Last-Mile Delivery no contexto de Cidades Inteligentes e Logística Sustentável

Bruno César Nogueira
Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense
Niterói, RJ - Brasil
brunocn@id.uff.br

Luiz Satoru Ochi
Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense
Niterói, RJ - Brasil
satoru@ic.uff.br

RESUMO

O crescimento do comércio eletrônico e a busca por entregas mais rápidas têm impulsionado o mercado global de entrega de última milha (*last-mile delivery*). No entanto, os desafios logísticos e de carga nas áreas urbanas têm sido um obstáculo. O paradigma das cidades inteligentes oferece uma abordagem para enfrentar esses desafios, aproveitando a tecnologia e promovendo o compartilhamento de dados, adoção de energias renováveis e melhoria da infraestrutura de transporte urbano. Este artigo discute como o setor de logística têm se adequado as práticas sustentáveis como também realiza um mapeamento das principais funcionalidades dos sistemas de gerenciamento de transporte (TMS) para otimizar a cadeia logística.

PALAVRAS CHAVE: Cidades Inteligentes, Logística Sustentável, *Last-Mile Delivery*.

ABSTRACT

The growth of e-commerce and the search for faster deliveries have driven the global last-mile delivery market. However, logistical and cargo challenges in urban areas have been an obstacle. The smart city paradigm offers an approach to address these challenges by leveraging technology and promoting data sharing, adoption of renewable energy and improved urban transport infrastructure. This article discusses how the logistics sector has been adapting to sustainable practices, as well as mapping the main functionalities of transport management systems (TMS) to optimize the logistics chain.

KEYWORDS: Smart Cities, Sustainable Logistics, Last-Mile Delivery.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

1. Introdução

De acordo com o relatório da União Europeia [“Smart Cities” 2023] estima-se que até 2050 quase 70% da população mundial viverá em áreas urbanas, que podem variar desde "megacidades" até pequenos assentamentos. O crescente volume de compras realizadas pela internet está transformando a cadeia de suprimentos e a logística, especialmente no que diz respeito à entrega de última milha *(LMD - Last-mile delivery)*. Segundo dados do [“Statista” 2023], espera-se que o mercado global de LMD ultrapasse os 200 bilhões de dólares até 2027 (Figura 1). No entanto, a infraestrutura e os recursos das cidades na maioria dos casos não têm sido suficientes para resolver os desafios logísticos e de carga no ambiente urbano. Nesse contexto, o Paradigma das Cidades Inteligentes *(Smart Cities - SC)* oferece uma abordagem para enfrentar esses desafios, aproveitando a tecnologia para auxiliar a cadeia de suprimentos. Isso inclui o compartilhamento de dados entre empresas e clientes, a adoção de fontes renováveis de energia e o investimento na melhoria da infraestrutura do transporte urbano.

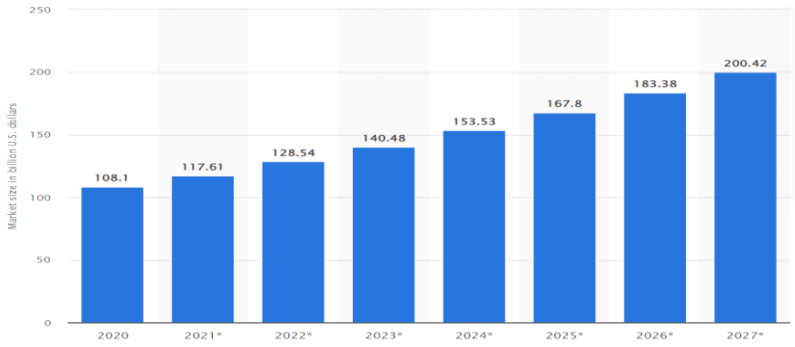


Figura 1 – Dimensão do mercado global de entrega de última milha 2020-2027 [“Statista” 2023]

No que diz respeito a experiência de compra, a “última milha” é uma etapa crucial, uma vez que está diretamente ligada a relação entre vencedor e o cliente. Compreendendo a importância desse elo logístico entre vendedor e cliente, muitas empresas têm direcionado seus esforços para aprimorar a fidelização dos clientes. Um dos principais enfoques é o serviço de entrega, no qual o objetivo é realizar a entrega no mesmo dia, frequentemente com rastreamento em tempo real, desde a saída do produto do vendedor até o local de entrega. Uma pesquisa recente do Instituto de Investigação Capgemini [“Capgemini Report” 2023] revelou que a fidelidade do consumidor é impulsionada quando são oferecidas opções de entrega mais rápidas (Figura 2). No entanto, é surpreendente que apenas 19% das empresas disponibilizem entregas em duas horas ou menos. Reconhecendo a importância dessa conexão final com o cliente, é essencial que as empresas invistam na entrega ágil para fortalecer sua relação com os consumidores.

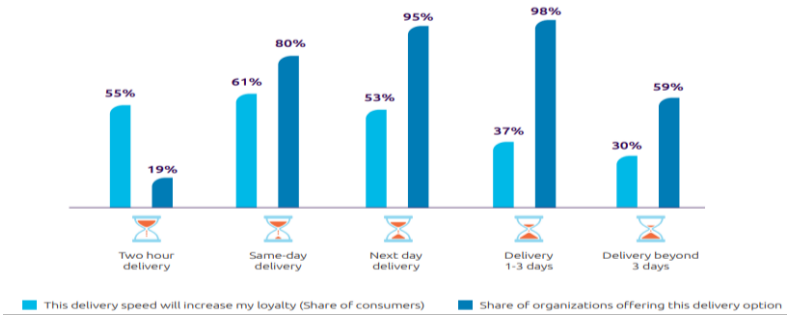


Figura 2 - Entregas mais rápidas criam maior fidelidade [“Capgemini Report” 2023]

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

Com a expansão do mercado de entregas de última milha, surgem diversas oportunidades para empresas de diferentes tamanhos e até mesmo para trabalhadores autônomos que desempenham serviços de entrega para grandes empresas de e-commerce, como Amazon.com, Shein, Mercado Livre, Americanas.com, entre outras. No entanto, essa oportunidade também traz consigo desafios logísticos significativos, uma vez que a entrega de última milha representa 41% do custo total na cadeia de suprimentos, conforme apontado no relatório do Instituto Capgemini [“Capgemini Report” 2023], Figura 3.

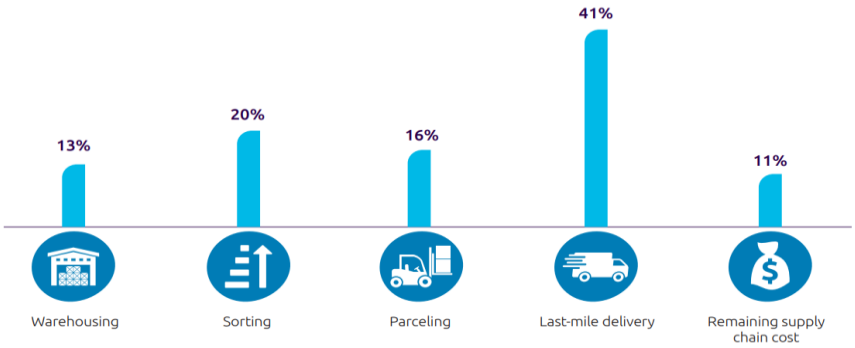


Figura 3 - A entrega na última milha é o maior fator de custo na cadeia de suprimentos [“Capgemini Report” 2023]

Em busca de uma redução de custos e no contexto de um ambiente urbano cada vez mais competitivo, muitas empresas têm surgido com um modelo de negócio que visa promover a sustentabilidade. Essas empresas se destacam por oferecer não apenas entregas rápidas, mas também pela diversificação de suas frotas, que incluem carros de passeio, motos e bicicletas elétricas.

Um exemplo desse tipo de empresa é a Eu Entrego, uma LogTech que conecta varejistas a uma rede de entregadores autônomos (Figura 4). Esses entregadores utilizam veículos variados para realizar as entregas de última milha, adotando o modelo de *crowdshipping*, também conhecido como remessa coletiva ou logística de multidão. Esse modelo permite a terceirização das entregas para um público não especializado, abrindo um novo mercado de trabalho no campo da logística.

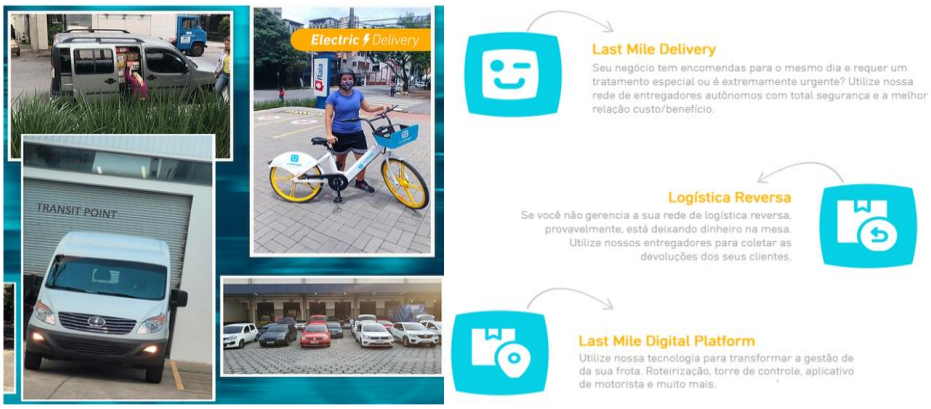


Figura 4 - Frota e serviços da Eu Entrego.
Fonte: https://www.euentrego.com.br

O propósito deste trabalho é oferecer uma visão atual abrangente da transformação causada pela entrega de última milha no mercado de logística, no contexto das cidades inteligentes, com

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

ênfase nas práticas sustentáveis e socialmente responsáveis em todas as etapas da cadeia de suprimentos. Além disso, será feita uma atualização das principais funcionalidades fornecidas pelas empresas de TMS no Brasil.

2. Trabalhos Relacionados

Com o aumento do e-commerce no mundo e uma logística cada vez mais competitiva muitos estudos têm surgido com o objetivo de entender o impacto do modelo de entrega de última milha quando confrontado com sistemas tradicionais de logística e suprimentos e sua adequação com os objetivo da Agenda 2030 da ONU [Nations 2023], como Cidade e Comunidade sustentáveis e Energia limpa e acessível (Figura 5).



Figura 5 - Metas de desenvolvimento sustentável [Nations 2023]

Em [Queiroz and Guimarães 2022] foi apresentado um estudo de caso sobre o sistema logístico de distribuição utilizado por uma empresa que realiza entregas *LMD* na Região Metropolitana do Recife. Este estudo explorou as principais tecnologias relacionadas aos modelos de infraestrutura de distribuição logística de última milha utilizados em Cidades Inteligentes.

Uma visão de Indústria 4.0 é discutida em [Correia et al. 2021] introduzindo o conceito última milha como Serviço (*LMaaS - Last-Mile-as-a-Service*). Esse conceito se baseia em uma estrutura de transporte e armazenamento de última milha permitindo que qualquer empresa forneça produtos personalizados quase em tempo real para qualquer local.

Examinando os conceitos de última milha estabelecidos e novos com um foco na pesquisa operacional, [Boysen et al. 2021] aborda problemas de decisão específicos que ocorrem ao configurar ou operar a entrega de última milha. Neste trabalho são discutidos os problemas de decisão mais importantes e quais os métodos de pesquisa operacional mais indicados para cada tipo de sistema de última milha.

Em [Castro et al. 2020] foi utilizada a metodologia SAPEVO-M com o objetivo de selecionar um tipo de Sistema de Gerenciamento de Transporte (*TMS - Transport Management System*) para otimizar o processo de administração de frota de veículos de uma transportadora. Os resultados obtidos auxiliarão na seleção do melhor sistema de gerenciamento a ser implementado pela empresa e conceder outro ponto de vista à decisão.

Atualmente as empresas tem explorado bastante o conceito de: *Transporte Multi-modal*, onde são utilizadas um conjunto de meios de transporte para mercadorias em geral. Um segmento em alta, é o uso de VANSs (veículo aéreo não tripulado) mais conhecido como Drones. Explorando o uso de drones para o serviço de delivery, [Zudio et al. 2022], aborda o problema de roteamento

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

híbrido com *veículo tripulado-drone* para serviço de coleta e entrega *(Hybrid Vehicle drone Routing Problem - HVDRP)* apresentando uma abordagem baseada na técnica de inteligência computacional conhecida como *Variable Neighborhood Search (VNS)* para o HVDRP. Os resultados mostram que o *VNS* proposto obtém soluções equivalentes ou superiores quando comparado com as de outras abordagens da literatura.

Outros trabalhos interessantes de transporte envolvendo drones em modelos multiobjetivos são propostos em [Coelho et al. 2017a]; [Marques Junior et al. 2022, 2023], onde os autores apresentam com sucesso; novos algoritmos que conjugam conceitos da Inteligência Computacional, *Machine Learning* e Otimização Combinatória.

Em [Nazario et al. 2017], os autores mostram que em problemas de logística inteligente e transportes incluindo os segmento de "*última milha*", uma das melhores tecnologias são as híbridas conjugando conceitos de processamento de alto desempenho (PAD) com *Machine Learning* e Inteligência Artificial,

Adotando uma abordagem sistêmica, [Özbekler and Karaman Akgül 2020] se baseia na tipologia de esquemas de consolidação e distribuição na logística da cidade para definir a viabilidade de iniciativas de micrologística no âmbito da cidade inteligente que consiste em mobilidade, sustentabilidade e habitabilidade, obtendo assim a identificação dos esquemas de logística da cidade com destaque para as abordagens atuais em cidades inteligentes.

3. Entrega de última milha

O termo "*última milha*" tem sua origem no setor de telecomunicações para designar a etapa final de uma rede. Quando aplicado à cadeia de suprimentos, refere-se ao último segmento do processo de entrega do produto que pode ser o último centro de distribuição, ponto de consolidação, armazém local ou atualmente na residência do cliente [Correia et al. 2021]. Já [Boysen et al. 2021] considera a entrega de última milha como todas as atividades logísticas relacionadas à entrega de remessas para residências de clientes particulares em áreas urbanas.

Como mencionado anteriormente, a entrega de última milha é considerado tanto a etapa mais onerosa quanto a menos eficiente e ecológica dentro da cadeia de suprimentos, de acordo com [Wang et al. 2016]. Outros desafios a serem superados dizem respeito a eficiência (velocidade de entrega), transparência (status de entrega do produto) e atrito (qualidade da experiência de compra).

Um ponto importante a ser analisado é a perspectiva holística em relação à jornada do produto, pois os clientes percebem a experiência de compra e venda como uma só empresa, quando na verdade o produto passa por diversas empresas.

Em 2018 a ["CB Insights Research" 2018] identificou 125 empresas LogTechs distribuídas em 13 categorias como apresentado na Figura 6.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

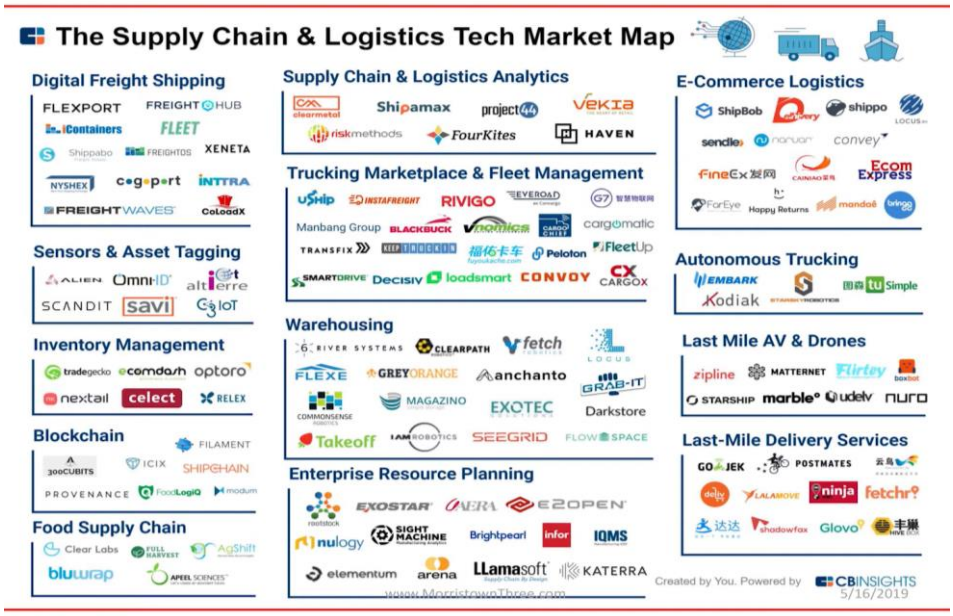


Figura 6 - Mapa do mercado de tecnologia da cadeia de suprimentos e logística ["CB Insights Research" 2018]

Assim, um produto comprado na China com destino ao Brasil, provavelmente deve utilizar o modal marítimo, assim pode-se contratar empresas como Flexport ou iContainers que atuam como despachantes digitais de frete, com o objetivo de substituir os despachantes tradicionais. Depois pode ser contrada a C3IoT, que utiliza software baseado em IA e tecnologia IoT para rastrear os produtos. Dependendo da quantidade de produtos que a empresa chinesa enviar para o Brasil pode ser necessário uma gestão de inventário, podendo-se contratar a empresa Nextail que utiliza software e análise para otimizar a alocação de estoque para varejistas.

A fim de aumentar a transparência da cadeia de suprimentos rastreando o histórico de mercadorias, pode ser contratado a ShipChain, que visa fornecer contratos inteligentes por meio da tecnologia de blockchain. Caso o produto passe por outros países, pode ser contratado a ClearMetal para rastrear as remessas de pedidos à medida que se movem pelo mundo, ajudando a prever quais transportadoras fornecerão o serviço mais confiável e estimando os riscos de atrasos. Ao chegar ao Brasil o produto será encaminhado para um caminhão que foi previamente contratado pela plataforma Cargomatic que conecta remetentes e transportadoras on-line em tempo real. O produto será levado para um armazém que possui robôs da Commonsense Robotics que operam em microcentros de atendimento – pequenos armazéns que podem ser colocados em áreas urbanas densas – para uma entrega de última milha mais eficiente. Por fim a empresa chinesa levar o produto para a casa do cliente fazendo o uso de veículos contratando a Udelv ou utilizando drones, contratando a Zipline.

Após toda essa jornada disruptiva, caso o produto demore mais do que os 5 dias informados pela empresa chinesa o cliente pode entrar no aplicativo da empresa, cancelar a compra, ser reembolsado e colocar um comentário reclamando que a empresa não entrega seus produtos no prazo combinado.

4. Sistema de Gerenciamento de Transporte

Com a globalização do mercado, acompanhar toda cadeia logística de um produto se tornou algo muito complexo. Assim, muitas empresas têm investido no desenvolvimento, aquisição ou contratação de soluções voltadas para o gerenciamento de toda cadeia de logística, tais sistemas

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

são chamados de Sistema de Gerenciamento de Transporte ou *TMS (Transport management system)*.

Sistemas de gerenciamento de transporte são tecnologias de informação usadas para planejar, otimizar e executar operações de transporte. Um TMS pode facilitar as atividades de gerenciamento de transporte que ocorrem antes, durante e depois do movimento de transporte, otimizando os fluxos de frete entre várias instalações, rastreando o frete em trânsito e gerenciando o processo de pagamento do frete [Griffis and Goldsby 2007].

Com uma perspectiva mais voltada para o ambiente urbano, [Wanganoo and Patil 2020], usa o termo "*City Logistics*" definindo-o como o processo de otimização e planejamento das atividades de logística e transporte com o suporte de gerenciamento avançado de informações, incluindo otimização de tráfego, segurança e custo. Desta forma o uso de TMS facilita a movimentação do transporte otimizando os fluxos de carga na malha, rastreando o frete em trânsito e gerenciando o processo de pagamento do frete.

Contudo, devido ao rápido avanço da tecnologia da informação e comunicações (TIC), os dois trabalhos acima não consideram muitos outros serviços já oferecidos pela maioria das plataformas de TMS atuais. De acordo com a ["Intelipost - TMS" 2023], TMS, é um software completo, voltado para a gestão de transporte que geralmente possui flexibilidade de se integrar a um Sistema Integrado de Gestão Empresarial (*ERP - Enterprise Resource Planning*), facilitando o controle de todo o fluxo logístico da empresa. Normalmente ele é dividido em módulos, que são adquiridos de acordo com a necessidade do negócio. O objetivo é alcançar um aumento da qualidade e da produtividade nos processos de distribuição de cargas. No que diz respeito à integração com *ERP*, ele facilita o intercâmbio de informações financeiras, contábeis e fiscais, além de agilizar a emissão de documentos, como NFS-e.

5. Mapeamento das funcionalidades dos *TMS*

No estudo realizado por [Griffis and Goldsby 2007], foi conduzida uma pesquisa com 45 empresas Norte Americanas que adotaram o *TMS*, onde estas relataram uma variedade de funcionalidades importantes nos sistemas que implementaram. A Figura 7 ilustra as funcionalidades mais populares utilizadas pelas empresas pesquisadas.

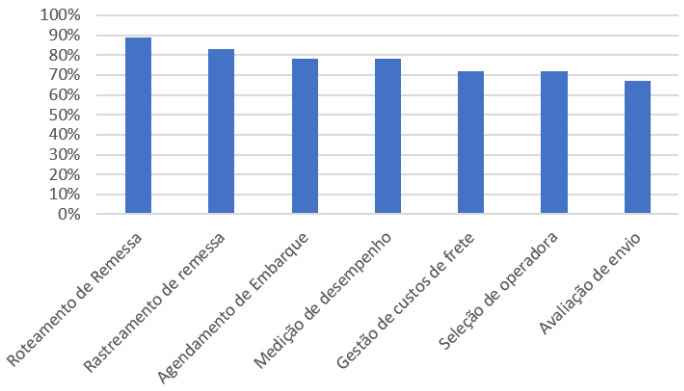


Figura 7 - Funcionalidades mais comuns do TMS
Fonte: Adaptado de [Griffis and Goldsby 2007]

Nos últimos anos, os avanços nas tecnologias de GPS, telefonia móvel (4G/5G) e sistemas da informação e comunicações têm possibilitado a adição de diversas funcionalidades aos sistemas de gerenciamento de transporte. Nesse contexto, com o intuito de mapear as principais

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

funcionalidades oferecidas pelas empresas de *TMS* disponíveis no Brasil, foi realizado um levantamento para identificar as novas funcionalidades e quantas delas cada empresa utiliza.

A listagem das empresas foi feita por meio de pesquisa na internet, adotando como critério de inclusão a utilização de uma plataforma online e a oferta de pelo menos três das funcionalidades identificadas. Para identificar qual função cada empresa oferece foi realizada uma análise nas páginas web e redes sociais de cada empresa. Como não foi realizado contato diretamente com as empresas, há uma margem de erro quanto a inclusão ou omissão de funcionalidades associada as respectivas empresas. O resultado dessa pesquisa é apresentado na Tabela 1.

As funcionalidades oferecidas por *TMS* podem variar de acordo com a empresa desenvolvedora. Entretanto, elas abrangem desde as questões mais operacionais até o suporte à gestão. Dentre as principais funcionalidades destacam-se o cálculo de frete, rastreio do produto e serviços de mensageria e *marketplace*. Abaixo segue o detalhamento de cada uma das funcionalidades identificadas.

Cálculo de Frete: Auxilia na escolha de qual é a melhor transportadora para cada envio que é realizado. O resultado é obtido em tempo real e baseado nas regras de negócio que foram configuradas.

Gestão de Despacho: Automatiza o intercâmbio de informações tornando possível integrar o sistema da empresa com as transportadoras e os Correios o que ajuda a otimizar os processos, tornando-os mais simples e ágeis.

Rastreamento e Mensageria: Permite realizar o acompanhamento do status dos transportes em tempo real, além de automatizar o processo de notificação proativas aos clientes sobre o status das entregas. Isso ajuda a reduzir os custos com atendimento, reentregas e devoluções.

Gestão e Auditoria: Ajuda na conferência dos CT-es (Conhecimento de Transporte Eletrônico) e nas faturas que são emitidas para as transportadoras contratadas e os Correios. Já a auditoria auxilia identificação de divergências entre o que foi acordado e o que está sendo cobrado pela transportadora. Isso proporciona maior rapidez nas análises, diminui o índice de erros e simplifica a gestão financeira.

Ferramentas de Análise: Possibilita ao gestor acompanhar e mensurar os processos adequadamente fornecendo conhecimentos mais sólidos para a tomada de decisão. Com essa opção, torna-se possível identificar falhas nos processos, suas causas e criar planos de ação mais precisos, além de apontar quais etapas podem ser aprimoradas.

Omnichannel: Permite conectar toda rede de lojas, centros de distribuição e canais de venda on-line para gerenciar os envios em uma única plataforma logística. Assim o consumidor ao não encontrar um produto em uma loja física pode realizar a compra do mesmo de forma on-line e agendar a retirada do produto ou solicitar o envio para sua residência.

Shipping from Store: Agiliza a entrega do produto possibilitando o envio dos pedidos a partir das lojas físicas, dark stores, centros comerciais ou shoppings garantindo vantagem competitiva através de entregas do tipo *sameday e nextday*.

Marketplace: Esta função intermedia as compras entre o consumidor final e os *sellers* cadastrados, como Amazon, Americanas, Shein, entre outros. Funciona como uma grande vitrine com diversos produtos de diferentes vendedores.

Aplicativo do Motorista: Automatiza e centraliza em uma única plataforma todas as ações do motorista para maior precisão e pontualidade nas entregas.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

Gerenciador de Rotas: Faz o uso de algoritmos e inteligência artificial para automatizar o planejamento das melhores rotas com base nas informações extraídas automaticamente do sistema de gestão da empresa sobre as coletas e entregas que precisam ser realizadas. O sistema geolocaliza os endereços, gera todas as rotas necessárias e otimiza a frota para a próxima jornada. O sistema ainda efetua a separação da carga conforme capacidade de cada veículo, gerando agilidade e segurança em cada entrega e coleta.

Torre de Controle: Permite que a empresa tenha total visibilidade sobre a performance de suas entregas, fazendo o uso de diversos indicadores de entregas através de relatórios atualizados. Possibilita a identificação tendências e oportunidades de novos negócios com base em dados como canais de vendas, custo médio de frete aplicado, prazo médio prometido e realizado para cada uma das entregas, taxas de performance dos prazos e das ocorrências.

Reversa: Esta função fornece agilidade para o processo de logística reversa aumentando a satisfação do consumidor.

Financeiro: Faz o gerenciamento das transações financeiras de *e-commerce*, *marketplace* e lojas físicas fornecendo relatórios consolidados em um único painel que permite criar estratégias financeiras mais assertivas e identificar gargalos orçamentário.

Gerenciador de Estoque: Realiza a consolidação do estoque de produtos distribuídos em diferentes locais, tanto em armazéns fixos, como grandes centros de distribuição, pequenos centros urbanos ou lockers espalhados pela cidade, além de acompanhar cargas em trânsito por meio de diferentes modais, como marítimo, aéreo ou rodoviário.

Integração e Importação: Permite importar as vendas efetuadas em diversas plataformas on-line como Amazon, Mercado Livre, Shopee, entre diversas outras possibilitando automatizar os processos de gestão. É possível ainda solicitar uma coleta para a retirada das encomendas por uma empresa de LMD.

Empresas de TMS / Funcionalidades	Uello	Mandae	FreteRapido	Intelipos	Bub2b	MelhorEnvio	Ideris
Cálculo de Frete		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gestão de Despacho			✓	✓			✓
Rastreamento e Mensageria	✓	✓	✓	✓		✓	
Gestão e Auditoria			✓	✓			
Ferramentas de Análise	✓	✓	✓	✓	✓		
Omnichannel			✓				✓
Shipping from Store	✓	✓	✓				
Marketplace		✓	✓	✓	✓		✓
Aplicativo do motorista	✓						
Gerenciador de Rotas	✓	✓		✓			
Torre de Controle	✓			✓	✓		
Reversa	✓			✓			✓
Financeiro	✓						✓
Gerenciador de Estoque	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Integração e Importação		✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabela 1 - Principais funcionalidades das empresas de TMS

6. Logística Sustentável

Este é um dos tópicos importantes na agenda das Cidades Inteligentes (SC - *Smart Cities*) principalmente nas áreas ligadas ao transporte urbano de carga e entregas de última milha. Para

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

melhor entender o efeito da logística sustentável na escolha de soluções logísticas para o ambiente urbano, é importante compreender o que é uma Cidade Inteligente.

Segundo [Dameri 2013], uma cidade inteligente é uma área geográfica bem definida, na qual as altas tecnologias, como TIC, logística, produção de energia, etc., cooperam para criar benefícios para os cidadãos em termos de bem-estar, inclusão e participação, qualidade ambiental e desenvolvimento inteligente. Já para [Caragliu et al. 2009] uma SC tem a capacidade de ser inteligente quando os investimentos em capital humano e social e em infraestrutura de transporte e tecnologia alimentam o crescimento econômico sustentável com uma gestão inteligente dos recursos naturais, por meio da governança participativa". Em [Giffinger et al. 2007] a mobilidade inteligente e o meio-ambiente inteligente são duas dimensões usada para verificar o quão inteligente é uma cidade.

[Özbekler and Karaman Akgül 2020] diz que os esquemas de logística da cidade sob uma perspectiva inteligente podem ser avaliados principalmente em três aspectos: mobilidade (operações de entrega suaves no centro da cidade), sustentabilidade (diminuindo impactos negativos em questões econômicas, sociais e ambientais) e habitabilidade (visando atender às expectativas de todos os atores da cidade, como provedor de serviços de logística, fabricante, governo e morador da cidade).

A adoção de práticas sustentáveis e responsáveis em toda a cadeia de suprimentos pode trazer benefícios econômicos, ambientais e sociais significativos para as empresas e para a sociedade como um todo. Além da redução de custos, essas práticas também contribuem para a redução das emissões de gases poluentes. Ao adotar ações voltadas à sustentabilidade, as empresas estimulam a inovação, o surgimento de soluções mais eficientes e práticas inovadoras, promovendo um ambiente propício para o desenvolvimento de novas ideias e melhorias contínuas. Dessa forma, a prática de sustentabilidade impulsiona a inovação dentro da empresa.

Nesse contexto, é importante destacar que as boas práticas de uma Cidade Inteligente também estão alinhadas com a sustentabilidade. Investimentos em infraestrutura viária, por exemplo, têm como objetivo garantir uma maior fluidez e segurança no transporte urbano, trazendo benefícios tanto para a população quanto para as empresas de logística. Um exemplo é a cidade de São José dos Campos em São Paulo, que obteve certificações de Cidade Inteligente, Cidade Resiliente e Cidade Sustentável [Crasp 2023]. Essas certificações refletem os investimentos realizados, tanto em tecnologia urbana quanto em grandes modificações na estrutura da cidade, como a construção do Túnel do Gás, do Arco da Inovação e a reestruturação das vias Cambuí, Jaguarí e Viaduto Santa Inés. Essas obras otimizaram o fluxo do trânsito na cidade, beneficiando tanto as empresas de logística quanto a população em geral. Assim, a busca por soluções sustentáveis e inteligentes não apenas fortalece as práticas empresariais, mas também impulsiona o desenvolvimento urbano e contribui para a melhoria da qualidade de vida da comunidade como um todo.

7. Conclusões

Este trabalho buscou evidenciar como a entrega de *última milha* desempenha um papel crucial no contexto das cidades inteligentes e da cadeia de suprimentos. Com o aumento do comércio eletrônico e a crescente urbanização, tornou-se evidente que os recursos logísticos e a infraestrutura das cidades não são suficientes para enfrentar os desafios da entrega eficiente e sustentável. Nesse sentido, tanto as empresas quanto as cidades estão buscando soluções inovadoras, como o compartilhamento de dados, a adoção de fontes de energia renovável e o investimento em infraestrutura de transporte, para melhorar a última milha e fortalecer a relação com os clientes e a população em geral.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

Referências

Boysen, N., Fedtke, S. and Schwerdfeger, S. (2021). Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. *OR Spectrum*, v. 43, n. 1, p. 1–58.

Caragliu, A., Del Bo, C. and Nijkamp, P. (2009). Smart Cities in Europe. *VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics, Serie Research Memoranda*, v. 18.

Castro, M. D. D., Menezes, P. P., Santos, M. D., Teixeira, L. F. H. D. S. D. B. and Gomes, C. F. S. (2020). Aplicação do Método SAPEVO-M para Seleção de um Sistema de TMS para uma Transportadora. In *Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha - Publicação Online*. Editora Blucher. http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/34469, [accessed on May 26].

Coelho, Bruno Nazário.; Coelho, Vitor Nazário; Machado, Igor Coelho.; Ochi, Luiz Satoru.; Koochaksaraei, Roozbeh H.; Zuidema, Demetrius.; Lima, Milton S. F.; and da Costa, Adilson R. (2017) "A Multi-Objective Green UAV Routing Problem". in COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH, ELSEVIER, Vol. 88 - p. 306-315, 2017

Correia, D., Teixeira, L. and Marques, J. L. (2021). Last-mile-as-a-service (LMaaS): An innovative concept for the disruption of the supply chain. *Sustainable Cities and Society*, v. 75, p. 103310.

Crasp (2023). Cidades Inteligentes - Impacto Positivo na Logística Last Mile. https://www.crasp.gov.br/crasp//site/on-line/cidades-inteligentes, [accessed on May 2].

Dameri, R. (2013). Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal. *International Journal of Computers & Technology*, v. 11, p. 2544.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., et al. (2007). *Smart cities - Ranking of European medium-sized cities*.

Global last mile delivery market size 2020-2027 (2023). https://www.statista.com/statistics/1286612/last-mile-delivery-market-size-worldwide/, [accessed on May 30].

Griffis, S. and Goldsby, T. (2007). Transportation management systems: an exploration of progress and future prospects. *Journal of Transportation Management*, v. 18, n. 1.

Intelipost - TMS | Transportation Management System (2023). *Intelipost*. https://www.intelipost.com.br/tms/, [accessed on Jun 2].

Marques Júnior, Elias; Nazário, Vitor; Coelho, Igor M.; Frota, Yuri A.; Koochaksaraei, Roozbeh; Ochi, Luiz Satoru; and Coelho, Bruno N. (2022). "UAVs routes optimization on smart cities and regions". RAIRO – Operations Research**,** 56 (2022) 853–869

Marques Junior, Elias; Ochi, Luiz Satoru; Coelho, Igor Machado; Maculan, Nelson; Mladenovic, Nenad; Nazário, Vitor; and Coelho, Bruno N. (2023). "A Two-Phase Multi-objective metaheuristicfor a Green UAV Grid Routing Problem". Accepted for publication in Optimization Letters – Springer

Nations, U. (2023). Sustainable Development Goals. https://www.un.org/en/sustainable-development-goals, [accessed on Jun 2023].

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031

Nazario, Vitor., Machado, Igor Coelho., Luz, Eduardo., Rios, Eyder., Ochi, Luiz Satoru., and Guimarães, Frederico Gadelha. (2017). "A GPU deep learning metaheuristic based model for time series forecasting". APPLIED ENERGY, ELSEVIER, Volume 201, pp. 412-418

Özbekler, T. M. and Karaman Akgül, A. (2020). Last Mile Logistics in the Framework of Smart Cities: A Typology of City Logistics Schemes. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. XLIV-4-W3-2020, p. 335–337.

Queiroz, A. and Guimarães, D. (2022). Last Miles Trips: Logistics distribution infrastructure in smart cities and the experiences of service provision in the Metropolitan Region of Recife - PE. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 10.

Shipping Startups Digitizing Supply Chain & Logistics (2018). https://www.cbinsights.com/research/digitizing-supply-chain-logistics-market-map/, [accessed on May 26].

The last-mile delivery challenge (2023). *Capgemini*. https://www.capgemini.com/insights/research-library/the-last-mile-delivery-challenge/, [accessed on May 30].

UNDP - United Nations Development Programme (2023). https://www.undp.org/sgtechcentre/smart-cities-1, [accessed on May 30].

Wang, Y., Zhang, D., Liu, Q., Shen, F. and Lee, L. H. (2016). Towards enhancing the last-mile delivery: An effective crowd-tasking model with scalable solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 93, p. 279–293.

Wanganoo, L. and Patil, A. (2020). Preparing for the smart cities: IoT enabled last-mile delivery. In *2020 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*.

Zudio, Anderson, Coelho, Igor Machado and Ochi, Luiz Satoru. (2022). Algoritmo VNS para o Problema de Roteamento Híbrido com Veículo-Drone para Serviço de Entrega e Coleta. *Anais do III Workshop Brasileiro de Cidades Inteligentes (WBCI)* - CSBC2022. https://sol.sbc.org.br/index.php/wbci/article/view/20447, [acesso em 2023].

DOI: 10.59254/sbpo-2023-175031
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/175031