



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



COMO AVALIAR O IMPACTO DO BLOCKCHAIN SOBRE SEGURANÇA E PRIVACIDADE DE DADOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DIGITAL? UMA REVISÃO DO ESTADO DA ARTE

HOW TO ASSESS THE IMPACT OF BLOCKCHAIN ON DATA SECURITY AND PRIVACY IN THE DIGITAL SUPPLY CHAIN? A REVIEW OF THE STATE OF THE ART

¿CÓMO EVALUAR EL IMPACTO DE BLOCKCHAIN EN LA SEGURIDAD Y PRIVACIDAD DE LOS DATOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO DIGITAL? UNA REVISIÓN DEL ESTADO DEL TÉCNICO

Eliane Somavilla ^{1*} & Gisele de Lorena Diniz Chaves ²

^{1,2} Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

¹ eliane.somavilla@gmail.com ² gisele.chaves@ufsc.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 12.04.2024

Aprovado: 06.05.2024

Disponibilizado: 08.05.2024

PALAVRAS-CHAVE: Segurança; Privacidade de Dados; Cadeia de Suprimento Digital; Indicadores; Medidas.

KEYWORDS: Security; Data Privacy; Digital Supply Chain; Indicators; Measurements.

PALABRAS CLAVE: Seguridad; Privacidad de Datos; Cadena de Suministro Digital; Indicadores; Mediciones.

*Autor Correspondente: Somavilla, E.

RESUMO

As organizações e Cadeias de Suprimentos Digitais (CSD) da Indústria 4.0 são desafiadas a manter a privacidade e a segurança de dados em seus sistemas devido a violações cibernéticas, falta de gerenciamento e confiança entre seus membros, entre outras questões. Neste cenário, o Blockchain (BCK) surgiu como uma alternativa para manter informações descentralizadas, seguras e confiáveis aos participantes. Para verificar a efetividade da adoção do BCK, são apontados os requisitos-chave que sintetizam os critérios que devem ser considerados para mensurar diferentes aspectos que impactam na segurança e na privacidade de dados em CSD. Na sequência, mediante uma revisão sistemática da literatura publicada nos últimos 10 anos, apoiada pela metodologia PRISMA e pela técnica de amostragem *snowball sampling*, foram identificados os principais fatores que devem ser avaliados, como constructos e medidas, os quais são agrupados em elementos que representam o que deve ser medido de alguma forma pelas CSD. Assim, uma revisão do estado da arte sobre o desempenho do BCK em CSD é realizada e as principais dificuldades de medição e oportunidades de melhorias são discutidas.

ABSTRACT

Industry 4.0 organizations and Digital Supply Chains (CSD) are challenged to maintain the privacy and security of data in their systems due to cybersecurity, lack of management and trust among their members, among other issues. In this

scenario, Blockchain (BCK) emerged as an alternative to maintain decentralized, secure and reliable information for participants. To verify the effectiveness of BCK adoption, the key requirements are indicated that summarize the criteria that must be considered to measure different aspects that impact the security and privacy of data in CSD. Subsequently, through a systematic review of the literature published in the last 10 years, reinforced by the PRISMA methodology and the snowball sampling technique, the main factors that must be evaluated were identified, such as constructs and measures, which are grouped into elements that represent what must be measured in some way by the CSD. Thus, a state-of-the-art review of BCK performance in CSD is carried out and the main measurement difficulties and opportunities for improvement are discussed.

RESUMEN

Las organizaciones de la Industria 4.0 y las Cadenas de Suministro Digital (CSD) tienen el desafío de mantener la privacidad y seguridad de los datos en sus sistemas debido a la ciberseguridad, la falta de gestión y confianza entre sus miembros, entre otros temas. En este escenario, Blockchain (BCK) surgió como una alternativa para mantener información descentralizada, segura y confiable para los participantes. Para verificar la efectividad de la adopción de BCK, se indican los requisitos clave que resumen los criterios que se deben considerar para medir diferentes aspectos que impactan la seguridad y privacidad de los datos en CSD. Posteriormente, a través de una revisión sistemática de la literatura publicada en los últimos 10 años, reforzada por la metodología PRISMA y la técnica de muestreo de bola de nieve, se identificaron los principales factores que deben ser evaluados, como constructos y medidas, los cuales se agrupan en elementos que representan lo que debe ser medido de alguna manera por la CSD. Así, se realiza una revisión del estado del arte del desempeño de BCK en CSD y se discuten las principales dificultades de medición y oportunidades de mejora.

INTRODUÇÃO

Na era digital, caracterizada pelo uso intensivo de tecnologia e comumente referenciada como Indústria 4.0 (I4.0), a competitividade empresarial é amparada por sistemas inteligentes, pessoas e máquinas que interagem entre si. Neste contexto, marcado pela digitalização de empresas, tecnologias disruptivas são utilizadas para atingir resultados estratégicos e apoiar no aumento do desempenho, da produtividade e da sustentabilidade do negócio (Queiroz et al., 2019). A digitalização demanda mudança de processos dentro das organizações e transforma modelos de negócios mediante a adoção de tecnologias digitais em contextos individuais e mais amplos. Neste cenário, os impactos da digitalização atingem toda a CS, também caracterizada como cadeia inteligente, digital ou com o sufixo 4.0 (Hellweg et al., 2021). Portanto, o uso de tecnologias e a avaliação de seus resultados deve considerar todos os elos da cadeia, visto que os desafios impactam a todos.

Os desafios observados nos últimos anos se referem principalmente à confiança entre os membros da cadeia, desempenho, segurança e privacidade de dados na cadeia de suprimentos digital (CSD) (Kakhki & Gargeya, 2019; Piurcosky et al., 2019; Melnyk et al., 2021; Hani, 2022). Tais desafios estão interrelacionados em uma relação de causa efeito pois quanto maior a segurança e privacidade de dados, maior a confiança entre os membros, resultando em um melhor desempenho da CSD e vice-versa (Kakhki & Gargeya, 2019). Sob o ponto de vista dos desafios de segurança e privacidade de dados, existem diversos critérios que impactam no desempenho das ações efetuadas pelas CSD. Tais critérios estão relacionados à requisitos-chave das CSD, entre eles a qualidade da informação (Hani, 2022) e as violações cibernéticas que afetam a privacidade, disponibilidade e integridade de dados. Os desafios são enfatizados pela dificuldade de gerenciamento de CSD complexas e com níveis de maturidade digital distintos (Weerabahu et al., 2022; Hellweg et al., 2021).

Tal cenário pode ser amplificado por efeitos disruptivos que elevam a complexidade da CSD sobretudo quando não há um plano de recuperação ou mitigação de desastres (Dolgui, Ivanov & Sokolov, 2017). Adicionalmente, os obstáculos trazidos por tais critérios podem se propagar por toda a CS através do efeito chicote ou *bullwhip*, definido como a amplificação dos efeitos à medida que se avança entre os elos de uma CS (Bhattacharya & Bandyopadhyay, 2011). A CS também pode ser afetada pelo efeito *ripple* ou dominó, ou seja, uma interrupção inesperada que pode impactar um elo e se propagar por toda a cadeia (Dolgui, Ivanov & Sokolov, 2017), a exemplo de pandemias e guerras. Estratégias adequadas amparadas por tecnologias disruptivas podem minimizar os efeitos *ripple* e *bullwhip*, além de garantir a sobrevivência de toda a CSD em momentos de crise.

As pesquisas sobre os tópicos de confiança, governança, privacidade e segurança de dados nas CSD ainda são escassos na atualidade. Além disso, existem poucos estudos sobre o impacto de novas tecnologias nos tópicos citados (Kakhki & Gargeya, 2019). Hani (2022) pondera sobre a necessidade de estudos sobre como a qualidade da informação interfere na performance da CSD. De forma complementar, Melnyk et al. (2021), citam a necessidade de mais estudos sobre violações de segurança e o impacto no desempenho e confiança entre os elos da cadeia.

Uma tecnologia que apoia na garantia da qualidade, segurança e privacidade dos dados e que está em ascensão nas CSD é o Blockchain (BCK) (Kao et al., 2022; Aljabhan & Obaidat, 2023). O BCK pode ser entendido como uma lista crescente de estruturas de dados, chamados blocos, conectados e protegidos por criptografia nos quais o compartilhamento de informações é realizado de forma descentralizada com mecanismos que dificultam alterações nos dados (Bigini, et al., 2020). Entretanto, não basta apenas a adoção de tecnologias que apoiam na diminuição dos riscos, é preciso medir e interpretar os resultados a fim de identificar ajustes necessários no plano estabelecido e responder aos desafios que estão em constante mutação devido à própria evolução tecnológica (Balfaiah et al., 2016). Este fato justifica o investimento de organizações públicas e privadas nesta tecnologia que promete elevar o desempenho e a confiança da CSD, além de favorecer a sustentabilidade econômica da CSD (Aljabhan & Obaidat, 2023). Assim, o BCK tem sido usado nas áreas da saúde, de registro de votação eletrônica, de avaliação de consumidores, de certificação da qualidade e rastreamento de produtos (Kopyto et al., 2020) possibilitando a criação de novos sistemas digitais (SCC, 2023). Apesar dos benefícios, a tecnologia BCK está em fase inicial de implementação nas organizações, representando um campo amplo para pesquisas (Gökalp et al., 2020). Kopyto, et al. (2023) destacam que o BCK estará em expansão até o ano de 2035, quando de fato estará estabelecida. Para isso, diversos obstáculos de implantação da tecnologia precisarão ser transpostos, assim como sua efetividade deverá ser avaliada para mensurar seu impacto.

A medição dos dados é uma forma de avaliar o desempenho da CS ou de um elo específico no intuito de analisar a performance em relação às metas e objetivos, além de identificar áreas de melhoria ou processos com oportunidade de otimização (Chopra & Meindl, 2011). Kamble e Gunasekaran (2019) qualificam o desempenho ou performance como um conjunto de características baseadas em informações de uma organização as quais são colhidas a partir de pessoas, máquinas, sistemas ou processos e comparados com metas previamente especificadas. Neste contexto, as medidas utilizadas na análise de desempenho podem ajudar a identificar gargalos que afetam a eficiência da CS, permitindo à cada organização participante a adoção de medidas corretivas que impactam na eficiência, comunicação e competitividade geral. Para Patidar et al. (2022), sob o ponto de vista da adoção de tecnologias inteligentes na CSD, como o BCK, a medição proporciona o conhecimento sobre o desempenho alcançado por meio da tecnologia utilizada, promovendo a melhoria na sustentabilidade econômica, no planejamento baseado em previsões, na tomada de decisão e no compartilhamento de informação em tempo real.

A carência de pesquisa sobre a mensuração do resultado ocorre, pois, conectar a estratégia com um mecanismo de avaliação é desafiador para as organizações que devem tomar decisões no tempo certo para garantir vantagem competitiva. Todavia, as organizações têm dificuldade de definir um sistema de medição apropriado (Balfaiah et al., 2016). Muitas organizações despertaram interesse em medir seus resultados após efeitos disruptivos recentes, como a Pandemia de Covid 19, no intuito de aprender com suas experiências e desenvolver plano de mitigação de desastres para diminuir riscos futuros e aumentar a

resiliência da CS (Mahdiraji et al., 2022; Fares & Lloret, 2023). Entretanto, todas as ações adotadas visando melhorias na CSD devem ser medidas para que os resultados sejam conhecidos e ajustes possam ser realizados em prol do desempenho da cadeia (Mangla et al., 2020). Marinagi et al. (2023) adicionam a necessidade de uma base de medidas comum entre todos os participantes da CSD para avaliação dos critérios que impactam na resiliência. Como as organizações da I4.0 ainda lutam para entender a variedade de tecnologias disponíveis, medir os resultados obtidos se torna crucial para a tomada de decisão (Tambaré et al., 2021). Além da definição, implantar o sistema de medição é um desafio e muitos estudos focam na medição dos resultados individuais de uma organização ou consideraram a perspectiva de uma única empresa sobre a CS, negligenciando outros participantes (Maestrini et al., 2018).

Considerando o cenário característico da I4.0 e as oportunidades de pesquisa enfatizadas pelos autores de publicações recentes, justifica-se a necessidade de conhecer o que existe cientificamente para avaliar os impactos da adoção da tecnologia BCK sobre a ótica de segurança e privacidade de dados na CSD. Dessa forma, as organizações e CSD poderão guiar-se na construção de ferramentas e nas decisões sobre otimização de processos, melhorias em determinadas áreas, bem como adaptações em planejamentos estratégicos de acordo com os resultados obtidos para os objetivos delineados.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresenta as definições que formam a base desta pesquisa, iniciando com os principais critérios que afetam o desempenho da segurança e privacidade de dados na CSD, seguindo para uma descrição a respeito do BCK e seus principais benefícios.

SEGURANÇA E PRIVACIDADE DE DADOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DIGITAL

Considerando a nova era industrial ou I4.0, a CS também pode obter ganhos por meio de tecnologia de ponta para agilizar os processos e melhorar relacionamentos entre as organizações a fim de gerar benefícios estratégicos para todas as partes (Frederico et al., 2020). Hellweg et al. (2021) caracterizam como Cadeia de Suprimentos Digital (CSD) o conjunto de organizações que utiliza os facilitadores e tecnologias da era digital para manter-se competitiva no mercado. Neste cenário, os desafios enfrentados por organizações, como confiança, performance, privacidade e segurança dos dados, devem ser estrategicamente pensados sob o ponto de vista coletivo. Como as CSD podem estar inseridas em uma vasta possibilidade de negócios, é difícil capturar todos os aspectos dos desafios enfrentados. Dessa forma, através da identificação de requisitos-chave, pode-se capturar os principais critérios para análise do resultado das estratégias adotadas.

Ponderando sobre as organizações que se transformam digitalmente para obter uma CS interconectada, ágil, inteligente e com um fluxo integrado de informações sobre produtos e processos, verifica-se a importância de uma relação ética entre os participantes. Neste cenário ocorre a pressão ética sobre as informações da CSD, que atinge o desempenho da segurança e privacidade de dados (Johnson & Stevens, 2016). Piurcosky et al. (2019) citam a necessidade de implantar a Lei nº 13.709 sancionada em 18 de agosto de 2018, ou Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), proposta para preservar a privacidade de dados dos cidadãos brasileiros,

bem como analisar o seu reflexo no desempenho da CSD. Através da LGPD, é incentivada uma mudança no paradigma de gestão de dados evidenciando a necessidade de adequações internas e da criação de uma cultura de segurança e proteção de dados nas organizações brasileiras. A LGPD proporciona negócios globalizados, pois está em sintonia com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD) 2016/679, Lei do direito europeu sobre a privacidade e a proteção dos dados pessoais de indivíduos da União Europeia (Eur-Lex, 2016).

Neste contexto, o resultado de ações realizadas pelas CSD no intuito de atender a LGPD deve ser avaliado para que seja possível conhecer o impacto sobre os desafios de segurança e privacidade de dados. Piurcosky et al. (2019) citam alguns fatores que devem ser observados, entre eles: a compreensão dos conceitos de privacidade e segurança, a gestão sobre incidentes de segurança, o controle de acesso, o atendimento a políticas de tratamento de dados, o consentimento dos titulares de dados, ou pessoa a quem se referem os dados, a capacitação dos funcionários sobre privacidade e segurança, e o conhecimento sobre a Lei nº 13.709.

Um requisito-chave que afeta o desempenho da CSD é a qualidade da informação, característica valorizada pelas organizações que desejam segurança ao tomar decisões muitas vezes em tempo real. A qualidade da informação apoia a melhoria de processos e traz competitividade a todos os participantes, aprimorando o gerenciamento da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management* - SCM). O termo SCM refere-se à sincronização dos procedimentos organizacionais com os de seus clientes, fornecedores, parceiros e outros participantes para que as informações, serviços e materiais possam ser consistentes com as solicitações dos clientes (Hani, 2022). Chopra e Meindl (2011) destacam que quando são utilizadas informações de qualidade há uma melhor utilização dos ativos de uma organização e coordenação dos fluxos da CS para reduzir custos e melhorar o tempo de resposta aos clientes. Por exemplo, com informações de qualidade a disponibilidade de produtos pode ser aumentada ao mesmo tempo que custos de estoque e transporte são diminuídos. (Chopra & Meindl, 2011).

Uma oportunidade para que as CSD melhorem a qualidade da informação e elevem sua performance são os dados *Big Data*, definidos como dados variados, complexos, em grande volume e oriundos de várias fontes, os quais estão estreitamente ligados a negócios digitais e interagem para criar valor para todos os participantes da CSD. Por meio do uso adequado desta nova estrutura, um grande volume de dados pode ser acessado mediante ferramentas de inteligência que impulsionam o desempenho dos participantes de uma CSD. Por intermédio do *Big Data*, a criação de valor para o cliente é facilitada, pois os parceiros da CS trabalham de maneira conjunta compartilhando dados íntegros (Kakhki & Gargeya, 2019).

O adequado fluxo de informações é um requisito que pode ser amparado por SI robustos e complexos que mantêm os dados seguros e qualificados para gerar informação e conhecimento para toda a CSD (Weerabahu et al., 2022). Sob este ponto de vista, considera-se a confiança entre os membros, uma vez que, apesar dos benefícios de compartilhamento,

a transmissão de informações é limitada por questões de confiança entre as organizações que estão focadas apenas na privacidade e segurança de suas próprias informações (Kakhki & Gargeya, 2019). Atualmente, tecnologias e sistemas são usados como facilitadores para auxiliar no fluxo de informações, entretanto, a complexidade elevada das CS exacerba o desafio de manter informações confiáveis (Johnson & Stevens, 2016). Como exemplo, apesar de o BCK beneficiar a confiança por meio do controle de acesso a informações, a comunicação e o relacionamento são fundamentais para a eficiência da CS. As organizações em fase mais elevada da adoção do BCK concordam que o retorno sobre o investimento não está no valor econômico obtido, mas sim no valor agregado aos clientes da CSD (Tokkozhina; Martins; Ferreira, 2020).

Em CSD com baixo nível de confiança entre os participantes, o impacto dos eventos disruptivos (*ripple event*) e do efeito chicote (*bullwhip effect*) é ainda mais intenso, exigindo das organizações planos de mitigação de riscos e recuperação de desastres extensos, elevando o investimento financeiro para manutenção destes planos (Bhattacharya & Bandyopadhyay, 2011; Johnson & Stevens, 2016). Por outro lado, ao desenvolver planos de resiliência adequados, o impacto sobre a eficiência das CSD é minimizado (Dolgui, Ivanov & Sokolov, 2017). Chopra e Meindl (2011) argumentam que quanto maior a CSD e mais complexo seu ambiente tecnológico e fluxo de informações, maior será o impacto de interrupções. Isso se deve a fatores como dificuldade de mapeamento adequado dos participantes da CS, bem como dos processos de negócio e de informações que envolvem os praticantes. Como medidas de contingência para promover resiliência nas CSD, Dolgui, Ivanov e Sokolov (2017) orientam estratégias de redundância, como armazenamento em nuvens, backup de dados e servidores, backup de fornecedores. A Redundância serve para proteger a CS de alguns impactos baseados em certas reservas (Dolgui, Ivanov & Sokolov, 2017), entretanto, alguns impactos são difíceis de prever como os efeitos trazidos pela pandemia de Covid-19 que atingiu CS em áreas de negócio variadas.

Com relação ao efeito chicote, as causas que afetam as CS podem ser operacionais e comportamentais. Como causas operacionais destacam-se: previsão de demanda, flutuação de preços, racionamentos e jogos de escassez, prazo de entrega, políticas de estoque, falta de sistemas de controle, baixa transparência entre os membros CS, falta de sincronização entre os membros, percepção equivocada de feedback, otimização local sem visão global, limites de capacidades organizacionais, entre outros. Como causas comportamentais destacam-se: a negligência de atrasos na tomada de decisões sobre pedidos e a falta de treinamento aos profissionais envolvidos (Bhattacharya & Bandyopadhyay, 2011). Dessa forma, o efeito cascata e os eventos disruptivos impactam no desempenho das ações que garantem segurança e privacidade de dados na CSD, pois colocam em risco o resultado do plano estratégico definido pelos membros participantes.

Outro requisito se refere à segurança cibernética de ambientes digitais interconectados, ou seja, ambientes ligados entre si de maneira lógica por meio de uma rede de computadores e em tempo real, que podem afetar as organizações de maneira econômica, política e social. Segurança cibernética é a prática de proteger sistemas de ataques digitais e o desenvolvimento de operações ciberseguras é desafiador devido ao avanço tecnológico que, muitas vezes, é usado de maneira não ética (Melnyk et al., 2022). Com a integração de tecnologias emergentes como Inteligência Artificial (IA), definida como a capacidade das máquinas realizar tarefas automatizadas e tomar decisões, Internet das Coisas (IoT), definida como uma rede de dispositivos eletrônicos conectados logicamente para trocar dados entre si e com sistemas por meio da *internet*, entre outros, novos riscos cibernéticos surgiram. Estes riscos devem ser gerenciados de maneira eficaz para manter a resiliência da CSD, seu desempenho e confiança (Kakhki & Gargeya, 2019; Buntak et al., 2021; Melnyk et al., 2022).

Os fatores que apoiam a segurança cibernética são o gerenciamento da rede, definida como uma rede de computadores privada conectada por meio de protocolos da *internet* e de uso exclusivo de uma determinada organização ou CSD acessada somente pelos seus utilizadores, e a infraestrutura da tecnologia de informação (TI), definida como o conjunto de *hardware*, *software* e serviços que sustentam os sistemas construídos (Govindan et al., 2022). Todavia, não basta apenas tecnologia para alcançar um desempenho excepcional, é preciso gerenciar as atividades dos membros da CD para garantir a execução dos processos de forma coordenada em prol de um objetivo comum (Johnson & Stevens, 2016). Ou seja, o SCM é um requisito chave para gerenciar os esforços dos membros que estão dedicados a estratégias direcionadas ao aumento da segurança e privacidade de dados.

Considerando que o papel da SCM é aumentar a competitividade da CSD e os benefícios aos clientes, a corrupção, muitas vezes presente na cultura organizacional, coloca em risco a qualidade, a segurança e a privacidade dos dados e impede o alcance do desempenho desejado (Silvestre et al., 2018; Hani, 2022). O termo corrupção é geralmente definido como o abuso de poder para benefício próprio ou exclusivamente de um grupo. Apesar do risco de corrupção existir em todas as CS, inclusive nas cadeias localizadas em países desenvolvidos, os desafios são maiores em cadeias localizadas em países com economias menos desenvolvidas e emergentes, pois o ambiente de negócios é mais turbulento. (Silvestre et al., 2018). Neste contexto, a cultura organizacional voltada ao controle de riscos na SCM e cuja configuração da CSD seja visível e compreendida por todos os participantes é um requisito importante para identificar impactos sobre a segurança e privacidade de dados (Hani, 2022).

Para sintetizar os critérios que afetam o desempenho da privacidade e segurança de dados na CSD, o Quadro 1 apresenta os itens discutidos anteriormente.

Quadro 1. Critérios que afetam o desempenho da segurança e privacidade de dados na CSD

Requisitos-chave	Critérios
Privacidade de dados – (Piurcosky et al., 2019)	Compreensão dos conceitos de privacidade e segurança
	Gestão sobre incidentes de segurança
	Controle de acesso
	Atendimento a políticas de tratamento de dados
	Consentimento dos titulares de dados
	Capacitação dos funcionários
	Conhecimento sobre a Lei Nº 13.709
Qualidade e Fluxo da Informação (Chopra e Meindl, 2011; Kakhki e Gargeya, 2019; Hani, 2022, Weerabahu et al., 2022).	Atendimento à solicitação do cliente de maneira ágil
	Melhoria no relacionamento com fornecedores
	Satisfação do cliente /percepção de benefícios recebidos
	Decisões seguras tomadas em tempo real
	Integridade de dados
	Eficiência de processos
	Competitividade
	Redução de custos
	Responsividade
	Comunicação entre os membros
	Confiança entre os membros
	Robustez dos sistemas de informação (SI)
	Compartilhamento de informação
Plano de enfrentamento a efeitos disruptivos e ao efeito chicote (Bhattacharya e Bandyopadhyay, 2011; Chopra e Meindl, 2011; Dolgui, Ivanov e Sokolov, 2017)	Eficiência do plano de mitigação de riscos e desastres
	Custos de mitigação de riscos e desastres
	Resiliência diante de eventos disruptivos
	Velocidade e flexibilidade para realizar adaptações
Segurança cibernética (Melnyk et al., 2022; Govindan et al., 2022)	Ações de prevenção a ataques cibernéticos
	Resposta à ataques cibernéticos
	Infraestrutura de TI
	Rede de computadores
	Controle de incidentes de vazamento de dados
SCM (Chopra e Meindl, 2011; Johnson e Stevens, 2016)	Capacidade de gestores para o gerenciamento da CSD
	Acompanhar mudanças tecnológicas
	Equilibrar capacidade de resposta e eficiência em todos os níveis da CSD
	Visibilidade da CSD
Cultura organizacional (Silvestre et al., 2018; Hani, 2022)	Compreensão dos riscos e da configuração da CSD
	Controles de incidentes relacionados à cultura das organizações (violações de normas e sigilos)

Fonte: Autores.

Ao refletir sobre o efeito cascata gerado por um critério que atinge a CSD, é importante considerar a relação entre os critérios discutidos. Isto é, um critério pode trazer obstáculos que podem acarretar novos desafios aos participantes da CSD. Como exemplo, Kakhki e Gaegeya (2019) descrevem que manter informações seguras ao mesmo tempo que se compartilha informação são desafios estreitamente ligados à confiança entre os membros da CSD. Este cenário gera uma relação de causa efeito que impacta em custos, eficiência de processos, integridade de dados e competitividade dos membros podendo também comprometer decisões seguras em tempo real. Ao considerar o estudo de Dolgui, Ivanov e Sokolov (2017) pondera-se sobre os efeitos disruptivos que elevam a complexidade da cadeia e que podem amplificar o cenário de causa efeito entre os critérios.

Outro ponto a considerar é a maturidade de cada CSD. Buntak et al., (2021) destacam o uso de modelos para avaliar até que ponto uma organização, processo ou CS cumpre os requisitos definidos para classificar-se em determinado nível de maturidade de digitalização. Apesar de cada modelo disponível na literatura propor níveis distintos para avaliação de maturidade, o nível mais baixo representa o estado mais imaturo e o nível mais alto representa o estado completamente atingido. Weerabahu et al. (2022) destacam que o nível de maturidade da transição digital nas organizações e CS está relacionada à combinação das tecnologias facilitadoras da I4.0 e desafios. Dessa forma, os critérios apresentados nesta seção podem interferir no desempenho da segurança e privacidade de dados na CSD em níveis distintos, dependendo da maturidade da organização ou CSD. Para Hellweg et al. (2021) e Weerabahu et al. (2022), quanto maior a maturidade de uma organização, maior o uso de tecnologias disruptivas como facilitadores para atingir objetivos estratégicos. Neste sentido, Marinagi et al. (2023) descrevem o BCK como opção para aumento da segurança e privacidade de dados. Esta tecnologia e sua relação com o desempenho da CSD, será discutida na seção a seguir.

BLOCKCHAIN

A tecnologia BCK surgiu em 2008 no mercado de criptomoedas, quando introduzido o Bitcoin por Satoshi Nakamoto, moeda eletrônica para transações financeiras ponto a ponto, ou seja, sem intermediários como bancos e processadores de pagamentos. Através do BCK, caracterizado como banco de dados distribuído, transações financeiras são verificadas por todos usuários (ou nós) da rede ou cadeia (Kopyto et al., 2020). Devido a sua versatilidade, que permite o armazenamento descentralizado e imutável de dados, o BCK tem atraído interesse da indústria e de pesquisadores. (Gökalp et al., 2020).

O BCK pode ser caracterizado como uma estrutura segura e confiável que promove transparência e que funciona como um livro razão contábil distribuído em uma cadeia de blocos com transações agrupadas cronologicamente (Gökalp et al., 2020). Isto é, cada participante da cadeia tem uma cópia do livro razão contábil e a atualização ocorre simultaneamente para todos (SCC, 2023). A cadeia de blocos pode conter várias informações além de um link com seu bloco anterior. Este link pode ser entendido como uma “impressão digital” ou Hash de comprimento fixo que torna o bloco único. O primeiro bloco é chamado de “Genesis Block” e sustenta toda a cadeia. Para que um novo bloco seja adicionado, deve haver o consenso entre os blocos participantes da cadeia (Bigini et al., 2020).

Gokalp et al. (2020) e Queiroz et al. (2019) destacam alguns benefícios do BCK como segurança aprimorada, alta velocidade de transações, melhor rastreabilidade, custos reduzidos e maior eficiência na CSD. Marinagi et al. (2023) destacam que o BCK apoia na redução de riscos através de processos que garantem segurança para o compartilhamento de informações em tempo real. Aljabhan e Obaidat (2023) salientam que com o auxílio do BCK é possível evitar que integrantes considerados vulneráveis na CSD tenham acesso a informações privadas, cruciais para a tomada de decisão, colocando em risco a performance de todos os membros. Bigini et al. (2020) qualificam o BCK como uma tecnologia especialista em criptografia, ou seja, converter dados de um formato legível para um formato codificado, e com um protocolo de consenso para garantir que os participantes entrem em acordo antes de adicionar um novo bloco de dados à cadeia de modo a preservar a segurança.

METODOLOGIA

Os constructos e as medidas propostas na literatura e que apoiam na avaliação dos critérios elencados na revisão bibliográfica, foram identificados para posterior análise e discussão. Para fundamentar a pesquisa, foram utilizados procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica no site de periódicos da CAPES em artigos científicos no idioma inglês, disponibilizados nos últimos 10 anos (de 2014 a 2023 – 29/12/23, data da presente pesquisa), revisados por pares e indexados nas bases de dados internacionais *Web of Science* e/ou *Scopus*. Foram desconsideradas as publicações não relacionadas ao tema da pesquisa ou que apresentavam especificidades, como: a) foco no impacto do BCK sobre a sustentabilidade da CS; b) foco no impacto da integração do BCK com outras tecnologias, como *Big Data*, IoT, IA ou outro; c) sob a ótica de plataformas de BCK específicas como Bitcoin, Hyperledger Fabric ou outro. Além disso, artigos de difícil acesso ou específicos para um setor ou indústria não foram selecionados, pois o foco do presente estudo está em organizações da I4.0 que participam de CS independentemente da sua área de negócios. O Quadro 2 resume os critérios para seleção da literatura.

Quadro 2. Critérios de seleção de literatura

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Material: artigos revisados por pares	Dificuldade de acesso
Idioma: Inglês	Setores ou indústrias específicas
Bases: Scopus/Science Direct e Web of Science	Discorrem sobre a performance alcançada por meio do BCK com foco na sustentabilidade da CS ou na integração com outras tecnologias ou sob a ótica de uma plataforma de BCK específica.
Período: de 2014 a 2023	Não relacionados ao tema da pesquisa

Fonte: Autores.

As strings de busca foram baseadas em publicações que realizaram revisões de literatura sobre o tema de medição de indicadores principalmente de tecnologias disruptivas na I4.0. Exemplos de pesquisas usadas como referência para strings de busca: Balfaiah et al. (2016), Maestrini et al., (2018), Kamble e Gunasekaran (2019), Tambaré et al. (2021), Mahdiraji et al. (2022), Govindan et al. (2022), Marinagi et al. (2023), Fares e Lloret (2023). As strings de busca foram divididas em 3 eixos de investigação (Quadro 3).

Quadro 3. Palavras-chave por eixo de investigação

Eixo	Strings de busca
Sistema de Medição	"measure*" OR "indicator" OR "metric" OR "performance"
Cadeia de Suprimentos 4.0	"supply chain" OR "industry 4.0" OR "digital" OR "intelligent"
Tecnologia	"Blockchain"

Fonte: Autores.

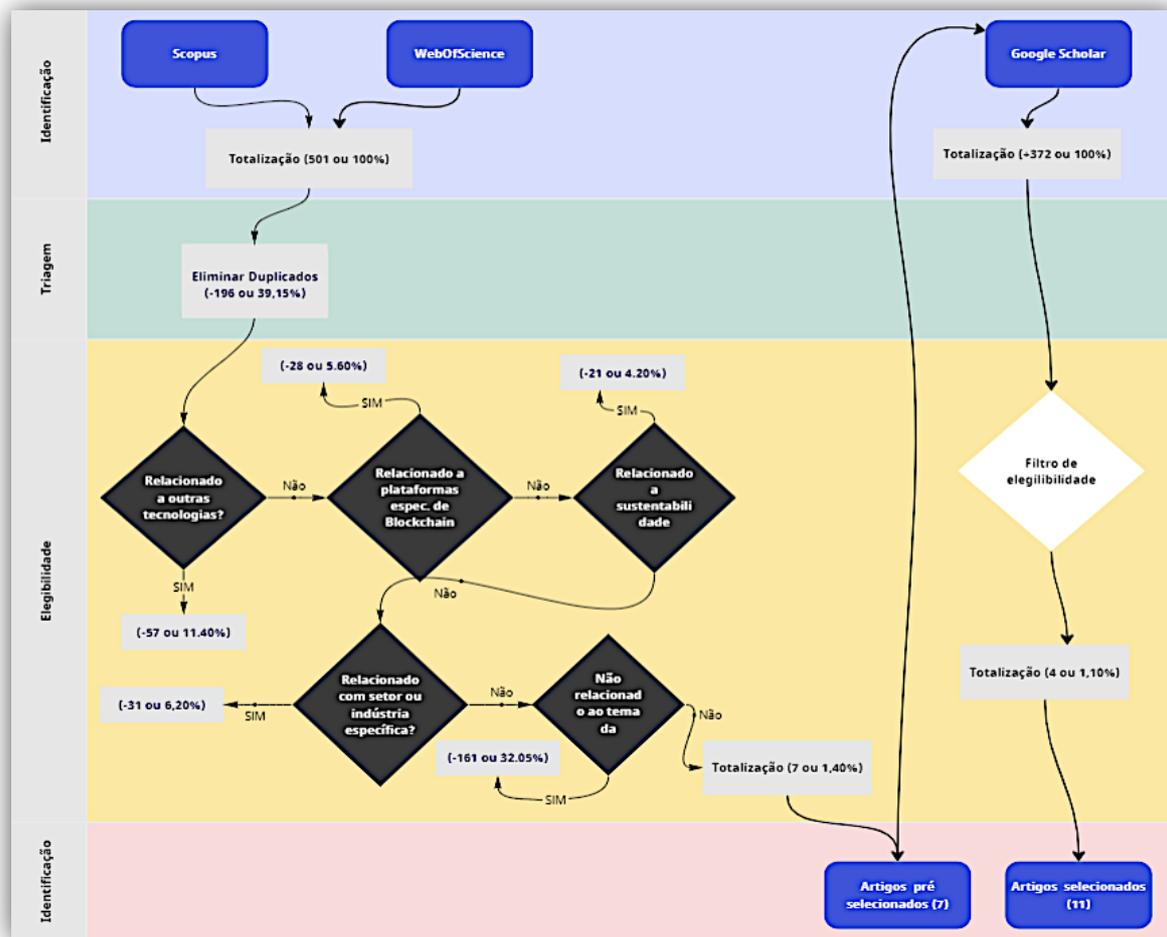
Assim, realizou-se uma busca estruturada de artigos através da combinação das *strings* de busca na data de 29 de Dezembro de 2023 no intuito de criar um portfólio para uma análise sistemática da literatura, que envolve, identificar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis (Roever, 2020). O portfólio foi organizado na ferramenta Zotero, que é um gerenciador de referência sem custos desenvolvido na *George Mason University* dos Estados Unidos que pode ser instalado no navegador de *internet*. Através do Zotero é possível organizar os principais dados das referências de forma intuitiva, simples e rápida (Harding, 2014).

Na sequência, o portfólio foi exportado para a ferramenta Excel no intuito de realizar a análise sistemática da literatura com o amparo da metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses*) criada a partir de uma orientação chamada QUORON (*Quality of Reporting of Meta-Analyses*), destinada à ensaios clínicos e qualificada como um método avançado, transparente e prático para revisões sistemáticas na ciência (Moher et al., 2010, Prisma Statement, 2023). O método PRISMA permite aos pesquisadores objetividade na leitura de publicações e a identificação do que é relevante para o estudo de forma rápida e efetiva (Oláh et al., 2020).

Os autores Moher et al. (2010) propõem quatro fases para o método PRISMA, as quais são utilizadas desde a sua proposição em pesquisas de diversas áreas: A) Identificação – para totalizar a quantidade de publicações encontradas de acordo com os critérios de inclusão; B) Triagem – para eliminar arquivos duplicados e com problemas de acesso; C) Elegibilidade – para excluir os títulos e resumos desalinhados com o tema do estudo ou de acordo com os critérios de exclusão; D) Inclusão – para considerar de forma qualitativa e quantitativa os artigos que farão parte do portfólio do estudo.

O processo de filtragem para compor o portfólio da revisão da literatura foi realizado inicialmente mediante leitura do título e resumo das publicações, as quais não apresentaram problemas de acesso (Figura 1).

Figura 1. Cada etapa realizada e os resultados obtidos na aplicação da Metodologia PRISMA de acordo com a proposta de Moher et al. (2010)



Fonte: Autores.

Devido ao baixo número de publicações resultantes do processo planejado para a revisão sistemática da literatura (RSL) e por ser uma temática recente, uma nova etapa de análise de citações foi incluída. Nesta etapa foi utilizada a técnica de amostragem *snowball sampling*, indicada para situações nas quais as características desejadas não são facilmente encontradas (Naderifar, Goli, & Ghaljaie, 2017). Assim, por meio do Google Scholar, o título dos artigos que citavam as publicações identificadas no processo planejado de RSL foi analisado com o intuito de filtrar os resultados de acordo com as regras de elegibilidade da metodologia PRISMA. Como resultado, foi possível adicionar outros 4 artigos ao portfólio.

Como resultado do processo de filtragem, as publicações mais importantes, ou seja, que apresentavam medidas para a mensuração de resultados da implantação do BCK alinhadas com os critérios definidos na revisão bibliográfica, foram selecionadas para leitura completa. A seguir são apresentadas medidas encontradas e são discutidos os resultados observados por meio da RSL e da análise das informações obtidas.

RESULTADOS

No intuito de sintetizar os resultados obtidos, o Quadro 4 apresenta as publicações selecionadas com seus respectivos títulos, autores e ano de publicação, caracterizadas de acordo com:

- **Contribuição:** o que a pesquisa trouxe de inovador ou problema que se propôs a resolver;
- **Constructos:** Se existem constructos ou uma forma de classificação para as medidas ou itens de medição;
- **Medição:** Se existem medidas ou alguma forma de avaliar os itens propostos;
- **Base de estudo:** Qual meio serviu para fundamentar as medidas ou itens de medição propostos, como algum framework, modelo, metodologia ou revisão bibliográfica;
- **Validação:** Se as medidas foram validadas de alguma forma;
- **Nível de validação:** Se as medidas foram validadas, a validação ocorreu sob a ótica de uma organização ou da CS;
- **Maturidade:** Qual o nível de maturidade digital da organização ou CS na qual houve a validação das medidas propostas;
- **Indicadores:** Se existem resultados para as medidas indicadas no estudo;
- **Benchmark:** Se os indicadores são classificados de alguma forma para identificar o que pode ser considerado um bom resultado.

Quadro 4. Caracterização dos artigos sobre medição da tecnologia BCK

Nº	Título	Autores	Contribuição	Base de estudo	Constructos	Medição	Validação	Nível de validação	Maturidade	Indicadores	Benchmark
1	The Impact of BCK Technology Application on Supply Chain Partnership and Performance	Kim e Shin (2019)	Investigar como o uso do BCK em atividades da SC pode influenciar (aumentar ou diminuir) a eficiência e o crescimento da parceria na SC, afetando os resultados de desempenho de todo o SC.	Revisão bibliográfica	Sim	Sim	sim	SC	Não	Não	Não
2	BCK performance in supply chain management: application in BCK integration companies	Hong e Hales (2021)	Analisar o desempenho do BCK em um ambiente industrial	Revisão bibliográfica	Sim	Sim	sim	SC	Não	Não	Não
3	Evaluation of the impact of BCK technology on supply chain using cognitive maps	Budak e Coban (2021)	Investigar as relações causais entre os fatores para avaliar o impacto do BCK na CS	Revisão bibliográfica	Sim	Não	não	NA	Não	Não	Não
4	The Effect of BCK Operation Capabilities on Competitive Performance in Supply Chain Management	Li, Ceong e Lee (2021)	Construir um modelo hierárquico para avaliar a capacidade de operação de BCK e explorar a relação entre as capacidades de operação do BCK e o desempenho competitivo	Revisão bibliográfica	Sim	Sim	sim	SC	Não	Não	Não
5	BCK: Consensus Algorithm Key Performance Indicators, Trade-Offs, Current Trends, Common Drawbacks, and Novel Solution Proposals	Merrad et al.. (2022)	Consolidar o conhecimento sobre BCKs concentrando-se nos protocolos de consenso utilizados em arquiteturas e grande escala e com dificuldades de medição	Revisão bibliográfica	Não	Sim	não	NA	Não	Não	Não

6	The Impact of Digital Technologies on Company Restoration Time Following the COVID-19 Pandemic	Sammarco et al., (2022)	Investigar como as organizações podem alcançar resiliência através da robustez do desempenho e como isso afeta o tempo de restauração após evento disruptivo como a pandemia de Covid-19	Revisão bibliográfica	Não	Sim	sim	Organizações	Não	Não	Não
7*	Contextualizing the impact of BCK technology on the performance of new firms: The role of corporate governance as an intermediate outcome	Ronaghi (2022)	Avaliar o impacto do BCK no desempenho corporativo e na governança de novas empresas.	Revisão bibliográfica	Sim	Sim	sim	Organizações	Não	Não	Não
8	The Impact of Industry 4.0 Technologies on Key Performance Indicators for a Resilient Supply Chain 4.0	Marinagi et al. (2023)	Investigar quais das tecnologias da Indústria 4.0 podem ajudar a melhorar os Indicadores Chave de Desempenho que são usados para criar uma CS Resiliente 4.0	Revisão bibliográfica	Sim	Sim	não	NA	Não	Não	Não
9*	BCK-enabled supply chain management: integrated impact on firm performance and robustness capabilities	Aslam, Saleem e Kim (2023)	Justificar que o BCK ajuda a CS a alavancar o seu desempenho melhorando a integração, a agilidade e a segurança através do compartilhamento de informações em tempo real e de ponta a ponta, fornecendo visibilidade, transparência, gestão de dados, imutabilidade, entre outros benefícios.	Revisão bibliográfica	Sim	Sim	sim	SC	Não	Não	Não
10*	Evaluation of the effects of BCK technology characteristics on SCOR model supply chain performance measurement attributes using an integrated fuzzy MCDM methodology	Çikmak, Kantoğlu e Kirbaç (2023)	Investigar e identificar os efeitos das características do BCK no desempenho dos atributos SCOR da CS.	Revisão bibliográfica e SCOR	Sim	Não	não	NA	Não	Não	Não
11*	The role of BCK-enabled supply chain applications in improving supply chain performance: the case of Jordanian manufacturing sector	Jum' a (2023)	Demonstrar o impacto adoção do BCK para alcançar vantagem competitiva na CS e melhorar a capacidade de inovação.	Revisão bibliográfica	Sim	Sim	sim	SC	Não	Não	Não

* As publicações que apresentam um asterisco (*) na primeira coluna foram encontrados através da técnica de *Snowball Sampling*. Fonte: Autores.

No estudo de Kim e Shin (2019), é proposto um questionário composto por constructos desmembrados em diversas descrições de medidas. Ou seja, os autores não apresentam medidas, mas sim, itens de medição que são utilizados para representar a influência do BCK nos resultados alcançados por meio de parcerias. Também são apresentados itens relacionados à eficiência de toda a SC, os quais apoiam a medição dos requisitos-chave de Qualidade e Fluxo de Informação e SCM elencados na revisão bibliográfica. Os itens de medição foram agrupados por Kim e Shin (2019) em constructos e validados por mais de 300 especialistas de vários setores industriais que utilizaram a escala *Likert* com sete pontos para avaliar a influência de cada item na respectiva SC.

O Quadro 5 apresenta os constructos e os itens de medição que se relacionam com os critérios dos requisitos-chave. Entretanto, vale ressaltar que estes autores apontam outros constructos e itens de medição que completam o questionário, mas que não foram julgados relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa com 6 constructos e 26 itens de medição está no material suplementar.

Quadro 5. Seleção de constructos e itens de medição para avaliar o impacto do BCK segundo Kim e Shin (2019)

Requisitos-chave	Constructos	Itens de medição
1. Qualidade e fluxo de informação 2. SCM	Transparência da Informação	1: Se a transparência de informação ajuda a manter parcerias. 2: Se a transparência da informação pode substituir alguma relação contratual.
	Imutabilidade de dados e informações	1: A imutabilidade de dados e informações garante a alteração e remoção de informações de caráter privado notificando os membros da rede e segue acordos e requisitos de aprovação. 2: Se a imutabilidade de informações é crítica para manter parcerias. 3: Se a imutabilidade de dados e informação pode substituir alguma relação contratual.
	Contratos inteligentes	1: Os contratos inteligentes eliminam o julgamento humano das transações e seguem condições pré-determinadas, incluindo regras e penalidades acordadas entre os participantes da CS. 2: Se os contratos inteligentes são críticos para manter parcerias. 3: Se os contratos inteligentes podem substituir alguma relação contratual.
	Performance financeira	1: Previsão de crescimento em vendas. 2: Previsão de retorno sobre o investimento (ROI). 3: Previsão de crescimento da margem de lucro sobre as vendas. 4: Previsão de crescimento da participação no mercado
	Performance operacional	1: Previsão de crescimento da qualidade do produto ou serviço. 2: Previsão de crescimento da entrega no prazo do produto ou serviço. 3: Previsão de crescimento da variedade de produtos ou serviços. 4: Previsão de diminuição de custos operacionais.

Fonte: Autores

Após a aplicação de equações com o auxílio de um *software* especializado na validação de hipóteses por meio da relação entre variáveis ou respostas obtidas, Kim e Shin (2019) confirmam o vínculo entre BCK e performance da CS e destacam que a transparência e imutabilidade da informação, bem como os contratos inteligentes, afetam positivamente a eficiência da SC. Além disso, colaboram indiretamente para a performance financeira e operacional da SC. Entretanto, a ferramenta avalia a performance apenas sobre a perspectiva qualitativa, a qual pode variar de acordo com a subjetividade de cada respondente na escolha

da escala *Likert*. Apesar disso, as informações apresentadas podem apoiar o presente estudo pois servem como referência na medição dos critérios de redução de custo, de relacionamento entre fornecedores, de integridade de dados, de melhoria na confiança e comunicação entre membros, de visibilidade da CS, de melhoria nas decisões tomadas em tempo real e por todos os níveis da CS e de impacto na satisfação do cliente.

No intuito de avaliar a performance da SC em ambiente industrial, Hong e Hales (2021) elencam 4 critérios de avaliação compostos por 25 subcritérios com suas respectivas descrições. A ferramenta holística proposta foi validada por especialistas na implantação do BCK em diversas indústrias e universidades, os quais avaliaram cada subcritério por meio da escala *Likert* de 5 pontos. Os autores argumentam que a ferramenta favorece a análise da performance de toda a CS de forma integrada considerando a interdependência entre os constructos abordados. O Quadro 6 apresenta os critérios convertidos em constructos e os subcritérios convertidos em medidas. Foram considerados apenas os itens relevantes, ou seja, que se relacionam com os requisitos-chave do presente estudo. É importante salientar que, da forma que os subcritérios foram escritos pelos autores, é possível identificar que se deve buscar a redução dos itens que remetem a prazos e custos, e a melhoria dos itens que remetem a resiliência, satisfação do cliente, confiança, processos, ciclo de vida do produto e conhecimento organizacional. Todavia, os autores avaliam as medidas através da escala *Likert*, ou seja, com abordagem qualitativa que pode sofrer influência da subjetividade de cada respondente. A lista completa de critérios e subcritérios de Hong e Hales (2021) está no material suplementar.

Quadro 6. Seleção de constructos e medidas para avaliar o impacto do BCK segundo Hong e Hales (2021)

Requisitos-chave	Constructos	Medidas
1. Qualidade e fluxo de informação 2. SCM	Performance econômica	1. Custos operacionais 2. Custos da CS 3. Resiliência da CS 4. Prazo de entrega 5. Vantagem competitiva
	Performance do cliente	1. Satisfação do cliente 2. Confiança do cliente na marca/imagem corporativa 3. Relacionamento com o cliente
	Performance da informação	1. Melhoria nos Processos da CS 2. Melhoria no Conhecimento interno/externo organizacional 3. Ciclo de vida do produto

Fonte: Autores.

Após aplicar um questionário em 163 especialistas em cadeias de suprimentos e implantação de BCK, Hong e Hales (2021) realizam uma avaliação de causa e efeito entre as medidas através de uma análise fatorial estatística e do uso do método DEMATEL ou Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory para análise da causal da relação entre fatores complexos. Os resultados revelam que quanto maior a resiliência e menores os custos, maior será a competitividade da CS. Além disso, quanto melhor processo de compartilhamento de informação, melhores serão as medidas relacionadas à redução de custos e satisfação do cliente. As medidas apresentadas por Hong e Hales (2021) apoiam a medição dos critérios

relacionados a visibilidade da SC, a identificação de fatores de impacto na satisfação dos clientes e no posicionamento da marca no mercado, a confiança entre os membros, a tomada de decisão assertiva em tempo real e a competitividade de toda a SC.

A relação de causa efeito também é discutida no estudo de Budak e Çoban (2021), no qual são identificados fatores, bem como a relação entre eles, para representar a performance de toda a SC. Budak e Çoban (2021) embasam o estudo na experiência de sete especialistas e convertem as informações recebidas em expressões difusas, as quais consideram pesos para as relações mapeadas, no intuito de analisar o relacionamento entre os fatores em métodos de mapas cognitivos, os quais auxiliam na avaliação de hipóteses com determinado nível de incerteza.

Os fatores propostos por Budak e Çoban (2021), que não apresentam medidas no estudo e nem foram validados em organizações ou CSD, enfatizam a necessidade de medição dos critérios relacionados ao controle de incidentes e vazamento de dados, a prevenção e resposta à ataques cibernéticos, ao compartilhamento de informação, a compreensão dos conceitos de privacidade e segurança, a capacitação dos funcionários, a eficiência do plano de mitigação de riscos, entre outros. Conclusivamente, os autores argumentam que quanto maior a satisfação do cliente, menores são os impactos do efeito chicote e maior a redução de custos. Ademais, quanto maiores os riscos de segurança, menor a performance geral da SC. Os fatores relacionados aos requisitos-chave do presente estudo são convertidos em constructos e listados no Quadro 7. Entretanto, vale ressaltar que estes autores apontam outros constructos que complementam o estudo realizado, mas que não foram julgados relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa com 10 constructos está no material suplementar.

Quadro 7. Seleção de constructos para avaliar o impacto do BCK segundo Budak e Çoban (2021)

Requisitos-chave	Constructos	Descrição
1. Plano de enfrentamento a efeitos disruptivos e ao efeito chicote	Transações Transparentes e Eficientes (rastreadabilidade)	Garantir uma transferência de dados transparente, precisa e eficaz. Registro verificável e permanente de transações entre diferentes partes.
	Risco de Adoção Gerencial	Incapacidade da gestão de se adaptar ao ambiente baseado em BCK. (Ex: dificuldade em mudar a cultura organizacional, falta de conhecimento e experiência, falta de novas políticas).
2. Qualidade e fluxo de informação	Riscos de privacidade e segurança	Questões de segurança de proteção de dados, riscos de segurança cibernética. Ex: a possibilidade de burlar ou invadir as informações sobre clientes armazenadas em servidores centrais e outras atividades criminosas.
	Efeito chicote	O efeito da amplificação da demanda na CS
3. SCM	Custo	Custo total da CS.
	Satisfação do Cliente	Atender às necessidades do cliente na quantidade certa, no momento certo e o índice de satisfação após atender sua solicitação.
5. Privacidade de dados	Eficiência e Crescimento da Parceria	Nível de eficiência na colaboração e parceria entre parceiros da CS.
	Pessoal Qualificado	Equipe talentosa e treinada na tecnologia BCK.

Fonte: Autores.

Considerando as capacidades do BCK, Li, Ceong e Lee (2021) desenvolveram uma ferramenta para avaliar a performance competitiva de toda a cadeia. A ferramenta, que apresenta diversos itens de medição agrupados em constructos em um modelo hierárquico de três níveis, foi validada por mais de 1200 especialistas em CS que utilizam o BCK através de um questionário online. A escala *Likert* com sete pontos foi utilizada para avaliar a influência de cada medida na respectiva SC. Na sequência, Li, Ceong e Lee (2021) conceberam um modelo usando equações para validar a hipótese de impacto positivo do BCK na integração e no desempenho competitivo da CS. Sendo assim, o questionário não possui medidas, mas sim descrições do que deve ser medido. Novamente a avaliação foi realizada através da escala *Likert* que apresenta as desvantagens de subjetividade, conforme já apontado.

Li, Ceong e Lee (2021) destacam em seu estudo a relação entre segurança e confiabilidade uma vez que a segurança das transações, alcançada pelo BCK por meio da característica de imutabilidade, deve ser garantida por dados de transações confiáveis. A relação entre segurança e transparência também é analisada pelos autores que apontam que o excesso de transparência pode trazer riscos à segurança dos dados. Dessa forma, qualquer ação ou decisão que possa impactar na segurança dos dados interfere no desempenho competitivo de toda a CS.

Os constructos e itens de medição propostos por Li, Ceong e Lee (2021) podem apoiar o presente estudo pois servem como referência na medição dos critérios de compreensão dos riscos e da configuração da CSD, de acompanhamento das mudanças tecnológicas, ações de prevenção e respostas a ataques cibernéticos, de atendimento as solicitações do cliente de maneira ágil, de confiança entre os membros da CS, de robustez dos SI, entre outros. Os constructos e itens de medição relacionados aos requisitos-chave do presente estudo são listados no Quadro 8. Vale ressaltar que estes autores apontam outros constructos e itens de medição que completam o questionário, mas que não foram julgados relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa com 16 constructos e 72 itens de medição está no material suplementar (Quadro 8).

Quadro 8. Seleção de constructos e itens de medição para avaliar o impacto do BCK segundo Li, Ceong e Lee (2021)

Requisitos-chave	Constructos	Itens de Medição
1. Cultura Organizacional	Planejamento	1. Para reagir melhor às situações em mudança, frequentemente alteramos o nosso plano de BCK. 2. Estamos sempre procurando novas maneiras de aproveitar o BCK para fins estratégicos.
	Investimento	1. Analisamos e estimamos o tempo que os gestores precisarão gastar supervisionando a mudança ao fazer investimentos em BCK. 2. Pensamos e prevemos quanto os investimentos em BCK ajudarão os usuários finais a tomar decisões mais rápidas.
2. Qualidade e fluxo de informação	Cultura da organização	1. As pessoas com quem trabalho são abertas e honestas umas com as outras. 2. Eu colaboro com a função em grupo.
3. SCM	Coordenação	1. As informações são amplamente compartilhadas entre todos os membros da cadeia.
	Compatibilidade	1. As informações são transmitidas facilmente entre os sistemas BCK.
4. Segurança cibernética	Confiança	1. Os parceiros a montante e a jusante da nossa CS são confiáveis. 2. Nossa CS é segura tanto a montante quanto a jusante. 3. Acredito que nossos parceiros em toda a CS são confiáveis e todos os funcionários podem inserir informações honestamente.
5. Privacidade de dados		

	Modularidade	1. O antigo sistema da nossa organização limita a criação de sistemas baseados em BCK.
	Conhecimento de gestão tecnológica	1. Nossos gestores entendem a importância do BCK como uma ferramenta estratégica.
	Integração da SC	1. Integração e conectividade em tempo real de todas as operações internas. 2. Recebemos <i>feedback</i> de nossos clientes sobre qualidade e desempenho. 3. Comunicamo-nos frequentemente com os nossos clientes. 4. Nível de compartilhamento de informações de mercado de nossos principais clientes. 5. Nível de troca de informações com nossos principais fornecedores.
	Performance competitiva	1. Nosso tempo de ciclo é menor que o de nossos concorrentes. 2. Temos melhores funções e desempenho em comparação com nossos concorrentes 3. Somos mais inovadores que os nossos concorrentes. 4. Oferecemos mais suporte e serviços ao cliente do que nossos concorrentes.

Fonte: Autores.

De acordo com o estudo de Merrad et al. (2022) o índice de adoção de uma plataforma BCK reflete a robustez e a segurança do protocolo de consenso utilizado. Além disso, é a arquitetura da plataforma que garante a integridade da rede e dos dados trocados entre os nós. Neste contexto, os autores realizam uma revisão bibliográfica e destacam a necessidade de medir os seguintes fatores: a) a manutenção da integridade da rede; b) a aniquilação de ataques maliciosos, como a adulteração do livro razão; c) os custos envolvidos nas ações de garantia de segurança (Merrad et al., 2022). Entretanto, os autores não apresentam medidas ou informações que possam apoiar na medição qualitativa ou quantitativa. Estes fatores se relacionam com o requisito de Segurança da Informação pois permitem ações de melhoria na prevenção e resposta a ataques cibernéticos e no controle de incidentes de vazamento de dados. A descrição destes fatores está no material suplementar.

Para Sammarco et al. (2022), a robustez de uma organização é um fator importante para recuperar-se de um evento disruptivo, como a pandemia de Covid-19, capaz de atingir a confiança entre os membros de uma CS e comprometer a segurança dos dados. Em situações nas quais o desempenho de uma organização não é suficientemente robusto, o tempo de restauração pode ser encurtado pelo uso de tecnologias que apoiam no aumento da confiança sobre as informações, como o BCK (Sammarco et al., 2022). Neste contexto, os autores propuseram medidas para avaliar a performance de empresas que utilizam tecnologias da I4.0 e enfrentaram a crise da pandemia de Covid-19. O total de 635 organizações responderam um questionário no qual cada medida foi avaliada pelos participantes em uma escala de 0 a 100%.

As medidas propostas que se relacionam com os requisitos-chave da presente pesquisa são listadas no Quadro 9. Vale ressaltar que estes autores apontam outras medidas que completam o questionário, mas que não foram julgadas relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa com 6 medidas e as 7 tecnologias avaliadas estão listadas no material suplementar, bem como o texto com a avaliação dos autores para os resultados do BCK.

Quadro 9. Seleção de medidas para avaliar o BCK segundo Sammarco et al. (2022)

Requisitos-chave	Medida	Descrição
1. Plano de enfrentamento a efeitos disruptivos e ao efeito chicote	Retorno sobre o investimento - ROI	Mede a recuperação dos investimentos através de resultados econômicos.
	Vendas	Número de produtos ou serviços vendidos.
	Qualidade dos produtos	Mede a capacidade de entrega de produtos e serviços que atendam as expectativas dos clientes.
	Participação no mercado	Mede o poder de mercado de uma organização ou CS capaz de definir preços e realizar negociações com fornecedores a seu favor.

Fonte: Autores.

Através de uma equação proposta pelos autores, é identificado o período de 16,5 meses para que uma organização se recupere e volte aos níveis anteriores ao evento disruptivo. Além disso, considerando os indicadores do questionário, Sammarco et al. (2022) argumentam que o BCK ajuda na restauração da performance empresarial ao nível anterior ao evento disruptivo e elevam a resiliência da organização garantindo a segurança dos dados. Fato que pode ser comprovado pela relação de vendas e tempo de restauração ou participação no mercado e tempo de restauração.

Entretanto, apesar de os participantes responderem o questionário em termos de percentuais para as medidas, não há no estudo destes autores informações que revelem se as medições foram baseadas em dados quantificados para cada uma das organizações ou se foram baseadas no conhecimento dos participantes, o qual é passível de subjetividade. Todavia, os resultados apresentados demonstram que as medidas selecionadas permitem que sejam tomadas ações de melhoria que impactam na resiliência organizacional, bem como na velocidade e flexibilidade para realizar adaptações que auxiliam no retorno aos níveis de desempenho anteriores ao evento disruptivo. Ou seja, estas medidas se relacionam com o requisito de Plano de enfrentamento a efeitos disruptivos e ao efeito chicote.

Ronaghi (2022) avalia a performance de novas organizações que adotam o BCK e destacam resultados relacionados a uma melhor governança do sistema empresarial, criação de transparência e capacidade de prevenção e detecção da manipulação de dados. Assim, quanto mais cedo uma organização adotar o BCK mais rapidamente serão observados os resultados na performance organizacional (Ronaghi, 2022).

Para validar seu estudo, Ronaghi (2022) formulou hipóteses com base em estudos anteriores e entrevistou 397 gestores de pequenos e médios negócios recém formados no Irã. Os participantes usaram uma escala de 5 possibilidades entre concordo fortemente e discordo fortemente, similar à escala *Likert*, para avaliar cada medida. O questionário avalia 3 construtos, que são: a) Adoção do BCK; b) Performance Corporativa; c) Governança Corporativa; os quais totalizam 9 dimensões para avaliação de 76 itens. Todavia, as medidas são qualificadas de forma ordinal e podem sofrer influência da subjetividade de cada participante.

Mediante os resultados, Ronaghi (2022) conclui que é possível melhorar a cultura organizacional através da adoção do BCK visto que ações de manipulação de dados podem ser prevenidas e fraudes podem ser evitadas. Ademais, ao elevar a segurança e a transparência, a performance financeira é impactada trazendo resultados positivos logo nos primeiros anos de vida empresarial. Por consequência, a satisfação dos clientes é aumentada devido a rastreabilidade e clareza das informações. Tais resultados se conectam com os requisitos de Privacidade de Dados, Segurança Cibernética e Cultura Organizacional elencados na revisão bibliográfica e os principais constructos e itens de medição são apresentados no Quadro 10. Entretanto, vale ressaltar que estes autores apontam outros constructos e itens de medição que complementam o estudo realizado, mas que não foram julgados relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa está no material suplementar.

Quadro 1. Seleção de constructos e itens de medição para avaliar o impacto do BCK segundo Ronaghi (2022)

Requisitos-chave	Constructos	Itens de Medição
1. Segurança Cibernética	Tecnologia	1. Os benefícios percebidos da rede BCK entre funcionários e gerentes são claros; 2. A rede BCK é compatível com outras organizações e sistemas; 3. A segurança e a privacidade da rede BCK são boas
	Organizacional	1. A rede BCK é proporcional às capacidades dos recursos humanos da organização; 2. Executivos seniores apoiam a rede BCK na organização; 3. A cultura da organização apoia a rede BCK
2. Privacidade de dados	Institucional	1. As políticas de governança da organização apoiam o BCK; 2. A pressão competitiva leva ao uso do BCK; 3. A organização confia no BCK;
3. Cultura organizacional		4. As flutuações do mercado e as mudanças ambientais apoiam o uso do BCK; 5. O uso do BCK é para proteger os direitos das partes interessadas

Fonte: Autores.

Marinagi et al. (2023) destacam a robustez como um dos critérios que caracterizam uma CS resiliente e complementam a análise enfatizando a importância de outros critérios como segurança, gerenciamento de riscos e compartilhamento da informação. As medidas que representam o impacto do BCK em CS resilientes são identificados através de uma revisão bibliográfica, as quais são associadas a diversas tecnologias da I4.0. Todavia, não foram validadas em organizações ou CSD, portanto, as conclusões dos autores são embasadas apenas no levantamento bibliográfico sem avaliações quantitativas ou qualitativas.

Analisando o BCK, os autores destacam a contribuição para a eficiência dos fornecedores e para a diminuição das variações de demanda e de nível de estoque. Além disso, esta tecnologia aprimora os critérios de configuração, a flexibilidade, a agilidade, a cultura, a gestão de conhecimento e o compartilhamento das informações em toda a CS. As medidas relacionadas aos requisitos-chave do presente estudo são listadas no Quadro 11. Vale ressaltar que estes autores apontam outras medidas que complementam o estudo realizado, mas que não foram julgadas relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa com 17 medidas está no material suplementar, bem como a relação entre medidas e tecnologias da I4.0.

Quadro 2. Seleção de medidas para avaliar o impacto do BCK segundo Marinagi et al. (2023)

Requisitos-chave	Medidas	Descrição
1. Qualidade e fluxo de informação	Tempo de espera	O tempo decorrido entre a solicitação de um pedido de um cliente até a entrega ao cliente.
	Tempo de recuperação	O tempo necessário para uma organização recuperar o seu nível normal de funcionamento após um evento disruptivo.
2. Plano de enfrentamento a efeitos disruptivos e ao efeito chicote	Frequência de avaliação de risco	Indica a frequência em que os riscos são identificados.
	Tempo de ciclo da CS	A soma do tempo de espera para cada etapa indica a eficiência da CS.
3. Segurança cibernética	Variações de demanda e da oferta	A variabilidade entre demanda e oferta.
	Taxa de serviço	Nível de serviço oferecido aos clientes.
	Acurácia da previsão	O desvio da demanda real em relação à demanda prevista

Fonte: Autores.

Aslam, Saleem e Kim (2023) propuseram um framework específico para mapear a CS de indústrias de gás e óleo do Paquistão destacando seus principais desafios e relacionando-os com as características do BCK para solução de problemas. Adicionalmente, constructos foram apresentados para agrupar as características do BCK e um questionário com diversos itens de medição foi elaborado para validar hipóteses criadas pelos autores sobre o impacto dos constructos nas CS. O total de 353 gerentes de indústrias do setor estudado responderam ao questionário usando a escala *Likert* de 5 pontos. Todavia, os itens de medição propostos são avaliados através da escala que é qualitativa e apresenta as desvantagens de subjetividade, conforme já apontado.

No estudo, Aslam, Saleem e Kim (2023) destacam a importância da transparência e cibersegurança promovida do BCK visto que a plataforma auxilia na redução de riscos de ataques cibernéticos devido a sua robustez. Considerando o setor de óleo e gás, os autores destacam o controle e cuidado sobre dados sensíveis que o BCK permite, pois, suas transações são rastreadas em tempo real. Além disso, através da integração, agilidade segurança promovidas pelo BCK os principais problemas das CS são minimizados e a performance geral é impactada positivamente. Os constructos e os itens de medição relacionados aos requisitos-chave do presente estudo são listadas no Quadro 12. Vale ressaltar que estes autores apontam outros itens de medição que complementam o estudo realizado, mas que não foram julgados relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho.

Quadro 3. Seleção de constructos e itens de medição para avaliar impacto do BCK (Aslam et al., 2023)

Requisitos-chave	Constructos	Itens de medição
1. Segurança cibernética	Integração	1. A integração externa (relacionamento) com fornecedores e partes interessadas aumentou usando BCK; 2. A integração do cliente será melhorada usando BCK
	Agilidade	1. O atendimento ao cliente pode ser melhorado usando BCK; 2. As incertezas do SC podem ser gerenciadas usando BCK; 3. A previsão de SC será melhorada usando BCK; 4. O tempo do ciclo SC pode ser reduzido usando BCK
2. SCM	Segurança financeira	1. As transações financeiras são mais seguras usando BCK; 2. As transações financeiras são mais transparentes usando BCK; 3. As transações financeiras podem ser compartilhadas entre os membros da CS sem qualquer problema usando BCK;
	Robustez	1. A eficiência do SC será melhorada usando BCK; 2. A colaboração e coordenação entre os membros do SC será melhorada usando BCK
3. Qualidade e Fluxo da Informação	Performance organizacional	1. A CS pode evitar ou minimizar riscos usando BCK; 2. A CS será mais eficaz quando ocorrer uma interrupção usando o BCK
	Plano de enfrentamento a efeitos disruptivos e ao efeito chicote	

Fonte: Autores.

Çikmak, Kantoğlu, & Kirbaç (2023) apontam 8 características ou constructos do BCK considerados importantes para a avaliação da performance da CS, os quais recebem pesos e são validados com dois especialistas em BCK e SCM. Na sequência, os autores consideram a perspectiva do modelo SCOR em seu estudo e, com o apoio de quatro especialistas, criam uma matriz de relacionamento entre os constructos do BCK e os atributos mensuráveis SCOR utilizando o método de Multicritério para Tomada de Decisão (MCDM) baseado na lógica fuzzy (Çikmak, Kantoglu, & Kirbaç, 2023). Todavia, a proposta dos autores não foi validada em organizações ou CSD, portanto, as conclusões são embasadas apenas na opinião de especialistas.

Através do modelo proposto, os autores avaliam os resultados e concluem que a descentralização, a segurança e a imutabilidade são os principais constructos que influenciam no desempenho dos atributos SCOR da CS. Além disso, os atributos SCOR são ordenados de acordo com a respectiva importância resultante da aplicação do modelo: confiabilidade, eficiência na gestão de ativos, robustez ou capacidade de resposta, custo e agilidade. Considerando estas informações, uma CS pode tomar decisões a respeito da adoção do BCK para amplificar os resultados sobre os atributos SCOR e obter o retorno sobre o investimento rapidamente (Çikmak, Kantoglu, & Kirbaç, 2023). O Quadro 13 descreve os constructos que se relacionam aos requisitos - chave do presente estudo. Entretanto, vale ressaltar que estes autores apontam outros constructos complementares ao estudo realizado, mas que não foram julgados relevantes para os requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa está no material suplementar, bem como a matriz de relacionamento entre os constructos ou características do BCK e os atributos SCOR.

Quadro 4. Seleção de constructos para avaliar o impacto do BCK segundo Çikmak, Kantoğlu e Kirbaç (2023)

Requisitos-chave	Constructos	Descrição
1. Segurança cibernética	Descentralização	Sistemas que permitem registros de dados acessíveis, monitorados e atualizados.
	Transparência	A transparência é garantida pela visibilidade de todas as transações e dados permitidos no BCK.
	Imutabilidade	Transações acordadas e gravadas via BCK e que não podem ser alteradas.
2. Qualidade e Fluxo da Informação	Rastreabilidade	Transações, produtos e informações podem ser rastreados pelos participantes da SC do ponto inicial até o ponto final.
	Segurança	Como as transações no BCK são registradas por consenso, a precisão dos dados na rede é garantida;
	Responsabilidade	Utilizando dados e transações verificáveis pelos participantes. é garantida a responsabilização.

Fonte: Autores.

Jum'a (2023) descrevem em seu artigo a importância da transparência para construir confiança entre os membros e impactar positivamente a performance. Um fluxo adequado e integrado de informações sem comportamentos fraudulentos ou vazamento de dados traz eficiência e vantagem competitiva para a CS. Além disso, através do BCK a capacidade da CS de atingir elevados níveis de produtividade, de atingimento de prazos e de atendimento ao cliente é amplificada, resultando em redução de custos. A capacidade de inovação também é impactada trazendo melhorias nas atividades operacionais realimentando os fatores que influenciam na performance da CS (Jum'a, 2023).

Para validar a pesquisa bibliográfica, 284 profissionais de CS da área de manufatura na Jordânia respondem um questionário cujos itens de medição são avaliados com a escala *Likert* de 5 pontos que apresenta a desvantagem da subjetividade pelos participantes. Os constructos e as medidas relacionadas aos requisitos-chave do presente estudo são listadas no Quadro 14. Vale ressaltar que estes autores apontam outros constructos e itens de medição que complementam o estudo realizado, mas que não foram considerados relevantes para os Requisitos-chave apontados neste trabalho. A lista completa com 4 constructos e 17 itens de medição está no material suplementar.

Quadro 5. Seleção de constructos e itens de medição para avaliar o impacto do BCK segundo Jum'a (2023)

Requisitos-chave	Constructo	Itens de Medição
1. SCM 2. Qualidade e Fluxo da Informação	Capacidade de inovação da CS	1. Nossa empresa incorporou inovação contínua nas equipes multifuncionais que envolvem atividades da CS; 2. Nossa empresa demonstra capacidade de aprender novas tecnologias para inovação da CS; 3. Nossa empresa tem capacidade de reconfigurar a inovação da CS de acordo com a demanda do cliente; 4. Nossa TI está bem integrada ao nosso processo de SCM
	Performance competitiva	1. Após a implementação do BCK, sua empresa pode melhorar sua capacidade de alcançar maior produtividade; 2. Após a implementação do BCK, a empresa melhorou a capacidade de alcançar melhores níveis de serviço ao cliente; 3. Após a implementação do BCK, a empresa melhorou a capacidade de alcançar melhores relacionamentos com parceiros da CS
	Performance da CS	1. O custo de transação das operações da CS será reduzido com o uso do BCK; 2. O nível de serviço fornecido aos clientes será melhorado com o uso do BCK; 3. A velocidade das operações da CS será melhorada com o uso do BCK; 4. A criação de valor na CS será melhorada com o uso do BCK

Fonte: Autores.

DISCUSSÃO

Considerando os resultados encontrados sob a ótica de privacidade e segurança de dados, o total de 11 publicações, apenas 3 apresentaram itens que podem ser entendidos como medidas, são eles: Hong e Hales (2021); Sammarco et al. (2022); Marinagi et al. (2023). As demais publicações apresentaram itens de medição, que são descrições sobre o que pode ser avaliado nas ferramentas propostas pelos autores. Além disso, Budak e Çoban (2021) e Çikmak, Kantoğlu e Kirbaç (2023) apresentaram apenas constructos em seus trabalhos.

Todos os estudos que foram validados fizeram uso de questionários, cujas possibilidades de respostas, na sua maioria, eram baseadas na escala *Likert* com 5 ou 7 pontos. Ou seja, as avaliações ocorrem com base no entendimento ou conhecimento dos especialistas, que podem não embasar suas respostas em dados quantitativos coletados pelas organizações ou CSD. Além disso, a percepção de cada critério depende de um julgamento particular de cada participante, o que leva a subjetividade na avaliação dos critérios analisados (Joshi et al., 2015). Entretanto, sabe-se da dificuldade em avaliar quantitativamente alguns itens de medição, tais como: se os benefícios percebidos da rede BCK entre funcionários e gerentes são claros ou se os parceiros a montante e a jusante da CS são confiáveis. Portanto, justifica-se a adoção desta escala qualitativa e ordinal, mas evidencia-se a necessidade de evolução nesta avaliação para a utilização de critérios mais assertivos e quantificáveis. Só assim, a subjetividade será eliminada ou minimizada, permitindo, não somente avaliar a evolução do

impacto do BCK em uma organização específica, como também comparar a respectiva performance entre diferentes organizações de uma CSD.

No intuito de sumarizar os constructos, medidas ou itens de medição selecionados a partir das publicações resultantes do processo de RSL, foram criados elementos que agrupam os resultados e demonstram os fatores analisados de alguma forma pelos autores. Por meio da síntese criada observa-se que: a) 64% dos autores apontam a necessidade de avaliação dos resultados financeiros do impacto do BCK; b) 55% dos autores apontam de alguma forma Satisfação dos clientes e de Vantagem competitiva/ Participação no mercado; c) 45% dos autores apontam os elementos de Relacionamento, Conhecimento e qualificação de pessoas, Segurança Cibernética; d) 36% dos autores apontam Transparência e imutabilidade de dados, Prazos, Demanda, Resiliência para recuperação de eventos disruptivos. Os demais elementos foram citados em percentuais menores que 30% (Quadro 15).

Quadro 6. Síntese de elementos com o respectivo percentual de incidência sobre as publicações estudadas

Medidas / Constructos	Kim e Shin (2019)	Hong e Hales (2021)	Budak e Çoban (2021)	Li, Ceong e Lee (2021)	Merrad et al. (2022)	Sammarco et al. (2022)	Ronaghi (2022)	Marinagi et al. (2023)	Aslam, Saleem e Kim (2023)	Çikmak, Kantoğlu e Kirbaç (2023)	Jum' a (2023)	Total	Percentual
Financeiro (ROI, custos totais da CS, valor investido em BCK ou segurança, custos operacionais ou de transações financeiras)	x	x	x	x	x	x			x			7	64%
Satisfação dos clientes		x	x	x				x	x		x	6	55%
Vantagem competitiva/ Participação no mercado	x	x		x		x	x				x	6	55%
Relacionamento (fornecedores e parceiros)	x		x	x					x		x	5	45%
Conhecimento e qualificação de pessoas		x	x	x			x				x	5	45%
Segurança cibernética			x		x		x		x	x		5	45%
Transparência e imutabilidade de dados	x		x						x	x		4	36%
Prazos (entrega, atendimento a solicitações de clientes)	x	x		x				x				4	36%
Demanda				x				x	x		x	4	36%
Resiliência para recuperação de eventos disruptivos (Efeito chicote ou cascata)		x	x					x	x			4	36%
Processos		x		x							x	3	27%
Qualidade	x					x					x	3	27%
Outras questões operacionais (variedade de produtos e serviços, ciclo de vida de produtos, produtividade)	x	x									x	3	27%
Confiança		x		x			x					3	27%
Eficiência e agilidade			x						x		x	3	27%
Gestão/liderança			x	x			x					3	27%
Integração/integridade de sistemas BCK				x	x		x					3	27%
Vendas	x					x						2	18%
Informações sensíveis	x									x		2	18%
Rastreabilidade			x							x		2	18%
Planejamento estratégico				x					x			2	18%
Cultura organizacional				x			x					2	18%
Compartilhamento e compatibilidade de informação				x					x			2	18%
Inovação				x							x	2	18%
Tempo de ciclo				x				x	x			3	27%
Governança/Políticas para garantir a privacidade			x				x					2	18%
Contratos Inteligentes	x											1	9%

Fonte: Autores.

Ao analisar os resultados, observamos que as medidas ou itens de medição encontrados estão relacionados a duas abordagens. A primeira se refere a características do BCK que influenciam na segurança e privacidade de dados, como transparência, rastreabilidade, imutabilidade e contratos inteligentes a exemplo dos estudos de Kim e Shin (2019) e Çıkmak, Kantoğlu e Kırbaç (2023). Entretanto, outros autores como Sammarco et al. (2022) e Marinagi et al. (2023) avaliam o impacto do BCK sobre a ótica geral da CS. Há autores que mesclam as duas abordagens, a exemplo de Budak e Çoban (2021) e Li, Ceong e Lee (2021). Nos estudos que consideram a ótica da CS a relação de causa e efeito entre as medidas e itens de medição propostos uma vez que quando são realizadas ações que influenciam na confiança da CS, ocorre impacto na relação com fornecedores, clientes e até mesmo internamente nas organizações e vice-versa. Além disso, manter dados seguros e privados influencia diretamente os resultados sobre a competitividade e ganhos financeiros. Observa-se também que há medidas que são mais difíceis de obter, como o custo total da CS, pois, conforme destacado por Piurcosky et al. (2019), nas CS existem organizações que buscam vantagem competitiva a qualquer custo pensando somente em benefícios individuais. Ademais, algumas informações são difíceis de obter devido a questões como a dificuldade de criar uma ferramenta de medição.

É importante considerar que as publicações estudadas avaliam o contexto geral da performance da CSD, no qual a segurança e a privacidade de dados são apenas um dos fatores sobre os quais as ferramentas foram propostas. Os constructos, medidas ou itens de medição selecionados se conectam com os critérios que caracterizam os requisitos-chave capazes de capturar os principais desafios das CSD. Entretanto, considerando os critérios elencados na revisão bibliográfica, avaliações sobre impactos relacionados às exigências legais para a privacidade de dados sob a ótica da lei LGPD, no contexto brasileiro, ou RGPD, no contexto europeu, não foram encontradas.

Nas publicações analisadas, não foi possível ter acesso aos indicadores obtidos como resultado da aplicação das ferramentas de medição propostas. Ou seja, os estudos disponibilizam apenas a avaliação dos autores para as pesquisas realizadas. Outro ponto se refere ao fato de as publicações analisadas não apontarem se os resultados obtidos podem ser usados como benchmark, ou seja, como uma base comparativa para avaliar outras organizações ou CS. Ademais, os constructos e as medidas ou itens de medição propostos foram avaliados em organizações e CSD diversas, para as quais não foi informado o nível de maturidade digital. Porém, conforme Weerabahu et al. (2022), quanto maior o uso de tecnologias da I4.0, maior o nível de maturidade digital. Portanto, acredita-se que as empresas participantes dos estudos tenham uma maturidade elevada por estarem implementando o BCK e buscando medir a respectiva performance.

É importante salientar que todos os estudos analisados se concentram nos últimos 5 anos, ou seja, de 2019 a 2023, enfatizando que a medição da performance alcançada com o auxílio de tecnologias da I4.0, especialmente o BCK, é uma preocupação recente. Além disso, os estudos foram baseados em revisões bibliográficas combinadas com validações de especialistas participantes de organizações, universidades ou CSD. Apenas um estudo citou o uso de frameworks, estruturas, metodologias ou métodos difundidos no mercado, como o BSC, o SCOR ou as normas ISO para embasar a definição das medidas e respectivas ferramentas. Çikmak, Kantoğlu e Kirbaç (2023) destacam em seu estudo a dificuldade de encontrar profissionais com conhecimento no modelo SCOR para avaliar a proposta realizada em seu estudo.

CONCLUSÃO

Mediante a discussão realizada a respeito dos resultados, verificou-se que há poucos trabalhos apontando medidas para avaliar o impacto do BCK na CS. Essas medidas são mais efetivas do que apenas constructos ou itens de medição porque apontam o que deve ser medido e como medir. Portanto, trabalhos futuros precisam avançar em medidas que apontem formas efetivas para avaliar o impacto da adoção do BCK. Somente assim, será possível obter indicadores de performance e avançar para o estabelecimento de um benchmark que servirá como base de apoio para a interpretação de resultados em CSD de diversas áreas. Sugerem-se também trabalhos futuros que considerem a perspectiva de maturidade dos membros da CSD na avaliação de performance e a perspectiva de estruturas como ISO, SCOR e BSC para criar medidas que avaliam práticas recomendadas para organizações e CSD.

Entretanto, ressalta-se que esta pesquisa se limita por ter sido realizada nas bases Web Of Science e Scopus seguindo os critérios estabelecidos na metodologia. Portanto, podem existir publicações em outras bases e que não foram consideradas neste estudo. Além disso, a identificação de constructos, itens de medição ou medidas relacionados a privacidade e segurança de dados pode conter subjetividade por se limitar à perspectiva das autoras.

Considerando os resultados obtidos e sumarizados, esta pesquisa aponta avanços para a avaliação do impacto do BCK na CSD e, portanto, auxilia as organizações no estabelecimento de ferramentas de medição sobre a ótica de privacidade e segurança dos dados. Ademais, demonstra alguns pontos de melhoria que podem ser explorados academicamente.

REFERÊNCIAS

- Aljabhan, B. & Obaidat, M. A. (2023). Privacy-Preserving BCK Framework for Supply Chain Management: Perceptive Craving Game Search. *Sustainability*, 15(1), 1-23. <https://doi.org/10.3390/su15086905>
- Aslam, J., Saleem, A., & Kim, Y. B. (2023). BCK-enabled supply chain management: integrated impact on firm performance and robustness capabilities. *Business Process Management Journal*, 29(6), 1680-1705. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2023-0165>
- Balfaqih, H., Nopiah, Z. M., Saibani, N., & Al-Nory, M.T. (2026). Review of supply chain performance measurement systems: 1998-2015. *Computers In Industry*, 82, 135-150. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.07.002>
- Bhattacharya, R. & Bandyopadhyay, S. (2011). A review of the causes of bullwhip effect in a supply chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(9-12), 1245-1261. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2987-6>
- Bigini, G. Freschi V., & Lattanzi, E. (2020). A Review on BCK for the Internet of Medical Things: definitions, challenges, applications, and vision. *Future Internet*, 12(12), 1-16. <https://doi.org/10.3390/fi12120208>
- Budak, A. & Çoban, V. (2021). Evaluation of the impact of BCK technology on supply chain using

- cognitive maps. *Expert Systems with Applications*, 184, 115455. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115455>
- Buntak, K., Kovačić, M., & Mutavdžija M. (2021). Measuring Digital Transformation Maturity of Supply Chain. *Tehni?Ki Glasnik*, 15(2), 199-204. <https://doi.org/10.31803/tg-20200414191933>
- Chopra, S. & Meindl, P. (2011). *Supply Chain Management: strategy, planning and operation*. New York: Pearson Prentice Hall. 529 p.
- Çikmak, S., Kantoglu, B., & Kirbaç, G. (2023). Evaluation of the effects of BCK technology characteristics on SCOR model supply chain perfor. *International Journal of Logistics Research And Applications*, 1-31. <https://doi.org/10.1080/13675567.2023.2193736>
- Dolgui, A., Ivanov, D., & Sokolov, B. (2017). Ripple effect in the supply chain: an analysis and recent literature. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 414-430. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1387680>
- Eur-Lex, Access to European Union Law. Constituição (2016). *General Data Protection Regulation*. Brussels, 27 abr. 2016. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>
- Fares, N. & Lloret, J. (2023) Barriers to supply chain performance measurement during disruptions such as the COVID-19 pandemic. *International Journal of Quality e Reliability Management*, 40(5), 1316-1342. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2022-0095>
- Frederico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A., & Kumar V. (2019). Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. *Supply Chain Management*, 25(2), 262-282. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>
- Gökalp, E., Gökalp, M. O., & Çoban S. (2020). BCK-Based Supply Chain Management: understanding the determinants of adoption in the context of organizations. *Information Systems Management*, 39(2), 100-121. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1812014>
- Govindan, K., kannan, D., Jorgensen, T. B., & Nielse, T. S. (2022). Supply Chain 4.0 performance measurement: a systematic literature review, framework development, and empirical evidence. *Transportation Research Part e: Logistics and Transportation Review*, 164, 102725. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102725>
- Hani, J. B. (2022). The influence of supply chain management practices on supply chain performance: the moderating role of information quality. *Business, Management and Economics Engineering*, 20(1), 152-171. <https://doi.org/10.3846/bmee.2022.16597>
- Harding, K. (2014). Zotero. *Journal of The Canadian Health Libraries Association / Journal de L'Association Des Bibliothèques de*, 34(1), 41. <https://doi.org/10.5596/c13-003>
- Hellweg, F., Lechtenberg, S., Hellingrath, B., & Thomé, A. M. T. (2021). Literature Review on Maturity Models for Digital Supply Chains. *Brazilian Journal of Operations e Production Management*, 18(3), 1-12. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2021.022>
- Hong, L. & Hales, D. N. (2021). BCK performance in supply chain management: application in BCK integration companies. *Industrial Management e Data Systems*, 121(9), 1969-1996. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2020-0598>
- Johnson, M. & Stevens, G. C. (2016) Integrating the Supply Chain... 25 years on. *International Journal of Physical Distribution e Logistics Management*. Online, p. 19-42. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-07-2015-0175>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert Scale: explored and explained. *British Journal Of Applied Science e Technology*, 7(4), 396-403. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>
- Jum'a, L. (2023). The role of BCK-enabled supply chain applications in improving supply chain performance: the case of jordanian manufacturing sector. *Management Research Review*, 46(10), 1315-1333. <https://doi.org/10.1108/MRR-04-2022-0298>
- Kakhki, M. D. & Gargeya, V. B. (2019) Information systems for supply chain management: a systematic literature analysis. *International Journal Of Production Research*, v. 57, n. 15-16, p. 5318-5339. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1570376>
- Kamble, S. S. & Gunasekaran, A. (2019). Big data-driven supply chain performance measurement system: a review and framework for implementation. *International Journal of Production Research*, 58(1), 65-86. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630770>
- Kim, J. S. & Shin, N. (2019). The Impact of BCK Technology Application on Supply Chain Partnership and Performance. *Sustainability*, 11(21), 6181. <https://doi.org/10.3390/su11216181>
- Kopyto, M., Lechler, S., Gracht, H. A. V. D., & Hartmann, E. (2020). Potentials of BCK technology in supply chain management: long-term judgments of an international expert panel. *Technological Forecasting And Social Change*, 161, 120330. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120330>
- Li, Z. P., Ceong, H. T., & Lee, S. J. (2021). The Effect of BCK Operation Capabilities on Competitive Performance in Supply Chain Management. *Sustainability*, 13(21), 12078. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1026614>
- Maestrini, V., Luzzini, D., Caniato, F., Maccarrone, P. e Ronchi, S. (2018). Measuring supply chain performance: a lifecycle framework and a case study. *International Journal of Operations e Production Management*, 38(4), 934-956. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2015-0455>

- Mahdiraji, H. A., Yaftiyan, F., Kamardi, A. A. A., Garza-Reyes, J. A., & Hajiagha, S. H. R. (2022). The role of Industry 4.0 technologies on performance measurement systems of supply chains during global pandemics: an interval-valued intuitionistic hesitant fuzzy approach. *International Journal of Quality e Reliability Management*, 40(5), 1147-1171. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2022-0094>
- Mangla, S. K., Kusi-Sarpong, S., Luthra, S., Bai, C., Jakhar, S. K., & Khan, S. A. (2020). Operational excellence for improving sustainable supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105025. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105025>
- Marinagi, C., Reklitis, P., Trivellas, P., & Sakas D. (2023). The Impact of Industry 4.0 Technologies on Key Performance Indicators for a Resilient Supply Chain 4.0. *Sustainability*, 15(6), 5185. <https://doi.org/10.3390/su15065185>
- Melnyk, S. A., Schoenherr, T., Speier-Pero, C., Peters, C., Chang, J. F., & Friday, D. (2021). New challenges in supply chain management: cybersecurity across the supply chain. *International Journal of Production Research*, 60(1), 162-183. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1984606>
- Merrad, Y., Habaebi, M. H., Elsheikh, E. A. A., Suliman, F. E. M., Islam, M. R., Gunawan, T. S., & Mesri, M. (2022). BCK: consensus algorithm key performance indicators, trade-offs, current trends, common drawbacks, and no. *Mathematics*, 10(15), 2754. <https://doi.org/10.3390/math10152754>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8, 336-341. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Naderifar, M., Goli, H., & Ghaljaie, F. (2017). Snowball Sampling: A Purposeful Method of Sampling in Qualitative Research. *The Strides in Development of Medical Education Journal*, 14, 1-4. <https://doi.org/10.5812/sdme.67670>
- Oláh, J., Krisán, E., Kiss, A., Lakner, Z., & Popp J. (2020). PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews of the Bioethanol Sector. *Energies*, 13(9), 2323. <https://doi.org/10.3390/en13092323>
- Patidar, A., Sharma, M., Agrawal, R., & Sangwan, K.S. (2022). Supply chain resilience and its key performance indicators: an evaluation under industry 4.0 and sustainability perspective. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(4), 962-980. <https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2022-0091>
- Piurcosky, F. P., Calegário, C., Costa, M., & Frogeri, R. F. (2019). A lei geral de proteção de dados pessoais em empresas brasileiras: uma análise de múltiplos casos. *Suma de Negocios*, 10(23), 89-99. <http://dx.doi.org/10.14349/sumneg/2019.V10.N23.A2>
- Prisma Statement. (2023). Home. Recuperado de: <http://www.prisma-statement.org/>
- Queiroz, M. M., Pereira, S. C. F., Telles, R., & Machado, M. C. (2019). Industry 4.0 and digital supply chain capabilities. *Benchmarking: An International Journal*, 28(5), 1761-1782. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0435>
- Roever, L. (2020). *Guia prático de revisão sistemática e metanálise*. Rio de Janeiro: Thieme Revinter. 86 p.
- Ronaghi, M. H. (2022). Contextualizing the impact of BCK technology on the performance of new firms: the role of corporate governance as an intermediate outcome. *The Journal of High Technology Management Research*, 33(2), 100438-100451. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2022.100438>
- Sammarco, G., Ruzza, D., Vishkaei, B. M., & De Giovanni, P. (2022). The Impact of Digital Technologies on Company Restoration Time Following the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 14(22), 15266. <https://doi.org/10.3390/su142215266>
- Silvestre, B. S., Monteiro, M. S., Viana, F. L. E., & Filho, J. M. de S. (2018). Challenges for sustainable supply chain management: when stakeholder collaboration becomes conducive to corruption. *Journal of Cleaner Production*, 194, 766-776. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.127>
- Supply Chain Council – SCC. (2023). *Supply Chain Operations Reference Model SCOR*, 12. United States of America.
- Tambaré, P., Meshram, C., Lee, C. C., Ramteke, R. J., & Imoize, A. L. (2021). Performance Measurement System and Quality Management in Data-Driven Industry 4.0: a review. *Sensors*, 22(1), 224-249. <https://doi.org/10.3390/s22010224>
- Tokkozshina, U., Martins, A. L., & Ferreira, J. C. (2020). Use of BCK Technology to Manage the Supply Chains: Comparison of Perspectives between Technol. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*. 1616-1632. <https://doi.org/10.3390/jtaer17040082>
- Weerabahu, W. M. S., K. Samaranayake, P., Nakandala, D., & Hurriyet, H. (2022). Digital supply chain research trends: a systematic review and a maturity model for adoption. *Benchmarking*, 29, 3040-3066. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2021-0782>