

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO REGIONAL E GESTÃO
DA CIDADE
DOUTORADO EM PLANEJAMENTO REGIONAL E GESTÃO DA CIDADE

Geísa Pereira Marcilio Nogueira

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NAS ENTREGAS DE PRODUTOS DO *E-COMMERCE B2C* E SEUS EFEITOS NA LOGÍSTICA URBANA: PERSPECTIVAS A PARTIR DE CONSUMIDORES

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
Março de 2021

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO REGIONAL E GESTÃO
DA CIDADE
DOUTORADO EM PLANEJAMENTO REGIONAL E GESTÃO DA CIDADE

Geísa Pereira Marcilio Nogueira

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NAS ENTREGAS DE PRODUTOS DO *E-COMMERCE B2C* E SEUS EFEITOS NA LOGÍSTICA URBANA: PERSPECTIVAS A PARTIR DE CONSUMIDORES

Tese apresentada ao PROGRAMA de Doutorado em Planejamento Regional e Gestão da Cidade, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para a obtenção do grau de DOUTORA EM PLANEJAMENTO REGIONAL E GESTÃO DA CIDADE.

Orientador: Prof. João José de Assis Rangel, DSc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
Março de 2021

Catálogo na fonte

Preparada pela Biblioteca da **UCAM – CAMPOS** 019/2021

Nogueira, Geísa Pereira Marcílio.

Sustentabilidade ambiental nas entregas de produtos do e-commerce B2C e seus efeitos na logística urbana: perspectivas a partir de consumidores. / Geísa Pereira Marcílio Nogueira. – 2021.
122 f.

Orientador(a): João José de Assis Rangel.

Tese de Doutorado em Planejamento Regional e Gestão da Cidade – Universidade Candido Mendes – Campos. Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.
Referências: f. 100-118f.

1. Comércio eletrônico. 2. Logística urbana. 3. Sustentabilidade I. Rangel, João José de Assis, orient. II. Universidade Candido Mendes – Campos. III. Título.

CDU – 658.8:004.738.5

Bibliotecária Responsável: Flávia Mastrogiramo CRB 7^a-6723

GEÍSA PEREIRA MARCILIO NOGUEIRA

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NAS ENTREGAS DE PRODUTOS DO *E-COMMERCE B2C* E SEUS EFEITOS NA LOGÍSTICA URBANA: PERSPECTIVAS A PARTIR DE CONSUMIDORES

Tese apresentada ao PROGRAMA de Doutorado em Planejamento Regional e Gestão da Cidade, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para a obtenção do grau de DOUTORA EM PLANEJAMENTO REGIONAL E GESTÃO DA CIDADE.

Aprovada em 16 de março de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. João José de Assis Rangel, D.Sc - Orientador
Universidade Candido Mendes
Instituto Federal Fluminense

Prof. Eduardo Shimoda, D.Sc
Universidade Candido Mendes

Prof^a. Lia Hasenclever – D.Sc
Universidade Candido Mendes

Prof^a. Simone Vasconcelos Silva, D.Sc
Instituto Federal Fluminense

Prof. Bruno dos Santos Silvestre, PhD
University Of Manitoba

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
Março de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter permitido que eu alcançasse mais essa conquista, na certeza de que sem Ele nada posso em minha vida.

Dedico ao meu esposo Mateus pelo apoio e incentivo, em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis dessa caminhada. Pela compreensão nos momentos de ausência e por sempre acreditar em mim. Amo você!

Dedico à minha amada mãezinha, Janilça, que sempre esteve ao meu lado me apoiando, me incentivando e confiando em mim.

Dedico aos meus irmãos, Maísa e Josias, por terem me inspirado para servir sempre de bom exemplo e para honrar da melhor forma cada oportunidade a mim concedida.

Dedico aos meus sogros, Arlene e Jales, por todo carinho, intercessão, palavras de ânimo e encorajamento.

Dedico, ainda, a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus e Pai agradeço por todo amor e fidelidade, por renovar as minhas forças a cada manhã para a realização desse objetivo e por me abençoar com muito mais do que eu poderia imaginar.

À minha família pela confiança depositada em mim, por todo amor, paciência e compreensão.

Ao meu orientador, João Rangel, pelo profissionalismo, ensinamento, atenção e amizade durante todos esses anos, ajudando-me a tornar possível a concretização desse trabalho.

Aos professores Bruno Silvestre, Lia Hasenclever, Simone Vasconcelos e Eduardo Shimoda por aceitarem o convite para participar da banca examinadora.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro para esta pesquisa.

Às empresas Aquário Marinho do Rio de Janeiro, Paineiras Corcovado e Instituto Conhecer para Conservar que colaboraram conosco com o compartilhamento dos questionários.

Aos colegas Túlio Almeida e Paulo Rossi pela imprescindível parceria durante o desenvolvimento das simulações e ao Fábio Freitas pelo apoio durante a pesquisa.

Aos meus amigos pessoais e aqueles adquiridos no período do doutorado, por todo apoio e companheirismo nos momentos de dificuldades e principalmente pelos momentos de risos e descontração.

Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da Criação, seja animal ou vegetal, ninguém precisará ensiná-lo a amar seu semelhante.

Albert Schweitzer

Eu sou o que me cerca. Se eu não preservar o que me cerca, eu não me preservo.

José Ortega y Gasset

RESUMO

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NAS ENTREGAS DE PRODUTOS DO *E-COMMERCE B2C* E SEUS EFEITOS NA LOGÍSTICA URBANA: PERSPECTIVAS A PARTIR DE CONSUMIDORES

Nos últimos anos, os consumidores priorizaram o custo e a velocidade de entrega sem considerar a sustentabilidade ambiental ao se referirem às decisões de *e-commerce*, ignorando o impacto das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à distribuição final (ou entrega de última milha – EUM) dos produtos adquiridos. Para ajudar a suprir essa lacuna, a presente tese teve como objetivo investigar a percepção de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro quanto à flexibilização de prazos e custos a partir da possibilidade de acesso a informações de sustentabilidade ambiental das entregas dos produtos bem como o possível impacto na logística urbana. Para tanto, foram empregados dois métodos quantitativos, a coleta de dados primários, por meio de questionários aplicados a consumidores, e a simulação computacional. Os resultados do questionário mostraram que, dentre os critérios analisados, o prazo de entrega foi o critério de compra mais importante para o consumidor, seguido do custo de transporte e, por último, as informações ambientais. O potencial de flexibilização do consumidor foi maior para o prazo de entrega do que para o custo. As características sociodemográficas (gênero, idade e escolaridade) dos consumidores influenciaram sua motivação para priorizar a EUM sustentável. O sacrifício do prazo de entrega aceito pelos consumidores depende do tipo de produto. Assim, categorias de produtos, como moda e acessórios e esporte e lazer, são mais aceitas do que saúde/cosméticos/perfumaria ou alimentos e bebidas. Os resultados também sugerem que há potencial para educar os consumidores ao comprar *online*, ajudando-os a revisar suas prioridades a partir da divulgação de informações ambientais. Os resultados dos 15 cenários simulados mostraram que prazos de entrega flexíveis e elevados níveis de ocupação dos veículos têm o potencial de reduzir a quilometragem percorrida pelos veículos e, conseqüentemente, o consumo de combustível durante a EUM, tornando-a mais sustentável ambientalmente.

PALAVRAS-CHAVE: Comércio eletrônico. Consciência do Consumidor. Entrega. Questionário. Simulação. Logística Urbana. Sustentabilidade.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN PRODUCT DELIVERIES ON B2C E-COMMERCE AND ITS EFFECTS ON URBAN LOGISTICS: PERSPECTIVES BASED ON CONSUMERS

Over the past few years, consumers have prioritized cost and speed over environmental sustainability when referring to ecommerce decisions, ignoring the impact of greenhouse gas emissions (GHG) associated with last-mile distribution of the products purchased. To fill this gap, this thesis investigated the perception of electronic consumers in southeastern Brazil as to the flexibility of deadlines and costs from the possibility of access to information on environmental sustainability of product deliveries and the possible impact on urban logistics. To this end, two quantitative methods were adopted, primary data collection, by means of questionnaires applied to consumers, and computer simulation. Results from the questionnaire showed that, among the analyzed criteria, delivery time was the most important purchase criterion for consumers, followed by transportation cost, and lastly, environmental information. The potential for consumer flexibilization was greater for delivery time over cost. The sociodemographic characteristics (gender, age, wage, and education) of consumers influenced their motivation to prioritize to last-mile deliveries linked to sustainability. Also, the delivery time accepted by consumers depends on the type of product. Thus, categories of products such as fashion and accessories and sport and leisure are more likely to be accepted than health/cosmetics/perfumery, or food and beverages. Results also suggest that there is potential to educate e-consumers when purchasing online by helping them revise their priorities from the environmental information dissemination. Results of the 15 scenarios simulated showed that flexible delivery times and high levels of vehicle occupancy have the potential to reduce the total mileage traveled by vehicles and, consequently, fuel consumption during the last-mile distribution, making it more environmentally sustainable.

KEYWORDS: E-commerce. Consumer Awareness. Delivery. Questionnaire. Simulation. Urban Logistics. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resumo das hipóteses de pesquisa.....	39
Figura 2 – Fluxo das etapas da metodologia de pesquisa.....	57
Figura 3 – Visão geral das etapas metodológicas da pesquisa com questionário.....	58
Figura 4 – Variáveis utilizadas para a realização dos testes estatísticos nas hipóteses de pesquisa.	62
Figura 5 – Leiaute tipicamente usado para a consolidação de volumes para a EUM.	67
Figura 6 – Passos para estruturar um estudo de simulação.	71
Figura 7 – Modelo conceitual do sistema na linguagem IDEF-SIM.....	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução do número de consumidores eletrônicos no Brasil.....	54
Gráfico 2 – Evolução do número de pedidos do e-commerce B2C no Brasil.....	55
Gráfico 3 – Evolução do faturamento do e-commerce B2C no Brasil.	55
Gráfico 4 – Evolução do tíquete médio do e-commerce B2C no Brasil.	56
Gráfico 5 – Importância envolvendo o critério de compra prazo de entrega.	79
Gráfico 6 – Importância envolvendo o critério de compra custo de transporte.	80
Gráfico 7 – Importância envolvendo o critério de compra informações ambientais.....	80
Gráfico 8 – Influência das informações de sustentabilidade ambiental nas decisões de compra.	81
Gráfico 9 – Preferência por pedidos de compra com baixa emissão de carbono no transporte.	81
Gráfico 10 – Flexibilidade do custo de transporte.....	82
Gráfico 11 – Flexibilidade da velocidade de entrega.	83
Gráfico 12 – Resultados das simulações e teste de Nemenyi para a QTP em cada cenário.....	87
Gráfico 13 – Relação entre PE e TMF em cada cenário.	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos principais trabalhos da revisão da literatura.....	41
Quadro 2 – Principais eventos mundiais sobre o meio ambiente entre 1962 e 2015.	43
Quadro 3 – ODS da Agenda 2030.	45
Quadro 4 – Principais vantagens e limitações da utilização de questionário.	59
Quadro 5 – Principais vantagens e limitações da utilização de simulação computacional.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala de aderência para importância declarada pelos respondentes em relação às perguntas do questionário.....	60
Tabela 2 – Escala de aderência para concordância declarada pelos respondentes em relação às perguntas do questionário.....	60
Tabela 3 – Codificação do coeficiente Alfa de Cronbach.	65
Tabela 4 – Visão geral das principais características do sistema.	68
Tabela 5 – Elementos e dados de configuração do modelo computacional desenvolvido no software Jupyter.....	76
Tabela 6 – Resumo do conjunto de cenários.	77
Tabela 7 – Características sociodemográficas da amostra.	78
Tabela 8 – Flexibilidade da velocidade de entrega a partir do tipo de produto.....	83
Tabela 9 – Testes estatísticos realizados para as hipóteses H1a, H1b e H1c.	84
Tabela 10 – Correlações de Spearman para as hipóteses 2a e 2b.....	86
Tabela 11 – QTP (médias e erros-padrão) e TMF (médias e erros-padrão) em cada cenário..	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>B2B</i>	<i>Business-to-Business</i>
<i>B2C</i>	<i>Business-to-Consumer</i>
<i>B2G</i>	<i>Business-to-Government</i>
<i>C2B</i>	<i>Consumer-to- Business</i>
<i>C2C</i>	<i>Consumer-to-Consumer</i>
<i>C2G</i>	<i>Consumer-to-Government</i>
COP-21	Conferência das Partes
COVID-19	<i>Corona Virus Disease - 19</i>
CS	Cadeia de Suprimentos
CSS	Cadeia de Suprimentos Sustentável
DS	Desenvolvimento Sustentável
DTP	Distância Total Percorrida
EUM	Entrega de última milha
GCS	Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos
GEE	Gases de Efeito Estufa
<i>IEA</i>	<i>International Energy Agency</i>
MOP-11	11ª Reunião das Partes no Protocolo de Quioto
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PE	Pedidos Entregues
PL	Planejamento Logístico
SE	Sustentabilidade Empresarial
SED	Simulação a Eventos Discretos
SM	Salários Mínimos
<i>TBL</i>	<i>Triple Bottom Line</i>
TMF	Tamanho Médio da Frota
WWF	<i>World Wide Fund for Nature</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CO ₂	Dióxido de Carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido nitroso
CO	Monóxido de carbono
HC	Hidrocarbonetos
NO _x	Óxidos de nitrogênio
SO _x	Óxidos de enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contextualização	16
1.2	Objetivos	19
1.2.1	Objetivo geral	19
1.2.2	Objetivos específicos	19
1.3	Justificativa da tese	19
1.4	Questões de pesquisa	21
1.5	Contribuições da tese	21
1.6	Delimitações da pesquisa	22
1.7	Natureza interdisciplinar da pesquisa	22
1.8	Estrutura da tese	24
2	REVISÃO DA LITERATURA	25
2.1	Cadeia de suprimentos/logística e sustentabilidade	25
2.2	<i>E-commerce</i> e sustentabilidade	26
2.2.1	Os impactos ambientais da logística do <i>e-commerce B2C</i>	28
2.2.2	Distribuição de última milha e sustentabilidade	31
2.2.3	Conscientização de sustentabilidade de consumidores eletrônicos	34
2.2.4	Influência de fatores sociodemográficos na definição de prioridades de compra	36
2.3	Conclusão da revisão da literatura	39
3	METODOLOGIA	42
3.1	Base conceitual	42
3.1.1	Sustentabilidade	42
3.1.2	Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística	46
3.1.3	Cadeia de suprimentos sustentável	48
3.1.4	<i>E-commerce</i> : conceito, tipos e contexto no Brasil	51
3.2	Etapas metodológicas	56

3.2.1	Instrumento de coleta de dados primários	58
3.2.1.1	Elaboração das questões	58
3.2.1.2	Verificação e validação dos itens do questionário.....	63
3.2.1.3	Plano amostral	63
3.2.1.4	Aplicação do questionário	64
3.2.1.5	Processamento e tratamento estatístico dos dados	65
3.2.2	Simulação computacional.....	67
3.2.2.1	Descrição do sistema	67
3.2.2.2	Método.....	68
3.2.2.3	Modelagem	72
4	RESULTADOS.....	78
4.1	Resultados do questionário	78
4.1.1	Análise descritiva	78
4.1.2	Teste de hipóteses.....	84
4.2	Resultados da simulação computacional	87
5	DISCUSSÃO	91
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE	96
6.1	Conclusões	96
6.2	Limitações da pesquisa	98
6.3	Sugestões para trabalhos futuros	99
	REFERÊNCIAS	100
	APÊNDICE A – MODELO DO QUESTIONÁRIO.....	119
	APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO APLICADO <i>ONLINE</i>	120
	ANEXO A – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM.....	122

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O gerenciamento das cadeias de suprimentos (GCS) é responsável pela coordenação dos diversos fluxos de informações e de bens visando o atendimento das necessidades dos consumidores de cada nível da cadeia produtiva (BYRNE *et al.*, 2010). A busca por cadeias de suprimentos (CS) sustentáveis têm se tornado cada vez mais relevante para muitos setores industriais ao redor do mundo e impulsionado políticas públicas com o objetivo de ampliar a sustentabilidade como um todo (BESSELINK *et al.*, 2016). Em um ambiente organizacional que busca não só a lucratividade, mas também atender às necessidades ambientais, se torna necessária a elaboração de estratégias capazes de equilibrar os três pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental) (JACHIMOWSKI *et al.*, 2015). Contudo, essa não é uma questão trivial, pois requer dos tomadores de decisões um sólido conhecimento sobre os custos produtivos, as economias de escala, o *marketing*, os mercados consumidores, os custos logísticos entre outras variáveis (BYRNE *et al.*, 2010).

Com relação às atividades logísticas da CS, as emissões de gases de efeito estufa (GEE), provenientes dos veículos movidos a combustíveis fósseis, constituem um entrave à sustentabilidade e precisam ser mitigadas (MUÑUZURI *et al.*, 2018). De acordo com o relatório *CO₂ emissions from fuel combustion* (2019) da Agência Internacional de Energia (IEA da sigla em inglês *International Energy Agency*), o transporte é um dos principais contribuintes para as emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), sendo responsável por 25% do total das emissões globais (a segunda maior parcela das emissões de GEE em 2017). Desse total, 74% das emissões foram relacionadas ao transporte rodoviário (IEA STATISTICS, 2019).

O transporte de mercadorias é uma atividade crucial para a economia mundial, contudo, o *e-commerce business-to-consumer (B2C)* contribui para o aumento da frequência de transportes e, conseqüentemente, dos impactos ambientais (HUANG; SAVELSBERGH; ZHAO, 2018). Com o crescimento do comércio digital nos últimos anos e o aumento na quantidade de encomendas a serem transportadas e entregues diretamente aos consumidores de maneira individual (FLORIO; FEILLET; HARTL, 2018) a logística tornou-se mais dinâmica para atender a uma demanda cada vez mais diversificada (CASTILLO *et al.*, 2018), principalmente em dias de pandemia como a da COVID-19 (*Corona Virus Disease -19*)

(KISSLER *et al.*, 2020). A literatura destaca vários benefícios associados ao *e-commerce*, como a variedade de produtos, os preços competitivos, as entregas eficientes e a conveniência (CARRILLO; VAKHARIA; WANG, 2014; XU; ZHANG; ZHANG, 2016; CHISUWA *et al.*, 2019), entretanto, ele provoca impactos ambientais ao longo da CS (CHEN *et al.*, 2017; ZENG; FENG; TIAN, 2019), principalmente, por meio das emissões de GEE (MANGIARACINA *et al.*, 2015). De acordo com o relatório *Digital 2021: Global Digital Overview*, o número de consumidores que compraram produtos via *e-commerce* em 2020 foi de, aproximadamente, 3,47 bilhões de pessoas, o equivalente a 44,5% da população global (HOOTSUITE, 2021). Durante a pandemia da COVID-19, em 2020, o valor total do mercado global de *e-commerce B2C* foi de, aproximadamente, US \$ 2,44 trilhões (HOOTSUITE, 2021). À medida que o *e-commerce* aumenta, aumenta o interesse por estudos envolvendo a sustentabilidade desse tipo de transação, visto que a mesma ainda permanece como uma das questões mais desafiadoras para a humanidade (DING; JIN, 2019).

O comércio *online* tem o potencial de transformar não apenas padrões sociais de consumo como também a dinâmica das operações logísticas em um ambiente urbano (BJØRGEN; BJERKAN; HJELKREM, 2019). O *e-commerce B2C* trouxe um aumento das entregas domiciliares e intensificou problemas urbanos, tais como os congestionamentos, os ruídos, o aumento do consumo de combustíveis fósseis e as preocupações quanto aos níveis de emissões gasosas (ARNOLD *et al.*, 2018). Nesse contexto, a infraestrutura de transporte urbano que permanece praticamente inalterada sofre com problemas de mobilidade e outros impactos sociais, ambientais e econômicos (MARUJO *et al.*, 2018). No Brasil, as entregas rápidas e as janelas de tempo restritas para as entregas estão entre os maiores entraves para uma distribuição urbana sustentável de mercadorias (ILOS REPORTS, 2020).

Com o aumento do volume de pedidos via *e-commerce*, os consumidores estão se tornando mais exigentes em aspectos-chave como a velocidade de entrega dos produtos, colocando pressão adicional sobre os impactos ambientais desse consumo (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018; GUO *et al.*, 2019). Tal exigência dos consumidores por entregas rápidas dificulta a existência de um transporte urbano sustentável devido aos baixos níveis de consolidação¹ (JALLER; PAHWA, 2020; CORTES; SUZUKI, 2020). Várias pesquisas sugerem que há maneiras de se reduzir as emissões de GEE do lado da oferta sem grandes investimentos financeiros, como o melhor uso de veículos de carga (ou seja, tipo, idade e

¹ Ocupação de um veículo com os produtos a serem entregues para os consumidores.

comportamento do motorista), otimização de rotas de entrega e alocação de emissões de GEE para remessas específicas (RANGEL; CORDEIRO, 2015; MÁRQUEZ-RAMOS, 2015; UGARTE; GOLDEN; DOOLEY, 2016; MARCILIO *et al.*, 2018; BERTRAM; CHI, 2018). Além disso, algumas tendências e soluções tecnológicas têm sido apontadas, tais como a utilização de veículos elétricos e bicicletas de carga, os aplicativos de frete, os pontos de coleta/entrega, as entregas autônomas e o aumento da taxa de ocupação dos veículos (CORTES; SUZUKI, 2020). No entanto, do lado da demanda, alternativas como o fornecimento de informações ambientais para permitir que os consumidores eletrônicos tomem decisões de sustentabilidade mais conscientes na hora da compra, vêm ganhando força, dando origem a uma maior exploração de *trade-offs* entre custos econômicos e ambientais (CARRILLO; VAKHARIA; WANG, 2014; IGNAT; CHANKOV, 2020).

Diante disso, o comportamento do consumidor tornou-se fundamental no processo de aumento da sustentabilidade das CS, considerando não apenas os aspectos econômicos/financeiros, mas também os impactos da sustentabilidade ambiental em suas escolhas de compra (O'ROURKE; LOLLO, 2015; DUARTE *et al.*, 2016; LAH, 2017; MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018). O aumento da consciência do consumidor eletrônico através da disponibilização de informações ambientais durante a compra pode representar uma forma importante de influência em seus hábitos de compra tornando as operações das CS mais sustentáveis (CADARSO *et al.*, 2010; STEINER; PESCHEL; GREBITUS, 2017; GONG *et al.*, 2019). Mediante a participação de consumidores, gestores seriam capazes de tomar decisões em ambientes logísticos que considerem não só aspectos econômicos, mas também aspectos de sustentabilidade que podem agregar valor de ecoeficiência (LAH, 2017; PENZ; HARTL; HOFMANN, 2019).

A pesquisa aqui desenvolvida apresenta a junção de três áreas do conhecimento: engenharias, ciências exatas e ciências sociais aplicadas. Duas abordagens quantitativas foram utilizadas para o estudo do tema proposto. Inicialmente, um questionário foi aplicado a consumidores para a coleta de dados primários e, em seguida, um tratamento estatístico desses dados foi realizado. Posteriormente, cenários de simulação computacional foram desenvolvidos para investigar possíveis soluções de sustentabilidade nas entregas urbanas. O modelo de simulação utilizado nessa tese deu origem a novas pesquisas, integrando, desde então, outros pesquisadores para o desenvolvimento de novos projetos com experimentos simulados.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Investigar a percepção de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro quanto à flexibilização de prazos e custos a partir da possibilidade de acesso a informações de sustentabilidade ambiental das entregas dos produtos bem como o possível impacto na logística urbana.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são detalhados a seguir:

- (i) Identificar a importância dos critérios prazo de entrega, custo de transporte e informações ambientais para consumidores eletrônicos durante uma compra *online*;
- (ii) Analisar a disposição de consumidores eletrônicos para tomar decisões de compra que possam ampliar a sustentabilidade ambiental das entregas de produtos do *e-commerce B2C*;
- (iii) Identificar diferenças nos níveis de motivação de consumidores eletrônicos quanto à flexibilização da velocidade de entrega e do custo de transporte dos produtos;
- (iv) Analisar como a flexibilização da velocidade de entrega pode impactar a quilometragem percorrida pelos veículos durante a distribuição de produtos;
- (v) Analisar como os níveis de consolidação podem impactar a quilometragem percorrida pelos veículos durante a distribuição de produtos.

1.3 Justificativa da tese

Atividades antropogênicas tais como a produção energética, a produção de alimentos, a manufatura e o consumo de combustíveis fósseis pelos veículos têm, ao longo dos séculos, intensificado os impactos ambientais que elevam os níveis das emissões de GEE e, consequentemente, provocam alterações climáticas (LONGO, 2012). Trata-se que uma questão que afeta todas as formas de vida contidas no planeta e, além disso, impacta diretamente a qualidade de vida das sociedades como um todo (BESSELINK *et al.*, 2016). A alta dependência

do setor de transporte para a manutenção das estruturas econômicas e sociais (como é o caso do *e-commerce*), tanto em mercados maduros como em mercados emergentes, tais como o Brasil, (MARUJO *et al.*, 2018), faz com que esse setor seja o segundo maior contribuinte para as emissões de GEE ao redor do mundo, 25% do total das emissões globais em 2017 (IEA STATISTICS, 2019).

Desde o ano de 2001, *e-commerce B2C* tem sido praticado no Brasil e cresce, a cada ano, em número de usuários (R\$1,1 milhões em 2001 e R\$61,8 milhões em 2019) e em faturamento (R\$13,8 bilhões em 2010 e R\$61,9 bilhões em 2019) (EBIT, 2020). Em uma escala global, aproximadamente, 44,5% da população mundial utiliza ou já utilizou um canal eletrônico para a aquisição de produtos e/ou serviços (HOOTSUITE, 2021). Dado o atual período de pandemia (2020/2021), provocado pela COVID-19, essa modalidade de comércio ganhou ainda mais força, apresentando-se como alternativa e, em muitos casos, como a única forma de comercialização dos mais diversos tipos de produtos (NOGUEIRA *et al.*, 2020).

O ônus atribuído às atividades de entrega do *e-commerce B2C*, do ponto de vista econômico, envolve custos com combustível, depreciação do veículo, manutenções, seguros, mão-de-obra, entre outros. Por outro lado, existem, ainda, os impactos ambientais provocados pelo uso desses veículos movidos a combustíveis fósseis, tais como as emissões de carbono, que, na maioria dos casos, não são levados em consideração pelos varejistas, pelos provedores de serviços logísticos ou pelos consumidores finais (CÁRDENAS; BECKERS, 2018). Diante disso, torna-se necessário que as estratégias utilizadas para a distribuição de produtos também levem em consideração a necessidade de contenção do avanço das emissões de GEE.

Existem duas maneiras de mitigação das emissões de carbono: a partir de medidas operacionais (tais como, a introdução de modos de transporte mais eficientes em termos de energia) ou influenciando os clientes de *e-commerce* a terem um comportamento mais sustentável (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018). A pesquisa aqui desenvolvida busca evidenciar a necessidade de uma reflexão sobre a promoção da sustentabilidade ambiental da CS/Logística a partir da participação dos consumidores durante o consumo de produtos e serviços, a fim de mitigar, principalmente, os impactos ambientais provocados pelas atividades de entrega do *e-commerce B2C*. Acredita-se, portanto, que essa sustentabilidade pode ser alcançada a partir de um consumo consciente e pela preferência dos consumidores eletrônicos por opções de entrega mais corretas ambientalmente.

1.4 Questões de pesquisa

As questões de pesquisa desse trabalho são detalhadas a seguir:

- (i) Qual é a importância dos critérios prazo de entrega, custo de transporte e informações ambientais para consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro durante uma compra online?
- (ii) Consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro estão dispostos (conscientes e/ou motivados) a tomar decisões sustentáveis para as entregas de produtos adquiridos por meio de compras *online*? E para qualquer tipo de produto?
- (iii) As variáveis sociodemográficas gênero, idade, renda e escolaridade podem refletir níveis de motivação diferentes entre consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro quanto à flexibilização da velocidade de entrega e do custo de transporte dos produtos?
- (iv) É possível tornar a distribuição urbana de produtos mais sustentável ambientalmente se os consumidores eletrônicos forem mais flexíveis quanto à velocidade de entrega de seus produtos?
- (v) É possível tornar a distribuição urbana de produtos mais sustentável ambientalmente se os níveis de consolidação de produtos forem mais elevados?

1.5 Contribuições da tese

Espera-se que o desenvolvimento desse trabalho proporcione as seguintes contribuições:

- (a) Contribuição teórica: a expansão do conhecimento sob a perspectiva da demanda e da sustentabilidade ambiental no campo da CS/Logística;
- (b) Contribuição metodológica: utilização de dois métodos quantitativos (coleta de dados e simulação computacional) para abordagem do tema sob investigação;
- (c) Contribuição gerencial: (i) Incentivar o compartilhamento de informações ambientais para os consumidores eletrônicos, especialmente sobre o consumo de combustível proveniente das entregas urgentes; e (ii) Indicar que o consumo consciente (por parte dos consumidores

eletrônicos *B2C*) é um meio complementar para a ampliação da sustentabilidade ambiental das entregas urbanas de produtos.

1.6 Delimitações da pesquisa

A presente tese delimita-se a uma análise de sustentabilidade ambiental no setor de transporte na modalidade rodoviária, para deslocamentos de produtos comercializados entre empresas (pessoas jurídicas) e consumidores finais (pessoas físicas) que utilizam canais de *e-commerce B2C*. A questão de sustentabilidade tratada limita-se à investigação do potencial de redução do consumo de combustíveis fósseis demandado para o transporte de produtos de um ponto de origem (lojas ou centros de distribuição) para múltiplos pontos de destino (residências dos consumidores) o que, proporcionalmente mitiga as emissões de GEE.

Os aspectos de conscientização do consumidor abordados nessa pesquisa referem-se à sua percepção quanto à forma de recebimento domiciliar de seus produtos, pela possível informação, no ato da compra, dos impactos ambientais do transporte (sob a forma de consumo de combustível). As variáveis com o potencial para tornar as entregas mais sustentáveis ambientalmente, utilizadas nessa pesquisa, são a velocidade de entrega dos produtos (pois a preferência por entregas mais flexíveis podem mitigar as emissões de GEE em função da redução das necessidades de transportes) e o custo de transporte (valor do frete) que pode variar em função da estrutura logística utilizada.

Em relação aos aspectos metodológicos, a pesquisa com consumidores passa por um recorte geográfico, pois considera apenas consumidores eletrônicos localizados na região Sudeste do Brasil. Os níveis de conscientização dos consumidores são investigados a partir de quatro características sociodemográficas: gênero, idade, renda e escolaridade. Já na simulação computacional, utiliza-se um modelo que testa múltiplos cenários a partir das variáveis nível de consolidação de pedidos e prazo de entrega.

1.7 Natureza interdisciplinar da pesquisa

Uma ligação interdisciplinar simples pode ser estabelecida a partir da relação entre as diferentes disciplinas que estejam em diálogo. Logo, quando as análises de dois ou mais campos distintos do conhecimento são capazes de revelar estruturas semelhantes, um pode contribuir

para a melhor compreensão do outro (PEREIRA; NASCIMENTO, 2016). De acordo com Piaget (1973) o conceito de interdisciplinaridade pode ser empregado em uma pesquisa quando houver

“uma colaboração entre disciplinas diversas ou entre setores heterogêneos de uma mesma ciência que conduz a interações propriamente ditas, isto é, a certa reciprocidade nas trocas, de tal modo que haja um total enriquecimento mútuo” (PIAGET, 1973, p. 142).

A presente tese possui um caráter interdisciplinar, pois a elaboração e a resolução das questões de pesquisa propostas se deram a partir da construção de um conhecimento interligado obtido através de um conjunto interdependente de saberes. Essa pesquisa abrange, então, as seguintes áreas do conhecimento: Engenharias, Ciências Sociais Aplicadas e Ciências Exatas.

A sustentabilidade ambiental do transporte no *e-commerce B2C* é um tema, geralmente, abordado no âmbito das engenharias uma vez que trata de assuntos concernentes ao sistema logístico/transporte. No entanto, esse assunto tem ganhado espaço em outros campos do conhecimento, trazendo, contribuições dessas áreas que, agregadas, proporcionam um crescimento mútuo.

O impacto das entregas de produtos em áreas urbanas, conforme tratado aqui, é um assunto que, além da questão ambiental (relacionado à poluição do ar e ao elevado consumo de combustíveis fósseis), também traz desdobramentos sociais (tais como, como os congestionamentos e a poluição sonora) que afetam inúmeras populações em ambientes urbanos. Logo, esse assunto faz parte, também, das ciências sociais aplicadas (com foco no planejamento urbano), ao se pensar sobre como lidar com o impacto que o transporte de produtos/mercadorias causa nas condições de vida e de mobilidade das pessoas. A agregação de uma análise envolvendo a conscientização/motivação dos consumidores eletrônicos para decisões sustentáveis, também traz para essa tese, uma discussão que envolve outras áreas das ciências sociais aplicadas, tais como: (i) o *marketing* (comportamento do consumidor), visto que, os consumidores são os principais agentes por meio dos quais se espera promover um comportamento mais consciente e flexível no processo de tomada de decisão em um ambiente de compras *online*; e (ii) a demografia dos negócios (análise de populações), dada a presença das características gênero, idade, renda e escolaridade na identificação de diferenças motivacionais entre os consumidores entrevistados.

Por fim, foram utilizadas duas ferramentas das ciências exatas como forma de operacionalizar os resultados e a discussão, propostos nessa tese: (i) a estatística, empregada na análise dos dados primários coletados por meio do questionário, e, na elaboração de gráficos e figuras para melhor apresentação dos resultados encontrados e; além disso, a construção de um modelo de simulação para testar cenários de logística urbana e estudar formas alternativas para a realização de entregas sustentáveis.

1.8 Estrutura da tese

Além da Introdução, essa tese conta com mais cinco Capítulos. No Capítulo 2, apresenta-se uma breve revisão da literatura tradicional que estuda os mecanismos para a promoção da sustentabilidade ambiental do transporte (no contexto das transações realizadas por meio do *e-commerce*), além de relacionar tal sustentabilidade à conscientização dos consumidores. No Capítulo 3, descrevem-se os principais constructos presentes no trabalho, isto é, os termos sustentabilidade, CS/logística e *e-commerce*, além da metodologia de pesquisa empregada na etapa da coleta de dados primários e na etapa da construção do modelo computacional. No Capítulo 4, apresentam-se os resultados obtidos por meio dos dados coletados diretamente a consumidores eletrônicos, e dos cenários simulados, mostrando seu potencial de sustentabilidade ambiental. No Capítulo 5, discutem-se os resultados encontrados e interpretações à luz da literatura revisada. E, finalmente, no capítulo 6, apresentam-se as considerações finais da tese com suas conclusões, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo teve como objetivo a apresentação de uma sistematização da literatura teórico-empírica para elucidação da importância e da originalidade da presente pesquisa, bem como, para o embasamento das hipóteses de pesquisa formuladas. Além disso, a função desse capítulo é revisar os artigos que têm um grande impacto em encontrar a lacuna de pesquisa atual. Devido à ampla gama de pesquisas publicadas tanto no campo do GSCS quanto da sustentabilidade no *e-commerce B2C*, foram revisados os trabalhos anteriores que ilustram os principais desafios e as estratégias utilizadas para a promoção da sustentabilidade ambiental das entregas produtos do *e-commerce B2C*, com ênfase na importância da consciência dos consumidores como parte integrante no processo de ampliação do transporte urbano ambientalmente sustentável.

2.1 Cadeia de suprimentos/logística e sustentabilidade

Nas últimas décadas, as CS em todo o mundo têm buscado a melhoria do seu desempenho de sustentabilidade devido a pressões de acionistas, governos e sociedade (LONGO, 2012; KANG *et al.*, 2017). Como as CS são sistemas fundamentais para um mundo mais sustentável, torna-se necessário que esses sistemas incorporem aspectos sociais, ambientais e financeiros em seus processos de tomada de decisão (SIMÃO; GONÇALVES; RODRIGUEZ, 2016; CASTILLO *et al.*, 2018; BUBICZ; BARBOSA-PÓVOA; CARVALHO, 2019). As CS evoluem em suas trajetórias de sustentabilidade, que são de alta complexidade, e não lineares (SILVESTRE, 2015). Essas trajetórias de sustentabilidade da CS envolvem aprendizagem coletiva e são operacionalizadas por meio de iniciativas de sustentabilidade da CS concebidas e implementadas por seus atores (SILVESTRE *et al.*, 2020).

A literatura de sustentabilidade da CS existente se concentra, principalmente, em práticas de sustentabilidade ou iniciativas do lado da oferta (ou seja, a montante da CS), tais como o controle de emissões de GEE, a gestão de resíduos e as condições de trabalho padrão (GOLD; TRAUTRIMS; TRODD, 2015; LIS; SUDOLSKA; TOMANEK, 2020; SARKAR *et al.*, 2021). Por outro lado, existem alguns estudos recentes que exploram as possibilidades de práticas de sustentabilidade da CS do lado da demanda (ou seja, a jusante da CS) (HU *et al.*, 2019; IGNAT; CHANKOV, 2020). Essas visões se complementam e, para que uma CS seja verdadeiramente sustentável, ela deve envolver consumidores que devem estar dispostos a

assumir a responsabilidade e a consciência por seus padrões de consumo (JALLER; PAHWA, 2020). Por exemplo, evidenciou-se que a consciência do consumidor tem um efeito significativamente positivo no desempenho de sustentabilidade da CS (GONG *et al.*, 2019), no entanto, os consumidores, atualmente, têm possibilidades limitadas de influenciar a sustentabilidade da CS devido à comunicação e disponibilidade limitadas de informações de sustentabilidade (SALLNÄS; BJÖRKLUND, 2020).

O GCS é uma tarefa desafiadora devido aos altos níveis de complexidade, incluindo a logística que precisa estar em vigor para transportar e entregar um imenso volume de pedidos de *e-commerce B2C* espalhados pelo mundo (ROTEM-MINDALI; WELTEVREDEN, 2013; LI; LU; TALEBIAN, 2015; LIN; ZHOU; DU, 2018; GONG *et al.*, 2019). Isso demanda atenção e maior discussão, principalmente pelo impacto ambiental, na forma de emissões de GEE, que essas operações podem causar (SIIKAVIRTA *et al.*, 2003; CÁRDENAS; BECKERS; VANELSLANDER, 2017).

Os estudos de logística e transporte verdes constituem um eixo de pesquisa primordial no GSCS devido aos diversos impactos ambientais causados pelos veículos, como as emissões de GEE (BABENKO *et al.*, 2020). Dada a complexidade da logística, as soluções verdes requerem uma abordagem integrada envolvendo as partes interessadas (públicas e privadas, bem como o comportamento do consumidor) e suas compensações em todas as fases do planejamento logístico (BJØRGEN; BJERKAN; HJELKREM, 2019). Fatores como fluxos intensos de bens e serviços e a expansão dos mercados digitais transformaram a natureza das CS modernas (PIRVULESCU; ENEVOLDSEN, 2019). O *e-commerce* remodelou CS inteiras, exigindo atividades logísticas dinâmicas e inovadoras (BABENKO *et al.*, 2020). Nesse contexto, as operações de transporte desempenham um papel importante para a logística de distribuição, pois consumam as interações entre varejistas e consumidores, porém, ao mesmo tempo, aumentam os níveis de emissões de GEE (ZHAO; HU, 2016; LEE *et al.*, 2018; LAFKIHI; PAN; BALLOT, 2019). Essa situação exige que o GCS e suas operações logísticas (especialmente as operações de transporte) lidem com *trade-offs* econômicos e ambientais para o planejamento sustentável da CS (KANG *et al.*, 2017; XU, 2018).

2.2 E-commerce e sustentabilidade

O processo de globalização e o desenvolvimento de tecnologias de comunicação e de transporte contribuem para a neutralização das restrições espaciais, ao mesmo tempo em que possibilitam a transformação dos diversos sistemas produtivos (HARVEY, 1999). Nesse aspecto, o uso da *internet* como mediadora da comunicação, permite o estabelecimento de ambientes de interação múltipla e acessíveis nos quais acontecem as práticas sociais como ambientes de conversação, serviços de redes sociais e plataformas para aquisição de mercadorias e serviços (FRAGOSO; REBS; BARTH, 2011).

A mudança de uma economia dominada por movimentos físicos para outra em que predominam a comunicação eletrônica traz implicações sobre o comércio e o transporte, tais como a redução e a eliminação de fluxos físicos (CAPINERI; LEINBACH, 2004). Essa revolução na comunicação está fortemente atrelada às profundas mudanças ocorridas nos processos de distribuição de mercadorias causados pelo *e-commerce*, incluindo, ainda, os papéis específicos das redes e as novas interpretações quanto ao acesso e à distância em espaços virtuais e físicos (CAPINERI; LEINBACH, 2004). O *e-commerce* oferece possibilidades ilimitadas de interações em plataformas *online* nas quais vendedores e clientes negociam bens e serviços em qualquer lugar e a qualquer hora em um mercado global (MUÑOZ-VILLAMIZAR *et al.*, 2021). Essa forma de comercialização de bens e serviços recebe ainda mais visibilidade com o desenvolvimento de tecnologias de informação e comunicação e mídias sociais (PAREDES; BARRUTIA; ECHEBARRIA, 2014).

Dentre os tipos de *e-commerce* existentes, o tipo *B2C* é um dos mais conhecidos e utilizados. As suas operações envolvem todas as fases do negócio como *marketing online*, pedidos, pagamentos, entregas, apoio e suporte pós-venda (KEIKHA; SARGOLZAEI, 2017). Embora o local da transação do *e-commerce* tenha se tornado virtual, a sua natureza não mudou, ou seja, esse modelo de negócio continua fornecendo serviços como gerenciamento de estoques e logística de distribuição (SUN; PAN, 2018). Portanto, a etapa final para a conclusão do processo de comercialização ocorre pela gestão logística da CS, sendo esse um elo fundamental para o atendimento das necessidades dos clientes (SUN; PAN, 2018).

As CS têm passado por diversas intervenções e mudanças que redesenharam suas estruturas a fim de melhor se adaptarem aos novos mercados produtores e consumidores, contraponto as estruturas logísticas tradicionais (BYRNE *et al.*, 2010). Cada novo projeto de CS adiciona significativos níveis de complexibilidade em torno das operações da rede de abastecimento e, conseqüentemente, aumentam a ênfase direcionada às operações de transporte

(BYRNE *et al.*, 2010). Com o crescimento do *e-commerce* nos últimos anos, despertou-se o interesse por uma melhor compreensão desse fenômeno e as implicações ao nível de suas estruturas e fluxos de rede (RAMANATHAN, 2010). No contexto das redes de suprimentos de distribuição de mercadorias, conceitos como estrutura de rede (em termos de centralização, integração vertical ou horizontal, e dispersão geográfica), e fluxo de rede (com ênfase no gerenciamento dos fluxos) compõem uma parte fundamental para o funcionamento adequado da distribuição de mercadorias e requerem coordenação e integração adequadas desde o estado inicial (com o processamento do pedido) até a etapa final da entrega (LIM; SRAI, 2018).

Nesse contexto, as políticas da cidade também devem levar em consideração o desenvolvimento provocado pelos mercados digitais e como o planejamento e a regulamentação precisam ser adaptados a esses novos mecanismos de comercialização de bens (DABLANC *et al.*, 2017). Isso porque uma mudança de paradigma no planejamento do transporte urbano pode criar novas maneiras de participação dos atores envolvidos e, ainda, novas formas de sustentabilidade oriundas não só de regulamentação governamental, mas também do gerenciamento de processos sociais e organizacionais (GAMMELGAARD, 2015; CRAINIC; MONTREUIL, 2016).

2.2.1 Os impactos ambientais da logística do *e-commerce B2C*

O *e-commerce B2C* tem crescido nos últimos anos e apresentado muitas vantagens em termos de comodidade e variedade, sendo reconhecido como um meio versátil e contemporâneo para a aquisição dos mais diversos tipos de produtos (LIM; SRAI, 2018). Por outro lado, há um aspecto negativo da comercialização de produtos que requer atenção e discussão apropriadas: os impactos ambientais provocados pelo *e-commerce B2C*. (SIIKAVIRTA *et al.*, 2003). Diante disso, a discussão em torno dos impactos ambientais causados pelas compras *online* ao longo de toda a CS e, principalmente, durante as atividades de transporte tem crescido nos últimos anos (DOST; MAIER, 2018).

Em linhas gerais, as compras realizadas por meio do *e-commerce* podem ser, sob algumas circunstâncias, menos prejudiciais para o meio ambiente do que as compras realizadas em lojas físicas convencionais (VAN LOON *et al.*, 2015). Isso porque a influência de fatores como o número de itens por compra, a quantidade e o tipo de embalagens utilizadas, o estilo de condução do veículo, o tipo de veículo utilizado, além da eficiência energética das operações

logísticas podem afetar a sustentabilidade (EDWARDS; MCKINNON; CULLINARE, 2010; VAN LOON *et al.*, 2015; MARCILIO *et al.*, 2018). Por exemplo, um estudo comparativo das emissões de CO₂ provenientes do transporte de mercadorias adquiridas *online* versus lojas físicas mostrou que fatores situacionais, como as distâncias percorridas pelos clientes, o retorno de mercadorias e os modos de transporte, influenciam na geração de emissões de CO₂ (WIESE; TOPOROWSKI; ZIELKE, 2012). Dessa forma, tanto a entrega domiciliar como o sistema de viagens de compras convencionais pode apresentar vantagens ou desvantagens em termos de geração de CO₂ (EDWARDS; MCKINNON; CULLINARE, 2010). Em outro caso, uma comparação entre os efeitos ambientais provocados pelo comércio varejista *online* e pelo tradicional, considerando quatro etapas da CS (embalagem, transporte, retorno e descarte) mostrou que, na maioria dos casos, as compras *online* podem ser melhores para o meio ambiente do que as compras tradicionais, contudo, fatores como embalagem excessiva, devoluções ou velocidade de entrega adicionam mais pegadas de carbono e resíduos ao meio ambiente (BERTRAM; CHI, 2018).

A literatura também mostra que existe um *trade-off* entre a densidade populacional e às externalidades negativas do *e-commerce*, ou seja, a dispersão geográfica dos consumidores também interfere nos níveis de emissões de GEE (CÁRDENAS; BECKERS; VANELSLANDER, 2017). Se, por um lado, nas áreas mais adensadas as transportadoras se beneficiam com menores custos de entrega, por outro lado, há, nessas áreas, um aumento do congestionamento, ruídos e emissões gasosas (CÁRDENAS; BECKERS; VANELSLANDER, 2017). Um estudo de sensibilidade concluiu que o impacto ambiental é elevado em ambos os casos (compras *online* e presenciais), contudo, em relação às compras *online* a localização da residência do consumidor (próxima ou distante do centro da cidade) é o parâmetro que mais provoca impacto ambiental, enquanto que nas compras presenciais o fator mais significativo é a distância entre o domicílio e a loja física (MANGIARACINA *et al.*, 2016).

A complexidade das atividades de transporte em uma rede logística urbana pode ser explicada por causa da demanda logística diversificada que influencia o roteamento dos veículos e requer uma utilização eficiente dos veículos, o que nem sempre acontece. (GAN *et al.*, 2018). Isso porque a logística desempenha um papel crítico em um cenário em que o *e-commerce* está cada vez mais popular e o mercado global de entregas de mercadorias cresce sob a presença de uma infraestrutura de transporte limitada (KWON *et al.*, 2018). Outro entrave existente para a promoção da sustentabilidade ambiental do transporte de produtos consiste em

certas limitações no prazo de entrega impostas por algumas categorias de produtos, tais como os produtos perecíveis (JI; SUN, 2017). Em função das características restritivas desses tipos de produtos faz-se necessária a realização das entregas em menor tempo, elevando os níveis de emissões de GEE devido o aumento na frequência das viagens, o tráfego de veículos sem carga completa (aumentando as emissões por quilograma transportado) ou retorno vazio (JI; SUN, 2017).

A fragmentação dos fluxos de distribuição de mercadorias, na maioria das vezes, reduzidas a um único item por entrega pode se tornar um obstáculo para a habitabilidade de algumas áreas urbanas devido ao aumento de veículos leves de carga para a entrega das encomendas nas residências dos consumidores (BECKERS; CÁRDENAS; VERHETSEL, 2018). Por exemplo, um estudo sobre o método tradicional de entregas (por tentativas) mostrou que os impactos negativos das entregas fracassadas (cliente ausente do domicílio no momento da entrega) no sistema de transporte urbano e no meio ambiente aumentam à medida que a proporção de entregas fracassadas também aumenta (SONG; GUAN; CHERRETT, 2013). Nesse contexto, efeitos das tentativas de entrega, da distância total percorrida e da frequência de viagens também devem ser considerados na análise dos impactos ambientais do *e-commerce B2C* (HISCHIER, 2018). Como consequência, há um grande desafio em promover um crescimento sustentável na distribuição das mercadorias vendidas por *e-commerce* a partir de uma maior conscientização para o planejamento de fretes dentro das cidades (BECKERS; CÁRDENAS; VERHETSEL, 2018).

O crescimento do *e-commerce* requer a criação de novos centros logísticos e a adoção de ferramentas eficientes para o gerenciamento dos pedidos feitos pela *internet* e suas respectivas entregas, a fim de ponderar questões como nível de satisfação aos clientes, custos monetários, custos ambientais e efeitos de congestionamento de tráfego (HAYEL *et al.*, 2016; GIUFFRIDA *et al.*, 2017). A pressão enfrentada pelos provedores de serviços logísticos em encurtar cada vez mais o prazo de entrega dos produtos do *e-commerce B2C* aumenta as emissões de GEE em função do recebimento em menor tempo, configurando um impasse entre competitividade e custos ambientais (DABLANC *et al.*, 2017; LIN; ZHOU; DU, 2018). Os paradigmas de entrega acelerada de produtos (tais como, próximo dia útil, entrega no mesmo dia e entrega no mesmo dia com adição de novos pedidos) podem contribuir com o aumento das emissões de GEE em função da escolha por um modo de transporte mais rápido e/ou por um aumento na frequência das viagens (DING; JIN, 2019). Como exemplos, estudos recentes

demonstraram que as compras *online* podem aumentar as emissões de GEE devido a entregas rápidas com janelas de entrega curtas, fazendo com que os veículos transitem com baixos níveis de consolidação de carga e/ou que mais veículos sejam necessários para realizar as mesmas entregas que utilizariam menos veículos caso os níveis de consolidação de produtos fosse mais elevado (JALLER; PAHWA, 2020; CORTES; SUZUKI, 2020). Em outro estudo, uma estimativa de emissões de GEE, com base na distância percorrida e nas rotas utilizadas pelos veículos, mostrou que os serviços de entrega rápida podem aumentar o impacto ambiental e que essas externalidades negativas não devem ser ignoradas, mas incorporadas através de preços diferenciados ou incentivos econômicos (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018). Em outro caso, um estudo quantificou (usando um modelo de simulação), pela primeira vez, as emissões de CO₂ da logística de entrada (fluxo de materiais dos fornecedores para os CDs) do *e-commerce* causado pelas entregas rápidas, mostrando que a velocidade de entrega também impacta as emissões de carbono na logística de entrada (MUÑOZ-VILLAMIZAR *et al.*, 2021).

2.2.2 Distribuição de última milha e sustentabilidade

Nos últimos anos, o *e-commerce B2C* provocou um aumento significativo nos serviços de entrega em domicílio, tornando a EUM ainda mais complexa (MORGANTI *et al.*, 2014). Na logística urbana, a EUM é considerada uma das etapas mais caras, menos eficientes e mais poluentes de toda a CS (ESPER *et al.*, 2003; BROWN; GUIFFRIDA, 2014; WANG *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2017; CÁRDENAS; BECKERS; VANELSLANDER, 2017; LIM; SRAI, 2018). As estratégias adotadas pelos varejistas eletrônicos para o fornecimento de entregas rápidas, por exemplo, podem contribuir para um aumento nos níveis de emissões de GEE devido à priorização da velocidade em detrimento a outros fatores (DING; JIN, 2019). É por isso que o transporte é considerado uma das principais causas dos impactos ambientais associados às CS do *e-commerce B2C* (HISCHIER, 2018; CORTES; SUZUKI, 2020). O problema das emissões de GEE do *e-commerce* torna-se complexo à medida que mudanças demográficas e socioeconômicas aumentam o número de pedidos, de entregas e, conseqüentemente, a quantidade de veículos de carga nas áreas urbanas (COMI; NUZZOLO, 2016). Essa questão é vista como complexa e desafiadora do ponto de vista sustentável devido às pequenas demandas de entregas diárias, diferentes agendamentos de disponibilidade e consumidores amplamente distribuídos espacialmente (ZHOU *et al.*, 2018).

Há duas maneiras, relatadas na literatura, para lidar com as questões relacionadas ao transporte urbano. Uma, corresponde ao aprimoramento da qualidade dos serviços dos modos de transporte existentes, a outra, consiste na projeção de sistemas de transporte inovadores capazes de oferecer uma opção ecológica para os agentes envolvidos nas áreas urbanas (FATNASSI; CHAOUACHI; KLIBI, 2015). Como exemplo, propostas de utilização de novas tecnologias, como os drones, buscam a melhoria da eficiência das entregas e a redução de congestionamentos, emissões gasosas e poluições (TIWAPAT; POMSING; JOMTHONG, 2018), contudo, países emergentes enfrentam dificuldades para o estabelecimento e a implementação de alternativas que superem as operações logísticas tradicionais baseadas em combustíveis fósseis (BANDEIRA *et al.*, 2019).

Estratégias e políticas têm sido desenvolvidas com o objetivo de superar os desafios de sustentabilidade ambiental no GCS e na EUM, tais como a substituição dos meios de transporte convencionais por meios mais corretos ambientalmente (KELLNER; IGL, 2015). Por exemplo, a utilização de veículos elétricos e bicicletas elétricas, quando possível, representa uma boa alternativa porque possui baixas taxas de consumo energético que contribuem para a redução dos impactos ambientais (ZHANG; ZHANG, 2013; SIRAGUSA *et al.*, 2020). O uso de triciclos também representa uma alternativa competitiva em termos de tempo, custo e eficiência energética quando comparado aos veículos motorizados, devido o crescimento do transporte intraurbano causado pelo *e-commerce* (ZACHARIAS; ZHANG, 2015; BANDEIRA *et al.*, 2019). Em outro caso, a utilização de bicicletas de carga pode proporcionar benefícios tanto para empresas devido à redução de custos operacionais, como para a qualidade de vida na cidade, uma vez que reduz congestionamentos e emissões de GEE (ARNOLD *et al.*, 2018). A mobilidade compartilhada (transporte integrado de pessoas e mercadorias) também é uma alternativa de logística urbana para lidar com os desafios de sustentabilidade das entregas de produtos, pois permite o fornecimento de serviços eficientes de entrega porta-a-porta ao mesmo tempo em que atua como uma solução sustentável ambientalmente já que reduz o fluxo de veículos dentro da cidade (SPIJKERMAN, 2016; MASSON *et al.*, 2017; BEIRIGO; SCHULTE; NEGENBORN, 2018; QI *et al.*, 2018).

Quando a substituição dos meios de transporte não são possíveis ou viáveis, outras possibilidades de reestruturação das atividades logísticas podem ser exploradas para promover a sustentabilidade ambiental da EUM (BROWN; GUIFFRIDA, 2014). Uma delas consiste na busca por maior eficiência nas entregas bem-sucedidas (cliente disponível para receber a

mercadoria), devido a sua contribuição econômica e social do trabalho, ao evitar custos relacionados a novas tentativas de entrega para a mesma mercadoria e pelo aumento da satisfação dos consumidores, além da redução da pegada ambiental gerada pelas entregas malsucedidas (PAN *et al.*, 2017; FLORIO; FEILLET; HARTL, 2018). Como exemplo, estudos sobre o uso de pontos de coleta em lojas e redes de armários automatizados mostraram evidências positivas dessas abordagens como o aumento do número de entregas bem-sucedidas e a redução dos custos operacionais e ambientais (MORGANTI *et al.*, 2014; CÁRDENAS; BECKERS, 2018).

A integração dos modelos logísticos tradicionais e verdes na entrega de produtos em áreas urbanas é apresentada como uma forma de otimização do sistema geral, fornecendo benefícios econômicos e ambientais (PERBOLI; ROSANO; GOBBATO, 2019). Uma análise da EUM sob uma perspectiva global apontou que nenhum sistema de entrega sendo utilizado isoladamente é totalmente benéfico, mas uma combinação estratégica tende a ser mais eficiente (ARNOLD *et al.*, 2018). Como exemplo, uma pesquisa de sustentabilidade da EUM com o objetivo de reduzir os níveis de congestionamento, ruídos e emissões de GEE, mostrou, por meio de experimentos computacionais com dados hipotéticos, que o uso combinado de vans e bicicletas de carga pode ser vantajoso econômica e ambientalmente (ANDERLUH; HEMMELMAYR; NOLZ, 2017).

Diversas metodologias já foram utilizadas para a demonstração de alternativas que podem tornar a EUM mais correta ambientalmente. Por exemplo, uma pesquisa com questionário investigando a preferência declarada de consumidores a respeito da possibilidade de utilização de linhas de metrô para a realização da EUM do *e-commerce B2C* mostrou que esse sistema de transporte pode contribuir para tornar a EUM mais sustentável (GATTA *et al.*, 2019). Um modelo matemático foi utilizado para calcular a quilometragem percorrida pelos veículos para a realização da EUM e para estimar as emissões de GEE (SPIJKERMAN, 2016). Nos estudos sobre CS/logística e distribuição sustentável de mercadorias do *e-commerce B2C*, métodos de simulação são mais usados do que métodos analíticos (ARNOLD *et al.*, 2018). Essa metodologia recebe destaque justamente por ser capaz de incorporar as características dos sistemas logísticos e gerar diversos cenários de EUM (RUSSO; COMI, 2011). Como exemplo, um modelo de simulação estimou o número de viagens as distâncias percorridas para duas estratégias de entregas (entrega em domicílio e pontos de coleta/recepção) para mostrar as vantagens de cada uma dessas opções (GONZALEZ-FELIU; AMBROSINI; ROUTHIER,

2012). Um estudo utilizando simulação e otimização foi usado para tratar a questão da programação de veículos em função de restrições de tráfego e de janelas de tempo, para melhoria da eficiência da EUM (XIAO; QIAN; TANG, 2013). Em outros casos, modelos de simulação também foram utilizados para a investigação do impacto de três cenários de entregas (vans, bicicletas de carga e pontos de entrega) sobre os custos operacionais e externos da EUM (tais como, congestionamento, ruído e emissões de GEE) (ARNOLD *et al.*, 2018) e em pesquisas com foco em tornar a logística de última milha mais econômica e ecológica a partir do emprego de *crowdsourcing* (entrega compartilhada que emprega os serviços de motoristas ocasionais que desejam realizar uma entrega remunerada usando o seu próprio veículo) (CASTILLO *et al.*, 2018; ARSLAN *et al.*, 2019; GUO *et al.*, 2019).

Conforme exposto, muitos estudos defendem a importância da adoção de estratégias sustentáveis na EUM considerando as iniciativas de varejistas e prestadores de serviços logísticos, contudo, a literatura ainda carece de mais estudos que explorem as possibilidades de os consumidores também participarem estrategicamente do processo de EUM sustentável. Estudos que defendem essa abordagem sugerem que a mudança de hábitos de compra dos consumidores eletrônicos pode contribuir para tornar o *e-commerce B2C* mais sustentável ambientalmente (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018). Nessa abordagem a ênfase está na conscientização dos consumidores sobre as implicações ambientais, tais como as emissões de GEE geradas nas diversas etapas da CS, dos seus respectivos comportamentos de compra (EDWARDS; MCKINNON; CULLINARE, 2010). Nesse caso, os comportamentos ambientais dos consumidores eletrônicos podem ocorrer tanto pela preferência a produtos ecologicamente corretos (que buscam a mitigação dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto) (LI; LONG; CHEN, 2017) ou, ainda, pela preferência à prestação de serviços ambientalmente corretos, como é o caso da EUM sustentável (IGNAT; CHANKOV, 2020). Por exemplo, a preferência pelos produtos que utilizam embalagens reutilizáveis, recicláveis ou biodegradáveis (ZHAO *et al.*, 2019), a utilização das redes de pontos de coleta e retirada de produtos (SONG; GUAN; CHERRETT, 2013; RAI *et al.*, 2020) e a redução da quantidade de viagens de compra e maximização do número de itens por entrega (VAN LOON *et al.*, 2015) também são formas de tornar o *e-commerce B2C* mais sustentável a partir das escolhas dos consumidores.

2.2.3 Conscientização de sustentabilidade de consumidores eletrônicos

Do ponto de vista do consumidor, alguns estudos investigaram as preferências dos consumidores em relação à entrega sustentável de última milha (VENTURINI *et al.*, 2019). No entanto, o foco da maioria dessas pesquisas está na compreensão das preferências dos consumidores em adotar determinadas opções de EUM, em relação aos diversos modos de transporte já utilizados, tais como o *crowdsourcing*, os pontos de coleta/devolução e as estações de entrega automatizadas (BANDEIRA *et al.*, 2019; GUO *et al.*, 2019; RAI; VERLINDE; MACHARIS, 2019). Por exemplo, a avaliação da preferência de consumidores para dois tipos de serviços de entrega (entrega domiciliar e estações de entrega automatizadas) mostrou que, apesar da preferência pela entrega em domicílio, os consumidores demonstraram potencial aceitação pelas estações de entrega (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Uma nova abordagem na investigação das preferências dos consumidores em EUM baseia-se não só em fatores econômicos, mas também em fatores ambientais e sociais (IGNAT; CHANKOV, 2020). Pesquisas sugerem a importância dos consumidores terem conhecimento prévio dos potenciais impactos ambientais provocados pelas entregas de suas compras, como forma de levá-los a tomarem decisões mais conscientes, favorecendo uma organização e distribuição mais sustentável das mercadorias pelos fornecedores de serviços logísticos (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018). Isso porque a exibição dos impactos sociais e ambientais da EUM aos consumidores tornam-nos mais propensos a escolherem entregas mais corretas ambientalmente (IGNAT; CHANKOV, 2020). Logo, o fornecimento de uma abordagem que integra o impacto das preferências dos consumidores nas operações de última milha pode auxiliar os formuladores de políticas na identificação de maneiras mais adequadas de distribuição de mercadorias em cenários urbanos (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Os consumidores estão cada vez mais cientes do desempenho ambiental das entregas do *e-commerce B2C*, entretanto, essa consciência ainda precisa ser ampliada (SCHLEIDEN; NEIBERGER, 2020). Isso porque, a compreensão dos consumidores sobre o conceito de sustentabilidade ainda é limitada o que faz com que apenas dar aos consumidores a oportunidade de fazerem escolhas sustentáveis não implica que eles realmente irão fazê-las (GRUNERT; HIEKE; WILLS, 2014). Em outros casos, ainda há uma dissociação entre a teoria e a prática ao dar aos consumidores a chance priorizarem a sustentabilidade (WANG *et al.*, 2018). Por exemplo, um estudo envolvendo consumidores eletrônicos, varejistas eletrônicos e prestadores de serviços de logística, explorou a possibilidade de os consumidores influenciarem a logística verde no *e-commerce* e mostrou que, atualmente, os consumidores têm

possibilidades limitadas de influenciar a sustentabilidade das entregas devido à comunicação restrita entre esses três atores (SALLNÄS; BJÖRKLUND, 2020).

A literatura mostra que os varejistas sempre têm motivação para a implementação de estratégias ecológicas quando os consumidores apresentam preferências ou atitudes sustentáveis; portanto, a sustentabilidade centrada no consumidor tornou-se uma tendência nas pesquisas em GSCS, especialmente, na EUM (JI *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2017). Por isso, é importante a compreensão sobre como a preocupação dos consumidores com a sustentabilidade pode, de fato, ser transformada em um comportamento mais correto ambientalmente considerando fatores como motivação, habilidade e oportunidade (GRUNERT; HIEKE; WILLS, 2014). A participação do consumidor é essencial para fechar o ciclo de sustentabilidade da CS, porque clientes (compradores) e consumidores (usuários) são as partes interessadas mais influentes que podem influenciar o desejo dos varejistas pela implementação de CSS, ou seja, o consumidor é quem dita o ritmo das transações comerciais (VADAKKEPATT, *et al.*, 2020).

A construção da responsabilidade do consumidor por uma sustentabilidade multidimensional deve reunir aspectos ambientais, sociais e econômicos (BUERKE *et al.*, 2017). Embora existam diferentes achados na literatura, muitos pesquisadores compartilham a visão de que a mudança dos hábitos dos consumidores é necessária para enfrentar os desafios ambientais, ao nível individual e social, começando com o aumento da conscientização do problema ambiental por meio da educação para, com isso, fortalecer o comportamento sustentável (OLÁH *et al.*, 2018; PENZ; HARTL; HOFMANN, 2019).

2.2.4 Influência de fatores sociodemográficos na definição de prioridades de compra

Os pesquisadores concordam que há uma necessidade de entender o perfil dos diferentes consumidores eletrônicos, uma vez que a *internet* se tornou uma necessidade para as gerações atuais (RAI *et al.*, 2019; IWEALA; SPILLER; MEYERDING, 2019). As preferências e as prioridades dos consumidores eletrônicos auxiliam a CS não só na definição de estratégias de *marketing*, mas também os formuladores de políticas e os varejistas de CS na identificação/desenvolvimento de estratégias para promover a consciência dos consumidores em relação às emissões de GEE na EUM (LIM; CHAM, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017). Por exemplo, iniciativas de sustentabilidade seguindo estratégias de nicho com foco em clientes que valorizam a sustentabilidade e estão dispostos a mudar seus hábitos de compra para reduzir

o impacto ambiental (SOUSA *et al.*, 2021). Nesse contexto, torna-se importante a compreensão das semelhanças e das diferenças entre os consumidores em diversas regiões do mundo como forma de as empresas se manterem competitivas e capazes de formular estratégias de venda e distribuição de mercadorias adequadas aos seus consumidores (LIM; CHAM, 2015). Fatores contextuais e características do consumidor (ou seja, fatores sociodemográficos) podem influenciar os atributos de compra/entrega, tais como a velocidade de entrega, o prazo de entrega, o custo de entrega e as entregas, no varejo *online* (NGUYEN *et al.*, 2019).

Na investigação dos padrões de consumo dos consumidores eletrônicos, algumas características sociodemográficas foram utilizadas, tais como o gênero, a idade, a renda e a escolaridade no estudo de novas formas para entregas de *e-commerce* (estações automatizadas) (OLIVEIRA *et al.*, 2017). As mesmas características sociodemográficas foram utilizadas para a identificação e a caracterização de diferentes segmentos de consumidores quanto à motivação para o comportamento ecológico quando os produtos são rotulados para pegadas de carbono (STEINER; PESCHEL; GREBITUS, 2017). Foram encontrados três segmentos para consumidores eletrônicos de acordo com suas prioridades de compra, sendo: consumidores orientados para o preço (isto é, influenciados pelo custo de entrega), consumidores orientados para a conveniência (ou seja, influenciados por aspectos como velocidade de entrega e flexibilidade) e consumidores orientados para o valor (ou seja, influenciados por aspectos relacionados ao preço e à conveniência) (NGUYEN *et al.*, 2019).

Os consumidores estão cada vez mais expostos a fazerem escolhas sustentáveis; a maioria deles, no entanto, é pouco informada sobre como essas escolhas podem afetar a sustentabilidade ambiental da EUM (PENZ; HARTL; HOFMANN, 2019). Uma pesquisa com questionário aplicado a consumidores eletrônicos chineses mostrou que quanto mais educados e bem pagos são os consumidores, mais propensos eles estão a optar por entregas de baixa emissão de GEE, enquanto consumidores jovens e adultos de alta renda demonstraram uma consciência ambiental fraca (CHUANMIN *et al.*, 2014). Em outro estudo com consumidores sobre como a percepção ambiental pode influenciar seu comportamento na hora da compra, constatou-se que ainda existe uma lacuna entre a percepção e o comportamento dos indivíduos de baixo a médio nível de comportamento ambiental; o trabalho evidenciou que as pessoas tendem a ter maior percepção do que seus respectivos comportamentos (DELIANA; RUM, 2019). Por outro lado, uma pesquisa realizada entre jovens consumidores indianos mostrou a existência de motivação sustentável para escolher um canal de venda *online* (NAIR;

BHATTACHARYYA, 2019). Outra pesquisa realizada entre consumidores belgas (considerando idade, gênero e idioma) mostrou que eles concordam que dirigir menos quilômetros para EUM é relevante, mesmo que seja necessário aumentar o prazo de entrega; no entanto, eles não estão dispostos a pagar mais por entregas que empregam alternativas mais sustentáveis do que as entregas padrão (RAI *et al.*, 2019).

Com base na literatura estudada, as seguintes hipóteses de pesquisa são sugeridas:

Hipótese 1a: As características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos em escolher entregas mais sustentáveis para suas compras online.

Hipótese 1b: As características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos para a flexibilização do custo de entrega dos produtos.

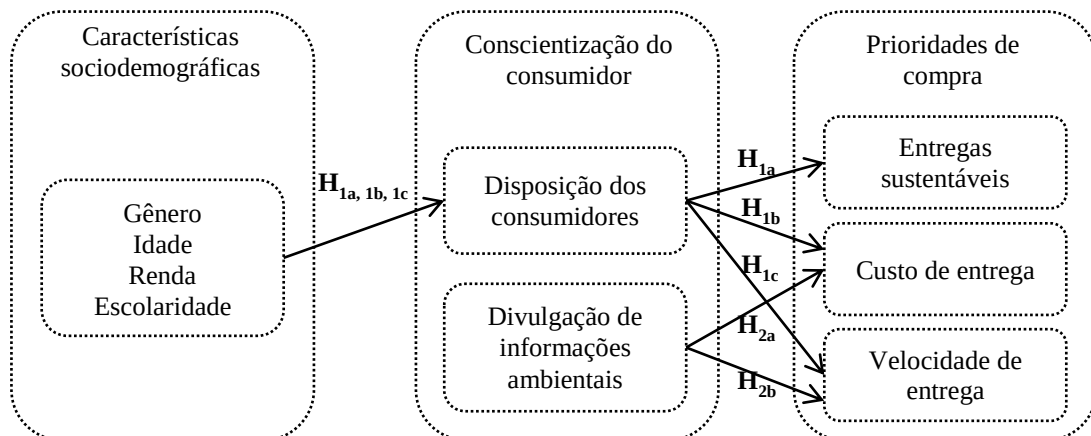
Hipótese 1c: As características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos para a flexibilização da velocidade de entrega dos produtos.

Hipótese 2a: A possibilidade de compartilhamento de informações de sustentabilidade ambiental das entregas para consumidores eletrônicos pode influenciar sua disposição para a flexibilização do custo de entrega dos produtos.

Hipótese 2b: A possibilidade de compartilhamento de informações de sustentabilidade ambiental das entregas para consumidores eletrônicos pode influenciar sua disposição para a flexibilização da velocidade de entrega dos produtos.

O resumo das hipóteses de pesquisa encontra-se na Figura 1.

Figura 1 – Resumo das hipóteses de pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.3 Conclusão da revisão da literatura

A leitura dos artigos presentes nessa revisão da literatura elucidou os principais assuntos abordados por pesquisadores ao redor do mundo no que tange à sustentabilidade ambiental do *e-commerce B2C* bem como as respectivas atividades de distribuição de produtos. Foram reunidas as pesquisas que relataram quais são os principais impactos ambientais provenientes da distribuição de última milha, principalmente, em áreas urbanas, tais como a intensificação do tráfego de veículos comerciais e as emissões de GEE.

Em diversos estudos foram realizadas comparações entre os problemas ambientais causados pelo varejo tradicional versus varejo *online*, e mesmo não sendo observado um consenso na literatura, foi possível perceber uma tendência a considerar o comércio *online* menos prejudicial para o meio ambiente, sob certas circunstâncias, quando comparado ao comércio tradicional. Não obstante, inúmeras pesquisas nessa área concordaram que é importante tornar todas as etapas do *e-commerce B2C*, principalmente a etapa logística, cada vez mais corretas ambientalmente, dado o crescimento dessa modalidade de comércio e as pressões exercidas tanto pelas entidades públicas como pelas privadas para a melhoria do desempenho de sustentabilidade.

As pesquisas também convergiram quando se tratou de eleger a etapa conhecida como EUM como a menos eficiente e a mais poluente da CS, mostrando seus desafios de sustentabilidade e as principais estratégias de transporte empregadas para a contenção dos impactos ambientais. Entre eles, podem ser citados a utilização de veículos não-motorizados, a substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos, o uso de

pontos de coleta e de entrega de mercadorias, a mobilidade compartilhada, ou ainda, a busca pelo aumento da eficiência nas entregas bem-sucedidas. Caminhando por uma direção menos convencional, alguns trabalhos focaram no estímulo a um comportamento sustentável dos consumidores durante a realização das compras, tratando a questão comportamental como um aspecto-chave para o sucesso da sustentabilidade da CS e do *e-commerce*, em função de um consumo consciente (produtos ecologicamente corretos) e/ou sugerindo a preferência por serviços de entrega com baixa emissão de carbono.

Em relação aos aspectos metodológicos encontrados na literatura, constatou-se que as técnicas de simulação têm sido amplamente aceitas em pesquisas sobre o transporte urbano e sobre a EUM, permitindo a exploração de diversos cenários logísticos pela combinação e alteração de importantes variáveis e parâmetros de um sistema de transporte urbano. Fatores como a carga transportada, as distâncias percorridas, os prazos de entrega e os tipos de veículos podem ser incorporados em modelos computacionais gerando resultados que podem direcionar o desenvolvimento de estratégias de transporte sustentável. Evidenciou-se, ainda, a aplicação de questionários como um método bastante apropriado quando se trata de pesquisas de opinião, intenção e/ou preferência de consumidores, desde que observados cuidadosamente os procedimentos para sua elaboração, aplicação e análises.

O Quadro 1 mostra um resumo dos principais trabalhos que serviram de base para o desenvolvimento da presente tese.

Quadro 1 – Resumo dos principais trabalhos da revisão da literatura.

Referência	Abordagem
Chuanmin <i>et al.</i> (2014)	Pesquisa com questionário para investigação das preferências de consumidores (e perfis sociodemográficos) quanto à rotulagem de produtos de baixo carbono.
Manerba; Mansini; Zanotti (2018)	Análise do efeito de diferentes janelas de tempo para entregas urbanas e estimativa de emissões de GEE por meio de programação matemática.
Arnold <i>et al.</i> (2018)	Propõem cenários de simulação para investigar as vantagens do uso de diferentes meios de transporte para a entrega de produtos do e-commerce, quantificando as emissões de GEE.
Marujo <i>et al.</i> (2018)	Avaliação de custos, emissões de poluentes e nível de serviço no uso de triciclos e caminhões para entregas urbanas na cidade do Rio de Janeiro utilizando simulação.
Rai <i>et al.</i> (2019)	Pesquisa com questionário para explorar a possibilidade de os consumidores adotarem alternativas mais sustentáveis para a entrega de produtos na última milha (pontos de coleta).
Ignat; Chankov (2020)	Pesquisa de campo com consumidores eletrônicos para análise de sustentabilidade ambiental, econômica e social, a partir da exibição de informações sobre emissões de GEE.
Muñoz-Villamizar <i>et al.</i> (2021)	Estudo de caso investigando o impacto das entregas rápidas nas emissões de CO ₂ na logística de entrada (fornecedor para CD) utilizando cenários de simulação.

Fonte: Elaborado pela autora.

O levantamento bibliográfico realizado serviu para mostrar como a sustentabilidade ambiental das entregas de *e-commerce B2C* tem sido explorada e quais são as tendências nesse campo de estudo. Concluiu-se que esse tema ainda oferece um amplo campo de pesquisa, de interesse para a comunidade científica, e que há espaço para novos estudos ampliarem o conhecimento do assunto. Portanto, na presente pesquisa, utilizou-se a aplicação de questionário e um modelo de simulação no estudo da sustentabilidade ambiental da EUM a partir da percepção de consumidores eletrônicos em um mercado emergente (Brasil), um caso ainda não encontrado na literatura.

3 METODOLOGIA

De acordo com as características da presente pesquisa, a mesma pode ser entendida como (i) uma pesquisa de natureza aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimento no campo da CS/Logística sob a perspectiva da demanda e da sustentabilidade ambiental, com vistas a proposições práticas; (ii) com abordagem quantitativa pois busca a compreensão de uma realidade com base em uma análise estatística de dados e; (iii) com finalidade descritiva pois busca descrever as características de determinada população (consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro).

Em relação aos procedimentos técnicos de investigação, utiliza-se (i) a pesquisa de levantamento, isto é, a coleta de dados primários, por meio de aplicação de questionário e; (ii) a pesquisa experimental, através de cenários simulados (delimitação de variáveis atuantes sobre o fenômeno estudado com observação dos efeitos dessas variáveis sobre o objeto).

Esse capítulo teve como objetivo descrever os procedimentos metodológicos que foram empregados na presente tese (coleta de dados e simulação computacional), além de fornecer uma definição dos constructos teóricos utilizados (os termos sustentabilidade, CS/logística e *e-commerce*). A seguir, são detalhadas as considerações metodológicas empregadas na estruturação da presente tese.

3.1 Base conceitual

3.1.1 Sustentabilidade

O termo sustentabilidade tem ganhado importância nos últimos tempos, entre organizações privadas, governos e organizações não governamentais e, em virtude dessa ampla utilização convém compreender a origem e a evolução desse termo até os dias atuais. Até a década de 1960 os problemas ambientais eram tratados de maneira superficial, contudo, a partir desse período inicia-se uma discussão mais profunda sobre os desdobramentos ambientais e sociais gerados pelo desenvolvimento econômico. Em função disso, nos anos posteriores, foram realizados diversos encontros e reuniões entre países para discutir a temática ambiental (OLIVEIRA; LEONETI; CEZARINO, 2019). No Quadro 2, apresenta-se um resumo dos principais eventos mundiais sobre o meio ambiente até 2015.

Quadro 2 – Principais eventos mundiais sobre o meio ambiente entre 1962 e 2015.

Ano	Evento	Objetivo
1968	Conferência das Nações Unidas sobre a conservação e o uso racional dos recursos da biosfera.	Ocorrida em Paris, lançou as bases para o Programa Homem e Biosfera.
1972	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, Suécia.	Primeira manifestação dos governos de todo o mundo a respeito das consequências da economia sobre o meio ambiente. Criação do Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente.
1980	I Estratégia Mundial para a Conservação.	Com a colaboração das Nações Unidas e do <i>World Wide Fund for Nature</i> (WWF), elaborou-se um plano de longo prazo para a conservação dos recursos biológicos.
1983	Criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento.	Objetivou examinar as relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento e apresentar propostas viáveis.
1992	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento ou Cúpula da Terra.	Foro mundial realizado com 170 países que abordou perspectivas globais e de integração relacionadas à questão ambiental e definiu concretamente o modelo de desenvolvimento sustentável. Aprovação da Declaração do Rio e de outros documentos, incluindo a Agenda 21.
1997	Rio+5.	Realizada em Nova York, teve como objetivo analisar a implementação da Agenda 21.
1997	Conferência das Partes em Quioto.	Marco no entendimento das relações entre economia e meio ambiente, reconhecendo a maior necessidade de estudos. Protocolo de Quioto foi o principal resultado da Conferência, definindo cortes nas emissões de gases de efeito estufa.
2002	Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio+10.	Realizada em Johannesburgo, teve o objetivo de analisar se foram alcançadas as metas da Rio- 92 e reiterar os princípios de Desenvolvimento Sustentável.
2012	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável – Rio+20.	Realizada no Rio de Janeiro, teve como foco a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e a discussão da estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável.
2015	21ª Conferência das Partes (COP- 21) da Convenção- Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e 11ª Reunião das Partes no Protocolo de Quioto (MOP- 11).	Realizada em Paris, indicou que os países devem trabalhar para que o aquecimento fique muito abaixo de 2°C, buscando limitá-lo a 1,5°C. O acordo deve ser revisto a cada 5 anos.

Fonte: Adaptado de Oliveira; Leoneti; Cezarino (2019).

O significativo esforço de crítica dos limites do paradigma de desenvolvimento em curso e a constatação dos problemas para a humanidade, como o aquecimento global, os desastres ecológicos, a condição de pobreza de grandes populações e a má distribuição de riqueza, motivaram a busca por um novo paradigma de desenvolvimento capaz de auxiliar na superação dos problemas enfrentados e garantir a vida, por meio da manutenção dos sistemas naturais (ROSA; FRACETO; MOSCHINI-CARLOS, 2012).

Desse novo paradigma emergiu o conceito de desenvolvimento sustentável (DS), consolidado após o relatório Nosso Futuro Comum - Relatório *Brundland*, lançado em 1987, que veio atentar para a necessidade de um novo tipo de desenvolvimento capaz de manter o

progresso em todo o planeta e, no longo prazo, ser alcançado pelos países em desenvolvimento e também pelos desenvolvidos (ROSA; FRACETO; MOSCHINI-CARLOS, 2012). No Relatório *Brundland*, DS é definido como: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (WCED, 1987).

Esse relatório é considerado um marco, pois, entre outros fatores, possui uma definição de DS amplamente aceita entre estudiosos e profissionais de áreas afins, na qual o DS preocupa-se com o ambiente em nível de governança internacional, e denota relação inevitável entre as escalas local, global e regional (OLIVEIRA; LEONETI; CEZARINO, 2019).

Devido à complexibilidade envolvida no DS, os critérios de sustentabilidade podem ser divididos em cinco dimensões: sustentabilidade social, sustentabilidade territorial, sustentabilidade ecológica, sustentabilidade cultural e sustentabilidade econômica (OLIVEIRA; LEONETI; CEZARINO, 2019):

- (i) Sustentabilidade social: refere-se ao que o ser humano pode ganhar bem como à maneira como pode ser mantida decentemente sua qualidade de vida. Ela ocorre quando processos, sistemas, estruturas e relações apoiam a capacidade da empresa de criar uma comunidade justa, diversa e democrática;
- (ii) Sustentabilidade territorial: está relacionada à sustentabilidade dos sistemas urbanos e rurais, melhoria do ambiente urbano, do êxodo rural, a superação de disparidades inter-regionais, a organização territorial e o acesso a sistemas de suporte à população e à conservação da biodiversidade;
- (iii) Sustentabilidade ecológica: também conhecida como sustentabilidade ambiental, refere-se à existência de condições ecológicas necessárias para sustentar a vida humana atual e futura, bem como o uso efetivo dos recursos existentes nos diversos ecossistemas com mínima deterioração ambiental;
- (iv) Sustentabilidade cultural: é aquela que garante que mudanças ocorram em harmonia com a continuidade cultural vigente, isto é, mantendo a cultura e os costumes do território no longo prazo e, além disso, busca a participação ativa do cidadão como agente empoderado dentro do processo de desenvolvimento;

(v) Sustentabilidade econômica: vincula-se à administração e destinação correta dos recursos naturais para o alcance de objetivos econômicos, assim como, ao desenvolvimento econômico equilibrado e à inserção soberana da economia internacional.

Em 2015, sob uma perspectiva de participação social e de organizações privadas e públicas, a Organização das Nações Unidas (ONU) elencou 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). No Quadro 3 esses objetivos são apresentados.

Quadro 3 – ODS da Agenda 2030.

Objetivo	Descrição
1	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
2	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
3	Assegurar o acesso à saúde de qualidade, promovendo o bem-estar para todos, em todas as idades.
4	Assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem para todos ao longo da vida.
5	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
6	Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos.
7	Assegurar o acesso a fontes energéticas fiáveis, sustentáveis e modernas para todos.
8	Promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.
9	Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
10	Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
11	Tornar as cidades e as comunidades mais seguras, resilientes inclusivas e sustentáveis.
12	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
13	Tomar medidas urgentes para mitigar as alterações climáticas e seus impactos.
14	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
15	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação dos solos e combater a perda da biodiversidade.
16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
17	Fortalecer os meios de implementação e revitalização da parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Adaptado de Nações Unidas Brasil (2015).

O DS implica a necessidade de mudanças nos sistemas de produção, organização da sociedade e utilização de recursos naturais; logo, precisa ser garantido pela ação conjunta entre atores políticos, econômicos e sociais (OLIVEIRA; LEONETI; CEZARINO, 2019). Nesse contexto, junto ao conceito de DS surge o conceito de sustentabilidade empresarial (SE), também chamado de sustentabilidade corporativa. A SE consiste em assegurar o sucesso do negócio no longo prazo e, ao mesmo tempo, contribuir para o desenvolvimento econômico e social da comunidade (PHILIPPI JR, 2016). Uma empresa sustentável ambiental e socialmente,

deve adotar atitudes éticas, práticas que visem seu crescimento econômico sem agredir o meio ambiente e colaborar para o desenvolvimento da sociedade (PHILIPPI JR, 2016).

3.1.2 Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística

A CS é um conjunto de atividades funcionais, tais como os transportes, o controle de estoques entre outras, que são repetidas muitas vezes ao longo do canal pelo qual as matérias-primas são convertidas em produtos acabados, aos quais se agrega valor ao consumidor (BALLOU, 2004). Uma CS pode ser descrita como a união de todos os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, para atender um pedido de um cliente e envolve vários componentes como: clientes, varejistas, atacadistas, distribuidores, fabricantes, fornecedores de matérias-primas ou componentes, fornecedores de fornecedores e transportadores (PEINADO; GRAEML, 2007).

Em uma CS, os departamentos de compras, de planejamento, de programação e controle da produção, de engenharia, de *marketing*, de qualidade, de finanças e de produção devem trabalhar de maneira integrada, disponibilizando as informações em tempo real a fim de que o processo produtivo possa transformar os insumos em produtos de forma rápida (PAOLESCHI, 2014).

O GCS pode ser definido como a gestão da interconexão das empresas que se relacionam por meio de ligações a montante e a jusante entre os diferentes processos, produzindo valor na forma de produtos/serviços para o consumidor final (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). O princípio básico do GCS consiste em assegurar uma maior visibilidade dos eventos em relação à satisfação da demanda (ASSUMPÇÃO; SOUZA; ROBLES, 2009). Ressalta-se que é necessário considerar a CS como uma rede de empresas independentes, que agem em sintonia, com o objetivo de criar valor para o usuário final através da distribuição de produtos (ASSUMPÇÃO; SOUZA; ROBLES, 2009).

A finalidade do GCS é maximizar a produtividade nas operações de uma organização, com consequente diminuição de custos, permitindo que a empresa trabalhe com flexibilidade nos sistemas produtivos e logísticos, para o atendimento da demanda de mercado e o lançamento de novos produtos (CHOPRA; MEINDL, 2002). Os principais fluxos que precisam ser coordenados em uma CS são o fluxo de produtos, de serviços, de informação, de recursos financeiros, de demanda e de previsões (BALLOU, 2004). Esse gerenciamento adequado do

fluxo de informações e de produtos em uma CS é tido como um elemento-chave para a garantia do seu sucesso (CHOPRA; MEINDL, 2002). O grande desafio dos gestores é sincronizar o fluxo físico de produtos e de informações com as necessidades dos clientes e, ainda, buscar a redução de estoques de matérias-primas, de produtos intermediários, de produtos em processo e até de produtos acabados (ASSUMPÇÃO; SOUZA; ROBLES, 2009).

O GCS pode ser classificado em três segmentos de acordo com as suas respectivas atribuições: (i) a gestão logística, que corresponde aos fluxos de materiais e de informações para a organização; (ii) a gestão de materiais, que se refere aos estoques disponíveis e a sua reposição para o atendimento da produção; e (iii) a gestão da qualidade, que corresponde à atividade de verificação, por meio de conferência da conformidade, na recepção das compras (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Contudo, é difícil, em termos práticos, separar o GCS da logística empresarial, pois ambas possuem missão idêntica em muitos aspectos: “colocar os produtos ou serviços certos no lugar certo, no momento certo, e nas condições desejadas, dando ao mesmo tempo a melhor contribuição possível para a empresa” (BALLOU, 2004).

Um sistema logístico típico é composto pelas seguintes atividades ou componentes: previsão de demanda, processamento de pedidos, armazenagem e estocagem, controle de estoque, manuseio de materiais, embalagem, comunicações de distribuição, tráfego e transporte, serviços ao cliente, peças de reposição e serviços de suporte, manuseio de produtos devolvidos, reciclagem de sucata, escolha de locais para fábrica e armazenagem (análise de localização) (BALLOU, 2004).

Nesse contexto, o planejamento logístico (PL) é responsável pela programação e pela operacionalização da CS, sendo parte do GCS. O PL propicia a redução dos custos produtivos, o aumento da velocidade de entrega dos produtos acabados, a redução do tempo de atendimento dos pedidos dos clientes, o gerenciamento dos prazos de entrega das vendas realizadas e a administração do inventário e dos custos de distribuição (PAOLESCHI, 2014).

Além do conceito tradicional de logística, existem, outros conceitos relacionados a essa atividade, que são (D’AGOSTO; OLIVEIRA, 2018):

(i) Logística urbana: está relacionado à movimentação de cargas (matérias-primas, produtos semiacabados, produtos acabados e resíduos) e pessoas em áreas urbanas, bem como todo o

processo de transporte e armazenagem de cargas e de deslocamento de pessoas, de forma a causar o menor impacto negativo possível às cidades;

(iii) Logística reversa: está relacionado às atividades de planejamento, de implementação e de controle do fluxo de mercadorias (incluindo os serviços e as informações relacionadas) do ponto de consumo para o ponto de origem, com o propósito de recapturar o valor (pós-venda) ou destinar à apropriada disposição (pós-consumo) dos produtos.

3.1.3 Cadeia de suprimentos sustentável

A junção dos conceitos de CS, logística e sustentabilidade ajudaram no desenvolvimento do conceito de cadeia de suprimentos sustentável (CSS), também chamada de cadeia de suprimentos verde. O Guia Empresarial para uma Cadeia de Suprimentos Sustentável (do inglês, *Business Guide to a Sustainable Supply Chain*), desenvolvido pelo conselho empresarial da Nova Zelândia, define CSS como:

Gestão das matérias-primas e serviços de fornecedores para o fabricante/prestador de serviço e para clientes, ou processo inverso, com a melhoria dos impactos sociais e ambientais explicitamente considerados. (*Business Guide to a Sustainable Supply Chain*, 2003, p. 6).

Para ser considerada sustentável, uma CS não deve causar danos aos sistemas naturais ou sociais, e ainda produzir lucros durante certo período de tempo, além disso, precisa ter clientes capazes de assumir responsabilidades junto à empresa (PAGELL; WU, 2009). O gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos (GSCS) pode ser entendido como um conceito ampliado da GCS convencional. Além de envolver as práticas tradicionais da GCS, o GSCS integra critérios e problemas ambientais nos relacionamentos de longo prazo com fornecedores e nas decisões de compra, além de buscar controlar o impacto ambiental nos processos internos e evitar a dispersão de materiais perigosos no meio ambiente (PHILIPPI JR, 2016).

[...] exigências ecológicas são consideradas critérios fundamentais para produtos e processos e, ao mesmo tempo, a empresa busca garantir a sustentabilidade econômica e permanecer competitiva e lucrativa. Ao praticar apenas uma fração dos conceitos verdes na GCS, muitas empresas já têm alcançado sucesso. Portanto, entre as abordagens GCS e GSCS há uma ampliação dos conceitos. Mais do que simplesmente agregar o fator ambiental às atividades das organizações, a GSCM fornece uma nova visão das responsabilidades das empresas com o meio ambiente e a sociedade (PHILIPPI JR, 2016, p. 439).

Além da inclusão de práticas como desenvolvimento de fornecedores, o GSCS se preocupa com o desempenho dos compradores, a adequação à legislação, a redução de perdas, a reutilização de materiais, a reciclagem, a economia de água e de energia, os processos produtivos enxutos e flexíveis, o uso de insumos ecologicamente corretos, o compartilhamento de recompensas e de riscos, a adoção de tecnologias “limpas” e o comprometimento e a conscientização ambiental dos participantes da cadeia (PHILIPPI JR, 2016).

Um conceito utilizado como referência no contexto da CSS é o *Triple Bottom Line (TBL)*, o qual determina o GCS com foco não só no resultado econômico, mas também no resultado ambiental e social adicionado, mantendo o equilíbrio entre os resultados organizacionais (PHILIPPI JR, 2016). Tradicionalmente, o *TBL* é identificado por três variáveis: desenvolvimento econômico, gestão ambiental e responsabilidade social (PHILIPPI JR, 2016). A implementação das dimensões do TBL incluem, mas não se restringem, às seguintes práticas:

- (i) Dimensão econômica: maximização do retorno do capital, lucratividade no longo prazo, capacidade de produção contínua, transparência e ética empresarial, geração e distribuição de renda, comércio justo e consumo responsável;
- (ii) Dimensão ambiental: preservação de recursos naturais e biodiversidade, ecoeficiência, *ecodesign* ou análise do ciclo de vida, educação ambiental, produção mais limpa e emissão zero;
- (iii) Dimensão social: geração de emprego e prática trabalhista, engajamento das partes interessadas, inclusividade e igualdade, responsabilidade pelo produto, envolvimento comunitário, política de relacionamento e desenvolvimento de fornecedores e relacionamento com o cliente.

BOWERSOX *et al.* (2013) propõem uma discussão sobre o GSCS a partir de quatro dimensões, sendo:

- (i) ambiental: incluem conservação e gerenciamento de recursos naturais, redução de resíduos e emissão de GEE, e práticas de gestão ambiental nos diversos processos organizacionais, tais como a compra de materiais e a melhoria de embalagens;

(ii) ética: abrange questões relativas à sustentabilidade social corporativa, tais como as relações éticas com os funcionários, o envolvimento com a comunidade e as práticas de gestão da CS;

(iii) educacional: visa assegurar que a mão-de-obra seja treinada adequadamente e providenciar mão-de-obra que substitua os funcionários atuais no futuro; pode ser decomposta em três categorias (relações educacionais com os funcionários, desenvolvimento de talentos e práticas de gestão da CS);

(iv) econômica: concentra-se no esforço permanente para a redução do custo total da CS, associado com a maneira pela qual a empresa conduz o seu negócio. Sendo assim, a dimensão econômica compreende a gestão interna (tais como a adequação do ambiente de trabalho, a produção mais limpa, a minimização de resíduos e a otimização dos transportes) e a externa (tais como a gestão de fornecedores e a geração de mercado).

No contexto do GSCS, a agregação do aspecto socioambiental ampliou o escopo conceitual da logística, principalmente, pelos seguintes fatores (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018, 2018):

(i) A poluição ambiental decorrente das emissões gasosas geradas pela combustão incompleta dos combustíveis fósseis, por meio dos diversos sistemas de transportes;

(ii) A emissão de GEE oriundos da queima de combustíveis fósseis;

(iii) O consumo de fontes energéticas não renováveis, especialmente os combustíveis fósseis derivados do petróleo;

(iv) Os ruídos gerados pela movimentação de cargas nos centros urbanos;

(v) Os resíduos sólidos e líquidos gerados pelas atividades logísticas, principalmente as de transporte e armazenagem;

(vi) A crescente contaminação dos recursos naturais, tais como veículos com produtos químicos que se acidentam, navios petroleiros que contaminam os oceanos etc;

(vii) Os impactos causados por vazamento dos diversos produtos contidos através do rompimento de diques de contenção, utilizados pela armazenagem de resíduos da atividade produtiva, tais como os segmentos de mineração e de celulose;

(viii) A necessidade de desenvolvimento de projetos adequados à efetiva necessidade do produto a ser contido, evitando que as atividades de transporte e/ou armazenagem causem avarias à embalagem de produtos químicos, petroquímicos, defensivos agrícolas e farmacêuticos.

A ampliação do conceito de logística introduziu os termos, logística de baixo carbono, logística verde e logística sustentável (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018).

A logística de baixo carbono visa à adoção de medidas que promovam a redução da emissão de CO₂, um dos principais GEE (associado à atividade de transportes, tendo em vista a dependência desse setor pelo uso de combustíveis fósseis) e sua aplicação tem sido de grande importância para todo o planeta, pois contribui para a minimização do aquecimento global, um dos maiores problemas ambientais do século XXI (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018).

A logística verde busca a adoção de medidas que visem à redução dos impactos ambientais, tais como a redução da emissão de CO₂ e de outros GEE, como o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), bem como a redução da emissão de poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis, tais como o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os óxidos de nitrogênio (NO_x), os óxidos de enxofre (SO_x) e o material particulado (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018). Além disso, visa o uso adequado dos recursos naturais, a reciclagem de materiais, a contenção do desperdício de água e de energia, a contenção do consumo desnecessário de recursos e a disposição correta de resíduos sólidos e líquidos no meio ambiente (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018).

A logística sustentável tem como objetivo a redução de impactos ambientais, sociais e econômicos, simultaneamente. Além da busca pela redução dos impactos ambientais, como no caso da logística de baixo carbono e da logística verde, a logística sustentável tem como meta a ampliação dos benefícios sociais das suas atividades primárias (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018). Consiste, portanto, em uma proposta mais ampla, capaz de promover mudanças nas escolhas institucionais e de realizar transformações políticas e econômicas visando a melhoria da distribuição de renda, das condições de trabalho e da qualidade de vida dos trabalhadores (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018).

3.1.4 *E-commerce*: conceito, tipos e contexto no Brasil

O *e-commerce*, também chamado de comércio eletrônico, comércio virtual ou venda não-presencial, é a realização de comunicações e transações de negócios através de rede e equipamentos eletrônicos (tais como computadores, *tablets* e *smartphones*), mais especificamente a compra e a venda de produtos e serviços, e a transferência de fundos através de comunicações/canais digitais (REEDY; SCHULLO; ZIMMERMAN, 2001). O *e-commerce* pode incluir todas as funções empresariais como *marketing*, finanças, produção, vendas e negociações, que viabilizem o comércio e/ou que usem correio eletrônico, transferência de arquivos, videoconferência entre outros (REEDY; SCHULLO; ZIMMERMAN, 2001).

O crescimento do *e-commerce* estabeleceu uma ampla categorização dos relacionamentos da CS, visto que, as empresas de *internet* tenderam a focar nos setores de mercado, a partir da definição de “quem fornece para quem” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Os autores enfatizam que essa categorização se distingue entre as relações dos que compõem o elo final da CS (consumidores finais) e/ou dos negócios comerciais (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Assim, a primeira matriz de relacionamento negócio-consumidor deu origem a quatro tipos de *e-commerce*, sendo: negócio a negócio (*business-to-business - B2B*), negócio a consumidor (*business-to-consumer - B2C*), consumidor a negócio (*consumer-to-business - C2B*) e consumidor a consumidor (*consumer-to-consumer - C2C*) (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009):

- (i) Comércio *B2B*: é o tipo mais comum e está presente em toda a rede, exceto no último elo da CS; envolve as operações e as vendas realizadas através de algum canal virtual entre empresas fornecedoras (fabricantes/atacadistas) e consumidoras (atacadistas/varejistas);
- (ii) Comércio *B2C*: envolve as vendas diretas que ocorrem de empresas de *e-commerce* ou varejistas para consumidores finais (pessoas físicas);
- (iii) Comércio *C2B*: envolve consumidores que despacham suas necessidades pela rede e estabelecem o preço que estão dispostos a pagar; as empresas, então, decidem se oferecem valor o solicitado por aquele preço;
- (iv) Comércio *C2C*: envolve as vendas realizadas por indivíduos (pessoas físicas) para atender diretamente a outros indivíduos por meio de algum canal virtual.

Com o passar dos anos, outras formas de *e-commerce* surgiram, tais como: negócio a governo (*business-to-government* - B2G) e consumidor a governo (*consumer-to-government* - C2G) (SATNALIKA; RAO, 2015; KEIKHA; SARGOLZAEI, 2017):

(v) Comércio B2G: envolve as transações realizadas por empresas para atender consumidores representados por entidades governamentais;

(vi) Comércio C2G: envolve operações que são realizadas por pessoas físicas para atender consumidores representados por entidades governamentais.

O *e-commerce* também pode ser categorizado em quatro segmentos de acordo com o tipo de produto ou serviço comercializado e do modelo de negócios seguido, os quais são: *ticketing online*, *varejo online*, *mercados online* e *ofertas online* (SATNALIKA; RAO, 2015):

(i) O *ticketing online* compreende os endereços eletrônicos que oferecem bilhetes de viagens, de hospedagem, de cruzeiros e de filmes e eventos;

(ii) O *varejo online* compreende os endereços eletrônicos que vendem produtos a varejo, nos quais as empresas vendedoras são responsáveis pelas entregas seja por rede de transporte própria ou terceirizada;

(iii) Os *mercados online*, também conhecidos como *marketplaces*, são as plataformas nas quais os vendedores exibem seus produtos para os consumidores comprarem de forma *online*;

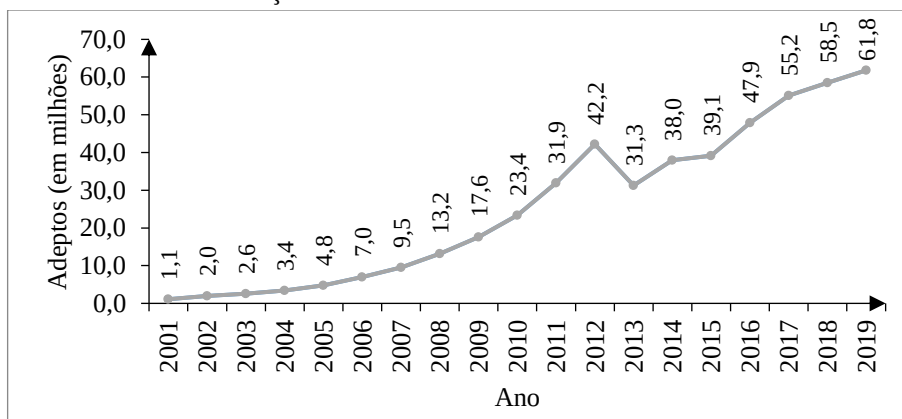
(iv) As *ofertas online* compreendem os *sites* que oferecem ofertas de vários produtos e serviços para consumidores realizarem o pagamento no próprio *site* da transação e retirar o produto no local físico do fornecedor.

No Brasil, em 20 anos de *e-commerce* B2C é possível constatar um crescimento expressivo em termos de número de consumidores, número de pedidos, faturamento e tíquete médio². Fatores como o investimento realizado pelas lojas virtuais nas áreas de *marketing* digital, a qualidade dos produtos, a confiabilidade, a rapidez nas entregas e a comodidade contribuíram para tornar as lojas virtuais mais competitivas e, conseqüentemente, aumentar o número de consumidores (EBIT, 2018).

² Valor total de vendas realizadas dividido pelo número de pedidos.

Um breve histórico sobre a quantidade de consumidores brasileiros mostra que a cada ano o número de adeptos a esse tipo de comércio foi ampliado. No Gráfico 1 apresenta-se o crescimento do número de consumidores eletrônicos a partir de 2001.

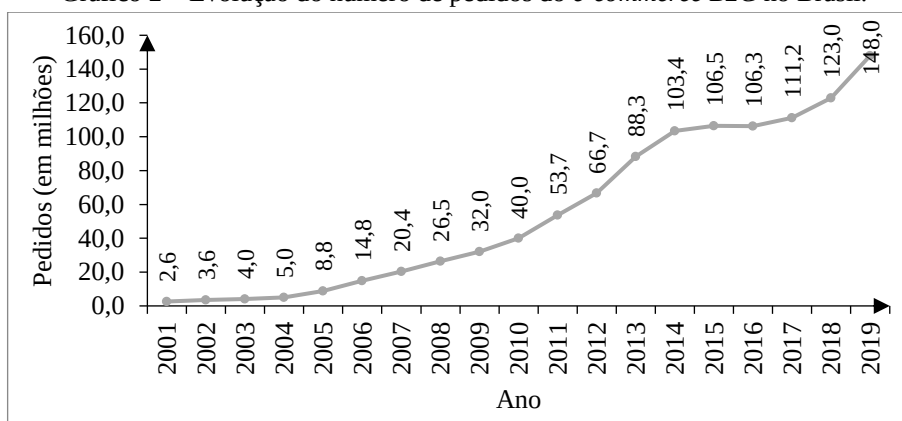
Gráfico 1 – Evolução do número de consumidores eletrônicos no Brasil.



Fonte: Ebit (2020).

Desde 2001 até 2012 houve um crescimento acentuado na quantidade de consumidores, de modo que 41,1 milhões de pessoas aderiram ao *e-commerce* nesse período. Em 2013 houve uma redução de, aproximadamente, 10,9 milhões de adeptos em relação ao ano anterior. Esse período coincide com a desaceleração econômica internacional iniciada em 2012, a qual afetou as economias de diversos países, como no caso do Brasil. A partir de 2013, o número de adeptos volta a crescer atingindo, aproximadamente, 61,8 milhões de pessoas em 2019.

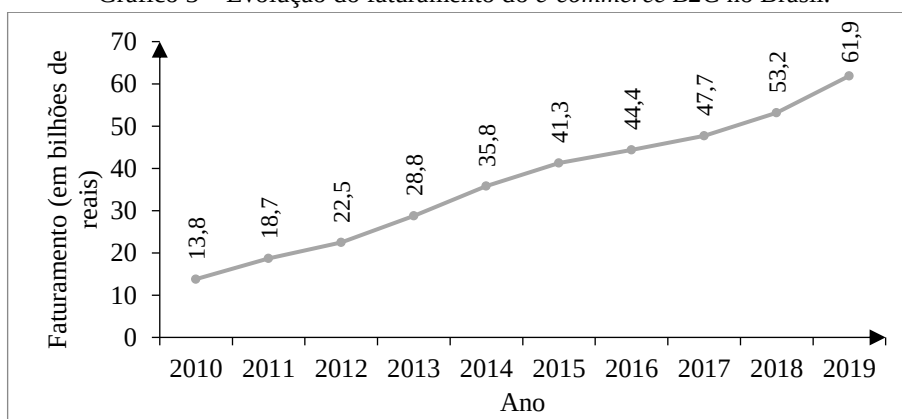
Devido ao aumento do número de consumidores e da quantidade de pedidos por consumidor, houve um crescimento substancial no volume total de pedidos do *e-commerce B2C* ao longo dos anos no Brasil. No Gráfico 2 apresenta-se o crescimento do número de pedidos a partir de 2001.

Gráfico 2 – Evolução do número de pedidos do *e-commerce* B2C no Brasil.

Fonte: Ebit (2020).

Desde 2001 até 2019 o número de pedidos evoluiu sem apresentar nenhum período de decrescimento. Entre 2001 e 2005, número de pedidos era inferior a 9 milhões. No ano seguinte, esse número saltou para, aproximadamente, 15 milhões de pedidos. Em 2014, o número de pedidos ultrapassou a marca de 100 milhões, contudo, o crescimento até 2017 ocorreu de forma modesta. Esse período coincide com a crise política e econômica no enfrentada pelo Brasil que, possivelmente, afetou as transações do comércio *online*. A partir de 2018 os pedidos voltam a aumentar de maneira mais acelerada.

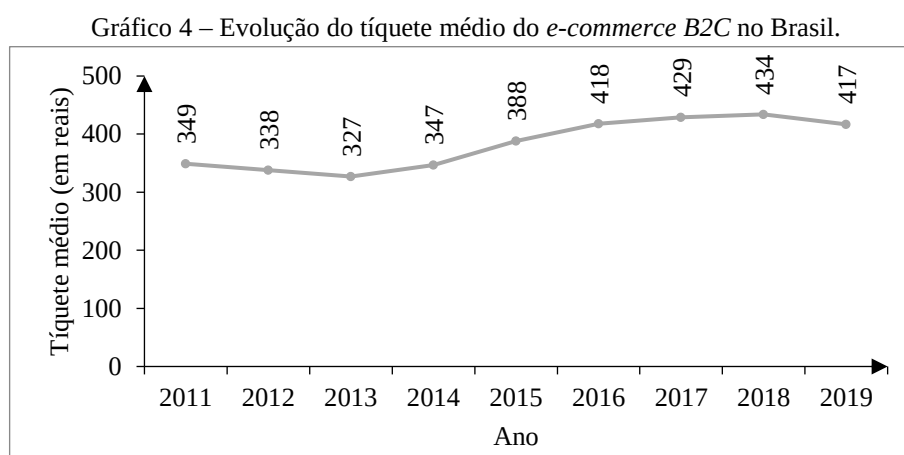
O crescimento do faturamento do *e-commerce* no Brasil é impulsionado pelo aumento na quantidade de pedidos. No Gráfico 3 apresenta-se o faturamento anual desse setor na última década.

Gráfico 3 – Evolução do faturamento do *e-commerce* B2C no Brasil.

Fonte: Ebit (2020).

Desde 2010 até 2019 o faturamento evoluiu sem apresentar nenhum período de decrescimento. Entre 2014 e 2017, o faturamento apresentou um crescimento modesto, semelhante ao que ocorreu, no mesmo período, com a quantidade de pedidos.

O tíquete médio gasto pelos consumidores também apresentou crescimento ao longo dos anos, sofrendo algumas variações em função da inflação. No Gráfico 4 apresenta-se a evolução do tíquete médio a partir de 2011.



Fonte: Ebit (2020).

No processo de expansão do *e-commerce*, a logística desempenha um papel fundamental, enquanto atividade estratégica, tanto para o planejamento como para a operacionalização das entregas. As lojas virtuais dispõem, atualmente, de três meios de entrega de mercadorias (frota própria, transportadora privada e correios), as quais passam por alterações ao longo do tempo, conforme apresentado a seguir: Em 2013, a frota própria tinha uma participação de 4%, transportadora privada correspondia a 15% e correios representava 81%. Em 2015, a frota própria passou a ter uma participação de 5,4%, transportadora privada avançou para 21,5% e correios reduziram para 73,1%. Em 2017, a participação da frota própria saltou para 10,6%, transportadora privada avançou para 30,4% e a participação dos correios reduziu para 58,9% (ABCOMM, 2018).

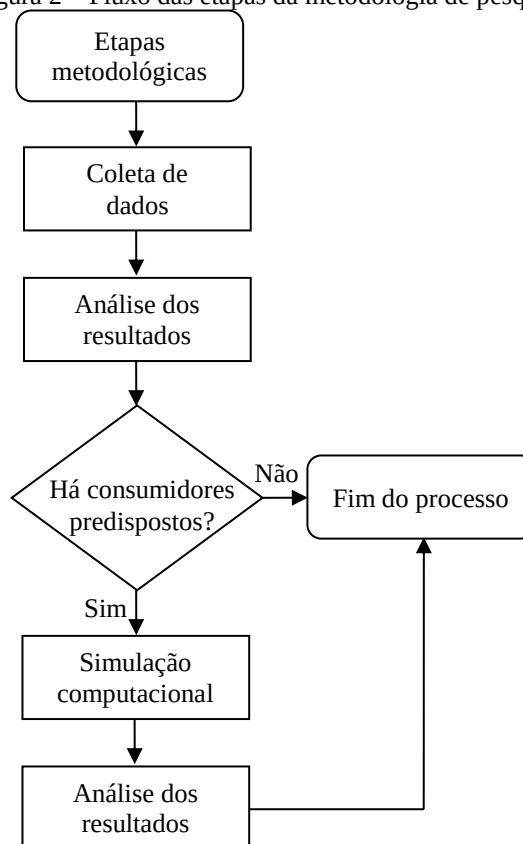
3.2 Etapas metodológicas

A metodologia de pesquisa dessa tese foi desenvolvida em duas etapas: a aplicação de um questionário estruturado e o desenvolvimento de um modelo de simulação computacional. A etapa inicial dessa pesquisa consistiu em um questionário aplicado a consumidores

eletrônicos do sudeste brasileiro para a percepção do seu potencial de contribuição com a sustentabilidade nas entregas urbanas de seus produtos adquiridos *online*. Posteriormente, prosseguiu-se para a segunda etapa da pesquisa, a simulação computacional. Nessa etapa, foi elaborado um modelo computacional composto por cenários de entregas de produtos do *e-commerce B2C* para analisar possibilidades de tornar as atividades de transporte mais sustentáveis, no contexto das decisões do consumidor.

Na Figura 2, ilustra-se o fluxo das etapas da metodologia de pesquisa.

Figura 2 – Fluxo das etapas da metodologia de pesquisa.



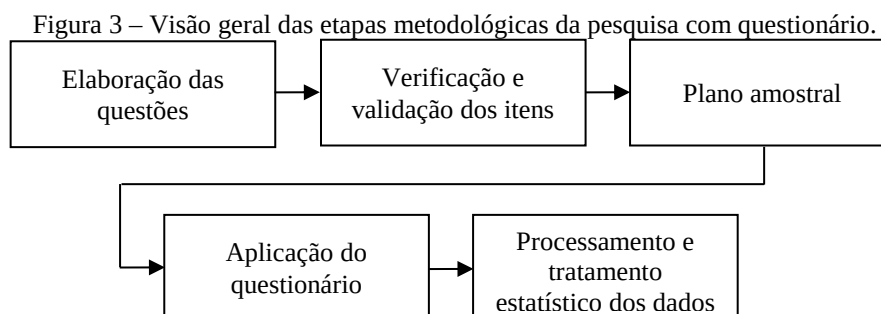
Fonte: Elaborado pela autora.

A coleta de dados por meio do questionário e a posterior análise de seus resultados propiciaram o desenvolvimento da segunda etapa metodológica, a simulação computacional, uma vez que foi possível identificar que há consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro que se dispõem a contribuir com a sustentabilidade das entregas a partir de suas decisões de compra (prazos de entregas flexíveis). Sendo assim, os resultados da simulação computacional visaram complementar a proposta de promoção da sustentabilidade ambiental da EUM,

trazendo cenários de entregas urbanas considerando diferentes prazos de entrega para mostrar o seu impacto na quilometragem percorrida pelos veículos.

3.2.1 Instrumento de coleta de dados primários

A pesquisa com questionário foi realizada de acordo com as seguintes etapas, conforme ilustrado na Figura 3: elaboração das questões, verificação e validação dos itens do questionário, plano amostral, aplicação do questionário e processamento e tratamento estatístico dos dados.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.1.1 Elaboração das questões

A literatura pertinente ao tema dessa tese foi estudada (Capítulo 2) para a identificação dos principais eixos temáticos que serviram de base para a composição das perguntas do questionário. A partir disso, os dados primários foram coletados por meio da aplicação de um questionário estruturado para a obtenção de informações sobre as preferências e a motivação de consumidores brasileiros em relação ao consumo de combustíveis fósseis e respectivas emissões de GEE nas entregas urbanas de produtos adquiridos por meio do *e-commerce*. Apesar das limitações desse instrumento de pesquisa, trata-se de uma excelente ferramenta de coleta de dados, pois permite ao pesquisador alcançar um grande número de entrevistados de forma clara e objetiva, conforme relatado por Gil (2008).

No Quadro 4 apresenta-se uma visão geral das principais vantagens e limitações desse instrumento.

Quadro 4 – Principais vantagens e limitações da utilização de questionário.

Vantagens	Limitações
Permite atingir grande número de pessoas em pouco tempo;	Exclui as pessoas que não sabem ler e escrever;
Requer poucos gastos, visto que não exige treinamento dos pesquisadores;	Não permite o auxílio ao respondente quando este não compreende corretamente instruções ou perguntas;
Garante o anonimato das respostas;	Não permite o conhecimento das circunstâncias em que o questionário foi respondido;
Permite que as pessoas respondam em um momento conveniente;	Não oferece a garantia da devolução do questionário devidamente respondido, podendo reduzir a representatividade da amostra;
Não expõe os respondentes à influência das opiniões e do aspecto pessoal do pesquisador.	Envolve, geralmente, número relativamente pequeno de questões, pois se sabe que questionários extensos apresentam alta probabilidade de não serem respondidos;
	Pode apresentar resultados críticos em relação à objetividade, pois as questões podem ter significado diferente para cada respondente.

Fonte: Adaptado de Gil (2008).

Apesar das limitações, dadas às vantagens apresentadas optou-se pela utilização do questionário. Os dados foram coletados totalmente *online*, o que foi considerado uma abordagem apropriada e eficiente para uma pesquisa no âmbito do *e-commerce*, além de já ter sido utilizada anteriormente em estudos semelhantes, proporcionando resultados interessantes (LIM; CHAM, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017; PENZ; HARTL; HOFMANN, 2019). No entanto, assume-se que existem algumas limitações para a pesquisa *online*, tais como diferenças de compreensão e interpretação e falta de respostas conscienciosas. Para a minimização dos efeitos desses problemas, foi conduzido um pré-teste do questionário, e não se permitiu o preenchimento e o envio, pelo mesmo respondente, de mais de um questionário.

A pesquisa conduzida teve dez questões, considerando questões fechadas, questões dependentes e questões de múltipla escolha. Seu conteúdo correspondeu a aspectos que caracterizam o nível de consciência dos consumidores por meio de suas intenções e percepções, considerando prioridades de compra, preferências do consumidor e flexibilidade do consumidor (CHUANMIN *et al.*, 2014; PENZ; HARTL; HOFMANN, 2019; RAI *et al.*, 2019; IGNAT; CHANKOV, 2020).

O questionário foi construído em blocos de perguntas. No primeiro bloco, os indivíduos responderam às questões referentes ao escopo da pesquisa. Algumas perguntas e seus respectivos itens, quando houve, foram pontuados individualmente por meio de uma escala *Likert* de cinco pontos e uma alternativa de abstenção ou não aplicabilidade, de acordo com o

grau de importância pessoal. Na Tabela 1 apresenta-se a descrição dos níveis da escala de importância.

Tabela 1 – Escala de aderência para importância declarada pelos respondentes em relação às perguntas do questionário.

Ponto	Grau	Tipo de concordância
-2	Baixíssima	O item não tem quase nenhuma importância
-1	Baixa	O item tem importância reduzida
0	Média	O item tem importância moderada
1	Alta	O item tem importância acentuada
2	Altíssima	O item tem imprescindível importância
N	Não sei	Alternativa de abstenção ou não aplicabilidade

Fonte: Elaborado pela autora.

Semelhantemente, outras perguntas e seus respectivos itens, quando houve, também foram pontuados individualmente por meio de uma escala *Likert* de cinco pontos e uma alternativa de abstenção ou não aplicabilidade, só que nesse caso de acordo com o grau de concordância pessoal. Na Tabela 2 apresenta-se a descrição dos níveis da escala de concordância.

Tabela 2 – Escala de aderência para concordância declarada pelos respondentes em relação às perguntas do questionário.

Ponto	Grau	Tipo de concordância
-2	Discordo totalmente	O respondente discorda totalmente do item
-1	Discordo parcialmente	O respondente discorda parcialmente do item
0	Talvez sim, talvez não	O respondente não concorda nem discorda do item
1	Concordo parcialmente	O respondente concorda parcialmente com o item
2	Concordo totalmente	O respondente concorda totalmente com o item
N	Não sei	Alternativa de abstenção ou não aplicabilidade

Fonte: Elaborado pela autora.

Para ambos os casos, uma pontuação mais alta indica uma concordância/importância mais forte em relação à afirmação na escala (LIKERT, 1932). Essa metodologia é amplamente utilizada na condução de pesquisas de opinião e para a obtenção de percepções qualitativas em questões quantitativas (GIL, 2008).

Com relação ao escopo das questões, foram considerados os tópicos descritos a seguir:

Prazo de entrega versus custo de transporte: a percepção dos respondentes sobre o grau de importância dado aos critérios de compra prazo de entrega e custo de transporte serviu para indicar a relação tempo versus custo dos produtos adquiridos por meio de compras *online*.

Informações ambientais: Os produtos vendidos *online* podem, em alguns casos, trazer informações que estabeleçam sua relação com o meio ambiente (ex. ISO 14000 e outras certificações, embalagens ecológicas, insumos reciclados, pegada de carbono, entre outros). A pergunta relacionada a essa prioridade de compra (informações ambientais do produto) teve como objetivo captar a percepção dos respondentes sobre a importância da disponibilização dessas informações no ato da compra.

Influência das informações de sustentabilidade nas decisões de compra: Investigou-se se o fornecimento de informações de sustentabilidade ambiental para os respondentes também influencia seus hábitos e decisões de compra (além dos aspectos econômicos convencionais).

Entregas com baixa emissão de carbono: As preferências pessoais impactam o meio ambiente e, com essa questão, foi indagado se os respondentes concordariam em dar preferência à aquisição de produtos cujo transporte provoca baixa emissão de carbono para contribuir com o meio ambiente ou se eles seriam indiferentes a essa questão. Com isso, foi investigado se os respondentes veem ou não a necessidade de ponderar suas escolhas em equilíbrio com o meio ambiente e o quanto eles podem estar conscientes dos impactos ambientais causados individualmente.

Flexibilidade do custo de transporte: As preferências pessoais podem ser modificadas em função de externalidades que envolvem aspectos inerentes ao processo de distribuição dos produtos adquiridos *online*. Por isso, os respondentes foram arguidos sobre o quanto concordariam em aumentar o custo de transporte para contribuir com o meio ambiente em função de um possível transporte com baixa emissão de carbono. O objetivo é identificar se os respondentes estão dispostos a flexibilizar seus hábitos de compra para contribuir com a redução do ônus ambiental decorrente do transporte de seus produtos mesmo que isso lhes gere algum acréscimo financeiro.

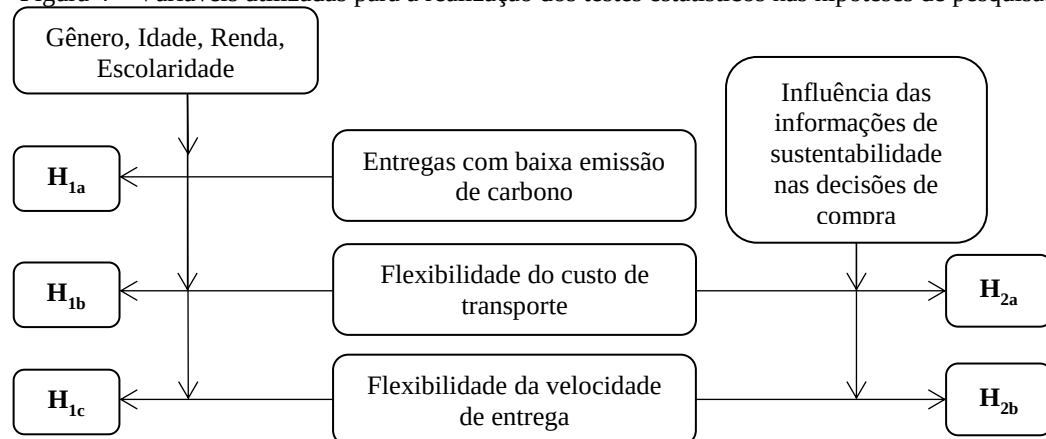
Flexibilidade da velocidade de entrega: Os respondentes também foram arguidos sobre o quanto concordariam em estender o prazo de entrega para contribuir com o meio ambiente, dado um possível transporte com baixa emissão de carbono. Essa questão tem como objetivo identificar se os respondentes estão dispostos a flexibilizar seus hábitos de compra para contribuir com o meio ambiente mesmo que isso lhes incorra em um aumento no tempo de espera pela chegada de sua mercadoria.

Flexibilidade da velocidade de entrega de acordo com o tipo de produto: A flexibilidade dos respondentes para a modificação de seus hábitos de compra *online* é investigada em função dos tipos de produtos adquiridos. Os respondentes foram arguidos sobre o quanto concordariam em estender o prazo de entrega em um conjunto de dez categorias de produtos, sendo: saúde/cosméticos/perfumaria; moda e acessórios; casa e decoração; eletrodomésticos; telefonia/celulares; esporte e lazer; livros/assinaturas/apostilas; informática; eletrônicos; e alimentos e bebidas (EBIT, 2018). O objetivo é identificar se a flexibilização do prazo de entrega depende do tipo de produto adquirido.

No segundo bloco de perguntas, foram elaboradas quatro questões sociodemográficas para a identificação da amostra (gênero, idade, renda e escolaridade), conforme amplamente utilizado na literatura (CHUANMIN, *et al.*, 2014; LIM; CHAM, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017). As classificações utilizadas a seguir estão de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os gêneros considerados foram masculinos e femininos. As faixas etárias consideradas foram: abaixo de 25 anos de idade, de 25 a 34 anos, de 35 a 49 anos e acima de 49 anos. As faixas de renda consideradas foram: classe A (acima de 20 salários mínimos – SM), classe B (de 10 a 20 SM), classe C (de 4 a 10 SM), classe D (de 2 a 4 SM) e classe E (abaixo de 2 SM). As escolaridades consideradas foram: Ensino Fundamental Incompleto (EFI), Ensino Fundamental Completo (EFC), Ensino Médio Incompleto (EMI), Ensino Médio Completo (EMC), Ensino Superior Incompleto (ESI), Ensino Superior Completo (ESC).

As associações que foram estabelecidas entre as questões, dando origem às hipóteses de pesquisa podem ser encontradas na Figura 4.

Figura 4 – Variáveis utilizadas para a realização dos testes estatísticos nas hipóteses de pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.1.2 Verificação e validação dos itens do questionário

A validação do instrumento para coleta de dados primários foi realizada por um profissional da área acadêmica, especialista no desenvolvimento e aplicação de questionários, que levantou sugestões que contribuíram para a melhoria do referido instrumento, seguindo os princípios considerados pela literatura (MARTINS; THEÓPHILO, 2016), conforme descritos a seguir:

- (1) Necessidade ou não de revisão dos itens do questionário para facilitar o preenchimento das respostas;
- (2) Verificação de alternativa importante não incluída;
- (3) Verificação da ausência ou presença desnecessária de informações;
- (4) Verificação da ausência ou presença de sobreposição de faixas;
- (5) Verificação e correção de ambiguidades e erros gramaticais;
- (6) Verificação e correção de tendenciosidades nas questões e na escala;
- (7) Levantamento de dúvidas quanto à exposição dos itens.

3.2.1.3 Plano amostral

De acordo com o Ebit (2018) o número de consumidores eletrônicos brasileiros em 2017 correspondeu a uma população de 55,2 milhões de pessoas. A partir disso, o tamanho ideal da amostra, com margem de erro igual a 5% ($\alpha=0,05$), foi determinado pela equação do cálculo amostral para populações finitas (GIL, 2008), conforme demonstrado pela Equação 1. Todos os membros da população foram considerados com probabilidade igual de responder à pesquisa (amostragem aleatória simples).

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Considerando que:

n: tamanho da amostra;

z: nível de confiança tabelado;

p: porcentagem com a qual o fenômeno se verifica;

q: porcentagem complementar ($100 - p$);

N: tamanho da população;

e: erro máximo adotado (5%).

Após a realização do cálculo amostral, obteve-se como resultado uma amostral ideal de 385 indivíduos, com probabilidade de 5% ($\alpha=0,05$).

De acordo com o Ebit (2018), a região geopolítica brasileira com a maior participação percentual nas compras realizadas por meio do e-commerce em 2017 foi a região Sudeste com, aproximadamente, 61,2% dos consumidores brasileiros. Por causa disso, optou-se por direcionar a amostra para indivíduos apenas dessa região. Logo, a amostra dessa pesquisa contempla unicamente indivíduos pertencentes à região Sudeste do Brasil.

3.2.1.4 Aplicação do questionário

Após a elaboração, o cálculo da amostra ideal, a definição da localização geográfica dos indivíduos e a escolha do canal de transmissão, o questionário foi testado. Primeiramente, foi realizado um teste a partir de uma versão impressa (Apêndice A) com um grupo de 20 consumidores do *e-commerce* (na Universidade Candido Mendes) e, em seguida, com uma versão *online* do mesmo questionário utilizando um *link* de acesso enviado através de rede social (*whatsapp*) e correio eletrônico (*e-mail*) para outro grupo formado por 20 indivíduos. Através do teste do questionário impresso, verificou-se a clareza, a objetividade, a abrangência e a facilidade de interpretação das questões a partir da observação externa do pesquisador durante a aplicação do questionário e da interação com os respondentes após a conclusão das respostas. Posteriormente, com o teste realizado com a versão *online* do questionário (Apêndice B), verificou-se a qualidade, a adequação e a confiabilidade do canal de veiculação (*link* do questionário) aos interesses da pesquisa.

Os dados foram coletados a partir do sistema eletrônico de coleta de dados *Google Forms* que gerou o *link* do questionário. A aplicação do mesmo em sua versão final ocorreu entre os meses de fevereiro e maio de 2019. Inicialmente, o questionário eletrônico foi enviado por *e-mail* para todos os clientes cadastrados nos bancos de dados das empresas Aquário Marinho do Rio de Janeiro (AquaRio) e Paineiras Corcovado (ambas em parceria com o Instituto Conhecer Para Conservar). Sendo que apenas 247 indivíduos retornaram os questionários respondidos. Para completar a amostra necessária (equivalente a 385), o

questionário eletrônico foi enviado para outros indivíduos por meio de redes de contatos (*e-mail* e *whatsapp*) retornando 189 respondentes. Assim, a etapa da aplicação do questionário foi concluída com uma amostra total de 436 participantes anônimos. Desse total, a quantidade de questionários válidos foi equivalente a 421. Foram desconsiderados quinze questionários devido a opção de abstenção (N: não sei) ter sido selecionada em cinquenta por cento ou mais das respostas de cada questionário. Ressalta-se que a amostra ideal obtida pela Equação 1 foi de 385 indivíduos (com $\alpha=0,05$). Contudo, como foi possível aplicar o questionário para uma quantidade maior de indivíduos, todos os 421 questionários válidos foram utilizados, o que resultou em uma probabilidade de 4,78% ($\alpha=0,0478$).

3.2.1.5 Processamento e tratamento estatístico dos dados

Os dados foram extraídos do sistema eletrônico de coleta de dados *Google Forms* e transmitidos para o sistema computacional *Microsoft® Office Excel* versão 2013 onde foram executadas as tabulações e os cálculos, bem como a geração das tabelas e dos gráficos necessários para melhor apresentação dos resultados.

Para a validação da consistência dos dados e a mensuração da confiabilidade do instrumento de coleta de dados, realizou-se um teste de confiabilidade, o coeficiente Alfa de *Cronbach* Ordinal, amplamente indicado para ser utilizado em escalas ordinais, como é o caso da escala *Likert* (GADERMANN; GUHN; ZUMBO, 2012). Na Tabela 3 descrevem-se as faixas de valores para a classificação do alfa (FREITAS; RODRIGUES, 2005).

Tabela 3 – Codificação do coeficiente Alfa de *Cronbach*.

Classificação da confiabilidade				
Baixíssima $\alpha \leq 0,30$	Baixa $0,30 < \alpha \leq 0,6$	Moderada $0,60 < \alpha \leq 0,75$	Alta $0,75 < \alpha \leq 0,90$	Altíssima $\alpha > 0,90$

Fonte: Adaptado de Freitas; Rodrigues (2005).

O coeficiente Alfa de *Cronbach* carece de uma única aplicação do instrumento de medição, produzindo valores entre 0 e 1, ou entre 0 e 100%. Quando o coeficiente for superior a 0,7 (ou 70%), diz-se que há confiabilidade interna das medidas.

A expressão do coeficiente (VIEIRA, 2015) é dada pela Equação 2:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{(\sum_{i=1}^k S_i^2)}{S_{\text{soma}}^2} \right) \quad (2)$$

Considerando que:

α : Coeficiente Alfa de *Cronbach*;

k: o número de itens do questionário;

S_i^2 : a variância dos n escores dos respondentes a i-ésimo item ($i = 1, \dots, k$);

S_{soma}^2 : a variância dos totais T_j ($j = 1, 2, \dots, n$) de escores de cada respondente.

As variâncias (VIEIRA, 2015) são calculadas pela equação 3:

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n} \quad (3)$$

Considerando que:

S^2 : a variância de cada item do questionário;

n: número de respondentes;

x: os valores de cada item do questionário;

$\bar{x}$: média para cada item do questionário;

O valor de alfa é a média de todos os coeficientes da correlação. As correlações item-total e o valor do alfa de *Cronbach* fornecem informações sobre cada item individual. Por isso, itens que não estão correlacionados com os demais podem ser eliminados da medida ou substituídos por um valor médio, para aumentar a confiabilidade (MARTINS; THEÓPHILO, 2016). As alternativas nulas do questionário (preenchidas com N – Não sei) foram substituídas pela média (valor inteiro) dos seus respectivos itens, antes de se calcular o coeficiente. A expressão do cálculo da média para cada questão é dada pela Equação 4:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n} \quad (4)$$

Considerando que:

m: valor da média para determinada questão;

x: valores dos dados para determinada questão;

n: número de observações para determinada questão.

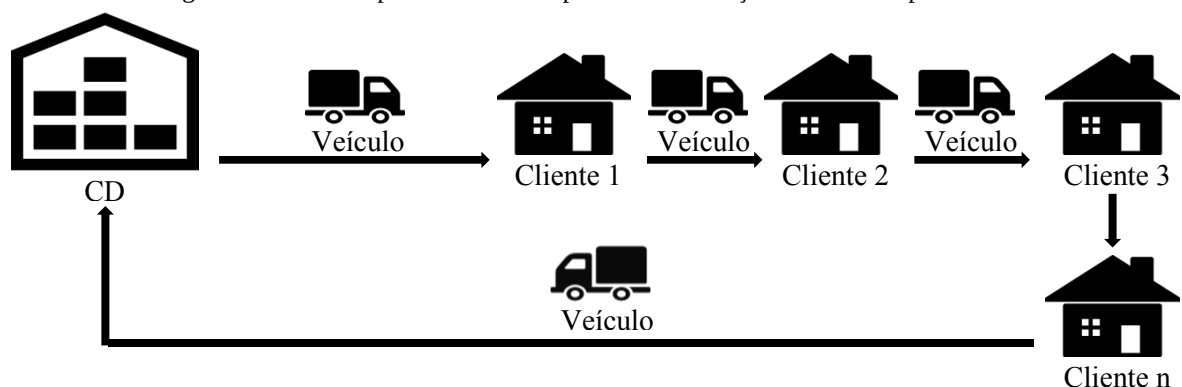
3.2.2 Simulação computacional

A simulação computacional compreendeu a descrição do sistema logístico sob investigação, a apresentação do referido método e a modelagem que incluiu a elaboração do modelo conceitual, do modelo computacional e dos cenários.

3.2.2.1 Descrição do sistema

Na presente pesquisa, tomou-se para fins de estudo, um sistema logístico típico da CS, com foco na distribuição urbana de produtos adquiridos por meio do *e-commerce B2C* (BALLOU, 2004). Essa etapa é também conhecida na literatura como transporte de carga de última milha, ou simplesmente EUM (IGNAT; CHANKOV, 2020). Normalmente, essas entregas são destinadas ao atendimento de consumidores finais (ou intermediários) e estão sob a responsabilidade dos varejistas eletrônicos. Na Figura 5 encontra-se uma ilustração desse sistema.

Figura 5 – Leiaute tipicamente usado para a consolidação de volumes para a EUM.



Fonte: Adaptado de Bandeira *et al.* (2019).

As viagens compreendem o deslocamento do veículo do centro de distribuição (CD) até o primeiro consumidor, a entrega do produto, a viagem para os próximos consumidores e, a repetição desse processo até atender ao último cliente ao longo do percurso com posterior

retorno para o CD (BANDEIRA *et al.*, 2019). Esse sistema já foi utilizado para a avaliação da sustentabilidade das entregas postais no Rio de Janeiro, Brasil, a partir do uso de veículos elétricos na EUM (BANDEIRA *et al.*, 2019), bem como para a análise do comportamento de variáveis ambientais e econômicas, aplicando simulação computacional (GUO *et al.*, 2019).

Para essa pesquisa, considerou-se uma abordagem hipotética do sistema descrito. Logo, as características utilizadas foram obtidas a partir de informações contidas na literatura, conforme explicitado na Tabela 4.

Tabela 4 – Visão geral das principais características do sistema.

Parâmetros	Fonte
Distribuição dos pedidos	Marujo <i>et al.</i> (2018)
Distribuição do prazo de entrega	Dados de campo ¹
Percentual das entregas expressas	Muñoz-Villamizar <i>et al.</i> (2021)
Número médio de paradas por dia (por veículo)	Marujo <i>et al.</i> (2018)
Nível de consolidação de pedidos (por veículo)	Marujo <i>et al.</i> (2018)
Distância média do CD para o primeiro cliente	Marujo <i>et al.</i> (2018)
Distância entre clientes	Marujo <i>et al.</i> (2018)

Nota: ¹Utilizado para a distribuição de Monte Carlo inserida no modelo computacional.

Fonte: Elaborado pela autora.

A maior parte das informações foram extraídas do trabalho de Marujo *et al.* (2018) no qual foi realizado um estudo utilizando um sistema logístico de distribuição de última milha na cidade do Rio de Janeiro. Por se tratar de um trabalho realizado em uma cidade brasileira, os dados foram muito apropriados para serem usados também no presente estudo. A pesquisa de Muñoz-Villamizar *et al.* (2021) serviu para embasar os percentuais das entregas expressas utilizadas. Por último, a distribuição dos prazos de entrega foi o único dado real utilizado na caracterização do sistema. Como não foi encontrada na literatura uma distribuição de prazos de entrega utilizados no Brasil, coletou-se, em plataformas de *e-commerce*, uma amostra com 200 prazos de entrega para a distribuição de Monte Carlo inserida no modelo computacional.

3.2.2.2 Método

A simulação computacional pode ser empregada tanto para a análise de casos simples como casos complexos, tornando o gerenciamento de dados e a alteração de variáveis mais fáceis do que seriam em experimentos da vida real (FRIGERI; BIANCHI; BACKES, 2007). A simulação é empregada, normalmente, no apoio à tomada de decisão, pelo fato de possibilitar a incorporação de complexidades dos sistemas reais, permitindo a análise de variáveis

relevantes para determinado modelo, bem como a observação dos respectivos efeitos (GUO *et al.*, 2019). Através da simulação é possível gerar diversos cenários virtuais e coletar dados suficientes para uma boa análise. Outros benefícios importantes dessa abordagem são a viabilidade, a escalabilidade e a flexibilidade (ARNOLD *et al.*, 2018). No Quadro 5 apresenta-se uma síntese das principais vantagens e limitações da utilização desse método.

Quadro 5 – Principais vantagens e limitações da utilização de simulação computacional.

Vantagens	Limitações
Após a criação do modelo computacional o mesmo pode ser utilizado inúmeras vezes;	A construção de modelos computacionais requer treinamento especial;
A simulação, geralmente, possui maior facilidade de aplicação em relação aos métodos analíticos;	Possível dificuldade de interpretação dos resultados da simulação;
Os modelos de simulação não requerem um número grande de simplificações e, desta forma, é possível analisar praticamente qualquer medida concebível;	A modelagem e a experimentação de modelos de simulação consomem muitos recursos, principalmente tempo;
Hipóteses sobre o porquê ou como certos fenômenos acontecem podem ser testados para confirmação;	Cada modelo de simulação é único, portanto, não é possível utilizá-lo em diferentes situações e obter ganhos de escala;
É possível reproduzir fenômenos de maneira lenta ou acelerada para melhor estudo;	A simulação não gera bons resultados se o modelo não for alimentado criteriosamente;
É possível compreender o desempenho e a interação entre as variáveis e os demais elementos do sistema	Apesar do uso de <i>softwares</i> , a simulação não é uma técnica de otimização;
A metodologia de análise utilizada pela simulação permite a avaliação de um sistema, ainda que os dados de entrada estejam sob a forma de esquemas ou rascunhos;	A simulação pode ser usada de forma inapropriada quando outras soluções mais simples resolveriam o problema em menor tempo;
Podem-se identificar gargalos em sistemas produtivos;	O tamanho do modelo de simulação, quando este se torna grande e demasiadamente complexo;
A simulação contrasta a real forma de operação de um sistema com a ideia preliminar do seu funcionamento;	Necessidade de utilização de grandes valores para a construção e os testes do modelo;
É possível prever o comportamento de novos sistemas antes que estes sejam construídos.	Necessidade de potentes equipamentos de <i>software</i> e <i>hardware</i> para a rodagem e a validação do modelo.

Fonte: Adaptado de Freitas Filho (2008).

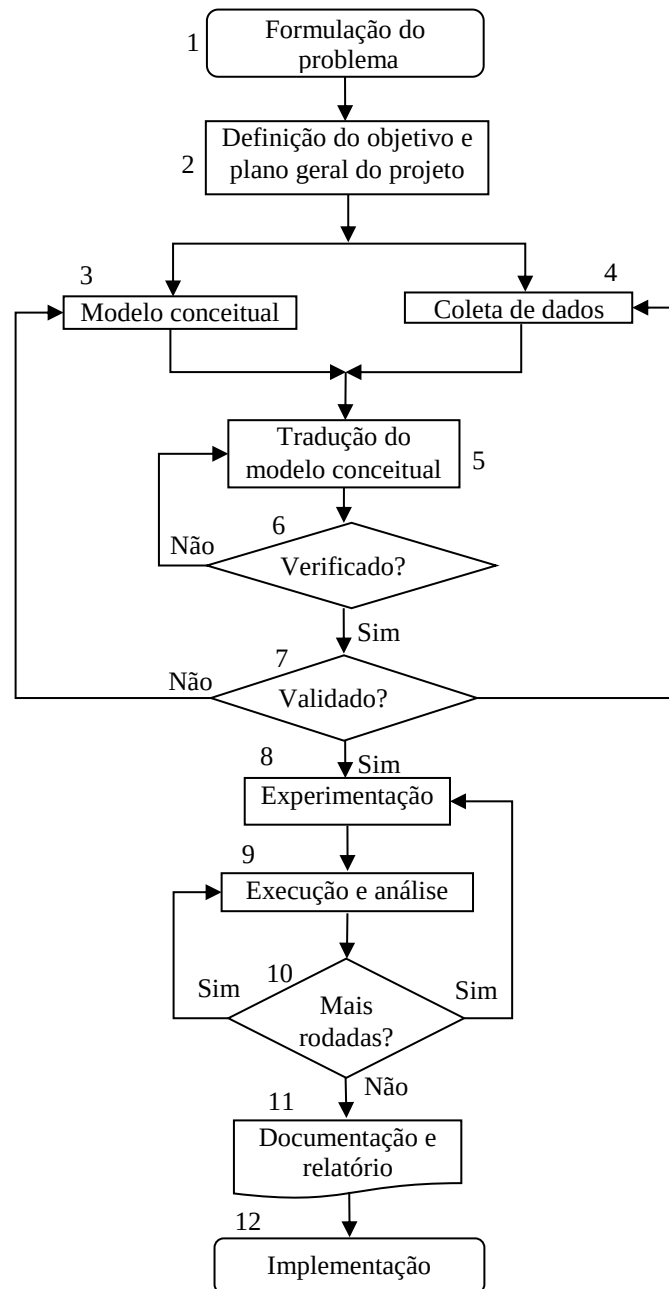
Apesar de algumas limitações, a simulação apresenta vantagens que a torna uma ótima ferramenta de análise. Optou-se por desenvolver um estudo baseado em simulação devido aos custos relacionados à condução de um estudo de caso e por se tratar de um método vastamente empregado em pesquisas envolvendo o GCS e, frequentemente, utilizada na análise de operações logísticas e de sistemas de transportes (GONZALEZ-FELIU; AMBROSINI; ROUTHIER, 2012; XIAO; QIAN; TANG, 2013; ARSLAN *et al.*, 2019; ARNOLD *et al.*, 2018; CASTILLO *et al.*, 2018; GUO *et al.*, 2019).

A simulação já foi empregada com sucesso em diversos trabalhos anteriores para tratar questões envolvendo a logística urbana (RUSSO; COMI, 2011; TEO; TANIGUCHI; QURESHI, 2012; NUZZOLO; COMI; ROSATI, 2014; COMI; NUZZOLO, 2016; BARTHOLOMEU; PÉRA; CAIXETA-FILHO, 2016; ANDERLUH; HEMMELMAYR;

NOLZ, 2017; ARNOLD *et al.*, 2018; BANDEIRA *et al.*, 2019). Semelhantemente, modelos de simulação também têm sido desenvolvidos para lidar com casos de logística, especialmente a EUM. Por exemplo, um modelo de simulação foi empregado na teorização de cenários em que a logística de compartilhamento (passageiros e cargas) pode ser empregada para apoiar estratégias de EUM sustentáveis (CASTILLO *et al.*, 2018). Os autores utilizam tanto dados reais como hipotéticos na construção do modelo e consideraram variáveis como janelas de tempo, demanda e número de entregas realizadas (CASTILLO *et al.*, 2018). A simulação também foi utilizada no estudo de configurações de logística urbana, com ênfase em soluções sustentáveis e de economia limpa (GUO *et al.*, 2019). Portanto, nessa pesquisa, a simulação foi utilizada para a elaboração cenários que ilustram benefícios e desafios de diferentes estratégias para prazos de entrega da EUM a partir da decisão dos consumidores sobre a flexibilização desses prazos.

A construção do modelo de simulação aplicado a um sistema hipotético seguiu a metodologia proposta por Banks *et al.* (2010). Na Figura 6, são apresentadas as etapas metodológicas: formulação do problema; definição do objetivo e plano geral do projeto; elaboração do modelo conceitual; coleta de dados; tradução do modelo conceitual; verificação; validação; experimentação; execução e análise; rodadas; documentação e relatório e implementação. A verificação e a validação do modelo seguiram as etapas sugeridas por Sargent (2013).

Figura 6 – Passos para estruturar um estudo de simulação.



Fonte: Banks *et al.* (2010).

(1) Formulação do problema: o estudo foi iniciado com a declaração do problema a ser investigado, incluindo parâmetros, variáveis, premissas e participantes, sendo descrito de maneira clara e entendível;

(2) Definição do objetivo e plano geral do projeto: definiram-se as questões a serem respondidas pela simulação, os custos relacionados, o tempo necessário para realizar cada fase do trabalho e os resultados esperados ao fim de cada etapa;

- (3) Elaboração do modelo conceitual:** as características essenciais do sistema (tais como a interações e as relações entre os elementos) foram elencadas para a construção do modelo conceitual, o qual representou o início e o fim do processo, o fluxo das entidades e a variável de decisão mais importante. No presente estudo, o modelo conceitual foi desenvolvido por meio da linguagem *Integrated Definition Methods – Simulation* (IDEF-SIM);
- (4) Coleta de dados:** os dados necessários para alimentar o modelo conceitual do sistema foram obtidos pela literatura e por *websites* de *e-commerce*, por se tratar de um caso hipotético;
- (5) Tradução do modelo conceitual:** realizou-se a implementação do modelo conceitual em um ambiente computacional, o *software Jupyter*, utilizando a linguagem de programação *Python*;
- (6) Verificação:** a lógica do modelo computacional foi testada para verificar se o funcionamento do mesmo se mostrava coerente com o sistema investigado;
- (7) Validação:** realizou-se a calibração do modelo computacional contrastando as respostas das simulações com os dados de um estudo de caso encontrado na literatura;
- (8) Experimentação:** Após o modelo inicial ser validado, a nova versão do modelo foi testada. Nessa etapa, foram definidas as alternativas simuladas (cenários com diferenciações claras) e os parâmetros de execução (tempo simulado e número de replicações);
- (9) Execução e análise:** realizaram-se várias rodadas da simulação para análise dos resultados;
- (10) Rodadas:** verificou-se se os parâmetros da simulação foram suficientes e se havia necessidade de mais testes;
- (11) Documentação e relatório:** elaboraram-se os documentos e relatórios do modelo de simulação para posterior manipulação do analista (ou outros) e para viabilizar o desenvolvimento de modelo similar;
- (12) Implementação:** com o modelo finalizado, após passar por todas as etapas já mencionadas, foi possível executá-lo e obter os resultados para o problema declarado inicialmente.

3.2.2.3 Modelagem

A partir da literatura estudada (Capítulo 3), descreve-se nessa seção o recorte do sistema logístico sob estudo. O modelo de simulação desenvolvido compreende a distribuição de mercadorias na etapa de última milha do *e-commerce B2C*, em um ambiente urbano, composto por um CD e múltiplos consumidores finais (BANDEIRA *et al.*, 2019). Considerou-se uma jornada diária de trabalho equivalente a oito horas, divididas em, aproximadamente, seis horas para as entregas, uma hora para preparação e carregamento dos veículo e, uma hora, após o término do percurso, para retorno ao CD (ARNOLD *et al.*, 2018).

As simulações foram realizadas considerando duas variáveis, nível de consolidação e prazo de entrega, escolhidas em função da relação direta com as entregas sustentáveis de última milha. As variáveis de saída dos cenários simulados são a quilometragem total percorrida (QTP), em quilômetros, o tamanho médio da frota (TMF) e o total de pedidos entregues (PE). Ressalta-se que a redução da quilometragem é diretamente proporcional à redução das emissões de GEE.

O nível de consolidação consiste no nível de ocupação do veículo com as encomendas que a serem entregues para os consumidores eletrônicos durante uma jornada diária de trabalho. Há duas situações principais na organização das entregas: na primeira, são utilizadas rotas combinadas, nas quais é possível a combinação de diversas remessas em uma única rota de entrega; na segunda, ocorrem as viagens dedicadas, nas quais há demandas dedicadas para entregas individuais (JANJEVIC; WINKENBACH, 2020). A implantação desses dois tipos de organização, normalmente, é baseada na velocidade de entrega necessária (JANJEVIC; WINKENBACH, 2020). Os serviços de entregas acelerados levam a níveis de consolidação mais baixos e, portanto, aumentam as externalidades negativas (como a quilometragem total percorrida pelos veículos) (JALLER; PAHWA, 2020).

No presente estudo, os níveis de consolidação variam de modo que os níveis mais baixos estão associados às entregas urgentes, correspondem à subutilização da capacidade do veículo e, portanto, tendem a ser menos sustentáveis. Por outro lado, os níveis mais altos de consolidação estão associados às entregas mais flexíveis, correspondem a uma melhor utilização da capacidade do veículo e, portanto, tendem a ser mais sustentáveis.

O prazo de entrega corresponde ao intervalo de tempo no qual o consumidor eletrônico recebe o produto em seu domicílio; pode ser estabelecido, por exemplo, em um horário, turno predefinido ou dia (IGNAT; CHANKOV, 2020). Os prazos de entrega geralmente variam da

seguinte forma: na entrega rápida (*fast delivery*), os consumidores optam pelo recebimento do produto no menor tempo possível e, para o atendimento dessa urgência os varejistas definem prazos de entrega mais curtos (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018). A principal característica dessa abordagem é a rapidez e, por isso, os provedores de serviços logísticos podem ser forçados empregar uma quantidade maior de veículos para atender a essa restrição de tempo imposta pelo consumidor (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018; GUO *et al.*, 2019). Na entrega “vagarosa” (*lazy delivery*), os consumidores aceitam esperar mais tempo para o recebimento do produto e as transportadoras conseguem intervalos de tempo mais flexíveis (e tendem a usar menos veículos) para as entregas (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018). Essa abordagem tende a ser mais econômica, em termos de quilômetros percorridos, e, assim, provoca um impacto ambiental menor quando comparada à situação anterior (MANERBA; MANSINI; ZANOTTI, 2018).

No presente estudo, a variação dos prazos de entrega foi inserida no modelo utilizando simulação de Monte Carlo (CHWIF; MEDINA, 2015) na qual cada novo pedido chega com um determinado prazo de entrega (podendo ser mais rápido ou mais lento) a partir da distribuição da função. A opção do prazo de entrega de um dia (entrega expressa), alternativa com tendência crescente de uso, também foi incluída para que as variáveis de saída fornecessem resultados diferentes (MUÑOZ-VILLAMIZAR *et al.*, 2021).

A possibilidade de um relaxamento na quantidade de entregas urgentes, com base nas decisões dos consumidores, ao optarem por uma flexibilização dos respectivos prazos de entrega, pode reduzir a necessidade de utilização de veículos para o transporte das mercadorias e, com isso, possibilitar a mitigação das emissões de poluentes e GEE da EUM, além da redução de congestionamentos e ruídos em áreas centrais.

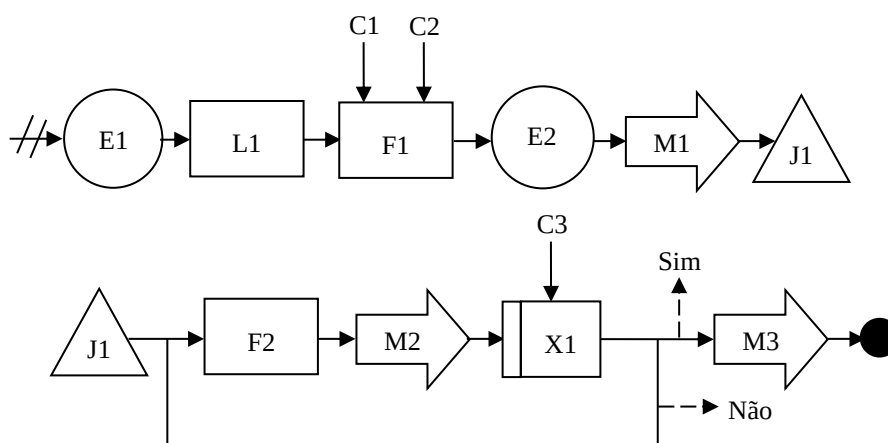
Algumas suposições simplificadoras foram utilizadas com o intuito de aumentar a rastreabilidade e a confiabilidade da simulação sem comprometer os resultados. Todos os pedidos têm a mesma prioridade (o peso é igual para todas as parcelas) sem considerar efeitos de sazonalidade. Cada ponto de parada é visitado uma única vez durante uma rota de entrega e a localização dos clientes é fixa. Um único tipo de veículo é considerado com suposição de fluxo livre (não há efeitos de congestionamentos). O tipo de produto transportado ou as entregas fracassadas não foram considerados no modelo, pois não impactam diretamente no estudo. A simulação enfocou a distribuição de parcelas dentro da cidade e modelou as atividades antes e depois como eventos fixos.

Modelo conceitual

O primeiro passo para a construção do modelo computacional consistiu no estudo da estrutura do sistema e na reunião dos dados necessários para o desenvolvimento de um modelo que representasse o comportamento do sistema e apresentasse resultados confiáveis (o modelo conceitual).

Em seguida, o sistema foi descrito através do modelo conceitual contendo a maior parte possível dos elementos necessários para a construção do modelo computacional. A linguagem utilizada no modelo conceitual foi a linguagem IDEF-SIM que consiste em um sistema de símbolos que utiliza técnicas de modelagem IDEF0, IDEF3 e fluxograma (Anexo A) dentro de uma lógica que contempla a simulação (MONTEVECHI *et al.*, 2010). A descrição do modelo conceitual encontra-se na Figura 7.

Figura 7 – Modelo conceitual do sistema na linguagem IDEF-SIM.



Fonte: Elaborado pela autora.

À esquerda, o elemento E1 é responsável pela criação das entidades do sistema que, nesse caso, são o número de pedidos (ou encomendas) que devem ser encaminhados para os domicílios dos clientes. O elemento L1 representa o local (CD) onde ocorrem o armazenamento e o embarque dos pedidos nos veículos. O elemento F1 representa o processo de carregamento dos pedidos nos veículos no CD. Os elementos C1 e C2 representam os controles prazo e entrega e nível de consolidação, respectivamente. O E2 cria uma entidade para os pedidos consolidados. O M1 realiza a movimentação dos pedidos consolidados do CD até o primeiro cliente. O F2 realiza o processo de descarregamento dos pedidos nos clientes. O M2 realiza as movimentações dos pedidos entre clientes. O M3 realiza a movimentação de retorno para o CD.

O elemento X1 é um decisor para desvio de fluxo controlado por C3 (número de clientes atendidos). O elemento J1 é uma conexão com outra figura do mesmo modelo.

Os dados de configuração utilizados para alimentar o modelo encontram-se detalhados na Tabela 5. Eles foram obtidos pela literatura por se tratar de um caso hipotético.

Tabela 5 – Elementos e dados de configuração do modelo computacional desenvolvido no *software Jupyter*.

Elemento	Nome	Descrição	Dados de configuração
E1	Entidade Pedidos	Pedidos por dia	NORM (98,4) pedidos/dia
E2	Entidade Pedidos Consolidados	Pedidos consolidados	9 pedidos
L1	Local CD	Centro de Distribuição	-
F1	Função Carregamento	Executa um processo	Recursos do CD
F2	Função Descarregamento	Executa um processo	Recursos da entrega
M1	Movimentação	Desloca a entidade	Distância: 23 km
M2	Movimentação	Desloca a entidade	Distância: 2,21 km
M3	Movimentação	Desloca a entidade	Distância: 23 km
C1	Controle Prazo de entrega	Regra utilizada em processo	Distribuição Monte Carlo
C2	Controle Nível de consolidação	Regra utilizada em processo	Quantidade: 9, 8, 7 pacotes
C3	Controle Entregas finalizadas	Regra utilizada em decisor	Condição: sim ou não
X1	Decisor	Desvio de execução de padrão	Tipo: 2 caminhos
J1	Conexão	Conecta com outra figura	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Modelo computacional

Posteriormente, o modelo conceitual foi codificado pelo *software Jupyter*, utilizando a linguagem de programação *Python*, recentemente utilizada por Muñoz-Villamizar *et al.* (2021). O tempo simulado foi de 90 dias com adição de 100 dias de *warm up* para aquecimento do modelo (sem a contabilização nas variáveis de saída). O número de replicações foi igual a 306. A execução do modelo de simulação foi realizada em uma máquina com processador Intel Core i7 2,40GHz, memória instalada (RAM) 16,00 GB, sistema operacional Ubuntu server 20.04 LTS.

Cenários simulados

A simulação contou com 15 cenários (incluindo o cenário base - A0) desenvolvidos a partir de um experimento fatorial fracionado. Na Tabela 6 apresenta-se um resumo dos cenários utilizados.

Tabela 6 – Resumo do conjunto de cenários.

Cenários	Consolidação (nº de encomendas/veículo)	Entrega expressa (dia seguinte) (%)
A0 (Base)	9	0
A1	9	10
A2	9	30
A3	9	70
A4	9	90
B0	8	0
B1	8	10
B2	8	30
B3	8	70
B4	8	90
C0	7	0
C1	7	10
C2	7	30
C3	7	70
C4	7	90

Fonte: Elaborado pela autora.

Os experimentos foram conduzidos com estrutura fatorial 3^k e 5^k , em que os tratamentos foram as combinações de três níveis (para o primeiro fator) e cinco níveis (para o segundo fator) e k fatores (com $k=2$) (MONTGOMERY, 2013). Os tratamentos foram avaliados de acordo com o sistema hipotético encontrado em Bandeira *et al.* (2019). Os fatores escolhidos foram consolidação e prazo de entrega (entrega expressa), porque eles estão frequentemente associados ao aumento da QTP. Os níveis para cada um dos fatores foram escolhidos da seguinte forma: dentro do fator consolidação, os níveis representam três opções de consolidação dos produtos (9, 8 e 7 produtos por veículo); dentro do fator entrega expressa, os níveis se referem aos percentuais de produtos com entrega para o mesmo dia (0%, 10%, 30%, 70% e 90% dos pedidos).

4 RESULTADOS

Nessa seção são apresentados, primeiramente, os resultados do questionário aplicado a consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro, sendo: teste de confiabilidade (alfa de *Cronbach* Ordinal), análise descritiva dos dados, testes de hipóteses e análises de correlação. Posteriormente, são apresentados os resultados do modelo computacional de distribuição urbana de última milha, mostrando os resultados das variáveis de saída (número de veículos e quilometragem percorrida) dos cenários simulados.

4.1 Resultados do questionário

Antes da análise dos resultados, a confiabilidade do questionário foi medida através do coeficiente Alfa de *Cronbach*. O cálculo mostrou uma confiabilidade altíssima (0,92) de acordo com a classificação proposta por Freitas; Rodrigues (2005).

4.1.1 Análise descritiva

Inicialmente, são apresentadas as distribuições da amostra em função das características sociodemográficas gênero, idade, renda e escolaridade. Na Tabela 7 apresenta-se uma visão geral das características da amostra.

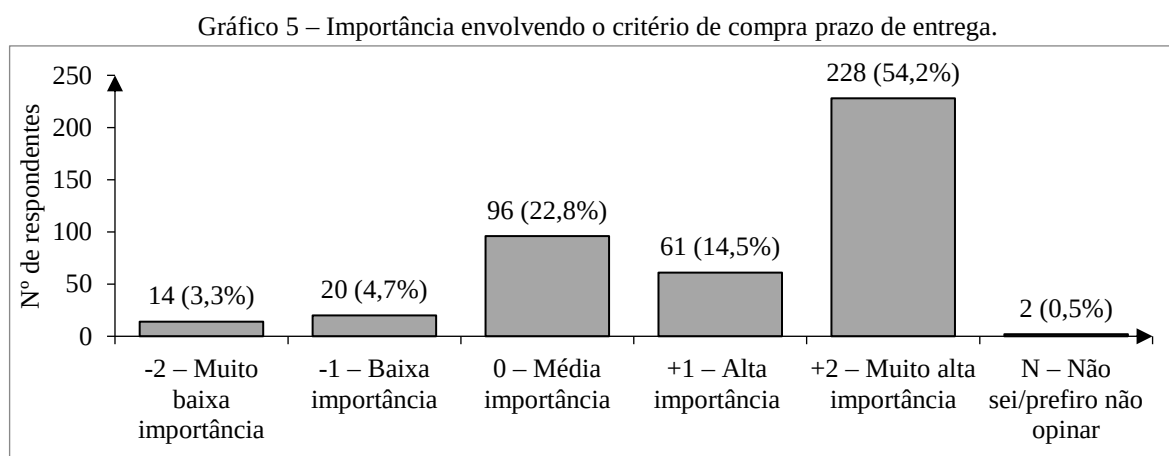
Tabela 7 – Características sociodemográficas da amostra.

Características sociodemográficas	Nível	Número de respondents (Participação percentual)
Gênero	Feminino	262 (62,2%)
	Masculino	159 (37,8%)
Idade	Abaixo de 24 anos	63 (15,0%)
	25-34	107 (25,4%)
	35-49	149 (35,4%)
	Acima de 49 anos	102 (24,2%)
Renda	Abaixo de 2 SM	128 (30,4%)
	]2-4]	104 (24,7%)
	]4-10]	117 (27,8%)
	]10-20]	50 (11,9%)
	Acima de 20 SM	22 (5,2%)
Escolaridade	EFI	0 (0%)
	EFC	7 (1,7%)
	EMI	6 (1,4%)
	EMC	55 (13,0%)
	ESI	90 (21,4%)
	ESC	263 (62,5%)

Fonte: Elaborado pela autora.

A porcentagem de respondentes do sexo feminino é de 62,2%, com idade média de 38 anos, enquanto a dos respondentes do sexo masculino é 37,8%, com média de idade de 42 anos. O valor da renda mensal (em salários mínimos - SM) varia de 2 SM a 20 SM, com rendimento médio de 6 SM. Cerca de 62,5% dos entrevistados, entre homens e mulheres, possuem um diploma universitário e não houve respondentes com o grau de escolaridade EFI.

No Gráfico 5, são apresentados os resultados da percepção dos respondentes em relação ao critério prazo de entrega.

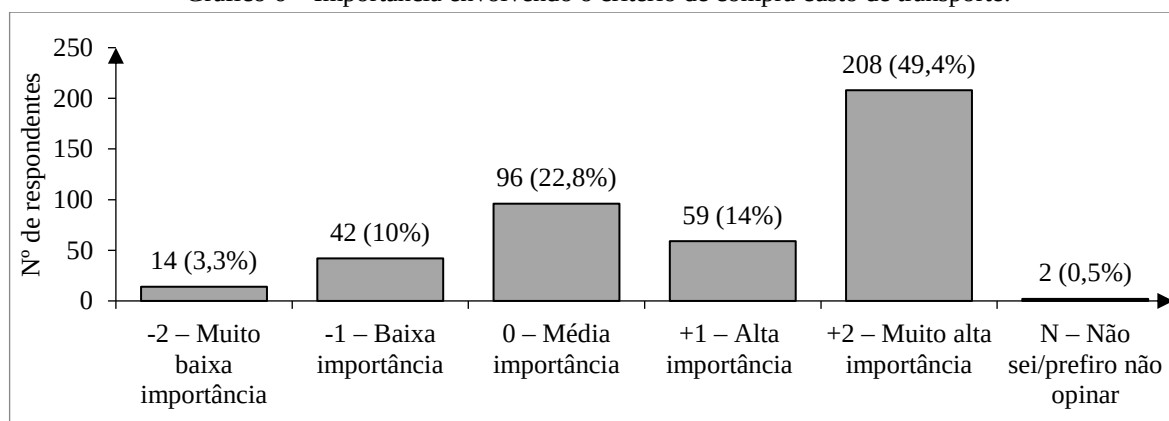


Fonte: Elaborado pela autora.

Mais da metade dos respondentes declarou que esse critério é de muito alta importância (54,2%). Por outro lado, os níveis mais baixos da escala (nesse caso, muito baixa importância e baixa importância) representam juntos, apenas 9% dos respondentes. O critério prazo de entrega foi considerado o mais importante em relação aos outros dois critérios (custo de transporte e informações ambientais) analisados a seguir.

No Gráfico 6, são apresentados os resultados da percepção dos respondentes em relação ao segundo critério, o custo de transporte.

Gráfico 6 – Importância envolvendo o critério de compra custo de transporte.

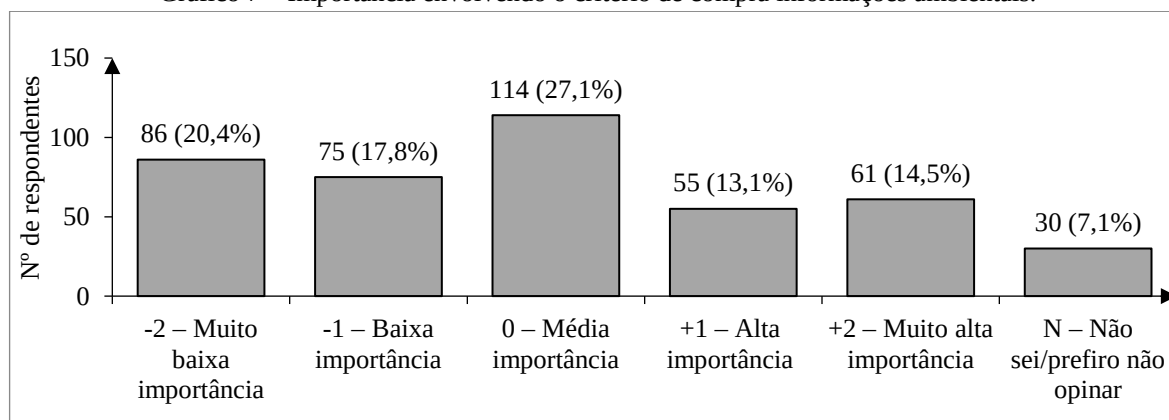


Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar de uma exigência maior por parte dos respondentes quanto a importância do prazo de entrega, o critério custo de transporte também foi considerado de muito alta importância para a maior parte dos respondentes (49,4%). Já os níveis mais baixos da escala (nesse caso, muito baixa importância e baixa importância) correspondem, juntos, a apenas 13,3% dos respondentes.

No Gráfico 7, são apresentados os resultados da percepção dos respondentes em relação ao critério informações ambientais.

Gráfico 7 – Importância envolvendo o critério de compra informações ambientais.

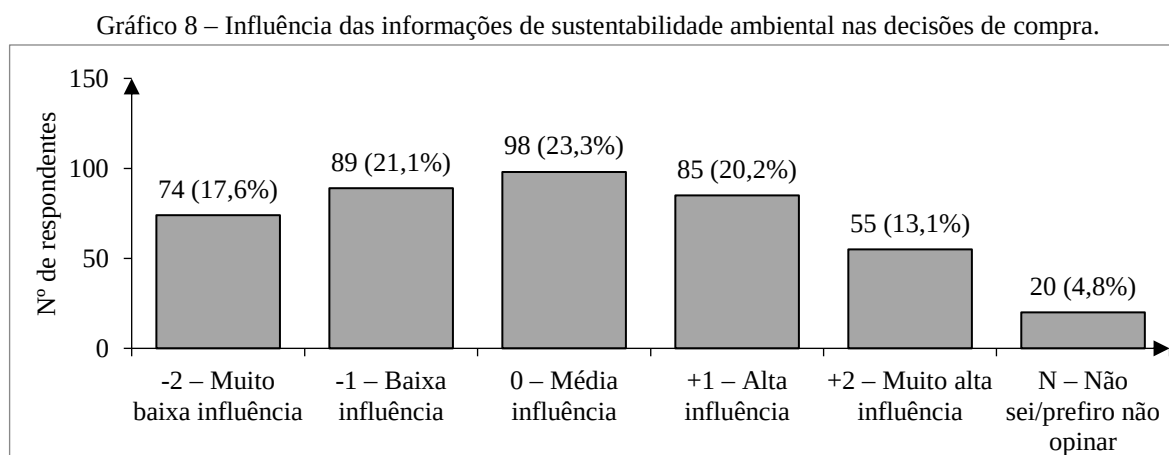


Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a esse critério, as percepções dos respondentes encontram-se dispersas em todos os níveis da escala, de modo que não é possível estabelecer uma opinião dominante. Contudo, é possível observar uma tendência a considerar a questão pouco importante, visto que, a soma dos respondentes que atribuem importância baixa ou muito baixa equivale a 161

respondentes (38,2%), superando a soma dos que consideram a questão de importância alta ou muito alta, isto é, 116 respondentes (27,6%).

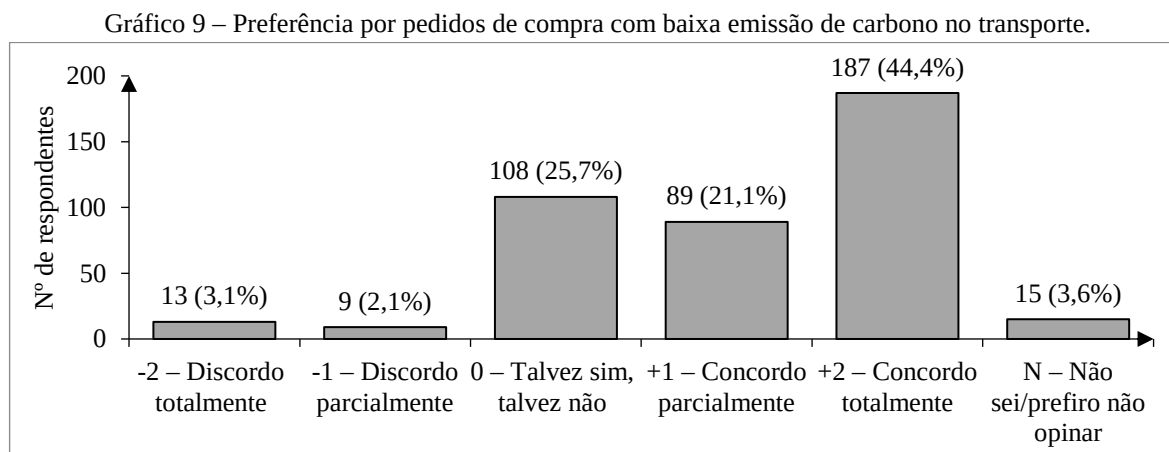
No Gráfico 8, são apresentados os resultados da percepção dos respondentes em relação à influência que as informações sobre questões ambientais podem exercer sobre suas decisões de compra.



Fonte: Elaborado pela autora.

De modo geral, as percepções dos respondentes encontram-se dispersas em todos os níveis da escala, de modo que não é possível estabelecer uma opinião dominante. Contudo, é possível observar uma tendência desfavorável, visto que, a soma dos respondentes que atribuem influência baixa ou muito baixa equivale a 163 respondentes (38,7%), superando a soma dos que atribuem influência alta ou muito alta, isto é, 140 respondentes (33,3%).

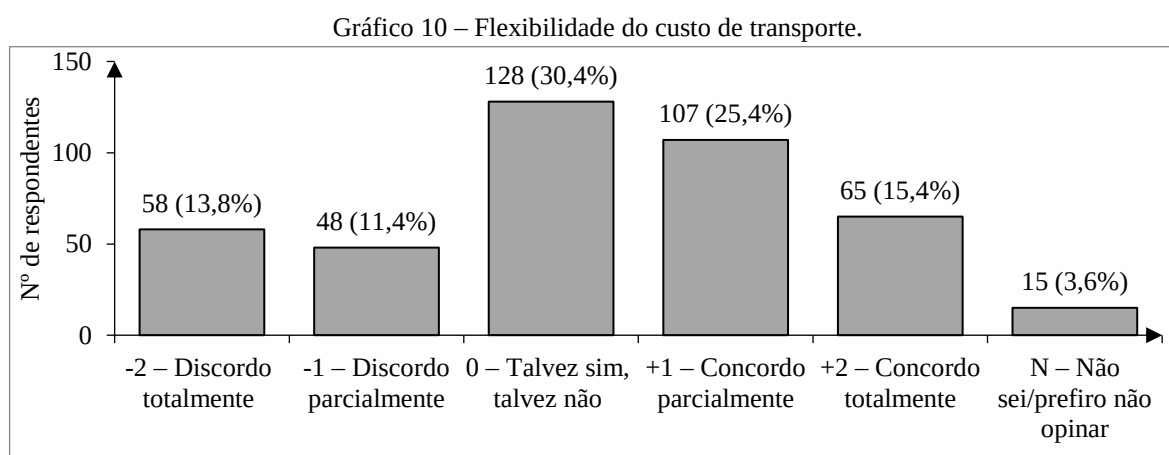
No Gráfico 9, são apresentados os resultados da percepção dos respondentes em relação à preferência por pedidos de compra com baixa emissão de carbono no transporte.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os respondentes se mostraram bastante favoráveis quanto a preferência pela aquisição de produtos com baixa emissão de carbono, uma vez que a maior parte deles (44,4%) declararam que concordam totalmente com essa proposta. Apenas 5,2% dos respondentes discordaram total ou parcialmente.

No Gráfico 10, são apresentados os resultados da percepção dos respondentes em relação à flexibilidade do custo de transporte.

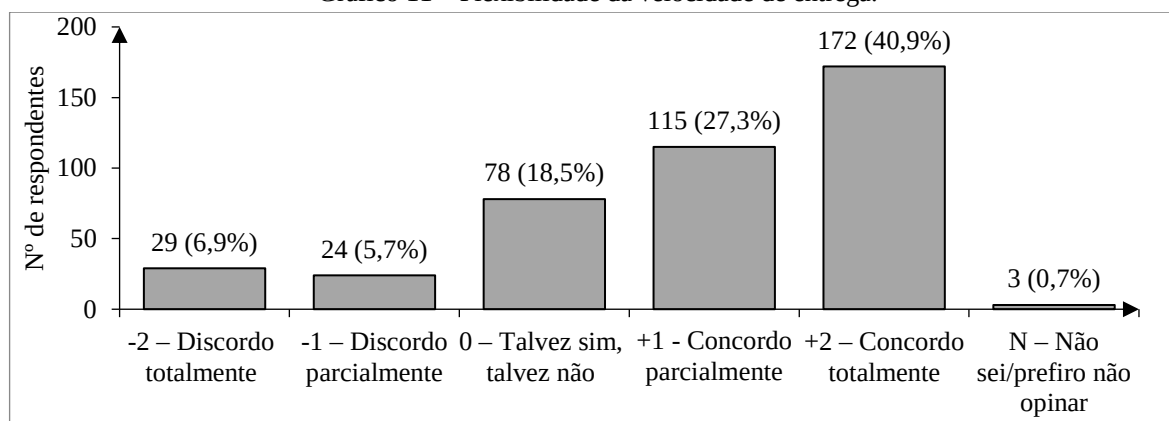


Fonte: Elaborado pela autora.

Apenas 15,4% dos respondentes declararam que concordam totalmente com a proposta de flexibilização do custo. Contudo, é possível observar uma tendência favorável, visto que, a soma dos respondentes que concordam parcial ou totalmente com o item equivale a 172 respondentes (40,8%), superando a soma dos que discordam parcial ou totalmente, isto é, 106 respondentes (25,2%). Destaca-se, ainda, que cerca de 30% dos respondentes não souberam ou não quiseram opinar sobre o assunto.

No Gráfico 11, são apresentados os resultados da percepção dos respondentes em relação à flexibilidade da velocidade de entrega.

Gráfico 11 – Flexibilidade da velocidade de entrega.



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando os respondentes foram questionados sobre a possibilidade de estender o prazo de entrega do produto em função de uma possível redução do impacto ambiental (a partir da redução do consumo de combustível), a maior parte deles declarou concordância total em relação à proposta (40,9%). Por outro lado, os níveis mais baixos da escala (nesse caso, discordo totalmente e discordo parcialmente) representam juntos, apenas 12,6% dos respondentes.

Os respondentes também foram indagados sobre quais categorias de produtos teriam maior possibilidade de flexibilidade da velocidade de entrega. Na Tabela 8 são apresentadas as cinco categorias de produtos com maior potencial de flexibilização e as cinco com menor potencial de flexibilização.

Tabela 8 – Flexibilidade da velocidade de entrega a partir do tipo de produto.

Escala <i>Likert</i>	Categorias de produtos									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
-2 – Discordo totalmente	24%	10%	9%	13%	14%	10%	12%	13%	13%	27%
-1 – Discordo parcialmente	15%	13%	13%	16%	14%	15%	15%	16%	15%	20%
0 – Talvez sim, talvez não	16%	14%	13%	18%	19%	14%	18%	15%	18%	16%
+1 – Concordo parcialmente	12%	14%	14%	17%	17%	14%	17%	18%	14%	10%
+2 – Concordo totalmente	32%	49%	50%	36%	34%	46%	37%	37%	38%	27%
N – Não sei/prefiro não opinar	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	2%	1%	2%

Fonte: Elaborado pela autora.

As categorias com maior chance de flexibilidade (considerando a soma dos respondentes que concordam parcial ou totalmente com a afirmativa), são: casa e decoração (P3 - 267 / 64%); moda e acessórios (P2 - 263/63%); esporte e lazer (P6 - 252/60%); computador (P8 - 230/55%); livros/assinaturas/vestuário (P7 - 227/54%). Enquanto as categorias com menor potencial de flexibilidade, segundo os entrevistados, são:

eletrodomésticos (P4 - 222/53%), eletrônicos (P9 - 222/52%); telefonia/celular (P5 - 216/51%); saúde/cosméticos/perfumaria (P1 - 182/44%); e alimentos e bebidas (P10 - 152/37%).

4.1.2 Teste de hipóteses

Os dados obtidos para as variáveis gênero, idade, renda e escolaridade foram submetidos à verificação das pressuposições de homocedasticidade e de normalidade por meio dos testes de *Bartlett* e *Shapiro-Wilk*, respectivamente. Como os dados não atenderam a esses pressupostos, as hipóteses foram testadas utilizando os testes não-paramétricos de *Mann-Whitney* e *Kruskal-Wallis* em detrimento aos testes paramétricos. As médias que não compartilham a mesma letra (em ambos os testes) são significativamente diferentes ao nível de 95% de confiabilidade. O nível de probabilidade adotado foi de $\alpha = 5\%$. Na Tabela 9 são apresentados os resultados das hipóteses testadas.

Tabela 9 – Testes estatísticos realizados para as hipóteses H1a, H1b e H1c.

Características sociodemográficas	Nível	H1a			H1b			H1c		
		N ¹	Média	Teste ²	N ¹	Média	Teste ²	N ¹	Média	Teste ²
Gênero	Fem.	254	4,24	A	250	3,27	A	259	4,05	A
	Masc.	152	3,75	B	156	3,03	B	159	3,67	B
Idade	<24	62	4,11	A	61	3,23	A	62	4,11	AB
	25-34	103	4,10	A	104	3,10	A	106	3,68	B
	35-49	145	4,03	A	143	3,03	A	149	3,79	B
	>49	96	4,01	A	98	3,45	A	101	4,17	A
Renda	<2	125	4,10	A	123	3,06	A	126	3,77	A
	]2-4]	98	4,11	A	99	3,10	A	103	3,83	A
	]4-10]	114	4,02	A	115	3,33	A	117	4,08	A
	]10-20]	49	4,00	A	47	3,40	A	50	4,02	A
	>20	20	3,85	A	22	2,95	A	22	3,82	A
Escolaridade	EFC	7	3,57	A	7	2,29	A	7	3,29	B
	EMI	6	3,33	A	6	2,67	A	6	3,50	AB
	EMC	52	4,10	A	52	3,08	A	54	3,50	A
	ESI	88	4,09	A	88	3,16	A	89	3,92	A
	ESC	253	4,06	A	253	3,25	A	262	4,00	A

Notas: ¹Número de observações; ²Médias seguidas por uma mesma letra nos estratos das variáveis não diferem significativamente entre si, pelo teste *Mann-Whitney* (gênero) e pelo teste *Kruskal-Wallis* (idade, renda e escolaridade), ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pela autora.

Hipótese 1a: As características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos em escolher entregas mais sustentáveis para suas compras online.

Com o intuito de perceber se as características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) influenciam a disposição de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro em escolher opções mais sustentáveis ambientalmente para a entrega de produtos adquiridos *online*, procedeu-se uma análise de comparações das respostas entre os estratos das variáveis que, dependendo dos valores, evidenciaram diferenças estatisticamente significativas e não significativas. Os resultados da Hipótese 1a mostram que apenas os estratos da variável gênero apresentaram diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste realizado (*Mann-Whitney*, $P < 0,05$), o que significa que o gênero influencia a disposição dos consumidores para entregas mais sustentáveis. Nesse caso, o gênero feminino apresenta médias mais elevadas do que o gênero masculino. Os estratos das demais variáveis (idade, renda e escolaridade) não diferiram entre si (*Kruskal-Wallis*, $P > 0,05$).

Hipótese 1b: As características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos para a flexibilização do custo de entrega dos produtos.

Com o intuito de perceber se as características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) influenciam a disposição de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro para a flexibilização do custo de entrega, procedeu-se uma análise de comparações das respostas entre os estratos das variáveis que, dependendo dos valores, evidenciaram diferenças estatisticamente significativas e não significativas. Os resultados da Hipótese 1b mostram que apenas os estratos da variável gênero apresentaram diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste realizado (*Mann-Whitney*, $P < 0,05$), o que significa que o gênero influencia a disposição dos consumidores para a flexibilização do custo de entrega. Nesse caso, o gênero feminino apresenta médias mais elevadas do que o gênero masculino. As demais variáveis (idade, renda e escolaridade) não diferiram entre si (*Kruskal-Wallis*, $P > 0,05$).

Hipótese 1c: As características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos para a flexibilização da velocidade de entrega dos produtos.

Com o intuito de perceber se as características sociodemográficas (gênero, idade, renda e escolaridade) influenciam a disposição de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro para

a flexibilização da velocidade de entrega, procedeu-se uma análise de comparações das respostas entre os estratos das variáveis que, dependendo dos valores, evidenciaram diferenças estatisticamente significativas e não significativas. Os resultados da Hipótese 1c mostram que as variáveis gênero (*Mann-Whitney*, $P < 0,05$), idade (*Kruskal-Wallis*, $P > 0,05$) e escolaridade (*Kruskal-Wallis*, $P > 0,05$) apresentaram diferenças estatisticamente significativas de acordo com os testes realizados. Nesse caso, o gênero feminino apresenta médias mais elevadas do que o gênero masculino, as faixas etárias menor que 24 anos e maior que 49 anos apresentaram as médias mais elevadas e os níveis de escolaridade mais elevados (EMC, ESI e ESC) também apresentaram as maiores médias. Os estratos da variável renda não diferiram entre si (*Kruskal-Wallis*, $P > 0,05$).

Também foi realizada uma análise de correlação de *Spearman* (variando de -1 a +1) para estudar a dependência ou independência entre as variáveis. Na Tabela 10 são apresentados os resultados das correlações.

Tabela 10 – Correlações de *Spearman* para as hipóteses 2a e 2b.

Hipóteses	Observações	Correlação ¹	Z	Significância
H2a	387	0,30	5,82	$P < 0,0001$
H2b	399	0,29	5,72	$P < 0,0001$

Notas: ¹Escala de correlação r: 0.9 ± muito alta correlação; 0.7 to 0.9 ± alta correlação; 0.5 to 0.7 ± moderada correlação; 0.3 to 0.5 ± baixa correlação; 0 to 0.3 ± muito baixa correlação (MUKAKA, 2012).

Fonte: Elaborado pela autora.

Hipótese 2a: A possibilidade de compartilhamento de informações de sustentabilidade ambiental das entregas para consumidores eletrônicos pode influenciar sua disposição para a flexibilização do custo de entrega dos produtos.

Com o intuito de perceber se a possibilidade de compartilhamento de informações de sustentabilidade ambiental das entregas podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro para a flexibilização do custo de entrega de seus produtos, procedeu-se uma análise de correlação entre as variáveis. Os resultados mostraram que há uma correlação positiva muito fraca (0,30) indicando que a hipótese nula foi rejeitada.

Hipótese 2b: A possibilidade de compartilhamento de informações de sustentabilidade ambiental das entregas para consumidores eletrônicos pode influenciar sua disposição para a flexibilização da velocidade de entrega dos produtos.

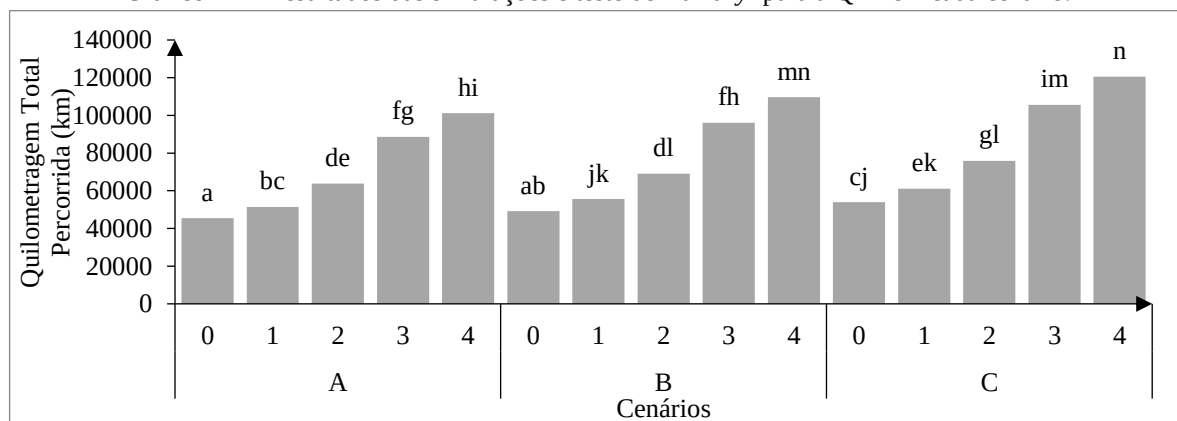
Com o intuito de perceber se a possibilidade de compartilhamento de informações de sustentabilidade ambiental das entregas podem influenciar a disposição de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro para a flexibilização da velocidade de entrega de seus produtos, procedeu-se uma análise de correlação entre as variáveis. Os resultados mostraram que há uma correlação positiva muito fraca (0,29) indicando que a hipótese nula foi rejeitada.

4.2 Resultados da simulação computacional

Os dados obtidos para a variável de resposta QTP foram submetidos à verificação das pressuposições de homocedasticidade e de normalidade por meio dos testes de *Bartlett* e *Shapiro-Wilk*, respectivamente. Foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para verificação da diferença entre os cenários, e como *post hoc* o teste de *Nemenyi*. Esses testes foram escolhidos em detrimento aos paramétricos, pois os dados violam os pressupostos de normalidade e de homocedasticidade. O nível de probabilidade adotado foi de $\alpha = 5\%$.

No Gráfico 12 são apresentados os resultados da variável QTP dos cenários simulados.

Gráfico 12 – Resultados das simulações e teste de *Nemenyi* para a QTP em cada cenário.



Fonte: Elaborado pela autora.

As QTPs dos grupos de cenários A, B e C variaram em função da consolidação de pedidos e do percentual de entrega expressa: a QTP dos cenários do grupo A (consolidação = 9) variou de 45.485,96 km a 101.105,61 km, enquanto do grupo B (consolidação = 8) variou de 49.141,78 km a 109.598,22 km e do grupo C (consolidação = 7) variou de 54.020,15 km a 120.544,18 km. Em termos de QTP, no grupo A, o melhor cenário foi o A0 (cenário base) seguido dos cenários A1, A2, A3 e A4; no grupo B, o melhor cenário foi o B0 seguido dos

cenários B1, B2, B3 e B4 e; por último, no grupo C o melhor cenário foi o C0 seguido dos cenários C1, C2, C3 e C4.

A aplicação do teste Nemenyi mostrou que os cenários que compartilham a mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade. Assim, no grupo A, os cenários A0 (45485,96 km), A1 (51435,02 km), A2 (63862,67 km), A3 (88668,71 km) e A4 (101105,61 km) foram significativamente diferentes entre si indicando que a variável QTP é influenciada pelas entregas expressas. À medida que o percentual de entrega expressa aumenta, a QTP também aumenta.

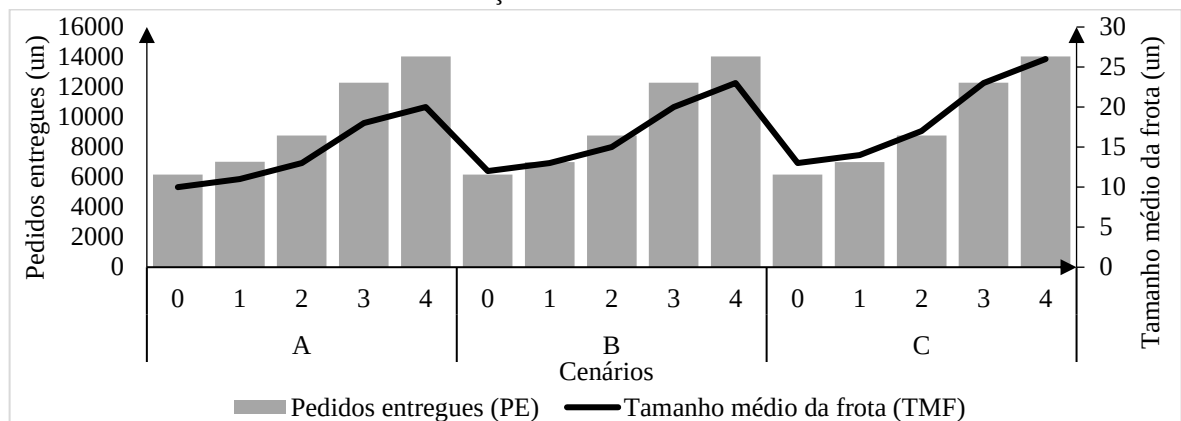
No grupo B, os cenários B0 (49.141,78 km), B1 (55.585,40 km), B2 (69146,87 km), B3 (96088,12 km) e B4 (109598,22 km) também foram significativamente diferentes, pois não compartilham a mesma letra de acordo com o teste Nemenyi.

O mesmo pode ser observado nos cenários do grupo C, em que C0 (54020,15 km), C1 (61044,08 km), C2 (75942,12 km), C3 (105663,88 km) e C4 (120544,18 km) diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade, mostrando que a redução do percentual das entregas expressas reduz a QTP dos cenários.

Uma comparação entre os grupos A, B e C também mostra que alguns cenários foram seguidos pela mesma letra, portanto, não diferem significativamente entre si (Nemenyi, $\alpha = 5\%$). São os seguintes pares de cenários: A0 e B0 (a); A1 e B0 (b); A1 e C0 (c); A2 e B2 (d); A2 e C1 (e); A3 e B3 (f); A3 e C2 (g); A4 e B3 (h); A4 e C3 (i); B1 e C0 (j); B1 e C1 (k); B2 e C2 (l); B4 e C3 (m); B4 e C4 (n).

No Gráfico 13 são apresentados os resultados das variáveis PE e TMF dos cenários simulados.

Gráfico 13 – Relação entre PE e TMF em cada cenário.



Fonte: Elaborado pela autora.

O TMF também variou em todos os cenários (grupos A, B e C), de acordo com os percentuais de entrega expressa e com a consolidação de pedidos utilizada em cada cenário, conforme descrito a seguir pelas respectivas médias: A0 (10), A1 (11), A2 (13), A3 (18) e A4 (20); B0 (12), B1 (13), B2 (15), B3 (20) e B4 (23); e C0 (13), C1 (14), C2 (17), C3 (23) e C4 (26). Observou-se que à medida que as entregas expressas aumentaram e o nível de consolidação foi reduzido, a necessidade de veículos aumentou. Por outro lado, uma comparação entre os grupos de cenários mostra que a utilização de serviços de entrega com baixa consolidação pode demandar um número maior de veículos para transportar a mesma quantidade de pedidos.

Na Tabela 11 são apresentadas as variações percentuais da QTP e do TMF dos cenários em relação ao cenário base.

Tabela 11 – QTP (médias e erros-padrão) e TMF (médias e erros-padrão) em cada cenário.

Cenários	QTP ¹ (km)	Δ QTP ² (%)	TMF ³ (un)	Δ TMF ⁴ (%)
A0 (Base)	45.485,96 (21,65)	0	10 (0,03)	0,00
A1	51.435,02 (23,71)	13,08	11 (0,03)	10,00
A2	63.862,67 (23,22)	40,40	13 (0,03)	30,00
A3	88.668,71 (28,15)	94,94	18 (0,03)	80,00
A4	101.105,61 (28,86)	122,28	20 (0,03)	100,00
B0	49.141,78 (23,99)	8,04	12 (0,03)	20,00
B1	55.585,40 (22,59)	22,20	13 (0,03)	30,00
B2	69.146,87 (28,04)	52,02	15 (0,03)	50,00
B3	96.088,12 (34,16)	111,25	20 (0,03)	100,00
B4	109.598,22 (33,61)	140,95	23 (0,04)	130,00
C0	54.020,15 (26,13)	18,76	13 (0,03)	30,00
C1	61.044,08 (26,69)	34,20	14 (0,03)	40,00
C2	75.942,12 (28,63)	66,96	17 (0,03)	70,00
C3	105.663,88 (32,96)	132,30	23 (0,04)	130,00
C4	120.544,18 (36,04)	165,01	26 (0,03)	160,00

Nota: ¹Quilometragem total percorrida pelos veículos; ²Variação percentual da quilometragem total percorrida; ³Tamanho médio da frota: média do número máximo de veículos necessários; ⁴Variação percentual do tamanho médio da frota.

Fonte: Elaborado pela autora.

Quando se compara as variações percentuais entre o cenário base (A0) e os demais cenários, observa-se as desvantagens da baixa consolidação associada à elevada quantidade de entrega expressa tanto no TMF como na QTP. O TMF nos cenários do grupo A variou de 10 a 20 veículos, no grupo B variou de 12 a 23 veículos e no grupo C variou de 13 a 26 veículos (Gráfico 9). Assim, foi registrado um aumento de 10% a 160% no TMF, de acordo com o cenário, e um aumento 13,08% a 165,01% na QTP.

Os valores absolutos encontrados para as variáveis consolidação e entrega expressa não estiveram em foco nesse trabalho. A questão central consistiu na análise dos valores relativos por meio da comparação entre cada cenário.

5 DISCUSSÃO

O estudo da sustentabilidade ambiental da CS em um contexto de entrega urbana de última milha permitiu identificar resultados interessantes. Embora o GSCS tenha sido tradicionalmente estudado sob a perspectiva da oferta (GOLD; TRAUTRIMS; TRODD, 2015; LIS; SUDOLSKA; TOMANEK, 2020) pesquisas recentes evidenciam que o engajamento do consumidor também é necessário para tornar uma CS realmente sustentável envolvendo seus diversos elos (JALLER; PAHWA, 2020).

Com base nessa relação entre oferta e demanda, a exploração da sustentabilidade ambiental a partir da consciência e do comportamento do consumidor é fundamental para a identificação de novas possibilidades de atuação no campo da CS sustentável. Os resultados do presente estudo mostraram que o prazo de entrega é o fator mais importante para os consumidores eletrônicos durante uma compra *online* e, em segundo lugar, está o custo de transporte (Gráficos 5 e 6, respectivamente). Este achado é consistente com a literatura que identifica que há consumidores orientados para a conveniência e consumidores orientados para o preço (NGUYEN *et al.*, 2019).

Embora os consumidores estejam cada vez mais expostos a fazer escolhas sustentáveis, a informação ambiental da entrega, foi o fator com menor importância para a amostra de consumidores quando comparado com os outros critérios de compra investigados (prazo de entrega e custo de transporte). Nesse caso, os respondentes que relataram que as informações ambientais são de média, baixa ou muito baixa importância durante uma compra *online* (Gráfico 7) somaram 65,3% da amostra. Essa diversidade encontrada nas respostas sugere pouca consciência sobre aspectos que extrapolam a dimensão econômica no processo de aquisição e transporte de produtos adquiridos *online*. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de os consumidores estarem pouco informados sobre como suas escolhas podem afetar a sustentabilidade das entregas de produtos (PENZ; HARTL; HOFMANN, 2019), limitando assim suas possibilidades de influenciar a sustentabilidade da CS (SALLNÄS; BJÖRKLUND, 2020). Com base nisso, enfatiza-se a importância de introduzir a divulgação de informações sobre os impactos ambientais da EUM no momento da compra, com o objetivo de aumentar a consciência do consumidor e tornar essas entregas mais sustentáveis.

As características sociodemográficas influenciaram as opiniões dos respondentes, evidenciando que existem diferenças de comportamento entre os estratos. Por exemplo, as

consumidoras são mais propensas fazer escolhas mais ambientalmente sustentáveis para suas compras *online*, inclusive, em detrimento da velocidade de entrega (prazo de entrega flexível) e custo de entrega (Tabela 9). Esse resultado diverge de Deliana; Rum (2019), que encontraram os mesmos níveis de consumo sustentável para homens e mulheres.

Por outro lado, a idade dos consumidores influencia o potencial de aceitação/rejeição de prazos de entrega mais longos (Tabela 9). Por exemplo, os consumidores eletrônicos da amostra com menos de 24 anos e com mais de 49 anos se mostraram mais propensos a aceitar entregas mais sustentáveis em detrimento da velocidade de entrega. Esse resultado corresponde parcialmente a Deliana; Rum (2019), pois eles também encontraram essa declaração entre os consumidores eletrônicos jovens, no entanto, apenas no presente estudo esse potencial para o comportamento sustentável foi encontrado entre consumidores com mais idade.

Além disso, consumidores com alto nível de escolaridade apresentaram maior tendência à aceitação de prazos de entrega mais flexíveis (Tabela 9). Esse achado é consistente com a literatura, que mostra que os consumidores percebem a relevância de dirigir menos quilômetros na EUM, mesmo que seja necessário um aumento no prazo de entrega (RAI; VERLINDE; MACHARIS, 2019).

As variações salariais na amostra não representaram diferenças estatisticamente significativas em relação à flexibilidade de tempo e de custo (Tabela 9), no entanto, foi possível perceber uma tendência de respostas menos sustentáveis dos indivíduos com maior remuneração (pois mesmo sendo iguais estatisticamente, as médias dos indivíduos com a maior faixa de renda foram as mais baixas). Isso ocorreu apesar de a literatura sugerir que quanto mais bem pagos são os consumidores, mais propensos são a optar por produtos/serviços com baixa emissão de GEE (CHUANMIN *et al.*, 2014).

De acordo com a análise de correlação realizada, os resultados indicaram que houve uma correlação muito fraca (0 a 0,3) entre a possibilidade de disponibilização de informações ambientais e a preferência declarada pelos respondentes para sacrifícios de tempo e/ou custo de entrega (Tabela 10). Esse resultado contrasta com as recentes descobertas de Ignat; Chankov (2020) em uma pesquisa desenvolvida em um mercado maduro (Alemanha). Lá, os resultados mostraram que a exibição dos impactos ambientais da EUM influencia os consumidores eletrônicos e, geralmente, os torna mais propensos a escolher uma EUM mais sustentável. Apesar dos achados de Ignat; Chankov (2020) pode-se constatar, pelo presente estudo, que a

consciência ambiental para a sustentabilidade da EUM não foi tão forte em um mercado emergente, isto é, entre consumidores eletrônicos brasileiros. As razões para essa diferença de consciência entre consumidores de diferentes nacionalidades não são claras, mas podem estar associadas ao Produto Interno Bruto de cada país.

Tendo em vista as contribuições alcançadas por Ignat; Chankov (2020), avançou-se na presente pesquisa ao considerar uma especificação de entrega, isto é, o tipo de produto adquirido. Investigou-se, portanto, a concordância relativa para a flexibilização do prazo de entrega ao questionar quais tipos de produtos mais convenceria os consumidores eletrônicos a esperar mais tempo pela entrega. Os resultados mostraram que o sacrifício no prazo de entrega aceito pelos consumidores varia de acordo com o pedido em andamento. Por exemplo, mais de 60% do grupo da amostra concorda com um prazo de entrega flexível em relação a categorias de produtos, como casa e decoração, moda e acessórios, esporte e lazer; entretanto, essa concordância diminui quando se trata de produtos de saúde/cosméticos/perfumaria e alimentos e bebidas (menos de 50%) (Tabela 8).

Os resultados dos questionários aplicados possibilitaram a identificação de uma parcela de consumidores eletrônicos predispostos à flexibilização da velocidade de entrega a fim de contribuir com a EUM sustentável. Tendo em vista esses resultados, a segunda etapa dessa pesquisa teve-se à elaboração de um experimento de simulação computacional para mensurar os possíveis reflexos dessa flexibilização na logística urbana (sob a forma de variações nas distâncias percorridas e no tamanho da frota), a partir de cenários logísticos com diferentes prazos de entrega bem como diferentes níveis de consolidação de pedidos.

Os resultados dos cenários simulados (grupos A, B e C) evidenciaram que o aumento das entregas expressas (prazo de entrega para o mesmo dia ou para o dia seguinte) aumenta a QTP pelos veículos (Gráfico 12), tornando as operações de transporte menos sustentáveis ambientalmente. Por exemplo, uma demanda de 30% de entregas expressas provocou um aumento de, aproximadamente, 40% na QTP. Esse resultado corrobora com Cortes; Suzuki (2020) que relatam que a exigência dos consumidores por entregas rápidas dificulta a existência de um transporte urbano sustentável devido aos baixos níveis de ocupação dos veículos.

O aumento das entregas expressas também provoca o aumento da quantidade de veículos necessários para o transporte. Por exemplo, uma demanda de 30% de entregas expressas com uma consolidação de 9 pacotes por veículo provocou um aumento de,

aproximadamente, 30% no tamanho da frota. Já com uma consolidação de 8 pacotes por veículo, 30% de entregas expressas refletem um aumento de 50% da frota quando comparado com o cenário base (A0) (Tabela 11). Esses resultados são consistentes com a literatura que evidencia que entregas rápidas e/ou janelas de entrega curtas fazem com que mais veículos sejam necessários para realizar as mesmas entregas que utilizariam menos veículos caso os níveis de consolidação de produtos fosse mais elevado (JALLER; PAHWA, 2020). Além disso, crescente demanda por um transporte mais rápido cria problemas para o meio ambiente, pois o aumento do frete mais rápido, em alguns casos, não permite que as empresas consolidem as remessas obrigando-as a fazer entregas mais rápidas, mais caras e poluentes, com caminhões que não são utilizados em sua capacidade máxima (MUÑOZ-VILLAMIZAR *et al.*, 2021).

A existência de entregas expressas interfere na maneira como os veículos são consolidados, de forma que menores níveis de consolidação de produtos indicam que existe uma demanda maior de consumidores que escolheram receber seus produtos mais rapidamente. Por exemplo, no cenário C4 (em que há o maior percentual de entrega expressa, 90%, e o menor nível de consolidação, 8 pacotes) a variação da QTP é de, aproximadamente, 165% em relação ao cenário base (A0). Esse resultado é consistente com a literatura visto que evidências semelhantes foram encontradas em um estudo com modelos econométricos o qual identificou que à medida que o número de entregas por rota diminui, aumenta-se o total de milhas percorridas (JALLER; PAHWA, 2020).

Os impactos causados pelas entregas rápidas, tais como o aumento da QTP foi evidenciado, nesse trabalho, ao longo na logística de saída, responsável pela distribuição final dos produtos. Tais resultados são complementares às recentes descobertas de Muñoz-Villamizar *et al.* (2021) em uma pesquisa desenvolvida no México. Lá, um estudo com simulação quantificou as emissões gasosas provenientes das entregas na logística de entrada (fluxo de materiais dos fornecedores para os CDs), mostrando que a velocidade de entrega também impacta as emissões de carbono no transporte de entrada. Vale destacar que o consumo de combustível, independentemente de sua fonte, é proporcional às emissões de GEE que podem ser geradas no transporte de mercadorias e impactam diretamente no custo. A busca por uma economia de combustível traz contribuições positivas tanto pela redução de custos operacionais como pela redução das emissões proporcionando, assim, vantagens financeiras e ambientais (BARTHOLOMEU; PÉRA; CAIXETA-FILHO, 2016).

É importante ressaltar que nenhuma abordagem pode solucionar totalmente uma questão tão complexa como a da sustentabilidade ambiental da CS, assim como nenhum sistema de entrega utilizado isoladamente é totalmente benéfico. Por isso, é importante a integração de modelos logísticos tradicionais e verdes na entrega de produtos em áreas urbanas, conforme apontado por Perboli; Rosano; Gobbato (2019), para equilibrar necessidades econômicas e ambientais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

6.1 Conclusões

Frente ao crescimento contínuo do *e-commerce*, os seus impactos ambientais ao longo da CS e, principalmente, durante a etapa de transporte precisam ser controlados. Na tentativa de tornar a EUM mais sustentável a maioria das estratégias sugeridas na literatura segue uma abordagem reativa centrada na melhoria da sustentabilidade do ponto de vista do fornecimento dos produtos (por exemplo, a substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos ou veículos não-motorizados, a melhoria no roteamento dos veículos para gerar menos emissões de GEE entre outros). Por outro lado, essa tese sugere uma abordagem proativa, mostrando que há potencial para lidar com o problema desde a sua origem: o comportamento de compra dos consumidores.

As conclusões do presente trabalho apontam que os consumidores eletrônicos são exigentes quando se trata de comodidade e vantagens econômicas em suas compras *online*, contudo, essa exigência é bastante reduzida quando se trata de vantagens ambientais. Isso porque os critérios de compra mais importantes, segundo os participantes da pesquisa, foram, em primeiro lugar, o prazo e, em segundo, o custo. Já o critério informações ambientais recebeu pouca atenção. Assim, conclui-se que as iniciativas de entrega sustentável de última milha devem ser planejadas e revisadas de acordo com os tipos de consumidores, considerando o que cada um deles está disposto a sacrificar (seja o prazo ou o custo).

No geral, a conscientização/motivação de consumidores eletrônicos do sudeste brasileiro ainda precisa ser ampliada para responder adequadamente a estratégias direcionadas a tornar a EUM mais sustentável a partir da demanda. Isso porque a percepção dos consumidores está voltada, principalmente, para prioridades econômicas e de comodidade, enquanto as vantagens ambientais estão em segundo plano.

As estratégias de EUM sustentáveis devem ser desenvolvidas de acordo com o produto em questão, pois o nível de consciência do consumidor pode variar de acordo com o tipo de produto adquirido *online*. Há categorias de produtos cujo potencial de flexibilidade da velocidade de entrega (por parte do consumidor eletrônico) é maior enquanto para outras esse potencial é menor.

Alguns segmentos de consumidores eletrônicos são mais sensíveis a sacrifícios de tempo (como a flexibilização da velocidade de entrega dos produtos) para contribuir com a sustentabilidade ambiental da EUM. O gênero, a idade e a escolaridade dos consumidores são fatores que podem influenciar o seu potencial de flexibilização da velocidade de entrega. Por outro lado, a variável renda nem sempre desempenha um papel importante nas decisões de sustentabilidade ambiental dos consumidores em suas compras *online*.

No geral, os consumidores eletrônicos são pouco sensíveis a sacrifícios financeiros (como a flexibilização do custo de transporte dos produtos) para contribuir com a sustentabilidade ambiental da EUM. Apenas a variável gênero refletiu níveis motivacionais diferentes quanto à flexibilização do custo, ou seja, as consumidoras tendem a ter comportamentos mais pro-ambientais.

Prazos de entrega flexíveis e elevados níveis de consolidação de produtos podem tornar a EUM mais sustentável ambientalmente, pois reduz a quilometragem percorrida pelos veículos e, conseqüentemente, demanda um consumo menor de combustível (reduzindo as emissões de GEE).

No processo de compra, o consumidor é estimulado por fatores pessoais e pelos benefícios que consegue enxergar. A incorporação de uma perspectiva de sustentabilidade ambiental da CS (centrada no comportamento do consumidor durante a aquisição de bens/serviços) pode funcionar a partir do momento em que os clientes se tornarem conscientes do benefício ambiental associado as suas escolhas e se dispuserem a fazer sacrifícios econômicos ou de tempo em prol de um bem maior: o planeta e o bem estar social.

Contudo, torna-se difícil para os consumidores eletrônicos fazerem escolhas de distribuição sustentável devido à escassez de informações ambientais no momento da compra. Por causa disso, sugere-se que varejistas eletrônicos e empresas de logística possam implementar o compartilhamento de informações ambientais para os consumidores eletrônicos em seus *websites* a fim de ampliar os níveis de conscientização dos consumidores. As informações adicionais sobre a sustentabilidade ambiental das entregas podem se tornar um guia para os consumidores tomarem decisões mais sustentáveis e, conseqüentemente, reduzir os impactos ambientais de seus pedidos de compra. Conceder aos consumidores eletrônicos a oportunidade de escolher entre diferentes opções de entrega (baseadas não apenas em fatores econômicos – como na prática comum hoje em dia – mas também com base no ambiente), pode

auxiliar àqueles com menor nível de consciência ambiental a expandirem seu conhecimento sobre esse importante tema.

Além disso, a participação dos consumidores eletrônicos no processo diário de tomada de decisão (especialmente sobre tempo e custo de entrega flexíveis) tem o potencial de influenciar positivamente a organização da logística e a expedição de mercadorias para a ampliação da cultura de entregas sustentáveis, trazendo efeitos positivos nas áreas econômica e ambiental (pela redução do consumo de combustível). Esse duplo efeito pode interessar à sociedade e às empresas, pois gera um ganho mútuo ainda que essa proposta vá contra o atual modelo logístico de agilidade nas entregas. Mas, para que isso aconteça é necessário que os varejistas eletrônicos, apoiados pelas empresas de logística, compreendam que desempenham um papel fundamental como facilitadores de decisões ambientalmente corretas, a partir da ampliação de opções de entregas sustentáveis por parte das lojas virtuais (que determinam as alternativas de distribuição em seus *sites*) e dos provedores de serviços logísticos (que desenvolvem e oferecem os serviços de distribuição).

Em termos de implicações em políticas públicas, propõe-se que campanhas educacionais sejam aplicadas a empresas, transportadoras e consumidores pelos governos para criar uma cultura que envolva a sociedade na distribuição e no consumo consciente de produtos e serviços. É importante destacar a necessidade de se promover uma educação ambiental adaptada às necessidades de cada país, com vistas a elevar os níveis de conscientização e o envolvimento do consumidor em todo o mundo. Além disso, políticas públicas para regulamentação da logística urbana, podem engajar toda a sociedade em direção à redução dos efeitos ambientais e à mitigação das emissões de GEE, por meio de uma logística adequada.

6.2 Limitações da pesquisa

Os resultados desse trabalho são limitados pela amostra, pelos fatores e pelas medidas utilizadas que se procurou relacionar com as entregas de produtos originadas pelas compras *online*;

As escalas e medidas utilizadas no questionário podem não contemplar totalmente os fatores que se queira medir, além disso, os fatores considerados no questionário não tinham como objetivo nem poderiam esgotar o assunto referente à sustentabilidade das entregas de produtos do *e-commerce B2C*;

Apesar da representativa amostra composta por mais de 400 respondentes, a mesma contemplou apenas os consumidores localizados na região Sudeste do Brasil e maioria são indivíduos que possuem ensino superior completo. Por isso, os resultados encontrados não podem ser generalizados para todos os consumidores eletrônicos brasileiros;

A simulação computacional foi conduzida a partir de um sistema hipotético de EUM. Por isso, foram utilizados dados disponíveis na literatura, provenientes de pesquisas de campo realizadas anteriormente em cidades brasileiras, além de dados em outras pesquisas similares;

Os fatores entrega expressa e nível de consolidação de pedidos foram inseridos no modelo computacional como variáveis de entrada, contudo, outros fatores também poderiam influenciar as variáveis de saída do modelo.

6.3 Sugestões para trabalhos futuros

São necessários mais esforços de pesquisas para melhor entendimento na natureza do problema investigado e da participação de consumidores no processo de promoção da sustentabilidade das entregas de produtos adquiridos *online*. A pesquisa com consumidores pode ser ampliada a partir da exploração de outras regiões ou países (incluindo diferenças nos níveis de desenvolvimento econômico), além de outros fatores, como fatores culturais, psicológicos e situacionais. Campanhas informativas ou grupos focais para a discussão da participação dos consumidores eletrônicos na sustentabilidade ambiental das EUM podem ser desenvolvidos para mensurar mais profundamente as conclusões da presente pesquisa.

Pesquisas futuras podem utilizar um sistema logístico com dados reais para alimentar o modelo de simulação proposto nesse trabalho e gerar resultados mais consistentes e robustos. Outras variáveis de entrada também podem ser incorporadas, como por exemplo, tipos diferentes de veículos (bicicletas, motocicletas, drones etc) e características dos produtos transportados (tipo de produto, massa e volume). Outras variáveis de saída, também relacionadas à sustentabilidade ambiental da EUM, podem ser quantificadas, como por exemplo, o consumo de combustível e as emissões de diversos GEE.

REFERÊNCIAS

- ANDERLUH, A; HEMMELMAYR, V. C.; NOLZ, P. C. Synchronizing vans and cargo bikes in a city distribution network. **Central European Journal of Operations Research**, Berlin, v. 25, n. 2, p. 345-376, 2017. Disponível em: <https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs10100-016-0441-z>. Acesso em: 11 feb. 2021.
- ARNOLD, F. *et al.* Simulation of B2C e-commerce distribution in Antwerp using cargo bikes and delivery points. **European Transport Research Review**, Berlin, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2018. Disponível em: <https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs12544-017-0272-6>. Acesso em: 12 feb. 2021.
- ARSLAN, A. *et al.* Crowdsourced delivery-a dynamic pickup and delivery problem with ad-hoc drivers. *Transportation Science*, Baltimore, v. 53. n. 1, p. 222-235, 2019. Disponível em: <https://pubsonline-informs-org.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1287/trsc.2017.0803>. Acesso em: 20 oct. 2020.
- ABCOMM – Associação Brasileira de Comércio Eletrônico. Pesquisa: Logística no e-commerce brasileiro 2017, 2018. Disponível em: <https://www.abcomm.org/Pesquisas/Pesquisa-ABComm-Logistica-Ecommerce-2017.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- ASSUMPÇÃO, M. P.; SOUZA, L. C.; ROBLES, L. T. ERP (Enterprise Resource Planning) na gestão de suprimentos em empresas fabricantes de alimentos doces. **Patrimônio: Lazer e Turismo**, Santos, v. 6, n. 6, p.1-22, 2009. Disponível em: https://www.unisantos.br/pos/revistapatrimonio/images/artigos/Artigo5_v6_n6_abr_mai_jun2009_Patrimonio_UniSantos.pdf. Acesso em: 09 abr. 2019.
- BABENKO, I. V. *et al.* Sustainable supply chain management in city logistics solutions. **International Journal of Supply Chain Management**, London, v. 9, n. 2, p. 1081-1085, 2020. Disponível em: <https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/4769/2405>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- BALLOU, R. H. **Business logistics: supply chain management**. 5 ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 2004.
- BANDEIRA, R. A. *et al.* Electric vehicles in the last mile of urban freight transportation: a sustainability assessment of postal deliveries in Rio de Janeiro-Brazil. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, London, v. 67, p. 491-502, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1361920917308854?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- BANKS J; *et al.* **Discrete-event system simulation**. 2 ed. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 2010.
- BARTHOLOMEU, D. B.; PÉRA, T. G.; CAIXETA-FILHO, J. V. Logística sustentável: avaliação de estratégias de redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário de cargas.

Journal of Transport Literature, Manaus, v. 10, n. 3, p. 15-19, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jtl/v10n3/2238-1031-jtl-10-03-0015.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BECKERS, J.; CÁRDENAS, I.; VERHETSEL, A. Identifying the geography of online shopping adoption in Belgium. **Journal of Retailing and Consumer Services**, London, v. 45, p. 33-41, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0969698918303333?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BEIRIGO, B. A.; SCHULTE, F.; NEGENBORN, R. R. Integrating people and freight transportation using shared autonomous vehicles with compartments. **IFAC-PapersOnLine**, Laxenburg, v. 51, n. 9, p. 392-397, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2405896318307870?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BERTRAM, R. F.; CHI, T. A study of companies' business responses to fashion e-commerce's environmental impact. **International Journal of Fashion Design, Technology and Education**, United States, v. 11, n. 2, p. 254-264, 2018. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/17543266.2017.1406541?journalCode=tfdt20>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BESSELINK, B. *et al.* Cyber-physical control of road freight transport. **Proceedings of the IEEE**, New Jersey, v. 104, n. 5, p. 1128-1141, 2016. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee.org.ez81.periodicos.capes.gov.br/document/7437386>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BJØRGEN, A.; BJERKAN, K. Y.; HJELKREM, O. A. E-groceries: sustainable last mile distribution in city planning. **Research in Transportation Economics**, United Kingdom, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2019.100805>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0739885919303294?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jan. 2021.

BOWERSOX, D. J. *et al.* **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. 4. ed. São Paulo: AMGH, 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580553185/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

BROWN, J. R.; GUIFFRIDA, A. L. Carbon emissions comparison of last mile delivery versus customer pickup. **International Journal of Logistics Research and Applications**, United Kingdom, v. 17, n. 6, p. 503-521, 2014. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/13675567.2014.907397>. Acesso em: 20 oct. 2019.

BUBICZ, M. E.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. F. D.; CARVALHO, A. Incorporating social aspects in sustainable supply chains: trends and future directions. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 237, p. 1117500, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S095965261932308X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 oct. 2020.

BUERKE, A. *et al.* Consumer awareness and sustainability-focused value orientation as motivating factors of responsible consumer behavior. **Review Managerial Science**, Berlin, v. 11, n. 4, p. 959-991, 2017. Disponível em: <https://link-springer->

com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs11846-016-0211-2. Acesso em: 10 aug. 2019.

BUSINESS GUIDE TO A SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN. New Zealand Business Council For Sustainable Development. 2003. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/30383528/business-guide-to-a-sustainable-supply-chain>. Acesso em: 28 jan. 2021.

BYRNE, P. J. *et al.* Sustainable supply chain design: capturing dynamic input factors. **Journal of Simulation**, Abingdon, v. 4, n. 4, p. 213-221, 2010. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1057/jos.2010.18?journalCode=tjsm20>. Acesso em: 10 oct. 2018.

CADARSO, M. A. *et al.* CO₂ emissions of international freight transport and offshoring: measurement and allocation. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 69, n. 8, p. 1682-1694, 2010. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0921800910001151?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CAPINERI, C.; LEINBACH, T. R. Globalization, e-economy and trade. **Transport Reviews**, Abingdon, v. 24, n. 6, p. 645-663, 2004. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/0144164042000292443>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CÁRDENAS, I.; BECKERS, J.; VANELSLANDER, T. E-commerce last-mile in Belgium: developing an external cost delivery index. **Research in Transportation Business and Management**, Amsterdam, v. 24, p. 123-129, 2017. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2210539517300020?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CÁRDENAS, I. D.; BECKERS, J. A location analysis of pick-up points networks in antwerp, Belgium. **International Journal of Transport Economics**, Rome, v. 45, n. 4, p. 557-569, 2018. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/1631704>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CARRILLO, J. E.; VAKHARIA, A. J.; WANG, R. Environmental implications for online retailing. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 239, n. 3, p. 744-755, 2014. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0377221714004615?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CASTILLO, V. E. *et al.* Crowdsourcing last mile delivery: strategic implications and future research directions. **Journal of Business Logistics**, New Jersey, v. 39, n. 1, p. 7-25, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/jbl.12173>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CHEN, S. *et al.* Pricing policies of a dual-channel supply chain considering channel environmental sustainability. **Sustainability**, Basel, v. 9, n. 3, p. 382, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/3/382>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CHISUWA, M. *et al.* Solutions for dealing with changes in logistics operations environment. **Fujitsu Scientific and Technical Journal**, Tokyo, v. 55, n. 1, p. 32-37, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331331404_Solutions_for_dealing_with_changes_in_logistics_operations_environment. Acesso em: 25 jan. 2020.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2002.

CHUANMIN, S. *et al.* Consumer behaviour on low-carbon agri-food purchase: a carbon labelling experimental study in China. **Agricultural Economics (Czech Republic)**, Tchéquia, v. 60, n. 3, p. 133-146, 2014. Disponível em: <https://www.agriculturejournals.cz/web/agricecon.htm?volume=60&firstPage=133&type=publishedArticle>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicação**. 4 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2015.

COMI, A.; NUZZOLO, A. Exploring the relationships between e-shopping attitudes and urban freight transport. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 12, p. 399-412, 2016. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2352146516000764?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2019.

CORTES, J. D.; SUZUKI, Y. Vehicle routing with shipment consolidation. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 227, p. 107622, 2020. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925527320300104?via%3Dihub>. Acesso em: 13 feb. 2021.

CRAINIC, T. G.; MONTREUIL, B. Physical internet enabled hyperconnected city logistics. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 12, p. 383-398, 2016. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2352146516000752?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2019.

D'AGOSTO, M. de A.; OLIVEIRA, C. M. de. **Logística sustentável: vencendo o desafio contemporâneo da cadeia de suprimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153264/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

DABLANC, L. *et al.* The rise of on-demand 'instant deliveries' in European cities. **Supply Chain Forum: An International Journal**, United Kingdom, v. 18, n.4, p. 203-217, 2017. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/16258312.2017.1375375?journalCode=tscf20>. Acesso em: 10 sep. 2019.

DELIANA, Y.; RUM, I. A. How does perception on green environment across generations affect consumer behaviour? A neural network process. **International Journal of Consumer Studies**, New Jersey, v. 43, n. 4, p. 358-367, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/ijcs.12515>. Acesso em: 20 nov. 2020.

DING Y.; JIN, M. Service and pricing strategies in online retailing under carbon emission regulation. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 217, p. 85-94, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652619301684?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2020.

DOST, F.; MAIER, E. E-commerce effects on energy consumption: a multi-year ecosystem-level assessment. **Journal of Industrial Ecology**, New Jersey, v. 22, n. 4, p. 799-812, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/jiec.12639>. Acesso em: 20 sep. 2020.

DUARTE, R. *et al.* Modeling the carbon consequences of pro-environmental consumer behavior. **Applied Energy**, Amsterdam, v. 184, p. 1207-1216, 2016. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0306261915012271?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2019.

EBIT. **Webshoppers**. 38. ed. 2018. Disponível em: <https://company.ebit.com.br/webshoppers>. Acesso em: 01 nov. 2018.

EBIT. **Webshoppers**. 42. ed. 2020. Disponível em: <https://company.ebit.com.br/webshoppers>. Acesso em: 25 jan. 2021.

EDWARDS, J. B.; MCKINNON, A. C.; CULLINARE, S. L. Comparative analysis on the carbon footprints of conventional and online retailing: a “last mile” perspective. **Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Bingley, v. 40, n. 1-2, p. 103-123, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228901223_Comparative_analysis_of_the_carbon_footprints_of_conventional_and_online_retailing_A_last_mile_perspective. Acesso em: 10 oct. 2018.

ESPER, T. L. *et al.* The last mile: an examination of effects of online retail delivery strategies on consumers. **Journal of Business Logistics**, New Jersey, v. 24, n. 2, p. 177-203, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1002/j.2158-1592.2003.tb00051.x>. Acesso em: 10 oct. 2018.

FATNASSI, E.; CHAOUACHI, J.; KLIBI, W. Planning and operating a shared goods and passengers on-demand rapid transit system for sustainable city-logistics. **Transportation Research Part B: Methodological**, Amsterdam, v. 81, p. 440-460, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0191261515001630?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2018.

FLORIO, A. M.; FEILLET, D.; HARTL, R. F. The delivery problem: optimizing hit rates in e-commerce deliveries. **Transportation Research Part B: Methodological**, Amsterdam, v. 117, p. 455-472, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0191261518303291?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2019.

FRAGOSO, S.; REBS, R. R.; BARTH, D. L. Territorialidades virtuais: identidade, posse e pertencimento em ambientes multiusuário online. **MATRIZES**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 211-225, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/matrizes/article/view/38317>. Acesso em: 10 out. 2019.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações Arena**. 2. ed. São Paulo: Visual Books, 2008.

FREITAS, A. L. P.; RODRIGUES, S. G. A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. In: XII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2005, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: [s. n.], 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236036099_A_avaliacao_da_confiabilidade_de_questionarios_uma_analise_utilizando_o_coeficiente_alfa_de_Cronbach. Acesso em: 10 out. 2018.

FRIGERI, J. A.; BIANCHI, M.; BACKES, R. G. Um estudo sobre o uso das técnicas de simulação no processo de elaboração e execução dos planejamentos estratégico e operacional. **Contexto**, Porto Alegre, v. 7, n. 12, p. 57-87, 2007. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ConTexto/article/view/11162/6607>. Acesso em: 10 out. 2018.

GADERMANN, A. M.; GUHN, M.; ZUMBO, B. D. Estimating ordinal reliability for Likert-type and ordinal item response data: a conceptual, empirical, and practical guide. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, Massachusetts, v. 17, n. 3, p. 1-13, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236605201_Estimating_ordinal_reliability_for_Likert-type_and_ordinal_item_response_data_A_conceptual_empirical_and_practical_guide. Acesso em: 10 out. 2018.

GAMMELGAARD, B. The emergence of city logistics: the case of Copenhagen's citylogistik-kbh. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Bingley, v. 45, n. 4, p. 333-351, 2015. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IJPDLM-12-2014-0291/full/html>. Acesso em: 10 oct. 2018.

GAN, M. *et al.* The identification of truck-related greenhouse gas emissions and critical impact factors in an urban logistics network. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 178, p. 561-571, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618300581?via%3Dihub>. Acesso em: 10 aug. 2019.

GATTA, V. *et al.* Sustainable urban freight transport adopting public transport-based crowdshipping for B2C deliveries. **European Transport Research Review**, Berlin, v. 11, n. 13, p. 1-14, 2019. Disponível em: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-019-0352-x>. Acesso em: 10 nov. 2020.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Florianópolis: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIUFFRIDA, M. *et al.* Logistics solutions to support cross border e-commerce towards China: the case of apparel industry. **Lecture Notes in Electrical Engineering**, Berlin, v. 413, p. 163-177, 2017. Disponível em: https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/chapter/10.1007%2F978-3-319-48511-9_14. Acesso em: 10 aug. 2019.

GOLD, S.; TRAUTRIMS, A.; TRODD, Z. Modern slavery challenges to supply chain management. **Supply Chain Management**, Bingley, v. 20, n. 5, p. 485-494, 2015. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/SCM-02-2015-0046/full/html>. Acesso em: 10 aug. 2019.

GONG, M. *et al.* The role of customer awareness in promoting firm sustainability and sustainable supply chain management. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 217, p. 88-96, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925527319300416?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jan. 2021.

GONZALEZ-FELIU, J.; AMBROSINI, C.; ROUTHIER, J. L. New trends on urban goods movement: modelling and simulation of e-commerce distribution. **European Transport (Trasporti Europei)**, Trieste, v. 50, n. 6, p. 1-23, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/241759212_New_trends_on_urban_goods_movement_Modelling_and_simulation_of_e-commerce_distribution. Acesso em: 10 nov. 2020.

GRUNERT, K. G.; HIEKE, S.; WILLS, J. Sustainability labels on food products: consumer motivation, understanding and use. **Food Policy**, Amsterdam, v. 44, p. 177-189, 2014. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0306919213001796?via%3Dihub>. Acesso em: 10 sep. 2019.

GUO, X. *et al.* On integrating crowdsourced delivery in last-mile logistics: a simulation study to quantify its feasibility. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 241, p. 118365, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652619332354?via%3Dihub>. Acesso em: 10 nov. 2020.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna**: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. São Paulo: Loyola, 1999.

HAYEL, Y. *et al.* Decentralized optimization of last-mile delivery services with non-cooperative bounded rational customers. **Annals of Operations Research**, Heidelberg, v. 239, n. 2, p. 451-469, 2016. Disponível em: <https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs10479-014-1647-x>. Acesso em: 10 sep. 2019.

HISCHIER, R. Car vs. Packaging – A first, simple (environmental) sustainability assessment of our changing shopping behaviour. **Sustainability**, Basel, v. 10, n. 9, p. 3061, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3061>. Acesso em: 10 sep. 2019.

HOOTSUITE. **Digital 2021**: Global Overview report. 2021. Disponível em: <https://datareportal.com/reports/digital-2021-global-overview-report>. Acesso em: 12 fev 2021.

HU, J. *et al.* Do green practices really attract customers? The sharing economy from the sustainable supply chain management perspective. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 149, p. 177-187, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0921344919302617?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2020.

HUANG, Y.; SAVELSBERGH, M.; ZHAO, L. Designing logistics systems for home delivery in densely populated urban area. **Transportation Research Part B: Methodological**, Amsterdam, v. 115, p. 95-125, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0191261517307294?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2020.

IEA STATISTICS. **CO2 emissions from fuel combustion – highlights**. 2017. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustionHighlights2017.pdf>. Acesso em: 13 apr. 2018.

IGNAT, B.; CHANKOV, S. Do e-commerce customers change their preferred last-mile delivery based on its sustainability impact? **International Journal of Logistics Management**, Bingley, v. 31, n. 3, p. 521-548, 2020. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IJLM-11-2019-0305/full/html>. Acesso em: 20 sep. 2020.

ILOS REPORTS. **Desafios e soluções do last mile urbano**. Versão de amostra. 2020. Disponível em: https://www.ilos.com.br/web/wp-content/uploads/AMOSTRA_ILOS-Report_Last-Mile.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

IWEALA, S.; SPILLER, A.; MEYERDING, S. Buy good, feel good? The influence of the warm glow of giving on the evaluation of food items with ethical claims in the U.K. and Germany. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 215, p. 315-328, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618339763?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2020.

JACHIMOWSKI, R. *et al.* Implementation of the model of proecological transport system. **Journal of KONES Powertrain and Transport**, Warsaw, v. 20, n.4, p. 129- 139, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276710163_IMPLEMENTATION_OF_THE_MODEL_OF_PRO ECOLOGICAL_TRANSPORT_SYSTEM. Acesso em: 10 aug. 2018.

JALLER, M.; PAHWA, A. Evaluating the environmental impacts of online shopping: a behavioral and transportation approach. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, London, v. 80, p. 102223, 2020. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1361920919302639?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jan. 2021.

JANJEVIC, M.; WINKENBACH, M. Characterizing urban last-mile distribution strategies in mature and emerging e-commerce markets. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Amsterdam, v. 133, p. 164-196, 2020. Disponível em: <https://www->

sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0965856419301065?via%3Dihub. Acesso em: 20 jan. 2021.

JI, S.; SUN, Q. Low-carbon planning and design in B & R logistics service: a case study of an e-commerce big data platform in China. **Sustainability**, Basel, v. 9, n. 11, p. 2052, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/11/2052>. Acesso em: 10 aug. 2018.

KANG, K. *et al.* Shipment consolidation policy under uncertainty of customer order for sustainable supply chain management. **Sustainability**, Basel, v. 9, n. 9, p. 1675, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/9/1675>. Acesso em: 10 aug. 2018.

KEIKHA, F.; SARGOLZAEI, E. Designing two-dimensional electronic business-to-consumer models' map by fuzzy delphi panel. **Journal of theoretical and applied electronic commerce research**, Talca, v. 2, p. 21-36, 2017. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jtaer/v12n2/art03.pdf>. Acesso em: 10 aug. 2018.

KELLNER, F.; IGL, J. Greenhouse gas reduction in transport: analyzing the carbon dioxide performance of different freight forwarder networks. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 99, p. 177-191, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652615002437?via%3Dihub>. Acesso em: 10 aug. 2018.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B. **Simulation with Arena**. 6. Ed. Boston-US: McGraw - Hill, 2015. 635 p.

KISSLER, S. M. *et al.* Projecting the transmission dynamics of SARS-CoV-2 through the postpandemic period. **Science**, Washington, v. 368, n. 6493, p. 860-868, 2020. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/368/6493/860/tab-pdf>. Acesso em: 10 dec. 2020.

KWON, N. *et al.* T-reduce: route-aware mobile trajectory data reduction in transportation management systems. **IEEE Access**, New Jersey, v. 6, n. 8403216, p. 38934-38946, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8403216>. Acesso em: 25 aug. 2019.

LAFKIHI, M.; PAN, S.; BALLOT, E. Freight transportation service procurement: a literature review and future research opportunities in omnichannel e-commerce. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, Amsterdam, v. 125, p. 348-365, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1366554518307646?via%3Dihub>. Acesso em: 10 dec. 2020.

LAH, O. Continuity and change: dealing with political volatility to advance climate change mitigation strategies—examples from the transport sector. **Sustainability**, Basel, v. 9, n.6, p. 959, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/6/959>. Acesso em: 10 aug. 2018.

LEE, A. H. I. *et al.* An integrated approach for sustainable supply chain management with replenishment transportation, and production decisions. **Sustainability**, Basel, v. 10, n. 11, p.

3887, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/11/3887>. Acesso em: 10 aug. 2019.

LI, Z. E.; LU, Q.; TALEBIAN, M. Online versus bricks-and-mortar retailing: a comparison of price, assortment and delivery time. **International Journal of Production Research**, Abingdon, v. 53, n. 13, p. 3823-3835, 2015. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/00207543.2014.973074?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 10 aug. 2018.

LI, Q.; LONG, R.; CHEN, H. Empirical study of the willingness of consumers to purchase low-carbon products by considering carbon labels: a case study. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 161, p. 1237-1250, 2017. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652617308843?via%3Dihub>. Acesso em: 10 aug. 2018.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 55, 1932. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1933-01885-001>. Acesso em: 10 aug. 2018.

LIM, Y. M.; CHAM, T. H. A profile of the internet shoppers: evidence from nine countries. **Telematics and Informatics**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 344-354, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0736585314000707?via%3Dihub>. Acesso em: 10 aug. 2018.

LIM, S. F. WT.; SRAI, J. S. Examining the anatomy of last-mile distribution in e-commerce omnichannel retailing: a supply network configuration approach. **International Journal of Operations and Production Management**, Bingley, v. 38, n. 9, p. 1735-1764, 2018. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IJOPM-12-2016-0733/full/html>. Acesso em: 10 aug. 2019.

LIN, J.; ZHOU, W.; DU, L. Is on-demand same day package delivery service green? **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, London, v. 61, p. 118-139, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1361920915302893?via%3Dihub>. Acesso em: 25 aug. 2019.

LIS, A.; SUDOLSKA, A.; TOMANEK, M. Mapping Research on Sustainable Supply-Chain Management. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 10, p. 3987, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/10/3987>. Acesso em: 20 jan. 2021.

LONGO, F. Sustainable supply chain design: an application example in local business retail. **Simulation**, California, v. 88, n. 12, p. 1484-1498, 2012. Disponível em: <https://journals-sagepub-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/pdf/10.1177/0037549712458983>. Acesso em: 25 aug. 2018.

MANERBA, D.; MANSINI, R.; ZANOTTI, R. Attended home delivery: reducing last-mile environmental impact by changing customer habits. **IFAC-PapersOnLine**, Laxenburg, v. 51, n. 5, p. 55-60, 2018. Disponível em: <https://www->

sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2405896318304968?via%3Dihub. Acesso em: 10 dec. 2019.

MANGIARACINA, R. *et al.* A review of the environmental implications of B2C e-commerce: a logistics perspective. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Bingley, v. 45, n. 6, p. 565-591, 2015. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IJPDLM-06-2014-0133/full/html>. Acesso em: 10 aug. 2018.

MANGIARACINA, R. *et al.* Assessing the environmental impact of logistics in online and offline B2C purchasing processes in the apparel industry. **International Journal of Logistics Systems and Management**, Geneva, v. 23, n. 1, p. 98-124, 2016. Disponível em: <http://www.inderscience.com/offer.php?id=73300>; Acesso em: 10 aug. 2018.

MARCILIO, G. P. *et al.* Analysis of greenhouse gas emissions in the road freight transportation using simulation. **Journal of Cleaner Production**, Amsterda, v. 170, p. 298-309, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652617321698?via%3Dihub#fig2>. Acesso em: 25 aug. 2019.

MÁRQUEZ-RAMOS, L. The relationship between trade and sustainable transport: a quantitative assessment with indicators of the importance of environmental performance and agglomeration externalities. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 52, p. 170-183, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1470160X14005585?via%3Dihub>. Acesso em: 10 aug. 2018.

MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597009088/>. Acesso em: 28 jan. 2021.

MARUJO, L. G. *et al.* Assessing the sustainability of mobile depots: the case of urban freight distribution in Rio de Janeiro. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, London, v. 62, p. 256-267, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1361920917308295?via%3Dihub>. Acesso em: 25 aug. 2019.

MASSON, R. *et al.* Optimization of a city logistics transportation system with mixed passengers and goods. **EURO Journal on Transportation and Logistics**, Berlin, v. 6, n.1, p. 81-109, 2017. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S219243762030090X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 oct. 2019.

MONTEVECHI, J. A. B. *et al.* Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010, Baltimore, MD. **Proceedings [...]**. Baltimore, MD: WSC, 2010. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5678908>. Acesso em: 20 aug. 2020.

MONTGOMERY, D. C. **Desing and analysis of experiments**. 8.ed. New York: John Wiley and Sons, 2013.

MORGANTI, E. *et al.* The impact of e-commerce on final deliveries: alternative parcel delivery services in France and Germany. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 4, p. 178-190, 2014. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S235214651400297X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 oct. 2019.

MUÑOZ-VILLAMIZAR, A. *et al.* The environmental impact of fast shipping ecommerce in inbound logistics operations: a case study in Mexico. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 283, p. 125400, 2021. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652620354469?via%3Dihub>. Acesso em: 22 feb. 2021.

MUÑUZURI, J. *et al.* Application of supply chain considerations to estimate urban freight emissions. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 86, p. 35-44, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1470160X17308208?via%3Dihub>. Acesso em: 20 oct. 2019.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <http://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030>. Acesso em: 21 jan. 2021.

NAIR, A. K. S.; BHATTACHARYYA, S. S. Is sustainability a motive to buy? An exploratory study in the context of mobile applications channel among young Indian consumers. **Foresight**, Bingley, v. 21, n. 2, p. 177-199, 2019. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/FS-05-2018-0048/full/html>. Acesso em: 10 nov. 2020.

NGUYEN, D. *et al.* What is the right delivery option for you? Consumer preferences for delivery attributes in online retailing. **Journal of Business Logistics**, New Jersey, v. 40, n. 4, p. 299-321, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/jbl.12210>. Acesso em: 10 nov. 2020.

NOGUEIRA, G. P. M. *et al.* Mudanças e perspectivas no setor de entrega urbana de produtos em uma cidade média devido à pandemia da COVID-19. **PETRÓLEO, ROYALTIES E REGIÃO**, v. 18, p. 70-79, 2020. Disponível em: <https://royaltiesdopetroleo.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2020/12/art-7-boletim-royalties-dezembro-2021.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

NUZZOLO, A.; COMI, A.; ROSATI, L. City logistics long-term planning: simulation of shopping mobility and goods restocking and related support systems. **International Journal of Urban Sciences**, Abingdon, v. 18, n. 2, p. 201-217, 2014. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/12265934.2014.928601>. Acesso em: 20 oct. 2019.

OLÁH, J. *et al.* Achieving sustainable e-commerce in environmental social and economic dimensions by taking possible trade-offs. **Sustainability**, Basel, v. 11, n. 1, p. 89, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/1/89>. Acesso em: 20 oct. 2019.

OLIVEIRA, S. V. W. B. de; LEONETI, A.; CEZARINO, L. O. (org.). Sustentabilidade: princípios e estratégias. Barueri: Manole, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520462447/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

OLIVEIRA, L. K. de. *et al.* Analysis of the potential demand of automated delivery stations for e-commerce deliveries in Belo Horizonte, Brazil. **Research in Transportation Economics**, United Kingdom, v. 65, p. 34-43, 2017. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0739885917301762?via%3Dihub>. Acesso em: 20 oct. 2019.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. (Org.) Meio ambiente e sustentabilidade. Porto Alegre: Bookman, 2012. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788540701977/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

O'ROURKE, D.; LOLLO, N. Transforming consumption: from decoupling, to behavior change, to system changes for sustainable consumption. **Annual Review of Environment and Resources**, California, v. 40, p. 233-259, 2015. Disponível em: <https://www-annualreviews-org.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1146/annurev-environ-102014-021224>. Acesso em: 20 sep. 2019.

PAGELL, M.; WU, Z. Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. **Journal of Supply Chain Management**, New Jersey, v.45, n.2, p.37-56, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/j.1745-493X.2009.03162.x>. Acesso em: 20 sep. 2019.

PAN, S. *et al.* Using customer-related data to enhance e-grocery home delivery. **Industrial Management and Data Systems**, Bingley, v. 117, n. 9, p. 1917-1933, 2017. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IMDS-10-2016-0432/full/html>. Acesso em: 20 sep. 2019.

PAOLESCHI, B. Cadeia de Suprimentos. São Paulo: Érica, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536513324/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

PAREDES, M. R.; BARRUTIA, J. M.; ECHEBARRIA, C. Resources for value co-creation in e-commerce: a review. **Electronic Commerce Research**, New York, v. 14, n. 2, p. 111-136, 2014. Disponível em: <https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10660-014-9135-6>. Acesso em: 20 sep. 2019.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: UNICENP, 2007.

PENZ, E.; HARTL, B.; HOFMANN, E. Explaining consumer choice of low carbon footprint goods using the behavioral spillover effect in German-speaking countries. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 214, p. 429-439, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618339994?via%3Dihub>. Acesso em: 10 nov. 2020.

- PERBOLI, G.; ROSANO, M.; GOBBATO, L. Parcel delivery in urban areas: opportunities and threats for the mix of traditional and green business models. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 99, p. 19-36, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0968090X19300221?via%3Di> hub. Acesso em: 10 nov. 2020.
- PEREIRA, E. Q.; NASCIMENTO, E. P. do. A interdisciplinaridade nas universidades brasileiras: trajetória e desafios. **Redes**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 1, p.209-232, 2016. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/4844>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- PIAGET, J. **Problemas gerais da investigação interdisciplinar e mecanismos comuns**. Lisboa: Bertrand, 1973.
- PIRVULESCU, P.; ENEVOLDSEN, P. Supply chain management in the age of digitalization. **International Journal of Supply Chain Management**, London, v. 8, n. 2, p. 414-428, 2019. Disponível em: <https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/2140/1531>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- PHILIPPI JR, A. (coord.). **Gestão Empresarial e Sustentabilidade**. Barueri: Manole, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520439135/>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Vila Nova, Novo Hamburgo-RS: Universidade Feevale, 2013.
- QI, W. *et al.* Shared mobility for last-mile delivery: Design, operational prescriptions, and environmental impact. **Manufacturing and Service Operations Management**, Baltimore, v. 20, n. 4, p. 737-751, 2018. Disponível em: <https://pubsonline-informs-org.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1287/msom.2017.0683>. Acesso em: 20 oct. 2019.
- RAI, H. B.; VERLINDE, S.; MACHARIS, C. The “next day, free delivery” myth unravelled: possibilities for sustainable last mile transport in an omnichannel environment. **International Journal of Retail & Distribution Management**, Bingley, v. 47, n. 1, p. 39-54, 2019. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IJRDM-06-2018-0104/full/html>. Acesso em: 1 nov. 2020.
- RAI, H. B. *et al.* How are consumers using collection points? Evidence from Brussels. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 46, p. 53-60, 2020. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S235214652030363X?via%3Di> hub. Acesso em: 22 feb. 2021.
- RAI, H. B. *et al.* How does consumers' omnichannel shopping behaviour translate into travel and transport impacts? Case-study of a footwear retailer in Belgium. **Sustainability**, Basel, v. 11, n. 9, p. 2534-2553, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/9/2534>. Acesso em: 10 nov. 2020.

RAMANATHAN, R. E-commerce success criteria: determining which criteria count most. **Electronic Commerce Research**, London, v. 10, n. 2, p. 191-208, 2010. Disponível em: <https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs10660-010-9051-3>. Acesso em: 20 sep. 2018.

RANGEL, J. J. de A.; CORDEIRO, A. C. A. Free and open-source software for sustainable analysis in logistics systems design. **Journal of Simulation**, Abingdon, v. 9, n. 1, p. 27-42, 2015. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1057/jos.2014.17?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 20 sep. 2018.

REEDY, J.; SCHULLO, S.; ZIMMERMAN, K. **Marketing Eletrônico: a integração de recursos eletrônicos ao processo de marketing**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ROTEM-MINDALI, O.; WELTEVREDEN J. W. J. Transport effects of e-commerce: what can be learned after years of research? **Transportation**, London, v. 40, n.5, p. 867-885, 2013. Disponível em: <https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs11116-013-9457-6>. Acesso em: 20 sep. 2018.

RUSSO, F.; COMI, A. A model system for the ex-ante assessment of city logistics measures. **Research in Transportation Economics**, United Kingdom, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 81-87, 2011. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0739885910001332?via%3Dihub>. Acesso em: 20 sep. 2018.

SALLNÄS, U.; BJÖRKLUND, M. Consumers' influence on the greening of distribution – exploring the communication between logistics service providers, e-tailers and consumers. **International Journal of Retail & Distribution Management**, Bingley, v. 48, n. 11, p. 1177-1193, 2020. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IJRDM-07-2019-0213/full/html>. Acesso em: 10 dec. 2020.

SANTOS, I. E. dos. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. Niterói-RJ: Impetus, 2009.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. **Journal of Simulation**, Abingdon, v. 7, n. 1, p. 12-24, 2013. Disponível em: <https://www-scopus.ez81.periodicos.capes.gov.br/record/display.uri?eid=2-s2.0-84872734011&origin=resultslist&zone=contextBox>. Acesso em: 20 sep. 2018.

SARKAR, B. *et al.* Combined effects of carbon emission and production quality improvement for fixed lifetime products in a sustainable supply chain management. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 231, p. 107867, 2021. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925527320302267?via%3Dihub>. Acesso em: 10 feb. 2021.

SATNALIKA, N.; RAO, S. V. D. N. Sustainability of e-retail in India. **Indian Journal of Economics & Business**, Haryana, v. 4, n. 2, p. 349-363, 2015. Disponível em: <https://www.icommercecentral.com/open-access/sustainability-of-eretail-in-india.php?aid=58193>. Acesso em: 20 sep. 2018.

SCHLEIDEN, V.; NEIBERGER, C. Does sustainability matter? A structural equation model for cross-border online purchasing behaviour. **International Review of Retail, Distribution and Consumer Research**, Abingdon, v. 30, n. 1, p. 46-67, 2020. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/09593969.2019.1635907?journalCode=rirr20>. Acesso em: 10 feb. 2021.

SIKAVIRTA, H. *et al.* Effects of e-commerce on greenhouse gas emissions: A case study of grocery home delivery in Finland. **Journal of Industrial Ecology**, New Jersey, v. 6, n. 2, p. 83-97, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1162/108819802763471807>. Acesso em: 20 sep. 2018.

SIMÃO, L. E.; GONÇALVES, M. B.; RODRIGUEZ, C. M.T. An approach to assess logistics and ecological supply chain performance using postponement strategies. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 63, p. 398-408, 2016. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1470160X15005993?via%3Diuhub>. Acesso em: 20 oct. 2019.

SILVESTRE, B. S. Sustainable supply chain management in emerging economies: Environmental turbulence, institutional voids and sustainability trajectories. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 167, p. 156-169, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925527315001772?via%3Diuhub>. Acesso em: 20 oct. 2019.

SILVESTRE, B. S. *et al.* Supply chain sustainability trajectories: learning through sustainability initiatives. International. **Journal of Operations & Production Management**, Bingley, v. 40, n. 9, p. 1301-1337, 2020. Disponível em: <https://www-emerald.ez81.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/IJOPM-01-2020-0043/full/html>. Acesso em: 10 dec. 2020.

SIRAGUSA, C. *et al.* Electric vehicles performing last-mile delivery in B2C e-commerce: An economic and environmental assessment. **International Journal of Sustainable Transportation**, Abingdon, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1847367>. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/15568318.2020.1847367?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 22 feb. 2021.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SONG, L.; GUAN, W.; CHERRETT, T.; LI, B. Quantifying the greenhouse gas emissions of local collection-and-delivery points for last-mile deliveries. **Transportation Research**

Record, New York, v. 2340, p. 66-73, 2013. Disponível em: <https://journals-sagepub-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/10.3141/2340-08>. Acesso em: 20 sep. 2018.

SOUSA, P. R. de. *et al.* Challenges, opportunities, and lessons learned: sustainability in brazilian omnichannel retail. *Sustainability*, Basel, v. 13, n. 2, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/666/htm#B24-sustainability-13-00666>. Acesso em: 22 feb. 2021.

SPIJKERMAN, R. Fashion consumer behaviour impact on the model of last mile urban area emissions. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 12, p. 718-727, 2016. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2352146516000272?via%3Dihub>. Acesso em: 20 sep. 2018.

STEINER, B. E.; PESCHEL, A. O.; GREBITUS, C. Multi-product category choices labeled for ecological footprints: exploring psychographics and evolved psychological biases for characterizing latente consumer classes. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 140, p. 251-264, 2017. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0921800916313994?via%3Dihub>. Acesso em: 20 sep. 2018.

SUN, L.; PAN, C. Logistics optimization of e-business supply chain in chemical raw material company. **Chemical Engineering Transactions**, Milan, v. 66, p. 1405-1410, 2018. Disponível em: <https://www.aidic.it/cet/18/66/235.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

TEO, J. S. E.; TANIGUCHI, E.; QURESHI, A. G. Evaluating city logistics measure in e-commerce with multiagent systems. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Amsterdam, v. 39, p. 349-359, 2012. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877042812005800?token=5393139EF8B6CA60ED7914B89239CC2F2D60E63A8656D5E20664656634357CC32E7A57D3A255FF11DB0D2855EC4E493F>. Acesso em: 20 sep. 2018.

TIWAPAT, N.; POMSING, C.; JOMTHONG, P. Last mile delivery: modes, efficiencies, sustainability, and trends. *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION ENGINEERING*, 3., 2018, Singapore. **Proceedings** [...]. [s.l.]: IEEE, v. 8492585, p. 313-317, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez81.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8492585>. Acesso em: 20 nov. 2019.

UGARTE, G. M.; GOLDEN, J. S.; DOOLEY, K. J. Lean versus green: the impact of lean logistics on greenhouse gas emissions in consumer goods supply chains. **Journal of Purchasing and Supply Management**, Amsterdam, v. 22, n. 2, p. 98-109, 2016. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1478409215300042?via%3Dihub>. Acesso em: 20 sep. 2018.

VADAKKEPATT, G. G. *et al.* Sustainable retailing. **Journal of Retailing**, Amsterdam, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2020.10.008>.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0022435920300713?via%3Dihub>. Acesso em: 22 feb. 2021.

VAN LOON, P. *et al.* A comparative analysis of carbon emissions from online retailing of fast moving consumer goods. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 106, p. 478-486, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652614006489?via%3Dihub>. Acesso em: 20 sep. 2018.

VENTURINI, G. *et al.* Improvements in the representation of behavior in integrated energy and transport models. **International Journal of Sustainable Transportation**, Abingdon, v. 13, n.4, p. 294-313, 2019. Disponível em: <https://www-tandfonline.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/15568318.2018.1466220?journalCode=ujst20>. Acesso em: 10 oct. 2020.

VIEIRA, S. Introdução à bioestatística. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

WANG, X. *et al.* How to choose “last mile” delivery modes for e-fulfilment. **Mathematical Problems in Engineering**, London, v. 2014, p. 11, 2014. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2014/417129/>. Acesso em: 20 sep. 2018.

WANG, X. *et al.* Analysis of carbon emission reduction in a dual-channel supply chain with cap-and-trade regulation and low-carbon preference. **Sustainability**, Basel, v. 10, n. 3, p. 580, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/3/580/htm>. Acesso em: 20 nov. 2019.

WCED. **Our Common Future**: The Brundtland Report. [s. l.]: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

WIESE, A.; TOPOROWSKI, W.; ZIELKE, S. Transport-related CO₂ effects online and brick-and-mortar shopping: a comparison and sensitivity analysis of clothing retailing. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, London, v. 17, n. 6, p. 473-477, 2012. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1361920912000521?via%3Dihub>. Acesso em: 20 sep. 2018.

XIAO, H.; QIAN, J.; TANG, X. B2C e-commerce vehicle delivery model and simulation. **Information Technology Journal**, Faisalabad, v. 12, n. 20, p. 5891-5895, 2013. Disponível em: <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/itj/2013/5891-5895.pdf>. Acesso em: 20 sep. 2018.

XU, M. The optimization strategy of supply chain logistics based on e-commerce environment. **Journal of Advanced Oxidation Technologies**, Berlin, v. 21, n. 2, p. 201806997 2018. Disponível em: <https://www-scopus.ez81.periodicos.capes.gov.br/record/display.uri?eid=2-s2.0-85051339864&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=&st2=&sid=f0953988c0cf95e42d2f7c0b0b03b217&sot=b&sdt=b&sl=101&s=TITLE-ABS-KEY+%28%22The+optimization+strategy+of+supply+chain+logistics+based+on+e->

commerce+environment%22%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=. Acesso em: 20 oct. 2019.

XU, Y.; ZHANG, X.; ZHANG, H. Research on the E-commerce platform performance and green supply chain based on data mining and SVM. **International Journal of Database Theory and Application**, Basel, v. 9, n. 12, p. 141-150, 2016. Disponível em: http://article.nadiapub.com/IJDTA/vol9_no12/14.pdf. Acesso em: 10 oct. 2018.

ZACHARIAS, J.; ZHANG, B. Local distribution and collection for environmental and social sustainability - tricycles in central Beijing. **Journal of Transport Geography**, Amsterdam, v. 49, p. 9-15, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0966692315001854?via%3Dihub>. Acesso em: 10 oct. 2018.

ZENG, M.; FENG, H.; TIAN, G. The construction and evaluation of green logistics ecosystem of e-commerce in China. **Ekoloji**, Turkey, v. 28, n. 107, p. 3979-3990, 2019. Disponível em: <http://ekolojidergisi.com/download/the-construction-and-evaluation-of-green-logistics-ecosystem-of-e-commerce-in-china-6042.pdf>. Acesso em: 20 oct. 2020.

ZHANG, L.; ZHANG, Y. A Comparative study of environmental impacts of two delivery systems in the business- to- customer book retail sector. **Journal of Industrial Ecology**, New Jersey, v. 17, n. 3, p. 407-417, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez81.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/j.1530-9290.2012.00570.x>. Acesso em: 20 oct. 2019.

ZHAO, C.; HU, H. Urban end distribution optimization under e-commerce environment. **Journal of Shanghai Jiaotong University**, Shanghai, v. 21, n. 5, p. 513-523, 2016. Disponível em: <https://link-springer-com.ez81.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs12204-016-1757-5>. Acesso em: 20 oct. 2019.

ZHAO, Y. *et al.* Environmental benefits of electronic commerce over the conventional retail trade? A case study in Shenzhen, China. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 679, p. 378-386, 2019. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969719320935?via%3Dihub>. Acesso em: 20 oct. 2020.

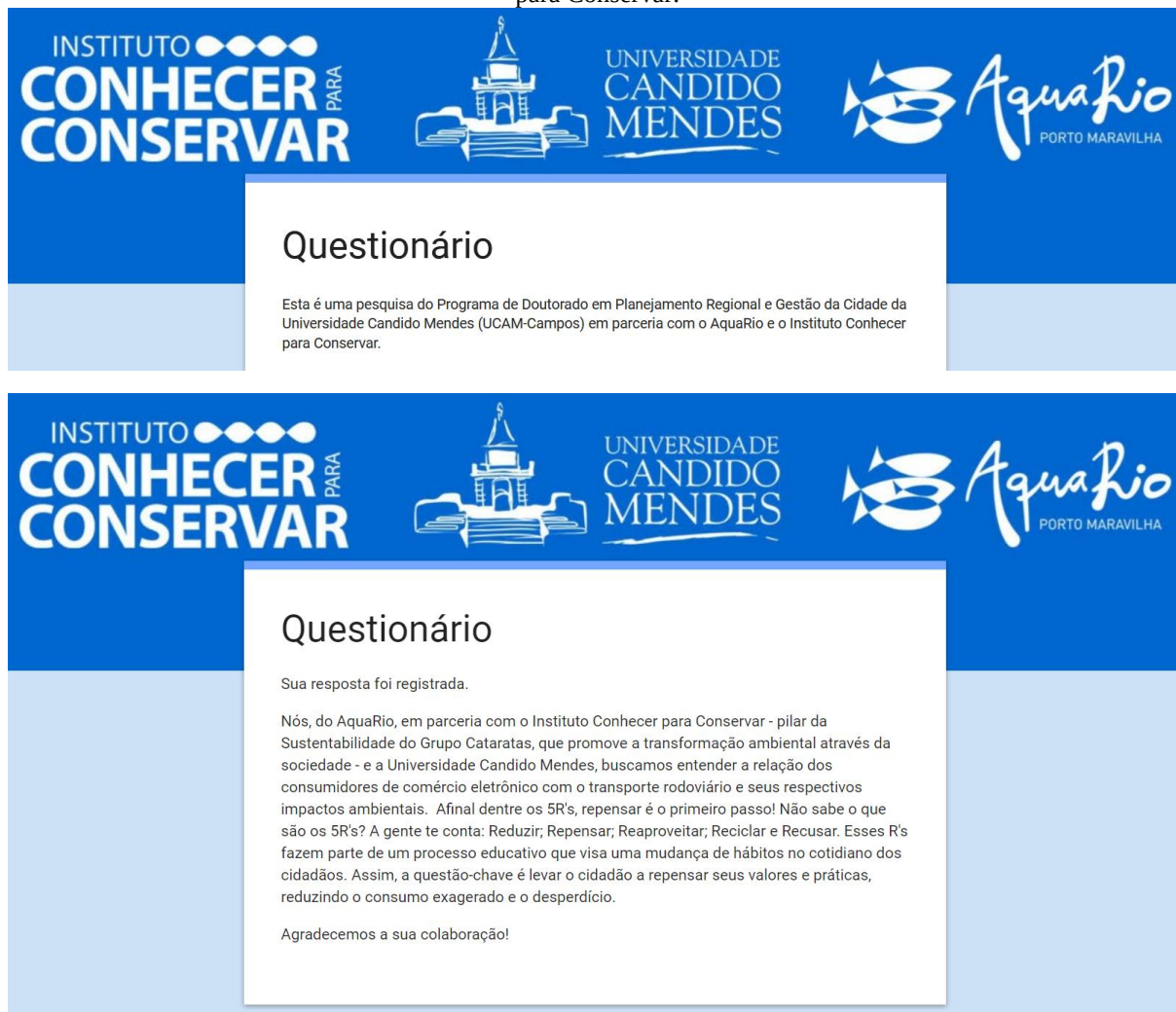
ZHOU, L. *et al.* A Multi-Depot Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Delivery Options Arising in the Last Mile Distribution. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 265, n. 2, p. 765-778, 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez81.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0377221717307233?via%3Dihub>. Acesso em: 20 oct. 2019.

APÊNDICE A – MODELO DO QUESTIONÁRIO

Questionário			
			Nº:
1) Ao realizar uma compra on-line, qual é a importância que você dá aos critérios descritos abaixo, em uma escala de 1 (Nenhuma ou muito baixa importância) a 5 (Muito alta importância ou imprescindível) ou N (Não sei).			
Prazo de entrega	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Custo de transporte	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Certificações ambientais do produto	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
2) Ao realizar uma compra on-line, as informações sobre questões ambientais (ex.: economia de combustível durante o transporte da sua mercadoria) teriam alguma influência na sua decisão de compra?			
(1) Muito baixa influência (2) Baixa influência (3) Média Influência (4) Alta influência (5) Muito alta influência (N) Não sei			
3) Ao realizar uma compra on-line, você daria preferência por produtos que demandem um menor consumo de combustível durante o transporte para contribuir com o meio ambiente?			
(1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Talvez sim, talvez não (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente (N) Não sei			
4) Você concordaria em aumentar o CUSTO DE TRANSPORTE de um produto adquirido on-line pela possível redução do consumo de combustível durante o transporte e, assim, contribuir com o meio ambiente?			
(1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Talvez sim, talvez não (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente (N) Não sei			
5) Você concordaria em estender o PRAZO DE ENTREGA de um produto adquirido on-line pela possível redução do consumo de combustível durante o transporte e, assim, contribuir com o meio ambiente?			
(1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Talvez sim, talvez não (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente (N) Não sei			
6) O quanto você concordaria em estender o PRAZO DE ENTREGA dos seguintes produtos adquiridos on-line para contribuir com o meio ambiente, em uma escala de 1 (Discordo totalmente) a 5 (Concordo totalmente) ou N (Não sei)?			
Saúde/Cosméticos/Perfumaria	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Moda e acessórios	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Casa e decoração	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Eletrodomésticos	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Telefonia/Celulares	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Esporte e lazer	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Livros/Assinaturas/Apostilas	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Informática	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Eletrônicos	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Alimentos e bebidas	() 1	() 2	() 3 () 4 () 5 () N
Perfil do (a) entrevistado (a)			
Gênero	Faixa etária	Faixa de renda (salários mínimos)	Escolaridade
(1) Masculino	(1) Até 24 anos	(1) Até 2 SM	(1) Ens. Fund. Incompleto
(2) Feminino	(2) 25 a 34 anos	(2) Mais de 2 a 4 SM	(2) Ens. Fund. Completo
	(3) 35 a 49 anos	(3) Mais de 4 a 10 SM	(3) Ens. Médio Incompleto
	(4) Acima de 49 anos	(4) Mais de 10 a 20 SM	(4) Ens. Médio Completo
		(5) Mais de 20 SM	(5) Ens. Superior Incompleto
			(6) Ens. Superior Completo

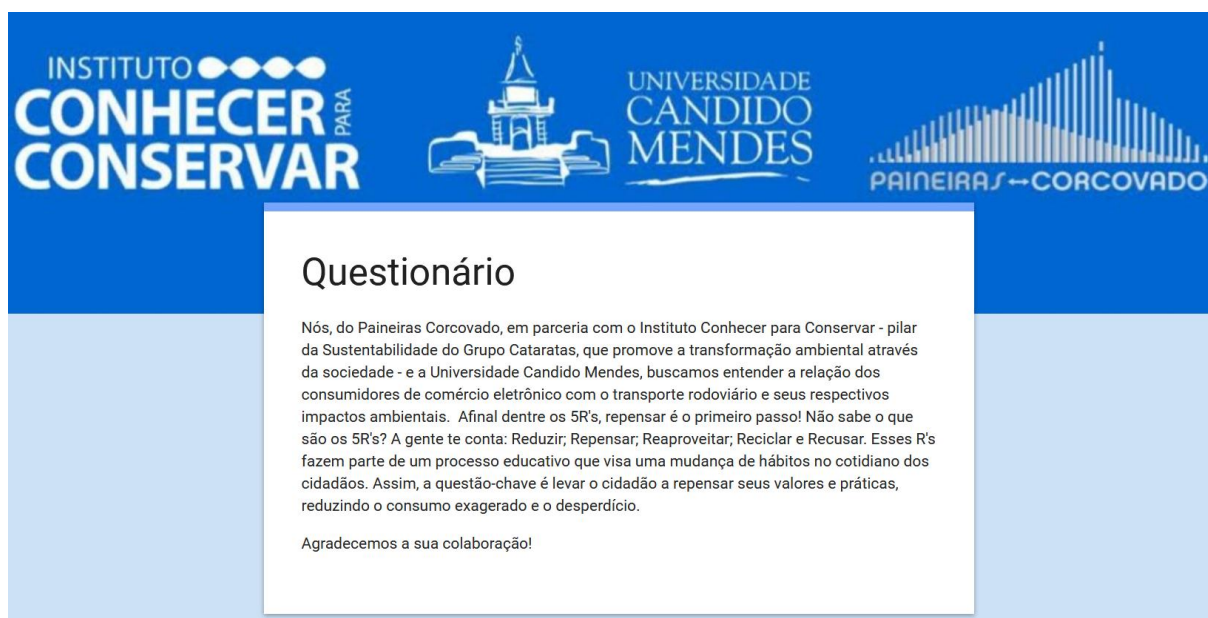
APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO APLICADO ONLINE

Figura 1 – Apresentação do questionário aplicado em parceria com a empresa AquaRio e o Instituto Conhecer para Conservar.



Fonte: Elaborado pela autora.

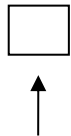
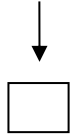
Figura 2 – Apresentação do questionário aplicado em parceria com a empresa Paineiras-Corcovado e o Instituto Conhecer para Conservar.



Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO A – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM

Quadro 1 – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM.

Elemento	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3
Funções		IDEF0
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 Regra E  Regra OU  Regra E/OU	IDEF3
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

Fonte: Adaptado de Montevechi *et al.* (2010).