested that the theoretical model be refined through comparative case studies, longitudinal analysis, and investigations into technology adoption across diverse organizational and regional contexts in Latin America.

REFERENCES

Akben, E. and Özel, E. (2017), "Supply chain visibility: a systematic literature review", *Journal of International Industrial Engineering* , Vol. 13 No. 3, pp. 363-397.

Akben, İ. and Özel, M. (2017), "Supply chain visibility: control tower approach", *Gaziantep University Journal of Social Sciences* , Vol. 16 No. 3, pp. 612-627. DOI: https://doi.org/10.21547/jss.306811 .

Ali, A., Mahfouz, A. and Arisha, A. (2017a), " Analysing supply chain resilience: integrating the constructs in a concept mapping framework via a systematic literature review", *Supply Chain Management* , Vol. 22 No. 1, pp. 16-39. DOI: https://doi.org/10.1108/SCM-06-2016-0197 .

Ali, I., Nagalingam, S. and Gurd, B. (2017b), " Building resilience in SMEs of perishable product supply chains: enablers, barriers and risks", *Production Planning and Control* , Vol. 28 No. 15, pp. 1236-1250. DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1362487 .

Asdecker, B. and Felch, V. (2018), " Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains", *Journal of Modeling in Management* , Vol. 13. DOI: https://doi.org/ 10.1108/JM2-03-2018-0042 .

Ballou, R. H. (2006). *Supply chain management* : planning, organization and business logistics, 5th. ed., Bookman, Porto Alegre, RS.

Barbosa-Povoa, AP and Pinto, JM (2020), " Process supply chains: perspectives from academia and industry", *Computers and Chemical Engineering* , Vol. 132. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compchemeng. 2019.106606 .

Bowersox, DJ, Closs, DJ and Cooper, MB (2002), *Supply Chain Logistics Management - Vol. 2,* McGraw-Hill, New York, NY.

Byrne, G., Dimitrov, D., Monostori, L., Teti, R., van Houten, F. and Wertheim, R. (2018), "Biologicalisation: biological transformation in manufacturing", *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* , Vol. 21, pp. 1-32. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.03.003 .

Carter, CR and Rogers, DS (2008), "A sustainable supply chain management framework: moving towards a new theory", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* .

Chopra, S. and Meindl, P. (2010), *Supply chain management - strategy, planning and operations,* 5th. ed., Prentice Hall, São Paulo, SP.

Chowdhury, MMH and Quaddus, M. (2016), " Supply chain readiness, response and recovery for resilience", *Supply Chain Management* , Vol. 21 No. 6, pp. 709-731. DOI: https://doi.org/10.1108/SCM-12-2015-0463 .

Christopher, M. (2016), *Logistics and supply chain management,* 5th. ed., Pearson, United Kingdom.

Dallasega, P., Rauch, E. and Linder, C. (2018), "Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: a systematic literature review", *Computers in Industry* , Vol. 99, pp. 205-225. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.039 .

Dossou, PE (2018), "Impact of sustainability on the supply chain 4.0 performance", *Procedia Manufacturing* , Vol. 17, pp. 452-459. DOI: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.069 .

Dybskaya, VV and Sergeev, VI (2019), *The concept of 'Supply Chain Control Tower': design methodology and practical implementation, logistics and supply chain management* , No. 2, pp. 3-14.

Fareri, S., Fantoni, G., Chiarello, F., Coli, E. and Binda, A. (2020), " Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining", *Computers in Industry* , Vol. , 103222. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compind.2020. 103222 .

Fekpe, ES and Administration, P. (2021), " Information technology deployment and supply chain performance", *Evidence From Emerging Economy* , Vol. 1 No. 1, pp. 19-32.

Frederico, GF, Garza-Reyes, JA, Anosike, A. and Kumar, V. (2019), " Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda", *Supply Chain Management: An International Journal* . DOI: https://doi.org/10.1108/scm-09-2018-0339 .

Frederico, G.F.,Garza-Reyes, J.A.,Anosike, A. and Kumar, V. (2020), «Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda", *Supply Chain Management*, Vol. 25 No. 2, pp. 262-282. https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339

Frederico, G.F., Kumar, V., Garza-Reyes, J.A., Kumar, A. and Agrawal, R. (2023), «Impact of I4.0 technologies and their interoperability on performance: future pathways for supply chain resilience post-COVID-19», *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 34 No. 4, pp. 1020-1049. https://doi.org/10.1108/IJLM-03-2021-0181

Galati, F. and Bigliardi, B. (2019), "Industry 4.0: emerging themes and future research avenues using a text mining approach", *Computers in Industry* , Vol. 109, pp. 100-113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.018 .

Garrido-Hidalgo, C., Olivares, T., Ramirez, F.J. and Roda-Sanchez, L. (2019), " An end-to-end internet of things solution for reverse supply chain management in industry 4.0", *Computers in Industry* , Vol. 112, 103127. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103127 .

Geilgens, J. (2021), " Wie können Lieferketten mithilfe intelligenter Datennutzung und Datenintegration fit für die Zukunft gemacht werden?", *Wirtsch Inform Manag,* Vol. 13, pp. 14-19. DOI: https://doi.org/10.1365/s35764-020-00315-6 .

Grand View Research . (2023), *Control tower market size, share & growth report, 2030*. Available at: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cont rol-towers-market .

Gupta, A. (2022), “To better navigate vendor offerings, you need a thorough understanding of a control tower and its capabilities”, *Gartner* , 25 Mar. Available at: https://www.gartner.com/en/articles/what-is-a-supply-chain-control-tower-and-what-s-needed-to-deploy-one . Accessed July 20, 2023.

Handfield, R., Finkenstadt, D., Schneller, E., Godfrey, A. and Guinto, A. (2020a), *COVID-19: a supply chain response assessment* .

Handfield, R., Finkenstadt, DJ, Schneller, ES, Godfrey, AB and Guinto, P. (2020b), “ A commons for a supply chain in the post-COVID-19 era: the case for a reformed strategic national stockpile” , *Milbank Quarterly* , Vol. 98 No. 4, pp. 1058-1090. DOI: https://doi.org/10.1111/1468-0009.12485 .

Karkula, M. (2018), “Monitorowanie I kontrola łańcucha dostaw: koncepcja supply chain control tower I jej zastosowanie W”, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport*, Vol. 120, pp. 265-277.

Kumar, P., Soroka, A., Khatri, K., Cornet, P.C. (2023), *Supply chain control tower - from visibility to value* . Available in: https://www.Kumaretal.com/us-en/insights/consulting/supply-chain-control-tower#accordion-b0c9d2731d-item-7cd392b5de . Accessed July 11, 2023.

Kumar, A., Luthra, S., Mangla, S.K., Kazançoğlu, Y., and Kumar, M. (2020), “A Framework for Overcoming Sustainable Supply Chain Challenges Through Industry 4.0 Solution Measures and of the circular economy: an automotive case”, *Journal of Cleaner Production* , Vol. 277, 123182.

Liotine, M. (2019), “Shaping the next generation pharmaceutical supply chain control tower with autonomous intelligence”, *Journal of Autonomous Intelligence* , Vol. 2 No. 1, p. 56. DOI: https://doi.org/10.32629/jai.v2i1.34 .

Lücker, F. and Seifert, R.W. (2017), “ Building up resilience in a pharmaceutical supply chain through inventory, dual sourcing and agility capacity”, *Omega (United Kingdom)* , Vol. 73, pp. 114-124. DOI: https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.01.001 .

Manavalan, E. and Jayakrishna, K. (2019), “A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements”, *Computers and Industrial Engineering* , Vol. 127, pp. 925-953. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030.

Mukherjee, A. (2023), *The critical process of supply chain control tower integration orchestration. supply chain management review* . Available at: https://www.scmr.com/article/the_process_of_supply_chain_control_tower_integration_orchestration . Accessed July 25, 2023.

National Confederation of Industry (NCI). Challenges for logistical integration in South America / Armando Castelar. - Brasília: CNI, 2015. 113 p. : ill. Available at: https://static.portaldaindustria.com.br/legacy/app/conteudo_18/2016/03/02/10642/0203-EstudoDesafiosparaaIntegraoLogsticadaAmericadoSul.pdf. Accessed on: Mar. 8, 2024.

Pan , _ _ 2, pp. 569-594. DOI: https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2018-0023 .

Patsavellas, J., Kaur, R. and Salonitis, K. (2021), "Supply chain control towers: technology push or market pull-an assessment tool", *IET Collaborative Intelligent Manufacturing* , Vol. 3, pp. 290-302. DOI: https://doi.org/10.1049/cim2.12040 .

Radanliev, P., De Roure, DC, Nurse, JRC, Montalvo, M. and Khan, AA (2018), "Global Supply Cahin Control Towers", *Supply Chain Management* , Vol. 5 No. 4, pp. 1086-1092. 1086-1092.

Ralston, P. and Blackhurst, J. (2020), "Industry 4.0 and resilience in the supply chain: a driver of capability enhancement or capability loss?", *International Journal of Production Research* , Vol. 0 No. 0, pp. 1-14. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1736724 .

Remko, van H. (2020), "Research opportunities for a more resilient post-COVID-19 supply chain – closing the gap between research findings and industry practice", *International Journal of Operations and Production Management* , Vol. 40 No. 4, pp. 341-355. DOI: https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2020-0165 .

Roque JR, LC, Costa, MLN and Frederico, GF (2019), " Supply chain management maturity and complexity: findings from a case study at a health biotechnology company in Brazil", *International Journal of Logistics Systems and Management* , Vol. 33 No 1. DOI: https://doi.org/10.1504/IJLSM.2019.099658 .

Roque JR, LC, Silva, RM, Gauer, GF, Reis, GG, Frederico, GF (2021), " The impact of Covid-19 on international supply chains looking through the SCOR model", *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, São Paulo, SP.

Roque JR, LC, Frederico, GF, Costa, MLN (2023), " Maturity and resilience in supply chains: a systematic review of the literature", *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management 5* , pp. 1-25. DOI: https://doi.org/10.1108/ijieom-08-2022-0035 .

Rushton, A., Croucher, P. and Baker, P. (2014), *The Logistics and Distribution Management Handbook - Understanding the Supply Chain,* Kogan Page Publishers.

Shamroukh, S. (2021), *Supply chain control tower - visibility and performance assessment,* 115p., Kindle eBook. ASIN: B09FYP7G86.

Sharabati, AAA , Al-Atrash, SA and Dalbah, IY (2022), "The use of supply chain control tower in pharmaceutical industry to create a competitive advantage", *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing* , Vol. 16 No. 3, pp. 354-375.

Shashi, C.P., Cerchione, R. and Ertz, M. (2020), " Managing supply chain resilience to pursue business and environmental strategies", *Business Strategy and the Environment* , Vol. 29 No. 3, pp. 1215-1246. DOI: https://doi.org/10.1002/bse.2428 .

Shou-Wen, J., Ying, T. and Yang-Hua, G. (2013), “Study on supply chain information control tower system”, *Information Technology Journal* , Vol. 8488-8493. Available at: https://scialert.net/abstract/?doi=itj.2013.8488.8493 . Accessed on May 16, 2021.

Tiwari, P. and Shringi, D. (2021), “ An approach towards advanced SCM system through AI and industry 4.0”, *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science* , Vol. 391-398.

Trzuskawska-Grzesińska, A. (2017) , “Control towers in supply chain management – past and future”, *Journal of Economics and Management* , Vol. 27 No. 1, pp. 114-133. DOI: https://doi.org/10.22367/jem.2017.27.07 .

Tsertou, A., Amditis, A., Latsa, E., Kanellopoulos, I. and Kotras, M. (2016), “ Dynamic and synchromodal container consolidation: the cloud computing enabler”, *Transportation Research Procedia* , Vol. 14, pp. . 2805-2813. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.345 .

Vlachos, I. (2021), “Implementation of an intelligent supply chain control tower: a socio-technical systems case study”, *Production Planning & Control.* DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2021.2015805 .

Yin, RK (2015), *Case study: planning and methods,* 5a. ed., Bookman, Porto Alegre, RS.

World Bank (2023), *Logistics Performance Index – Singapore, 2023*, World Bank Group. Available at: https://lpi.worldbank.org/international/scorecard/radar/C/SGP/2023/R+LCN+2023.

Zurron, DG, Lima Junior, OF (2021), “Supply Chain Control Tower (SCCT) What it is and how it can improve operations”, *Revista Mundo Logística* , Edition 80, Jan./Feb., pp. 46-54.