

CONTRIBUIÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA PARA A LOGÍSTICA 4.0

CONTRIBUTIONS OF AUGMENTED REALITY TO LOGISTICS 4.0

Karine Costa Colle¹
Thamires da Costa Duarte²
Valdir Neri França Júnior³

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo compreender as contribuições da realidade aumentada para a logística 4.0. Por meio de uma revisão sistemática de literatura realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, chegou-se a um portfólio de 17 artigos, os quais embasaram as conclusões do presente estudo. Entre os principais autores que destacam o papel da realidade aumentada no contexto da Logística 4.0, incluem-se Zeimpekis e Gialos (2020), que enfatizam o uso dessa tecnologia para melhorar o processo de *picking* em armazéns, e Rejeb, Rejeb e Keogh (2021), que discutem o aumento da eficiência operacional e a redução de erros humanos nas cadeias de suprimentos. Os resultados indicam que a realidade aumentada contribui para a melhoria da eficiência, produtividade e ergonomia nos processos logísticos, ao mesmo tempo em que reduz a carga de trabalho cognitiva do trabalhador, minimizando o erro humano nas operações. Desta forma, a incorporação dessas tecnologias na Indústria 4.0 reduz os custos, otimiza tempo e melhora a qualidade e a experiência ao cliente. Os achados deste estudo somam-se às pesquisas já realizadas sobre o tema a fim de contribuir para o avanço da ciência neste campo do conhecimento.

Palavras-chave: logística; logística 4.0; realidade aumentada; revisão bibliográfica.

¹Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Bacharel em Direito pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Araranguá. Santa Catarina. Brasil. E-mail: karine.colle@posgrad.ufsc.br. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8254-0994>.

²Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Licenciada em Química pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) Araranguá. Santa Catarina. Brasil. E-mail: thamiresduarte400@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3847-0193>.

³Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Tecnólogo em Logística pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Araranguá. Santa Catarina. Brasil. E-mail: valdirnerifrancajunior@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4943-4677>.

ABSTRACT

This research aims to understand the contributions of augmented reality to Logistics 4.0. Through a systematic literature review conducted in the Scopus and Web of Science databases, a portfolio of 17 articles was compiled, which formed the basis for the conclusions of this study. Among the main authors who highlight the role of augmented reality in the context of Logistics 4.0 are Zeimpekis and Gialos (2020), who emphasize the use of this technology to improve the picking process in warehouses, and Rejeb, Rejeb, and Keogh (2021), who discuss increased operational efficiency and reduced human error in supply chains. The results indicate that augmented reality contributes to improving efficiency, productivity, and ergonomics in logistics processes, while reducing the cognitive workload of workers, minimizing human error in operations. Thus, the incorporation of these technologies in Industry 4.0 reduces costs, optimizes time, and improves quality and customer experience. The findings of this study add to the research already conducted on the topic in order to contribute to the advancement of science in this field of knowledge.

Key words: logistics; logistics 4.0; augmented reality; literature review.

Artigo recebido em: 13/06/2025

Artigo aprovado em: 03/12/2025

Artigo publicado em: 10/12/2025

Doi: <https://doi.org/10.24302/agora.v30.4869>

1 INTRODUÇÃO

As transformações digitais experimentadas pela humanidade nas últimas décadas reorganizaram as concepções sobre as reais necessidades das organizações, tornando processos morosos em procedimentos mais flexíveis, ágeis e responsivos. De acordo com Richnák (2022), o cenário empresarial acompanha uma transformação acelerada, com mudanças rápidas e desenvolvimento dinâmico em curso. Em grande medida “as tecnologias digitais alteraram fundamentalmente a natureza da organização da inovação e da produção” (Brunswicker, Bertino e Matei, 2015).

Nessa conjuntura, a esfera logística manifesta-se como terreno fértil para a implementação e o desenvolvimento das novas tecnologias da informação e comunicação (Barczak *et al.*, 2019). Para Sharifpour *et al.* (2022), os desdobramentos da quarta Revolução Industrial contemplam todas as esferas da sociedade, influenciando diretamente na ascensão dos primeiros movimentos em prol da construção do conceito conhecido como Logística 4.0.

Richnák (2022) define que “o principal objetivo da Logística 4.0 é agilizar os processos logísticos, compartilhando informações em tempo real e minimizando imprecisões”. Segundo o autor, a Logística 4.0 ainda é um campo de pesquisa relativamente novo, que se utiliza em maior grau do aporte tecnológico já consolidado no âmbito da Indústria 4.0. Essa integração tecnológica possibilitou uma otimização abrangente nas mais diferentes etapas e funções envolvidas na cadeia produtiva, elevando a eficiência das operações e aprimorando o fluxo de informações e materiais.

Atualmente, a implementação da logística inteligente vem oportunizando valiosa contribuição ao acompanhamento dos fluxos operacionais nos armazéns, fornecendo rápidas respostas a este engenhoso mecanismo responsável por absorver as necessidades da operação, tais como: o crescente anseio por entregas no mesmo dia da compra, pedidos constantes de pequeno porte e prazos curtos para atendimento da demanda (Zeimpekis; Gialos, 2020).

Dentre os agentes facilitadores oriundos das novas tecnologias e identificados pelos especialistas nos ambientes logísticos, destaca-se o recurso nomeado como realidade aumentada, ferramenta que respalda significativamente o aumento da eficiência das atividades e dos resultados (Zeimpekis; Gialos, 2020; Sidiropoulos; Bechtsis; Vlachos, 2021). Complementando essa perspectiva, Gattullo *et al.* (2019) ressaltam que a realidade aumentada possibilita aplicações capazes de materializar “a ilusão de múltiplas camadas gráficas de informações sobrepostas umas sobre as outras em uma parte específica do campo de visão do usuário”, ampliando o potencial de interação e suporte às tarefas operacionais.

A priori, o advento da realidade aumentada remonta ao final dos anos 1960, mais precisamente 1968, marco em que o cientista Ivan Sutherland gerou o primeiro protótipo destinado aos seres humanos, conhecido como *Head-Mounted Display* - HMD (painel montado na cabeça), dispositivo tecnológico semelhante a um par de óculos que combinava visão do mundo real com a interação de objetos virtuais. Contudo, somente em 1990 a tecnologia foi adotada em larga escala industrial, quando a empresa americana de aviação *Boeing* a utilizou com o propósito de orientar seus trabalhadores nas linhas de montagens por meio de instruções e diagramas instantâneos (Rejeb; Rejeb; Keogh, 2021).

Na compreensão de Zeimpekis e Gialos (2020), essa tendência digital fornece aporte relevante a outras evoluções do segmento, especialmente ao processo de separação de pedidos (*picking*), estabelecendo-se como dispositivo promissor ao auxílio das tarefas nos armazéns. À luz disso, essa inovação converge positivamente para os anseios do setor, uma vez que os processos compreendidos na separação dos pedidos e no transporte interno são reportados como altamente morosos no ecossistema logístico (Albrecht *et al.*, 2023).

Nesse mesmo horizonte de avanços, Bright e Ponis (2021) reconhecem que a adoção de tecnologias centradas no ser humano, como a realidade aumentada, contribui para ampliar a eficiência e reduzir a sobrecarga cognitiva e a repetitividade percebida nas atividades. No espectro logístico, essa abordagem alinha-se à busca por maior precisão, menores prazos de entrega e melhor gestão da força de trabalho, disponibilizando informações claras aos operadores com vistas à mitigação de erros.

Diante desse cenário, emerge a necessidade de compreender, de forma mais aprofundada, como tais avanços têm sido discutidos na produção científica. Entretanto, para que os ganhos proporcionados pela realidade aumentada no contexto da Logística 4.0 sejam plenamente aproveitados, é essencial que haja sincronia entre as práticas adotadas pelas organizações e os conhecimentos gerados pela ciência. Nesse ponto, coloca-se a seguinte indagação: quais são as principais contribuições da realidade aumentada para a cadeia logística, conforme identificadas em publicações científicas?

Com o intuito de responder a essa questão e elucidar a problemática proposta, o presente estudo busca relacionar as principais contribuições da realidade aumentada à Logística 4.0, tomando como base uma revisão sistemática da literatura.

Apesar de existirem revisões sistemáticas anteriores sobre a temática, observa-se que a maioria delas concentra-se em aspectos tecnológicos ou na descrição das suas aplicações industriais. A lacuna deste campo consiste justamente na ausência de um mapeamento crítico e comparativo das contribuições percebidas pela literatura científica. Diferenciando-se dos estudos anteriores, este trabalho organiza tais contribuições sob uma perspectiva sistêmica, evidenciando implicações operacionais, gerenciais e estratégicas, o que amplia sua relevância para pesquisadores e profissionais. Ao fazê-lo, o estudo fornece um panorama atualizado do estado da arte e orienta direções promissoras para pesquisas futuras.

2 REVISÃO TEÓRICA

O avanço das tecnologias tem desempenhado um papel fundamental na transformação de diversas áreas do conhecimento. Na indústria, por exemplo, os recentes avanços tecnológicos têm melhorado continuamente a produtividade e a eficiência dos processos de produção (Holoči; Chromjaková, 2022).

A Indústria 4.0 é um termo que se refere à quarta revolução industrial, caracterizada pela integração das tecnologias nos processos de produção. De acordo com Rohani *et al.* (2022, p. 280), a quarta revolução industrial pode ser descrita como uma “digitalização integrada e uma rede baseada na web de máquinas e produtos para alcançar maior automação, operação, eficiência e produtividade”.

Portanto, a Indústria 4.0 e a transformação digital facilitam a constante troca e fluxo de dados para todas as partes interessadas, melhorando o desempenho, a transparência e o controle da organização como um todo (Bright; Ponis, 2021).

Dessa forma, a cadeia de suprimentos tornou-se um elemento fundamental para o aumento da produtividade e competitividade das empresas. Para isso, é fundamental implementar uma estratégia baseada no uso de tecnologias, que dependem do conhecimento, da abrangência e do impacto das tecnologias logísticas (Cano *et al.*, 2021).

A Logística 4.0 refere-se à aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 no campo da logística e da gestão da cadeia de suprimentos. Dentre suas expertises, possibilita aperfeiçoar os processos e melhorar a integração vertical e horizontal dentro da cadeia de suprimentos por meio de uma variedade de inovações tecnológicas, incluindo robótica inteligente e sistemas automatizados para manuseio de peças em instalações/armazéns e fábricas (Rohani *et al.*, 2022).

Alguns autores (Sari, 2020; Bona, 2021 apud Holoči; Chromjaková, 2022, p. 67) acreditam que a Indústria 4.0 se baseia em nove tecnologias-chave. A Figura 1, tem como objetivo elucidar os 9 pilares a seguir destacados:

Figura 1 – Os 9 pilares da Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Sari (2020); Bona (2021) *apud* Holoči e Chromjaková (2022, p. 67).

Neste contexto, a realidade aumentada (RA) sendo uma das 9 tecnologias-chave da Indústria 4.0, possui grande potencial de aplicação no campo da logística. A ferramenta oferece uma abordagem inovadora e prática para melhorar a eficiência e a precisão das operações, criando uma grande mudança de paradigma na forma como os usuários interagem com os dados logísticos (Rohani *et al.*, 2022).

O *hardware* necessário para RA inclui um sensor, para capturar a imagem em tempo real do mundo real, e uma tela, onde os mundos real e virtual são exibidos de modo sincronizado. Portanto, RA pode ser usada em dispositivos como *tablets*, *smartphones*, óculos e monitores *head-up* (Jagtap *et al.*, 2020, p. 11).

Para além, a realidade aumentada é amplamente aceita porque permite a visualização de informações e reforça a percepção da realidade, vindo a simplificar as rotinas diárias ao manter os dados necessários para a realização de uma tarefa no campo de visão do usuário (Bright; Ponis, 2021).

Segundo os autores Jagtap *et al.* (2020), o uso de RA na logística pode contribuir para a segurança dos trabalhadores, manutenção de equipamentos,

controle de qualidade, comunicação entre as equipes, localização de mercadorias e treinamento dos funcionários.

A RA pode ajudar a identificar onde um produto específico a ser recuperado está localizado no depósito e fornece instruções para a equipe encontrá-lo. Da mesma forma, também podem ser identificadas as áreas do armazém onde há locais livres para armazenar os produtos para agilizar as operações logísticas (Jagtap *et al.*, 2020, p. 12).

Com todos esses benefícios, a aplicação da realidade aumentada na logística revela-se estratégica, ao promover ganhos operacionais como: maior rapidez nas entregas e menor incidência de erros humanos (Rohani *et al.*, 2022). Essa relevância prática tem impulsionado o aprofundamento de estudos sobre a RA, especialmente no que diz respeito à sua evolução tecnológica e às possibilidades de aplicação em diferentes setores, recebendo atenção crescente de estudiosos nos últimos anos.

Contudo, embora o interesse pelo assunto e suas aplicações industriais remontam há várias décadas, a aplicação tecnológica ainda é uma área de pesquisa vibrante e com grande potencial de exploração (Rejeb; Rejeb; Keogh, 2021).

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Segundo Gil (2002), define-se pesquisa como o procedimento racional e sistemático cujo objetivo é proporcionar respostas aos problemas propostos. Deve ser desenvolvida mediante a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e demais procedimentos científicos, iniciando com a formulação do problema e concluindo com a apresentação dos resultados.

A presente pesquisa trata-se de uma revisão sistemática de literatura, o que, no dizer de Grant e Booth (2009), é modalidade de pesquisa que segue protocolos definidos e busca avaliar e sintetizar dado conhecimento, tendo como premissa a transparência dos métodos utilizados a fim de possibilitar a replicação do processo. Para tanto, foi utilizada a metodologia PRISMA, que consiste em *checklist* composto por 27 itens que têm por objetivo auxiliar os autores de revisões sistemáticas e meta-análises (Galvão; Pansini; Harrad, 2015).

Com relação às etapas, na primeira fase realizou-se a busca nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* tendo por norte as palavras-chave “*augmented*

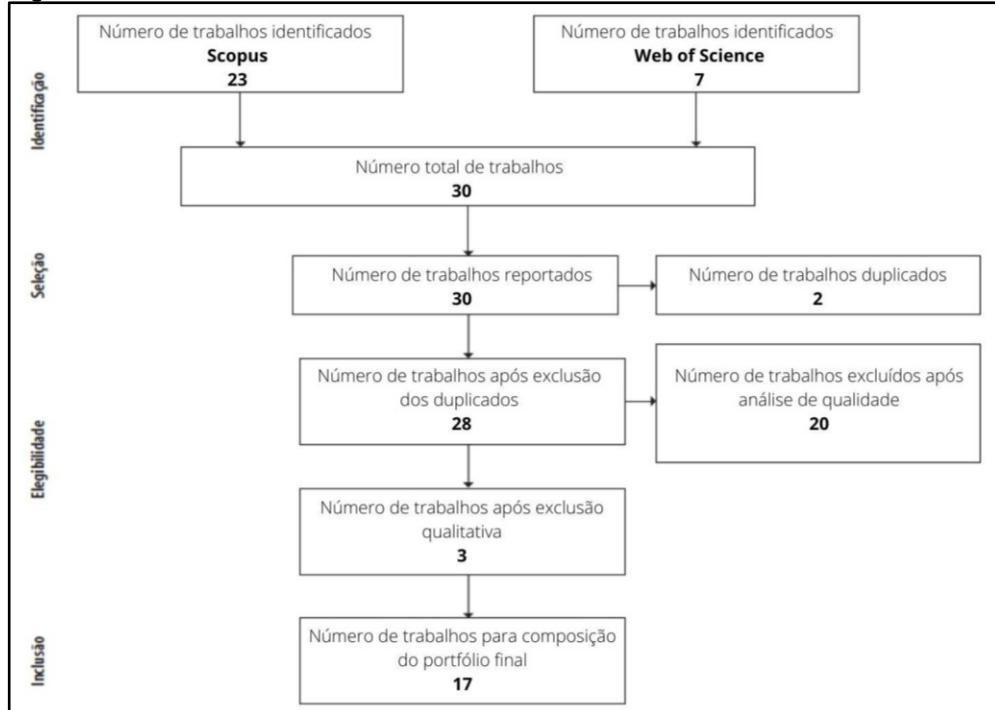
reality" e "*logistics 4.0*". Definiu-se como critério para as buscas: artigos, nos idiomas inglês ou português, publicados nos últimos cinco anos.

Nesta etapa, foram reportados 23 artigos na base *Scopus* e 7 na base *Web of Science*, totalizando 30 arquivos. Realizada a exclusão de duplicados com ajuda da ferramenta *Rayyan*, eliminaram-se 2 duplicados, resultando numa amostra de 28 artigos. No entanto, não foi possível obter acesso completo a 8 desses, de modo que a pesquisa resultou num total de 20 artigos com texto completo disponível.

A etapa seguinte consistiu na leitura dos títulos, palavras-chave e resumo destes trabalhos. Não houve exclusão de artigos. Por fim, realizada a leitura completa destes trabalhos, foram excluídos 3, chegando-se ao total de 17 artigos para compor o portfólio da presente pesquisa.

O resultado final da estratégia de busca é representado pela Figura 2, a seguir:

Figura 2 – Protocolo PRISMA



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os critérios de inclusão e exclusão que nortearam a busca nas bases de dados, por sua vez, são representados no Quadro 1:

Quadro 1 – Resultados das bases de dados

Critérios	Base de dados Scopus	Base de dados Web of Science	Total de artigos reportados	Excluídos	Total do portfólio de pesquisa
Inclusão das palavras-chave: “ <i>augmented reality</i> ” e “ <i>logistics 4.0</i> ”					
Idiomas inglês e português	23	7	30	13	17
Artigos					
Data de publicação: 2018 a 2023					
Texto completo disponível					

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Realizada a compilação de textos científicos e informações relevantes para a pesquisa, passou-se a uma análise aprofundada dos dados coletados a fim de categorizá-los. Posteriormente, os resultados foram interpretados a partir de uma visão pessoal, como é esperado em pesquisas com análise de dados qualitativos (Creswell, 2007).

4 CONTRIBUIÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA PARA A LOGÍSTICA 4.0

Muitos são os desafios a serem enfrentados pelas organizações na administração do campo logístico, especialmente diante as constantes oscilações em um mercado cada vez mais volátil. Buscando otimizar os processos que envolvem essa área, a implementação de instrumentos tecnológicos permite ofertar meios disruptivos com vistas ao aumento de competitividade e atendimento às necessidades da cadeia envolvida (Sharifpour *et al.*, 2022).

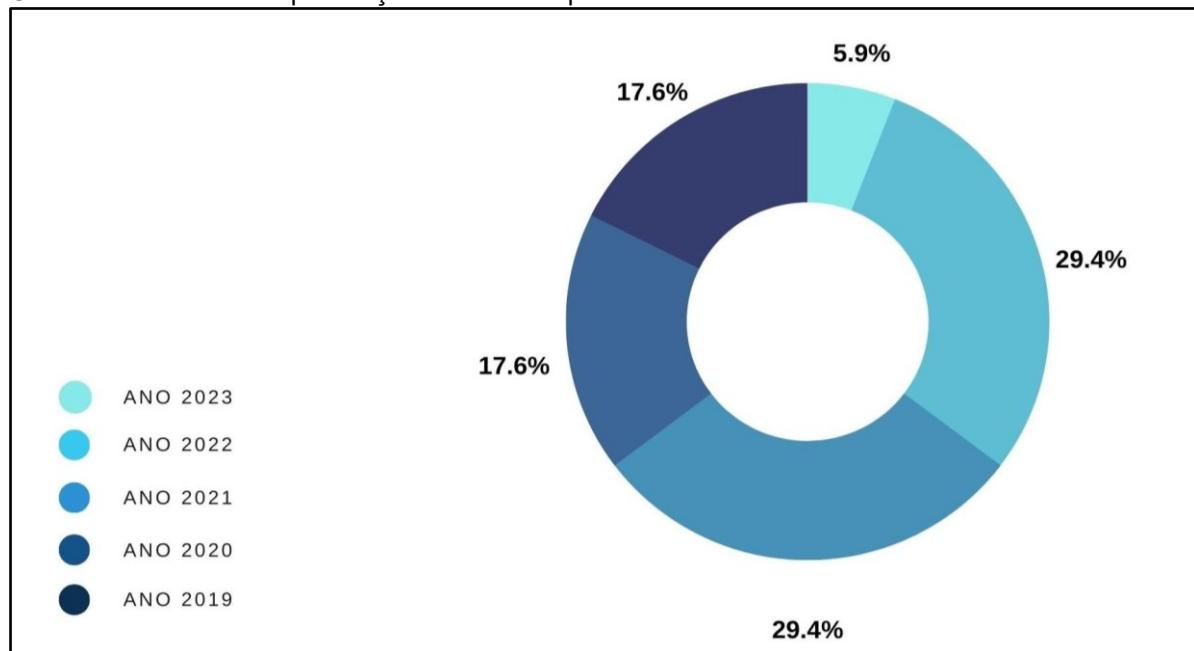
O autor Richnák (2022) vislumbra que essas transformações fomentam “uma mudança de paradigma na forma como as empresas entregam seus produtos aos clientes com rapidez e eficiência”. Consoante a isso, a realidade aumentada desponta como agente colaborativo ao impulsionamento da performance da Logística 4.0, possibilitando simbiose harmoniosa entre elementos virtuais e o mundo físico, além

do amplo suporte aos envolvidos no gerenciamento das diversas operações (Sharifpour *et al.*, 2022).

Frente às nuances apresentadas, e com a finalidade de identificar as contribuições da realidade aumentada para a Logística 4.0 nas publicações científicas, elegeram-se 17 trabalhos (Figura 2 e Quadro 1) que demonstraram maior sinergia e correlação com a temática abordada neste estudo.

Nesse sentido, o Gráfico 1 a seguir, ilustra o número de investigações realizadas nos últimos 5 anos, no qual observou-se que os anos de 2021 e 2022 somados são responsáveis por 58,8% dos trabalhos disponibilizados nas bases de dados mencionadas, configurando mais da metade dos esforços empregados ao período. As demais publicações estão distribuídas nos anos de 2023, 2020 e 2019, correspondendo a 5,9%, 17,6% e 17,6% respectivamente. Vale ressaltar que os estudos a respeito do tema no ano de 2023 ainda estão em andamento, revelando somente uma pesquisa na composição desta análise.

Gráfico 1 – Divisão das publicações realizadas por ano



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

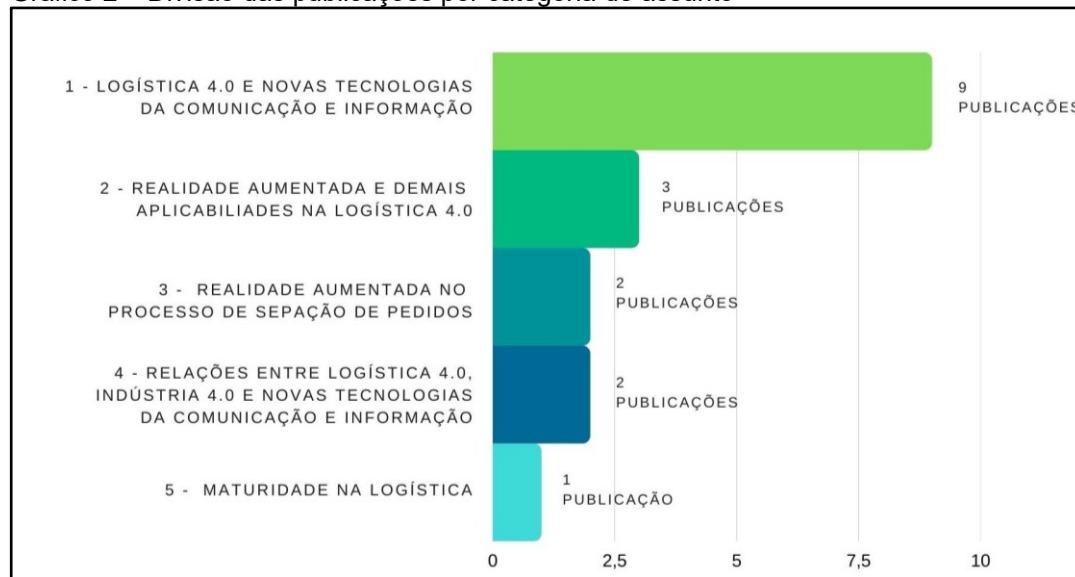
Esses dados iniciais revelam maior desenvoltura da temática proposta no intervalo de tempo compreendido pelos anos de 2021 e 2022. Perotti *et al.* (2022), sinalizam para o crescente interesse dos acadêmicos pela Logística 4.0 em armazéns no ano de 2021, condição essa atribuída ao reflexo do estado pandêmico do

Coronavírus. Segundo os autores, neste período observou-se um crescimento expressivo no número de artigos publicados sobre o tema em comparação aos dois anos anteriores.

Além do mais, Richnák (2022) coloca que o episódio da pandemia global exerceu pressão significativa sobre o setor logístico na obtenção de melhores resultados, em que a necessidade de garantir fluxos contínuos, segurança nos processos e canais sem interrupções tornou-se vital para suprir as demandas do ecossistema.

Buscando proporcionar uma visão mais abrangente quanto ao estado da arte, foram identificados os pensamentos centrais de cada trabalho, juntamente com suas temáticas e devidas contribuições para a edificação do conhecimento ao longo deste projeto. Nessa linha de raciocínio, o Gráfico 2 evidencia a fragmentação realizada nas publicações utilizadas como apporte a essa pesquisa e suas respectivas categorias.

Gráfico 2 – Divisão das publicações por categoria de assunto



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Sendo assim, no esboço acima manifestam-se as contribuições científicas segmentadas em cinco grandes eixos norteadores com a finalidade de otimizar o processo de exploração das obras acadêmicas que estruturam essa investigação. Notavelmente a linha de pesquisa que mais trouxe achados foi a da “Logística 4.0 e Novas Tecnologias da Informação e Comunicação”, abordada holisticamente em 53% das publicações.

A representatividade desse assunto vem ao encontro da perspectiva de Cano *et al.* (2021), majoritariamente, configurada pela ascensão das cadeias de suprimentos nos últimos tempos, em que elementos essenciais para a produtividade e competitividade são fortalecidos com o auxílio e implementação das novas tecnologias, incluindo a realidade aumentada.

Essa visão introdutória corrobora com o ponto de vista de Albrecht *et al.*, (2023), que enfatizam a magnitude das tecnologias digitais emergentes em prol da transformação dos processos logísticos em larga escala.

Segundo o pesquisador Kihel (2022, p. 1):

A logística é um dos setores que está evoluindo paralelamente à Indústria 4.0, que se refere à integração de novas tecnologias, informações e agentes, com o objetivo comum de melhorar a eficiência e a capacidade de resposta de um sistema de gestão logística. O armazém é um elo essencial na gestão logística, um fator de competitividade e um elo entre os parceiros de toda a cadeia logística. Tornou-se essencial gerir os armazéns de forma eficaz e alocar os seus recursos de forma eficiente.

Com tais elementos, os armazéns deixaram de ser vistos apenas como uma área de armazenamento e passaram a desempenhar um papel central no sistema de informação e na estratégia empresarial, consequentemente, demandando uma gestão perspicaz e astuta no fluxo das atividades nesses ambientes (Kihel, 2022).

Além das tendências supracitadas, a compilação sistemática também revelou outras abordagens a serem observadas no meio acadêmico nas próximas épocas. Entre elas, se sobressai o incremento da “realidade aumentada e demais aplicabilidades na Logística 4.0”, representado por 18% dos trabalhos considerados neste estudo e o uso da “realidade aumentada no processo de separação de pedidos (*picking*)”, com representatividade de 12% no escopo total.

No que diz respeito às outras possibilidades de aplicação da realidade aumentada na Logística 4.0, Rejeb, Rejeb e Keogh (2021) fazem referência ao trabalho de Shan (2015), onde é mencionado que essa tecnologia está sendo amplamente utilizada em diversos campos, são eles: saúde, operações militares, educação, manufatura e manutenção/reparo.

Outros exemplos são registrados no estudo proposto pelos autores Sidiropoulos, Bechtis e Vlachos (2021), em que é enfatizado a adoção dessa

ferramenta tecnológica no aprimoramento da capacitação dos trabalhadores, bem como nas atividades de separação, expedição e no planejamento de estoque.

De maneira paralela, tais práticas auxiliam no processo do *picking*, comumente reconhecido como elemento crítico nas operações logísticas. A adoção dessas tecnologias de captação de visão representa eficiente solução ao aprimoramento dos fluxos operacionais nos centros de distribuição (Zeimpekis; Gialos, 2020). No entanto, de acordo com Stoltz *et al.* (2017, p. 13525 *apud* Zeimpekis; Gialos, 2020, p. 20), embora seja considerada uma alternativa promissora para superar os variados gargalos da cadeia logística, a tecnologia de *vision picking* ainda se encontra em um estágio inicial de compreensão e implementação.

As demais deliberações acerca do Gráfico 2 trouxeram significativas convergências entre a “Logística 4.0, Indústria 4.0 e as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (12%)”, ambos explicitados por meio da interconexão entre os assuntos. Jagtap *et al.* (2020), em suas análises chegaram à conclusão que essa sinergia favorece o desenvolvimento sustentável, principalmente com a sustentação das soluções inovadoras, como a aplicação da Robótica e Automação, *Big Data*, Simulação, Integração de Sistemas, Internet das Coisas, Cibersegurança, Nuvem, Impressão 3D, Realidade Aumentada, *Blockchain* e Inteligência Artificial.

Por fim, apenas um artigo faz menção ao tema reconhecido como “Maturidade na Logística” o que equivale a 5% da amostra. Nessa pesquisa, os autores Facchini *et al.* (2019), aplicaram um modelo no setor logístico com o objetivo de identificar o nível de maturidade das organizações ao implementar as tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos. As conclusões do estudo destacam que as mudanças resultantes do mundo moderno e globalizado tornam a Indústria 4.0 e a Logística 4.0 fundamentais para a sobrevivência no mercado. Além disso, enfatiza-se que a implementação de mudanças baseadas em novas tecnologias requer uma transformação cultural interna nas empresas.

Para ampliar a compreensão dos estudos abordados nesta pesquisa, utilizou-se do recurso conhecido como *Word Clouds* (Figura 3), também denominado por nuvem de palavras, a fim de visualizar as palavras-chave mais expressivas dentro das contribuições que apresentaram maior correlação com este estudo de caso. Dessa maneira, as cinco palavras-chaves mais relevantes extraídas pela ferramenta

foram: Indústria 4.0, Logística 4.0, realidade aumentada, internet das coisas (*IoT*) e logística.

Figura 3 – Representação visual das palavras-chave recorrentes nos artigos base deste estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Posto isso, a nuvem de palavras emerge como facilitador na visualização das principais áreas de estudo relacionadas ao tema, fornecendo *insights* importantes para a melhor compreensão do cenário e identificação de tendências e instrumentalização de possíveis projetos de pesquisa relacionados ao campo observado.

Dentre os termos observados, a maior parte das publicações aborda a Indústria 4.0 e a Logística 4.0 como pano de fundo para a abordagem das novas tecnologias, especialmente a realidade aumentada.

Das 17 publicações científicas revisadas, destacaram-se 5 artigos científicos, que apresentaram expressiva interoperabilidade entre os temas realidade aumentada e Logística 4.0, nos quais levou-se em consideração as contribuições propostas ao segmento na atualidade e para os próximos anos. O Quadro 2, evidencia os trabalhos correlacionados e que dão destaque ao estudo proposto.

Quadro 2 – Artigos de maior relevância quanto às contribuições empregadas no estudo.

Publicação	Contribuições ao tema
Zeimpekis, V.; Gialos, A., (2020). Testing vision picking technology in warehouse operations: Evidence from laboratory experiments. <i>International Journal of Industrial Engineering and Management</i> , 11 (1), 19-30. Recuperado de http://www.ijiemjournal.org/images/journal/volume11/IJIEM_249.pdf	Estudo aborda como a realidade aumentada pode auxiliar no processo de picking, através de experimentos em laboratório. Avaliaram-se questões baseadas no campo de visão e precisão/ tempo do usuário na separação dos pedidos.
Bright, A. G.; Ponis, S. T., (2021). Introducing Gamification in the AR-Enhanced Order Picking Process: A Proposed Approach. <i>MDPI - Logistics</i> , 5 (1), 1-16. Recuperado de https://www.mdpi.com/2305-6290/5/1/14	Pesquisa apresenta o uso da gamificação na separação de pedidos com realidade aumentada. Além disso, o estudo revela as dificuldades encontradas nos armazéns para a separação de pedidos e também conclui que os funcionários se sentem mais motivados para trabalhar com uso de gamificação no ambiente de trabalho.
Sidiropoulos, V.; Bechtis, D.; Vlachos, D., (2021). An Augmented Reality Symbiosis Software Tool for Sustainable Logistics Activities. <i>MDPI - Journal Sustainability</i> , 13 (19), 1-14. Recuperado de https://www.mdpi.com/2071-1050/13/19/10929	Abordagem holística que busca trazer indicadores de sustentabilidade na introdução da tecnologia de realidade aumentada como diferencial na Indústria 4.0 e Logística 4.0, potencializando cenários de simbiose entre homem e máquina. Com o auxílio da ferramenta ROS objetiva-se identificar o caminho mais curto entre o operador e o ponto de destino. Segundo os autores, a adoção da realidade aumentada otimiza o treinamento de pessoal, com vistas à redução do tempo empregado nas atividades de fabricação.
Holočí, J.; Chromjaková F., (2022). Process management of ergonomic workplace based on augmented reality principles. <i>Human Technology</i> , 18 (1), 66-91. Recuperado de https://ht.csrpub.eu/index.php/ht/article/view/311	Como a realidade aumentada é uma das nove principais tecnologias que caracterizam a quarta revolução industrial, este artigo traz sua aplicação em relação à ergonomia no local de trabalho. Os autores se baseiam em uma pesquisa bibliográfica que apresenta os principais conhecimentos teóricos do campo da Indústria 4.0, aponta tendências tecnológicas no campo que podem ser usadas para a implementação de ferramentas de digitalização selecionadas também em empresas industriais. Também é apresentado um estudo de caso que trata de doenças ocupacionais e como a RA/RV auxilia na redução de riscos.
Rejeb, A.; Rejeb, K.; Keogh, J. G., (2021). Enablers of Augmented Reality in the Food Supply Chain: A Systematic Literature Review. <i>Journal of Foodservice Business Research</i> , 24 (4), 415-444. Recuperado de: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15378020.2020.1859973	Artigo investiga o estado atual da pesquisa sobre o tema RA na cadeia de abastecimento de alimentos, realizando uma revisão sistemática da literatura em publicações selecionadas. No total foram 51 artigos examinados e analisados. A maioria dos artigos enfatizou o papel da RA no aumento da eficiência operacional das cadeias de abastecimento de alimentos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A análise dos artigos selecionados demonstra convergência entre contribuições da realidade aumentada (RA) e a Logística 4.0, alinhando-se diretamente à proposta deste estudo de compreender os benefícios dessa tecnologia na otimização dos processos logísticos. Zeimpekis e Gialos (2020) investigam o uso da RA especificamente no processo de separação de pedidos (picking), destacando avanços relacionados ao campo de visão e à precisão do usuário, aspectos críticos para a eficiência operacional nos armazéns. Esse insight sustenta a importância da RA para resolver gargalos logísticos, tema central do presente artigo.

Bright e Ponis (2021) levam a discussão para o engajamento dos trabalhadores por meio da gamificação nas operações com RA, evidenciando que a motivação dos funcionários pode ser ampliada, o que potencializa a produtividade. Essa perspectiva complementa a visão do estudo ao enfatizar não apenas a eficiência tecnológica, mas também o impacto humano na implementação da Logística 4.0.

Sidiropoulos, Bechtis e Vlachos (2021) adotam uma abordagem holística incluindo indicadores de sustentabilidade com o uso da RA, reforçando o alinhamento da tecnologia com práticas sustentáveis e a simbiose homem-máquina. Eles ressaltam o benefício da RA no treinamento eficiente dos operadores, um aspecto que reforça a capacidade das organizações de promover melhorias contínuas, fundamentando a relevância da tecnologia em múltiplas dimensões da gestão logística.

Nesta mesma vertente, Holoči e Chromjaková (2022) focam na ergonomia e na saúde ocupacional, destacando a contribuição da RA para a redução de riscos e a melhoria das condições de trabalho, um benefício que amplia o escopo das vantagens da RA para além da produtividade, englobando o bem-estar dos trabalhadores.

Por último, Rejeb, Rejeb e Keogh (2021) analisam o impacto da RA na cadeia de abastecimento alimentar, evidenciando o aumento da eficiência operacional. Esse estudo ilustra a aplicabilidade do RA em diferentes setores da logística 4.0, sustentando as características específicas e o potencial disruptivo da tecnologia, conforme proposto no presente artigo.

Em suma, as contribuições indicadas no portfólio indicam que a realidade aumentada não só otimiza processos específicos, como o picking, mas também influencia positivamente na motivação dos trabalhadores, na sustentabilidade, na saúde ocupacional e na eficiência geral da cadeia logística. Tais aspectos reforçam a

proposta do artigo ao demonstrar que a RA é uma tecnologia estratégica na transformação digital integrada à Logística 4.0, promovendo ganhos operacionais, redução de custos e melhorias na experiência do cliente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados do estudo proporcionaram diálogo interdisciplinar entre a Logística 4.0 e a realidade aumentada, uma nova tecnologia em franca expansão no cenário da Indústria 4.0. Nessa análise, foram identificadas pesquisas de maior cooperação e relevância acerca do assunto, abrangendo aspectos sistemáticos da realidade aumentada, sua implementação nas organizações e o impacto para a gestão da cadeia de suprimentos numa perspectiva da Logística 4.0.

Por meio de uma revisão sistemática da literatura, realizada através de busca nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, foram identificados 17 artigos convergentes com a temática, os quais foram amplamente analisados neste estudo.

Como contribuições, foi possível identificar que a realidade aumentada apresenta potencialidades para interagir em diversas frentes na rede logística, podendo ser considerada uma aliada na implementação de soluções disruptivas e inteligentes nos armazéns. Percebeu-se ainda que a realidade aumentada pode aperfeiçoar os procedimentos, processos e operações nas atividades que contemplam a separação de pedidos, ponto este que representa um grande gargalo para a otimização dos processos logísticos.

Concluiu-se também que a realidade aumentada auxilia na tomada de decisões em tempo real, contribuindo para que os profissionais tenham experiências personalizadas, otimizando o tempo e aumentando a eficiência dos setores logísticos.

Além disso, as implicações teóricas deste estudo corroboram a necessidade de um entendimento aprofundado das interações entre tecnologias digitais emergentes e gestão logística, ampliando o escopo da pesquisa na área da Logística 4.0. Na prática, esse mecanismo tecnológico favorece a capacitação organizacional e operacional, permitindo que gestores e operadores tomem decisões mais ágeis e fundamentadas, baseadas em dados em tempo real e na redução de erros operacionais. Tal compreensão, reforça que a adoção da realidade aumentada se configura como um instrumento estratégico para o aprimoramento não apenas da eficiência operacional,

mas também para viabilizar a inovação contínua e a competitividade sustentável nas organizações.

Quanto às limitações do estudo, é importante considerar que a revisão sistemática foi realizada em apenas duas bases de dados científicos. Ainda que tenham sido escolhidas as bases mais representativas dentro da temática tratada, a exclusão de outras bases pode ocasionar como consequência a limitação dos achados da pesquisa. Estudos futuros poderiam dimensionar novas aplicações de realidade aumentada para a Logística 4.0, visto que o cenário segue em constante transformação. Sugere-se ainda que novos estudos considerem a ampliação das bases de dados pesquisadas, com inclusão de novos critérios de busca a fim de identificar cenários vivenciados em outros países, incluindo-se o Brasil.

Em conclusão, esta pesquisa pretendeu abordar um panorama geral de como a tecnologia da realidade aumentada e a Logística 4.0 se relacionam. Sem a pretensão de exaurir a matéria, buscou-se trazer luz ao tema e assim contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre este objeto de estudo.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, Tobias *et al.* Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes. **Information Systems Frontiers**, p. 1-20, 2023.
- BARCZAK, Agnieszka; DEMBIŃSKA, Izabela; MARZANTOWICZ, Łukasz. Analysis of the Risk Impact of Implementing Digital Innovations for Logistics Management. **Processes**, v. 7, n. 11, p. 815, 5 nov. 2019.
- BRIGHT, Athina G.; PONIS, Stavros T. Introducing Gamification in the AR-Enhanced Order Picking Process: a proposed approach. **Logistics**, v. 5, n. 1, p. 14, 9 mar. 2021.
- BRUNSWICKER, Sabine; BERTINO, Elisa; MATEI, Sorin. Big Data for Open Digital Innovation – A Research Roadmap. **Big Data Research**, v. 2, n. 2, p. 53-58, jun. 2015. Elsevier BV.
- CANO, Jose Alejandro *et al.* Disruptive and conventional technologies for the support of logistics processes: a literature review. **International Journal of Technology**, 12 (3), 448-460, 2021.
- CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FACCHINI, Francesco; OLEŚKÓW-SZŁAPKA, Joanna; RANIERI, Luigi; URBINATI, Andrea. A Maturity Model for Logistics 4.0: an empirical analysis and a roadmap for future research. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 86, 20 dez. 2019.

GALVÃO, Taís Freire; PANSANI, Thais de Souza Andrade; HARRAD, David. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: a recomendação PRISMA. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 24, p. 335-342, 2015.

GATTULLO, Michele; SCURATI, Giulia Wally; FIORENTINO, Michele; UVA, Antonio Emmanuele; FERRISE, Francesco; BORDEGONI, Monica. Towards augmented reality manuals for industry 4.0: a methodology. **Robotics And Computer-Integrated Manufacturing**, v. 56, p. 276-286, abr. 2019. Elsevier BV.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo, Atlas, 2002.

GRANT, Maria J; BOOTH, André. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. **Health information and libraries journal**, v. 26, n. 2, p. 91-108, jun. 2009.

HOLOČI, Jan; CHROMJAKOVÁ, Felicita. Process management of ergonomic workplace based on augmented reality principles. **Human Technology**, v. 18, n. 1, p. 66-91, 30 jun. 2022.

JAGTAP, Sandeep *et al.* Food logistics 4.0: Opportunities and challenges. **Logistics**, v. 5, n. 1, p. 2, 2020.

KIHEL, Yousra El. Digital Transition Methodology of a Warehouse in the Concept of Sustainable Development with an Industrial Case Study. **Sustainability**, v. 14, n. 22, p. 15282, 17 nov. 2022.

PEROTTI, Sara *et al.* Logistics 4.0 in warehousing: a conceptual framework of influencing factors, benefits and barriers. **The International Journal of Logistics Management**, n. ahead-of-print, 2022.

REJEB, Abderahman; REJEB, Karim; KEOGH, John G. Enablers of Augmented Reality in the Food Supply Chain: a systematic literature review. **Journal of Foodservice Business Research**, v. 24, n. 4, p. 415-444, 2 jan. 2021.

RICHNÁK, Patrik. Current Trend of Industry 4.0 in Logistics and Transformation of Logistics Processes Using Digital Technologies: an empirical study in the slovak republic. **Logistics**, v. 6, n. 4, p. 79, 15 nov. 2022.

ROHANI, Vala Ali *et al.* Illustrating scholar-practitioner collaboration for data-driven decision-making in the optimization of logistics facility location and implications for increasing the adoption of AR and VR practices. **The TQM Journal**, v. 34, n. 2, p. 280-302, 2022.

SHARIFPOUR, Hojatallah; GHASEMINEZHAD, Yaser; HASHEMI-TABATABAEI, Mohammad; AMIRI, Maghsoud. Investigating cause-and-effect relationships between supply chain 4.0 technologies. **Engineering Management in Production and Services**, v. 14, n. 4, p. 22-46, 1 dez. 2022.

SIDIROPOULOS, Vasileios; BECHTSIS, Dimitrios; VLACHOS, Dimitrios. An Augmented Reality Symbiosis Software Tool for Sustainable Logistics Activities. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10929, 30 set. 2021.

ZEIMPEKIS, Vasileios; GIALOS, Anastasios. Testing vision picking technology in warehouse operations: evidence from laboratory experiments. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 11, n. 1, p. 19-30, 1 mar. 2020.