




ARMÁRIOS INTELIGENTES COMO SOLUÇÃO PARA LOGÍSTICA DO ECOMMERCE

 <https://doi.org/10.56238/levv13n31-004>

Data de submissão: 18/11/2023

Data de publicação: 18/12/2023

Thiago Fernandes de Freitas

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar os armários inteligentes como alternativa estratégica para os desafios logísticos enfrentados pelo e-commerce na etapa de última milha. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, baseada em publicações científicas, relatórios técnicos e estudos de caso nacionais e internacionais, com recorte temporal entre 2015 e 2023. O crescimento expressivo do comércio eletrônico, especialmente após a pandemia de COVID-19, impôs pressão sobre os sistemas logísticos tradicionais, destacando a necessidade de soluções que combinem eficiência operacional, sustentabilidade e conveniência para o consumidor. Os smart lockers surgem como resposta a essa demanda, ao permitirem a descentralização da entrega, redução de custos com reentregas, diminuição da emissão de poluentes e melhora na experiência do cliente. Foram analisadas experiências de sucesso em países como Polônia, China e Cingapura, que demonstram a viabilidade e os benefícios da ampla implantação desses dispositivos no espaço urbano. No Brasil, embora a adoção ainda enfrente barreiras estruturais, observa-se um crescimento progressivo impulsionado por empresas privadas e iniciativas públicas. A integração dos armários inteligentes a tecnologias emergentes, como Internet das Coisas e inteligência artificial, amplia sua funcionalidade e os consolida como parte da infraestrutura de cidades inteligentes. A análise dos dados permite concluir que os lockers têm potencial para transformar o sistema de entregas de última milha, promovendo inovação logística, sustentabilidade urbana e maior fidelização do consumidor digital. A consolidação dessa tecnologia no Brasil depende de políticas de incentivo, parcerias público-privadas, campanhas educativas e investimentos em infraestrutura urbana e digital.

Palavras-chave: Armários inteligentes. Logística urbana. Última milha. E-commerce. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A transformação acelerada do comércio eletrônico nos últimos anos impulsionou a reconfiguração de todo o sistema logístico, exigindo soluções cada vez mais dinâmicas e adaptáveis às demandas de um consumidor mais exigente e conectado, especialmente em contextos urbanos onde a densidade populacional e os desafios de mobilidade impõem limites à eficiência da distribuição tradicional, sendo a última milha o principal gargalo para a entrega rápida, segura e de baixo custo.

Com o crescimento exponencial do e-commerce, intensificado pela pandemia de COVID-19, as empresas passaram a enfrentar um volume inédito de pedidos online, pressionando seus sistemas de transporte e armazenamento, o que evidenciou a fragilidade das estruturas convencionais e impulsionou o surgimento de alternativas que atendessem à demanda crescente sem comprometer a sustentabilidade operacional (Marioti, 2021).

No Brasil, o percentual de vendas online dentro do varejo mais que dobrou em um ano, revelando uma transformação no comportamento de consumo e ampliando a exigência por sistemas logísticos que conciliem escalabilidade, agilidade e previsibilidade, realidade que encontrou nos armários inteligentes uma resposta prática, tecnológica e sustentável para a entrega de última milha (Negreiros; Sousa, 2022).

O uso dos *smart lockers*, ou armários inteligentes, vem ganhando destaque em mercados internacionais e nacionais como uma forma eficiente de descentralizar a entrega de produtos, reduzir a dependência da presença do destinatário e mitigar os impactos negativos causados por reentregas e congestionamentos, ao mesmo tempo em que permite ao consumidor maior autonomia para retirada dos pedidos em horários flexíveis e locais de fácil acesso (Soto Júnior et al., 2023).

Em países como Suécia, Polônia, China e Cingapura, a implantação de redes de lockers tem sido incentivada por políticas públicas e investimentos em infraestrutura digital urbana, transformando os armários inteligentes em peças-chave de ecossistemas logísticos avançados que integram tecnologias como geolocalização, inteligência artificial e Internet das Coisas para otimização de capacidade e rastreamento em tempo real (Vakulenko, 2023).

No contexto brasileiro, embora a utilização de lockers ainda esteja em processo de expansão, observa-se um movimento promissor liderado por empresas de grande porte e startups logísticas que buscam soluções escaláveis e de baixo impacto ambiental para atender às regiões metropolitanas mais congestionadas, com iniciativas como os Correios Locker e os terminais da Via Varejo ganhando espaço em grandes centros urbanos (Mateus; Cardoso, 2021).

O maior desafio ainda reside na necessidade de integrar os armários inteligentes a uma malha logística já saturada, exigindo investimentos não apenas em tecnologia e infraestrutura, mas também em educação do consumidor, legislação favorável e parcerias público-privadas que viabilizem sua

disseminação e adaptação aos diferentes perfis urbanos e socioeconômicos do país (Nascimento et al., 2021).

Entre os principais benefícios identificados na adoção de smart lockers estão a diminuição de custos operacionais relacionados à última milha, a otimização das rotas de entrega, a redução de emissões de carbono e a melhora significativa na experiência do cliente, que passa a ter maior previsibilidade, segurança e conveniência no processo de recebimento de produtos (Cruzeiro; Kloeckner, 2022).

Essa tecnologia também apresenta elevado potencial de integração com modelos emergentes de logística urbana inteligente, nos quais dispositivos conectados, big data e inteligência artificial convergem para gerar sistemas mais resilientes, ágeis e responsivos às flutuações de demanda e aos obstáculos cotidianos da malha urbana, especialmente em grandes metrópoles brasileiras (Sethuraman et al., 2023).

A crescente valorização da sustentabilidade nas cadeias logísticas também impulsiona o uso de lockers como estratégia de mitigação de impactos ambientais, dado que sua implementação reduz o tráfego de veículos leves e pesados em áreas centrais, racionaliza o uso de combustíveis fósseis e contribui para a construção de uma logística urbana mais verde e alinhada às diretrizes ESG (Severo et al., 2023).

Por sua capacidade de funcionar como pontos logísticos avançados, os armários inteligentes oferecem suporte à logística reversa e podem ser utilizados para operações B2B e B2C, ampliando sua versatilidade e tornando-se uma infraestrutura de apoio não apenas para o varejo, mas também para setores como educação, saúde e serviços administrativos, quando integrados a sistemas digitais de gestão (Schmitz, 2023).

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo principal analisar a viabilidade e os impactos da utilização de armários inteligentes como solução estratégica para os desafios logísticos do e-commerce, com base em estudos de caso, experiências internacionais e literatura acadêmica recente, buscando compreender o potencial dessa tecnologia para transformar a entrega de última milha no Brasil e posicionar o país entre as referências em inovação logística urbana.

2 METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem qualitativa de natureza exploratória, com delineamento baseado em revisão bibliográfica, cujo objetivo é compreender de forma crítica e interpretativa o papel dos armários inteligentes como alternativa logística na última milha do e-commerce, permitindo a análise de teorias, modelos, aplicações práticas e tendências observadas em diferentes contextos urbanos nacionais e internacionais a partir de fontes secundárias relevantes e atualizadas, conforme orientam Gil (2017) e Lakatos e Marconi (2021).

Para a realização da revisão, foram consultados artigos científicos, dissertações acadêmicas, relatórios técnicos e publicações especializadas extraídas de bases reconhecidas como Scielo, Google Scholar, INFORMS, Emerald Insight, Repositórios de Universidades e revistas institucionais.

O recorte temporal estabelecido compreende o período de 2015 a 2023, com ênfase em produções acadêmicas dos últimos cinco anos, dada a velocidade de transformação das cadeias logísticas digitais e a emergência de novas tecnologias aplicadas à última milha, principalmente após a intensificação do comércio eletrônico durante e após a pandemia da COVID-19, fator que alterou significativamente a dinâmica da distribuição urbana em escala global.

Os descritores utilizados nas buscas bibliográficas foram: “armários inteligentes”, “smart lockers”, “logística de última milha”, “e-commerce urbano”, “automação na entrega”, “sustentabilidade logística” e “tecnologia na distribuição”, combinados entre si por meio de operadores booleanos (AND, OR) e aplicados em diferentes bases para ampliar o alcance da pesquisa sem perder o foco analítico e temático necessário à construção de uma discussão fundamentada.

Os critérios de inclusão envolveram materiais publicados em periódicos ou repositórios de reconhecida qualidade acadêmica, com metodologia clara, foco em logística aplicada ao varejo digital e abordagem direta sobre smart lockers ou sistemas logísticos de última milha, enquanto os critérios de exclusão abrangeram textos opinativos, sem validação científica, estudos desatualizados ou documentos que apresentavam conteúdos redundantes ou excessivamente generalistas.

Como referencial metodológico, adota-se a proposta de Lakatos e Marconi (2021), que definem a pesquisa bibliográfica como meio eficaz de investigar um fenômeno a partir do conhecimento acumulado e consolidado em produções científicas, especialmente em áreas onde as práticas em desenvolvimento ainda estão em fase de consolidação no mercado, como é o caso da aplicação dos smart lockers no Brasil.

Essa estratégia permite compreender não apenas os benefícios operacionais dos armários inteligentes, mas também os obstáculos culturais, legais, econômicos e estruturais que impactam sua implementação, abrindo espaço para proposições fundamentadas e sugestões de melhorias aplicáveis ao cenário nacional, com base nas experiências internacionais e nas evidências extraídas da literatura analisada.

3 DESAFIOS DA LOGÍSTICA NO E-COMMERCE CONTEMPORÂNEO

O crescimento vertiginoso do comércio eletrônico tem provocado transformações profundas na logística de distribuição, pressionando modelos operacionais tradicionais e expondo gargalos críticos na cadeia de suprimentos. Com a intensificação da demanda por entregas rápidas e seguras, especialmente em contextos urbanos densamente povoados, soluções tecnológicas como os armários

inteligentes surgem como alternativas promissoras para suprir as deficiências estruturais da chamada "última milha", reduzindo custos, otimizando tempo e melhorando a experiência do consumidor.

3.1 CRESCIMENTO DO E-COMMERCE E IMPACTOS LOGÍSTICOS

A expansão do e-commerce, acelerada pelo contexto da pandemia de COVID-19, fez com que esse canal de vendas alcançasse novos patamares em termos de volume e representatividade. No Brasil, o comércio eletrônico passou de 5% para 13% das vendas totais do varejo entre 2019 e 2020, representando um crescimento abrupto e inédito do setor, o que desencadeou sérios impactos sobre a infraestrutura logística disponível (Mateus; Cardoso, 2021). Essa mudança de comportamento foi impulsionada pela entrada de novos consumidores no ambiente digital, dos quais cerca de 24% fizeram sua primeira compra *on-line* durante a pandemia, exigindo rapidez, confiabilidade e conveniência no processo de entrega (Marioti; 2021).

O cenário internacional seguiu a mesma tendência. Em países da América Latina como Honduras, Costa Rica e México, os serviços de entrega enfrentaram sobrecarga diante da multiplicação de pedidos e da escassez de soluções que viabilizassem a agilidade nas entregas urbanas, especialmente nos centros metropolitanos (Salinas Lizardo; 2021). Essa realidade reforça a importância de mecanismos que possam descomprimir os fluxos logísticos, descentralizar pontos de entrega e oferecer alternativas funcionais aos métodos convencionais de distribuição, sendo os *smart lockers* uma dessas ferramentas promissoras (Vakulenko; 2023).

3.2 A ÚLTIMA MILHA COMO GARGALO LOGÍSTICO

Apesar de todo o avanço tecnológico na gestão de estoques e transporte, a última milha etapa final da entrega até o consumidor continua sendo um dos maiores desafios para o setor logístico. Estima-se que essa fase represente até 53% do custo total da entrega em operações de e-commerce, tornando-se um ponto crítico para a competitividade e sustentabilidade das operações (Negreiros; Sousa, 2022). Entre os principais obstáculos enfrentados nesse estágio estão a ausência do destinatário no momento da entrega, falhas de roteirização, congestionamentos urbanos e dificuldades de acesso a locais de alto fluxo, como prédios comerciais e residenciais (Nascimento et al.; 2021).

Além disso, os altos índices de devoluções e reentregas agravam ainda mais a sobrecarga logística, comprometendo a experiência do cliente e elevando significativamente os custos operacionais das transportadoras e dos *marketplaces* (Cruzeiro; Kloeckner, 2022). A adoção de *lockers* como pontos alternativos de retirada aparece como solução funcional para muitos desses entraves, permitindo a descentralização das entregas e a autonomia do consumidor para acessar o produto em horários mais convenientes (Soto Júnior et al.; 2023). Isso contribui diretamente para a redução do

tempo de ciclo da entrega e para a otimização das rotas dos veículos de distribuição, com impacto positivo também na redução de emissões (Vakulenko; 2023).

3.3 TENDÊNCIAS E NECESSIDADES DE INOVAÇÃO EM ENTREGAS URBANAS

Com a intensificação das pressões ambientais e a transformação dos hábitos de consumo, torna-se imperativo adotar modelos logísticos mais sustentáveis, flexíveis e centrados no cliente. Nesse cenário, os armários inteligentes figuram como uma tendência consolidada no mercado global, não apenas por sua eficiência operacional, mas também por sua contribuição para o redesenho urbano, ao reduzir a circulação de veículos de entrega e as emissões de gases poluentes (Severo et al.; 2023). A crescente urbanização e a busca por conveniência digital fizeram com que consumidores passassem a valorizar opções de entrega alternativas que permitam rapidez, autonomia e previsibilidade (Cruzeiro; Kloeckner, 2022).

Em países como Suécia, Polônia e Cingapura, as políticas públicas e os investimentos privados têm favorecido a implementação de redes amplas de *lockers*, associadas a sistemas de gestão inteligente baseados em dados, inteligência artificial e geolocalização (Vakulenko; 2023). O caso da Amazon é emblemático nesse contexto: com a aplicação de algoritmos avançados de alocação de pacotes e gerenciamento dinâmico de capacidade, a empresa conseguiu aumentar significativamente a eficiência dos seus *lockers*, mostrando o potencial de escala e inovação dessa tecnologia (Sethuraman et al.; 2023). Esses movimentos apontam para um futuro em que o *locker* será parte estruturante da infraestrutura urbana inteligente, tornando-se não apenas um ponto de retirada, mas um elo estratégico na cadeia de valor da logística urbana.

4 ARMÁRIOS INTELIGENTES: CONCEITO, FUNCIONAMENTO E APLICAÇÕES

Os armários inteligentes também chamados de *smart lockers* representam uma inovação logística que tem ganhado destaque na última década, especialmente no contexto da entrega urbana de última milha. Criados para oferecer maior autonomia ao consumidor e eficiência ao processo logístico, esses dispositivos vêm se consolidando como alternativas estratégicas para suprir lacunas da distribuição tradicional, tanto no Brasil quanto em diversos países da Europa, Ásia e América Latina. Este capítulo apresenta suas principais características, os modelos de aplicação já consolidados e o panorama nacional de oportunidades e desafios para expansão dessa tecnologia.

4.1 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS *SMART LOCKERS*

Smart lockers são compartimentos modulares automatizados, geralmente instalados em áreas de fácil acesso, como estações de metrô, supermercados, universidades e condomínios, e que permitem ao consumidor retirar pacotes de forma autônoma com o uso de senhas, *QR codes* ou reconhecimento

por aplicativo (Soto Júnior et al.; 2023). Eles operam com sistemas de travamento eletrônico e conectividade em tempo real, garantindo segurança no armazenamento e rastreabilidade total do objeto desde a entrada até a retirada (Vakulenko; 2023). As versões mais modernas já são integradas a tecnologias como Internet das Coisas (IoT), *machine learning* e sistemas de otimização de espaço, aumentando a eficiência de alocação de pacotes com base no tempo de permanência e tipo de entrega (Sethuraman et al.; 2023).

Quanto à sua aplicação, os *lockers* podem atender tanto ao público final (modelo B2C), como no caso de entregas de e-commerce, quanto a empresas (modelo B2B), como ferramenta de gestão de documentos ou objetos em ambientes corporativos (Severo et al.; 2023). Além disso, existem modelos de uso misto ou coletivo, voltados a áreas públicas, e modelos privados, utilizados por redes varejistas ou instituições específicas, como universidades e hospitais (Schmitz; 2023). A versatilidade estrutural e operacional dos *smart lockers* os torna adaptáveis a diferentes fluxos logísticos e realidades urbanas, permitindo sua expansão em locais com alta densidade populacional ou grande rotatividade de pessoas.

4.2 CASOS DE USO E EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

Os exemplos internacionais de sucesso na implementação de *lockers* são variados e oferecem evidências concretas sobre os benefícios operacionais dessa solução. Um dos modelos mais consolidados é o Amazon Locker, que utiliza algoritmos de inteligência artificial para otimizar a distribuição de pacotes e reduzir rejeições nas entregas com base em análise de tempo de permanência (*dwell time*) e tipo de envio (Sethuraman et al.; 2023). Na Europa, o sistema InPost da Polônia se destaca pela ampla rede de *lockers* interligados por uma plataforma única, que proporciona entregas rápidas, rastreamento em tempo real e integração com *marketplaces* locais e internacionais (Vakulenko; 2023).

Na Ásia, o grupo Alibaba criou a Cainiao Smart Logistics Network, responsável por operar milhares de armários na China, com foco em inteligência operacional e automatização da logística de última milha em centros urbanos (Marioti; 2021). Já em Cingapura, a iniciativa Locker Alliance centralizou o uso de lockers públicos, permitindo que diversas empresas de entrega compartilhem o mesmo terminal, otimizando o espaço urbano e reduzindo a pegada de carbono do sistema de distribuição (Vakulenko; 2023). Essas experiências mostram que, quando bem planejada e integrada à malha logística urbana, a adoção de *smart lockers* pode trazer ganhos expressivos de eficiência, escalabilidade e sustentabilidade (Salinas Lizardo; 2021).

4.3 SITUAÇÃO NO BRASIL: OPORTUNIDADES E LIMITAÇÕES

No Brasil, a aplicação dos armários inteligentes tem avançado, embora ainda enfrente obstáculos estruturais, regulatórios e culturais. Iniciativas como os Correios Locker, os terminais da

Panvel Farmácias, da Via Varejo e os *lockers* independentes da startup Clique Retire já operam em grandes centros, com destaque para São Paulo, Curitiba e Porto Alegre (Mateus; Cardoso, 2021). Essas soluções vêm sendo adotadas principalmente por empresas que desejam ampliar sua capacidade de entrega sem expandir seus centros físicos de distribuição, oferecendo mais autonomia ao consumidor e aliviando o sistema logístico tradicional (Negreiros; Sousa, 2022).

Contudo, existem barreiras que dificultam a expansão da tecnologia no território nacional. Entre elas, destacam-se o alto custo inicial de implementação, a baixa cultura logística voltada à descentralização, e a falta de integração com políticas públicas de mobilidade urbana e infraestrutura digital (Nascimento et al.; 2021). Outro fator é o desconhecimento do público sobre o funcionamento dos *lockers*, como mostrou uma pesquisa em estações de metrô de São Paulo, onde grande parte dos usuários afirmou nunca ter tido contato com esse tipo de tecnologia, apesar de manifestar interesse em utilizá-la (Cruzeiro; Kloeckner, 2022).

Mesmo diante dessas limitações, os *smart lockers* são apontados como uma alternativa viável e escalável para melhorar a performance logística do e-commerce brasileiro, desde que acompanhados de educação do consumidor, incentivo à inovação por parte do Estado e parcerias entre varejo e operadores logísticos (Vakulenko; 2023).

5 ARMÁRIOS INTELIGENTES COMO SOLUÇÃO ESTRATÉGICA

A incorporação dos armários inteligentes ao sistema logístico do e-commerce vai além da modernização operacional ela representa uma estratégia de transformação estrutural. Esses dispositivos passaram a integrar as soluções de ponta da cadeia de suprimentos, com impacto direto na redução de custos operacionais, aumento da eficiência da entrega, aprimoramento da experiência do consumidor e integração com tecnologias digitais emergentes. Com essa multifuncionalidade, os *smart lockers* são cada vez mais percebidos como pontos logísticos avançados e sustentáveis, capazes de atender à complexidade da logística urbana de forma inteligente, escalável e adaptável.

5.1 REDUÇÃO DE CUSTOS E AUMENTO DE EFICIÊNCIA NA ÚLTIMA MILHA

A última milha é uma das fases mais custosas e imprevisíveis da entrega, respondendo por até 53% do valor logístico total, especialmente devido a reentregas causadas pela ausência do destinatário, congestionamentos e falhas de roteirização (Negreiros; Sousa, 2022). Os armários inteligentes ajudam a superar esses entraves ao disponibilizar pontos fixos de retirada em locais estratégicos, como estações de metrô, supermercados e farmácias, reduzindo o tempo de deslocamento e a necessidade de múltiplas tentativas de entrega (Nascimento et al.; 2021). Isso se traduz em redução de combustível, emissões de carbono e pressão sobre os centros de distribuição, tornando o sistema mais eficiente e ambientalmente sustentável (Vakulenko; 2023).

O estudo da Natura, por exemplo, aponta que hubs logísticos automatizados e mecanismos de escoamento por *lockers* podem aliviar os gargalos de distribuição em momentos de pico, como datas comemorativas e campanhas promocionais, ao descentralizar o fluxo de pedidos e agilizar o atendimento às regiões metropolitanas (Severo et al.; 2023). Na experiência da Amazon, o uso de algoritmos de gestão de capacidade dos *lockers* resultou em um aumento de 9% no *throughput* e uma economia de US\$ 24,3 milhões em três anos, confirmando o impacto positivo sobre a eficiência operacional (Sethuraman et al.; 2023).

5.2 MELHORIA DA EXPERIÊNCIA DO CLIENTE

Além dos ganhos operacionais, os *smart lockers* oferecem mais autonomia e comodidade para o consumidor, que pode retirar sua encomenda no momento mais conveniente, sem depender da presença em casa ou da disponibilidade de um atendente (Cruzeiro; Kloeckner, 2022). Isso contribui diretamente para a redução de frustrações, atrasos e devoluções, elevando os níveis de satisfação e fidelização do público consumidor (Schmitz; 2023). Dados de pesquisa indicam que mais de 77% dos usuários optariam por utilizar *lockers* mesmo que tivessem outras opções, e cerca de 80% dos que já usaram a tecnologia passaram a preferi-la em relação aos métodos tradicionais (Mateus; Cardoso, 2021).

Esses índices refletem o valor percebido pelo cliente não apenas no aspecto funcional, mas também na sensação de controle, segurança e praticidade, que se alinham às expectativas do consumidor digital atual (Vakulenko; 2023). A adoção dos *lockers* também facilita o processo de trocas e devoluções, especialmente quando integrados com a logística reversa do e-commerce, reduzindo o atrito nas etapas pós-venda e fortalecendo a reputação da marca (Negreiros; Sousa, 2022). Assim, os *smart lockers* atuam como ferramentas de relacionamento, não apenas de entrega, ampliando a percepção de valor da empresa perante o cliente.

5.3 POTENCIAL DE INTEGRAÇÃO COM TECNOLOGIAS EMERGENTES

A eficácia dos armários inteligentes não se limita à sua estrutura física; ela se amplia exponencialmente quando associada a tecnologias como Internet das Coisas (IoT), geolocalização, aplicativos móveis, *blockchain* e inteligência artificial, compondo um ecossistema logístico inteligente (Soto Júnior et al.; 2023). Empresas como Amazon e InPost já implementaram algoritmos preditivos para alocação de pacotes e ajustes de capacidade em tempo real, aumentando a taxa de sucesso das entregas e diminuindo o tempo de espera para retirada (Sethuraman et al.; 2023).

Além disso, a integração com apps permite que o consumidor acompanhe cada etapa da entrega, receba notificações automáticas e acesse o armário com autenticação segura e personalizada, o que reforça a usabilidade e a confiabilidade do sistema (Vakulenko; 2023). Em projetos mais avançados,

como o Locker Alliance de Cingapura, os *smart lockers* são vistos como infraestruturas compartilhadas, conectadas a redes públicas e privadas, capazes de atender simultaneamente diferentes operadores logísticos e, futuramente, integrar serviços adicionais, como recebimento de documentos oficiais ou retirada de produtos perecíveis (Salinas Lizardo; 2021).

Nesse sentido, os *smart lockers* despontam como nós logísticos urbanos multifuncionais, aptos a operar como hubs de distribuição, pontos de coleta, centros de logística reversa e plataformas de dados inteligentes, consolidando-se como um elo vital entre o e-commerce, o consumidor e a cidade inteligente do futuro (Vakulenko; 2023).

6 CONCLUSÃO

A análise sobre a implementação dos armários inteligentes como solução logística para o e-commerce evidencia uma mudança significativa na forma como as empresas lidam com os desafios da última milha, revelando que a integração de tecnologias automatizadas à cadeia de distribuição urbana não se resume à modernização operacional, mas à redefinição estratégica de toda a experiência de entrega, com impactos diretos na eficiência, sustentabilidade e satisfação do consumidor.

Os dados apresentados ao longo da pesquisa demonstram que os *smart lockers* possuem potencial para reduzir custos logísticos, minimizar falhas de entrega, descentralizar o processo de distribuição e, ao mesmo tempo, oferecer ao consumidor maior autonomia na retirada de seus pedidos, representando uma ruptura positiva nos modelos tradicionais de entrega, sobretudo em grandes centros urbanos onde o tráfego e a densidade populacional comprometem a previsibilidade e a agilidade das operações.

A experiência internacional indica que a adoção massiva dessa tecnologia depende não apenas de fatores técnicos ou financeiros, mas de políticas públicas, incentivos à inovação e envolvimento de múltiplos atores da cadeia logística, o que reforça a necessidade de uma abordagem integrada entre o setor privado e os gestores urbanos para que os armários inteligentes deixem de ser uma solução pontual e passem a compor a infraestrutura logística permanente das cidades.

Ao considerar o caso brasileiro, nota-se um avanço progressivo na adoção dos *lockers*, ainda que com limitações ligadas à infraestrutura, desconhecimento do público, custo de implementação e ausência de regulamentação específica que incentive sua expansão, fatores que impõem barreiras ao crescimento do modelo, mas que também evidenciam uma oportunidade latente de transformação e liderança tecnológica no cenário logístico latino-americano.

O uso dos armários inteligentes transcende a logística do e-commerce e passa a integrar a lógica de cidades inteligentes, onde espaços públicos, serviços e tecnologias convergem para promover maior fluidez, conectividade e sustentabilidade, sendo esse um caminho promissor para reorganizar a

mobilidade urbana, reduzir emissões e garantir mais eficiência na prestação de serviços a uma população cada vez mais conectada e exigente.

Os benefícios operacionais dessa tecnologia, como a redução de reentregas, a melhora do índice de sucesso logístico e a menor dependência de janelas de horário, tornam os smart lockers uma alternativa viável e escalável, capaz de atender tanto o pequeno varejista digital quanto grandes redes de marketplace, promovendo competitividade e inclusão digital de forma horizontalizada.

A percepção positiva dos consumidores em relação à autonomia e segurança proporcionadas pelos lockers também contribui para seu fortalecimento, mostrando que o valor percebido na experiência de entrega vai além da pontualidade, envolvendo elementos como conveniência, controle e menor fricção no relacionamento com as marcas, o que reforça o papel estratégico da logística como vetor de fidelização.

Ao ampliar a discussão para o campo da sustentabilidade, observa-se que os armários inteligentes possuem potencial significativo para contribuir com metas ambientais e com a construção de uma cadeia de suprimentos mais responsável, principalmente quando integrados a sistemas de logística reversa, uso compartilhado e estratégias de planejamento urbano voltadas à redução do impacto ambiental da distribuição de última milha.

A integração dos lockers com tecnologias emergentes como IoT, inteligência artificial, blockchain e geolocalização oferece ainda mais possibilidades para o avanço da logística digital, criando sistemas preditivos, adaptativos e conectados, que se alinham às tendências globais de automação, hiperpersonalização e eficiência energética, consolidando o papel dos armários inteligentes como hubs logísticos urbanos multifuncionais.

Dessa forma, conclui-se que os armários inteligentes representam uma solução logística viável, eficiente e sustentável para o e-commerce, com grande potencial de expansão no Brasil e no mundo, sendo necessário fomentar políticas públicas, ampliar o acesso à tecnologia e promover a colaboração entre os agentes logísticos, a fim de viabilizar sua plena integração à malha urbana e transformar a última milha em um diferencial competitivo e socialmente responsável.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, Lucas Araujo et al. Logística 4.0: Centro de distribuição automatizado-HUB. 2023. Disponível em: <http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/13367>.
- CRUZEIRO, Ana Carolina; KLOECKNER, Natália Varela. Lockers de lavanderia: percepção de moradores de Curitiba durante a pandemia da COVID-19. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/anais/arquivos/09262022_230950_63325c5eb7ef2.pdf.
- DE SOUZA NASCIMENTO, Larissa et al. LOCKER: potencial instalação na estação de metrô Corinthians-Itaquera em São Paulo. Disponível em: https://www.fateczl.edu.br/engetec/engetec_2021/4_EnGeTec_paper_149.pdf.
- LIZARDO, Ángel Antonio Salinas. Propuesta sobre la implementación de casilleros inteligentes como una forma de entrega de paquetería de productos medianos resultantes de una transacción electrónica en Tegucigalpa. 2023. Disponível em: <https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/11992/31711888-enero2021-i09-pg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MARIOTI, Ana Paula Estuqui et al. Impacto da pandemia da COVID-19 na distribuição logística do e-commerce: revisão sistemática da literatura. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228293>.
- MATEUS, Bruna Marinho Palhão; CARDOSO, Melina Aparecida Plastina. A operação de compra e venda pelo sistema locker e a interferência da pandemia nesse sistema. Revista Cesumar – Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Maringá, v. 26, n. 2, p. 243-254, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/revcesumar/article/view/10047>.
- NEGREIROS, Stephanie Silva et al. Ecommerce para reentrega. 2022. Disponível em: <http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/handle/123456789/10025>.
- SCHMITZ, Júlia et al. Fatores determinantes para uso de armários inteligentes para entregas de última milha: uma análise qualitativa com consumidores do varejo de materiais de construção. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/253233>.
- SETHURAMAN, Samyukta et al. Amazon locker capacity management. INFORMS Journal on Applied Analytics, v. 54, n. 6, p. 455-470, 2023. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/inte.2023.0005>.
- SOTO JÚNIOR, José Henrique; SILVA, Murilo Ribeiro; SANTOS, Tiago Donizeti dos. Correio inteligente: porta objeto e-commerce. 2023. Disponível em: <http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/21573>.
- VAKULENKO, Yulia. Parcel locker policy: review and future directions. 2023. Disponível em: <https://aster.lindholmen.se/sites/default/files/2023-10/parcel-locker-policy-report.pdf>.