

MODELAGEM E ANÁLISE DOS IMPACTOS ECONÔMICOS NA UTILIZAÇÃO DE PONTOS DE COLETA NA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE E-COMMERCE: O CASO DE SÃO PAULO

Rhandal de Freitas Masteguin

Claudio Barbieri da Cunha

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

Eva Ponce

Massachusetts Institute of Technology

Center for Transportation and Logistics

RESUMO

As vendas online vêm aumentando constantemente nos últimos anos. Ao contrário do modelo tradicional de compras em lojas físicas os varejistas de comércio eletrônico precisam entregar pedidos personalizados a locais altamente dispersos em janelas de tempo relativamente estreitas. Consequentemente são observados os efeitos negativos decorrentes, como congestionamentos e poluição em grandes áreas urbanas e densamente povoadas. Embora as entregas a domicílio sejam preferidas pelos compradores on-line, pesquisas na literatura mostram o desenvolvimento de alternativas que satisfazem tanto a demanda do consumidor por flexibilidade quanto a necessidade das empresas de otimizar a distribuição de encomendas por meio de remessas consolidadas. As estações automatizadas de encomendas (Automated Parcel Stations - APS) e pontos de coleta (Pickup Points - PP) são soluções em rápido crescimento que permitem a entrega de encomendas em locais diversos das grandes cidades. Essas opções de entrega ao consumidor estão desempenhando um papel decisivo na reorganização das atividades logística e comerciais nas empresas, e estão se tornando as principais características da estratégia no comércio eletrônico e de transporte no mundo. Neste contexto, este trabalho traz como objetivo a investigação das condições em que uma rede de pontos de coleta (PP) ou estações automatizadas (APS) são mais eficientes que entregas a domicílio no ponto de vista econômico, no contexto de grandes cidades em países em desenvolvimento.

ABSTRACT

Online sales have been steadily increasing in recent years. Unlike the traditional retail shopping model, e-commerce retailers must deliver custom orders to highly dispersed locations in relatively narrow time windows. Consequently we observe the negative effects that are caused, such as congestion and pollution in large urban areas and densely populated. While home deliveries are preferred by online shoppers, research reports found in the literature have shown the development of alternatives that satisfy both consumer demand for flexibility and the need for companies to optimize order distribution through consolidated shipments. Automated Parcel Stations (APS) and Pickup Points (PP) are fast growing solutions that provide parcel delivery and picking services at diverse locations in major cities. These consumer delivery options are playing a decisive role in the reorganization of logistics and business activities in companies and are becoming the key features of e-commerce and transportation strategy in the world. In this context, this paper aims to investigate the conditions in which a network of collection points (PP) or automated stations (APS) are more efficient than home deliveries at the economic point of view, in the context of large cities in developing countries.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o comércio eletrônico parece ser um dos canais de vendas que mais cresce em diferentes tipos de produtos e serviços para os consumidores (Schöder et al. 2016). As vendas *online* vêm aumentando constantemente nos últimos anos e estão projetadas para representar 17,0% de todas as vendas no varejo até 2022, ou seja, acima dos 12,9% que foram projetados em 2017, de acordo com a Forrester Research Inc (Linder, 2017). Melhores preços, maior seleção de produtos, conveniência e economia de tempo estão entre as principais razões para o crescimento das compras online (Hays et al., 2004).

No Brasil, as compras online cresceram 7,5% no primeiro semestre de 2017 quando

comparadas ao mesmo período do ano anterior (EBIT, 2017). Mais de 50 milhões de encomendas foram feitas neste período, o que representa uma encomenda para cada quatro habitantes do país.

Ao contrário do modelo tradicional de compras em lojas físicas, onde são os próprios clientes que realizam o chamado “trabalho com uso intensivo de mão-de-obra” (por exemplo, a ida a loja, a escolha do objeto desejado e o transporte deste para casa), os varejistas de comércio eletrônico precisam entregar pedidos personalizados a locais dispersos em janelas de tempo relativamente estreitas (Edwards et al., 2010).

A variedade de novos serviços *online* vem mudando os padrões de compra do consumidor, alterando seu comportamento pelo menor esforço empenhado. Pode-se exemplificar essa mudança com a *Amazon*, que hoje é a maior varejista on-line do mundo, lançando recentemente os "*Dash Buttons*".

A *Amazon Prime*, uma assinatura paga que oferece benefícios como frete grátis em mais de 50 milhões de itens, entrega gratuita no mesmo dia ou envio gratuito em mais de um milhão de itens com pedidos qualificados acima de \$35 dólares em mais de 7.000 cidades nos EUA (Amazon, 2017). Tais iniciativas de *e-commerce* tendem a ser seguidas por outros *players* on-line, como a B2W, maior empresa de varejo on-line do Brasil, que oferece um programa de associação similar ao da *Amazon* também com conveniência de entrega, aumentando o ambiente de compras e impulsionando as oportunidades.

Assim, pode-se identificar que as compras online, somadas as essas iniciativas em particular estão mudando o comportamento dos consumidores, que podem contar com entregas mais frequentes em menores volumes. Consequentemente, observam-se os efeitos negativos que são ocasionados, como congestionamentos e poluição em grandes áreas urbanas e densamente povoada, na medida em que as remessas altamente consolidadas entregues aos varejistas são substituídas por remessas muito menos agrupadas entregues diretamente para consumidores finais (Schöder et al. 2016).

Como apontado por Morganti et al. (2014), entregas domiciliares constituem a solução mais problemática em termos de custos e organização de serviços para os operadores logísticos. Embora as entregas a domicílio sejam preferidas pelos compradores on-line, os autores mostraram o desenvolvimento de alternativas que satisfazem tanto a demanda do consumidor por flexibilidade quanto a necessidade das empresas de otimizar a distribuição de encomendas por meio de remessas consolidadas.

Na Europa, as estações automatizadas de encomendas (*Automated Parcel Stations - APS*) são soluções em franco crescimento. Essas lojas que fornecem serviços de entrega e coleta de encomendas são equipadas com armários e pontos de coleta (*Pickup Points - PP*). Essas opções de entrega ao consumidor estão desempenhando um papel decisivo na reorganização das atividades logística e comerciais nas empresas, e estão se tornando as principais características da estratégia dos concorrentes no comércio eletrônico e de transporte.

Nos EUA, a *Amazon* decidiu recentemente investir nas soluções de *Automated Parcel Stations*. Já na França, mais de 20% das remessas de compras on-line são entregues através de algum *Pickup Point* em vez de no domicílio do comprador, fornecendo acesso a um ponto de captação em menos de 10 minutos de carro ou a pé (dependendo da área) para 90% da população francesa (Morganti, et al.2014).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo investigar em que condições pontos de coleta (PP) ou estações automatizadas (APS) podem ser mais eficientes que entregas ao domicílio no

ponto de vista econômico, no contexto de grandes cidades em países em desenvolvimento. Para tanto, é proposta uma metodologia que possibilite considerar os critérios relevantes e aplique-os no contexto da cidade de São Paulo, Brasil, usando dados reais de um grande varejista de compras on-line.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os serviços de entrega ao consumidor final em conjunto com as compras on-line resultaram na fragmentação crescente na distribuição da “última perna” (como é conhecido o segmento final da cadeia de suprimento), resultando em uma logística de distribuição cada vez mais difícil e causando problemas dentro de áreas urbanas. O objetivo do estudo feito por Morganti et al., (2014) é comparar as alternativas de entrega a domicílio que foram desenvolvidas por operadores logísticos franceses e alemães, os quais criaram pontos de coleta (PP) em lojas e uma rede de estações automatizadas (APS). Os serviços alternativos de entrega, como o APS e o PP, oferecem duas maneiras de reduzir a fragmentação das entregas finais no setor B2C, ajudando a reduzir os congestionamentos e a poluição ambiental gerada pelas viagens de frete urbano. Em particular, as entregas consolidadas para APS e PP beneficiam os operadores de transporte aumentando o número de entregas de primeira viagem bem-sucedidas, otimizando as rotas de entrega e reduzindo os custos operacionais.

Iwan et al. (2016) apresentam uma análise de usabilidade e eficiência da solução de APS para entregas com base no exemplo do sistema polonês InPost Company. Um dos objetivos foi averiguar até que ponto a localização dos armários de encomendas nas cidades determinadas se enquadra na estratégia de desenvolvimento sustentável. Segundo os autores, um diferencial das estações automatizadas, em comparação com os serviços de correio tradicionais, é uma redução significativa do número de fornecedores necessários para realizar a operação e redução na quantidade de falhas nas entregas das encomendas, resultante da ausência de destinatários. O fator mais importante de eficiência deste tipo de solução é a localização adequada das estações usadas para entregas. Isso se deve ao fato de que os usuários das APS mostram uma atitude ecologicamente correta ao coletar seus pacotes "no caminho para o trabalho". Eles também propõem locais de depósito de encomendas nas proximidades de paradas e estações de transporte público. Dessa forma, com a seleção de locais apropriados, as estações automatizadas podem proporcionar não apenas benefícios econômicos significativos, mas também, e principalmente, um impacto positivo na redução de poluentes emitidos no meio ambiente pelo transporte urbano de carga.

Schoder et al. (2016) apresentam algumas soluções sustentáveis para a logística urbana. Sua abordagem foi identificar os desafios da logística urbana causados pelo aumento do volume de entregas decorrente do desenvolvimento do comércio eletrônico. A análise das práticas sustentáveis das empresas mostrou que elas se concentram no desenvolvimento de processos internos e na utilização de recursos, a fim de reduzir seu impacto ecológico e atender aos clientes.

3. METODOLOGIA

A metodologia proposta, cuja finalidade é avaliar em quais condições o uso de pontos de coleta (PC) é mais eficiente do que entregas domiciliares do ponto de vista econômico do operador logístico, se baseia na simulação de um dia de entrega de pedidos, partindo do último centro de distribuição até a entrega para o consumidor final em diferentes cenários. Um dos cenários considera apenas a entrega em domicílio (como normalmente ocorre em uma operação de distribuição padrão) e para os demais cenários são selecionados aleatoriamente percentagens das entregas da mesma demanda para ser entregue com a utilização de uma

estrutura de PC otimizada. O resultado das simulações fornece subsídios para a comparação de desempenho de cada uma das operações.

Devido às diferentes possibilidades para mensurar a eficiência operacional dos diferentes cenários simulados, foram selecionados os seguintes indicadores para comparação de desempenho:

- Custo operacional total para o operador logístico;
- Quantidade de veículos necessária para atender a toda demanda e ocupação;
- Distância total percorrida pelos veículos;
- Tempo médio de rota.

Para definir sob quais condições os PC são mais eficientes que os de entrega em domicílio, foram feitas investigações para descobrir quais fatores causam impacto nos indicadores de eficiência operacional mencionados. Assim, foi criada uma lista com atributos que impactam os custos operacionais, os quais precisam ser considerados para representar uma variedade de possibilidades de operações reais que um operador logístico pode encontrar. Neste estudo, foram selecionadas as seguintes características operacionais, e cada cenário de simulação consiste na variação desses fatores:

- Demanda / área de serviço;
- Parâmetros operacionais da frota de veículos utilizados na entrega;
- Candidatos para pontos de coleta;
- Disposição do cliente para deslocar a fim de coletar uma encomenda;
- Localização do Centro de Distribuição (ponto de partida).

3.1. Parâmetros de Simulação

Os dados referentes à demanda, como quantidade, endereço, peso e volume de cada entrega, assim como a localização do centro de distribuição foram cedidos por um grande varejista de compras on-line. Porém o mercado de operadores logísticos é muito competitivo, onde a estratégia de precificação é de extrema confidencialidade, o que dificultou o acesso às informações operacionais do setor. Então, neste estudo foram utilizados dados operacionais obtidos na literatura, valores médios de mercado e entrevistas com especialistas da área.

As explicações das condições usadas em cada atributo para as simulações dos diferentes cenários são descritas abaixo.

3.1.1. Demanda / área de entrega

O resultado buscado com o uso de um PC é a consolidação e centralização de entregas de uma pequena região em apenas um ponto. Portanto, esse tipo de operação só se torna viável quando há uma quantidade mínima de entregas, que, se consolidadas em um único ponto, ainda permaneçam na proximidade dos itinerários de seus destinatários.

Para selecionar a região para a execução das simulações, foram considerados fatores socioeconômicos e geográficos que possibilitem preencher as necessidades de utilização de PC, que são: indicadores demográficos, como densidade populacional, assumindo que quanto maior a concentração de pessoas, maior o número de entregas geradas na região; número de estabelecimentos comerciais, aumentando a possibilidade de instalações de PC; proximidade com as atividades diárias dos clientes (trabalho, escola, supermercado, lazer, transporte público), que facilitam o deslocamento até a PC; ausência de barreiras geográficas, como rios, rodovias e grandes marginais, que dificultam o acesso dos clientes.

Essas características são facilmente encontradas nos centros das grandes cidades, desse modo,

foi escolhida a região do centro expandido da cidade de São Paulo (Figura 1) com área de 93,2 km², população de 1,2 milhão de habitantes e densidade populacional média de 12.560 habitantes por km² para ser utilizada no estudo.

A densidade de entregas em uma região é uma das variáveis testadas nas simulações, pois influencia na quantidade de entregas que podem ser feitas através dos PCs. Dentre os dados cedidos pela empresa, foi selecionado um dia com demanda elevada em comparação com os outros dias contidos na base, contendo 975 pedidos entregues em 661 endereços diferentes, o que faz com que a densidade seja de aproximadamente 7,1 pontos de parada por quilômetro quadrado. Foram consideradas apenas as entregas pesando menos de 9 kg e volume menor que 0,05 metros cúbicos. As Figuras 2 e 3 representam a distribuição percentual das dimensões das entregas.

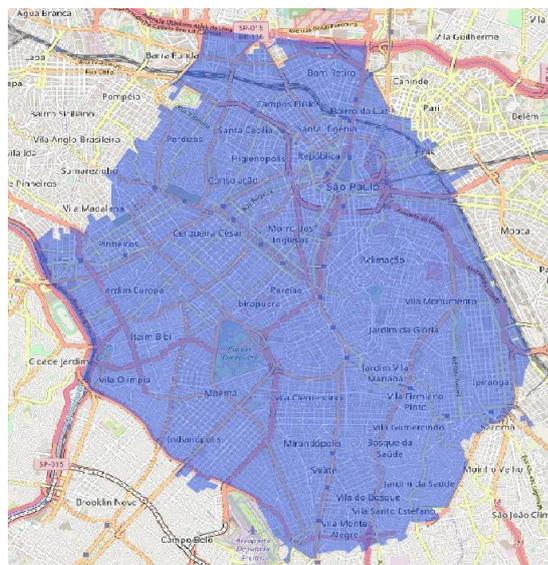


Figura 1: Área selecionada para simulação de entrega.

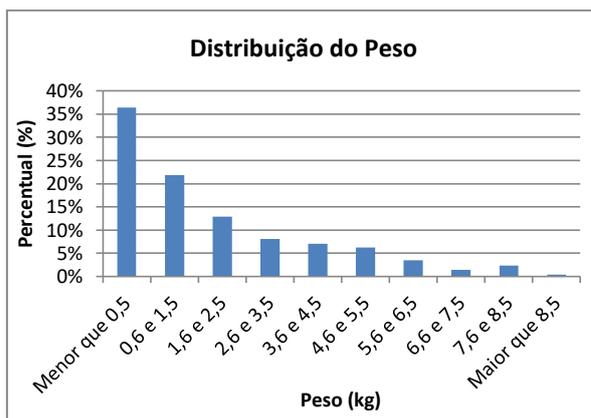


Figura 2: Distribuição percentual dos pesos das entregas.

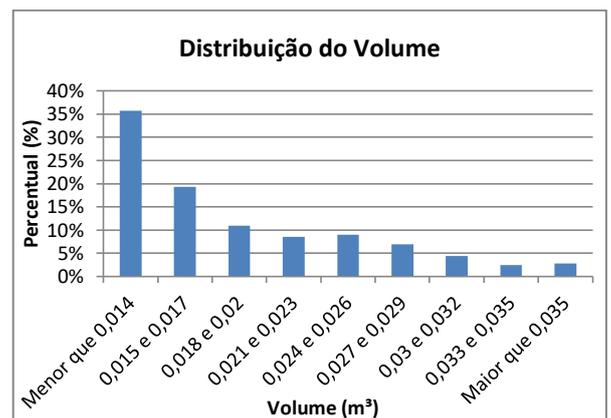


Figura 3: Distribuição percentual dos volumes das entregas.

3.1.2. Parâmetros operacionais da frota de veículos utilizados na entrega

Para que o modelo proposto de simulação de entrega represente a realidade, foi necessário usar diferentes tipos de parâmetros que representassem o custo operacional de transporte de distribuição, restrições de capacidade e tempo dos veículos, distância percorrida, tempo de viagem e tempo parado realizando a entrega. Esses parâmetros são críticos para o sucesso de

qualquer análise de cenário, uma vez que, à medida que esses parâmetros se distanciarem da realidade operacional, os resultados das simulações teriam valor limitado, sem utilidade para os operadores logísticos.

Para determinar o custo total da operação, foram considerados custos fixos por veículo e custos variáveis equivalentes a distância percorrida. Os custos fixos são compostos por custos de funcionários (salário, benefícios e impostos) e os custos de veículos (impostos, seguros e depreciação). Como esses custos têm frequência mensal, para simular apenas um dia da entrega, o custo fixo foi obtido através da divisão do custo mensal total pelo número médio de dias em um mês. Os custos variáveis são compostos apenas por custos atrelados a rodagem do veículo, como combustível, manutenção e consumo de pneus.

Todos os veículos da frota possuem restrições de capacidade de volume e peso; dessa forma, a somatória dos pesos e volumes de todos os itens associados a uma rota não deve ultrapassar a limitação física do veículo.

As rotas possuem restrição de tempo, onde toda a operação, desde a saída do centro de distribuição, efetuar todas as entregas e retornar ao ponto de origem, não pode durar mais tempo que a jornada de trabalho estabelecida previamente. O tempo de entrega foi dividido entre tempo fixo e variável para que a simulação pudesse representar as peculiaridades das duas operações de entrega (com e sem PC). Tempo fixo agrupa os tempos gastos com a busca por vagas de estacionamento, estacionamento do veículo e alcance o receptor e o tempo variável agrupa o tempo gasto com a seleção de pacotes e execução de protocolos de entrega.

Para as simulações, foram escolhidos os três veículos mais utilizados na distribuição urbana de entregas domiciliares no Brasil. Os parâmetros operacionais da frota de veículos usados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros Operacionais da frota de veículos.

	Moto	Furgão Leve	Van
Custo Fixo (\$/dia)	123,05	168,59	207,16
Custo Variável (\$/km)	0,15	0,44	0,43
Capacidade Peso (kg)	30	650	1.620
Capacidade Volume (m ³)	0,135	3,2	10
Jornada de Trabalho (hrs)	10	10	10
Tempo Fixo (por parada)	00:01:30	00:04:30	00:06:00
Tempo Variável (por pacote)	00:00:36	00:00:36	00:00:36
Velocidade na Cidade (km/h)	30	14	12
Velocidade na Estrada (km/h)	55	45	45

A “Velocidade na Estrada” determina a velocidade média em que os veículos trafegam entre a saída do CD e a chegada ao perímetro urbano e a razão de ser 40% do limite de velocidade do trecho é a influência do trânsito no horário de pico na entrada da cidade.

Também foi considerada a questão sobre quais tipos de roteamento seriam mais vantajosos para atendimento da demanda. As rotas estudadas foram classificadas em dois tipos: "Rotas Dedicadas", onde os veículos possuem função exclusiva de entrega aos domicílios ou abastecimentos dos PCs e "Rotas Mistas", onde o mesmo veículo tem a possibilidade de atender tanto as entregas domésticas quanto as entregas PCs.

Assume-se que não há limitação para a quantidade de veículos de cada tipo e a definição da frota de menor custo é dada como resultado do sistema de roteirização.

3.1.3. Candidatos a pontos de coleta

Podem ser considerados candidatos a PC quaisquer empreendimentos comerciais locais (como mercados, lojas, postos de combustível e *shopping centers*) que permitam a instalação e disponibilização do serviço de coleta para os clientes, sejam através de estações de entregas automatizadas ou através do uso de infraestrutura e funcionários do próprio estabelecimento.

De acordo a pesquisa realizada por Lemke et al. (2016), um pouco menos de 40% dos entrevistados utilizam PCs, pois consideram suas localizações muito boas e aproximadamente 15% estariam dispostas a utilizar um *Pickup Point* com maior frequência se suas localizações melhorassem. Também apontou que clientes favorecem PC encontrados nas proximidades dos seus itinerários cotidianos (como a caminho do trabalho, perto da escola dos filhos ou supermercados), preferencialmente em locais com estacionamento.

Sabendo da importância da localização da PC, um dos objetivos do modelo é identificar quantos PC são necessários para atender a demanda e qual seria a localização dos candidatos selecionados para realizar essa operação. Essas respostas foram obtidas através da solução do modelo de Cobertura do Conjunto, explicado com mais detalhes na seção 3.3.

Dada a incerteza e a aleatoriedade da demanda sorteada para ser entregue através de PCs, foram selecionados 606 candidatos reais da região de estudo (mostrados na Figura 4), incluindo supermercados, postos de combustível e *shopping centers*, a fim de garantir que todos os clientes tivessem pelo menos uma opção de PC disponível em menos a 800 metros do endereço original da entrega.

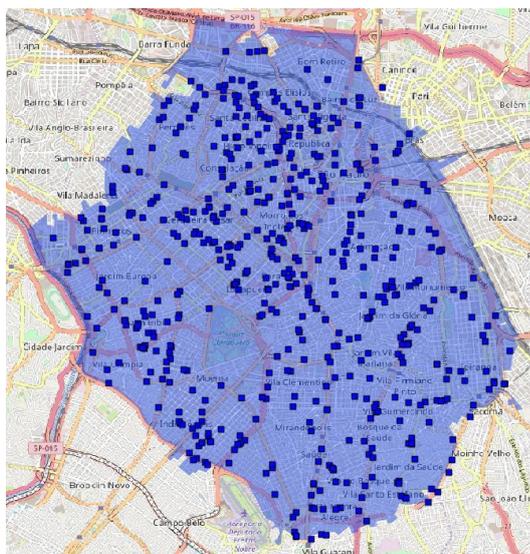


Figura 4: Candidatos a pontos de coleta

3.1.4. Disposição do cliente para se deslocar a fim de coletar uma encomenda

Apesar das vantagens já mencionadas para o uso do PC como opção de entrega, sua desvantagem certamente está no fato de que a parte final da jornada tem que ser feita pelos clientes. A disposição de um cliente a se deslocar para coletar uma encomenda tem grande impacto na quantidade de PCs necessários para atender a demanda. Quanto maior for a distância que os clientes aceitem se deslocar para coletar um pedido – menor o número de PCs necessários, aumentando a consolidação de pedidos em todos os PC.

Como não é possível determinar a priori a disposição de cada cliente em coletar em PC, foram simulados dois cenários com valores de 0,8 e 1,25 km para a distância máxima (apenas o trecho de ida) que o cliente poderia se deslocar entre o endereço de entrega original e o

correspondente PC mais próximo. Dessa forma é possível mensurar o impacto no custo operacional decorrente do aumento do nível de serviço em aproximar os PCs dos consumidores.

3.1.5. Localização do Centro de Distribuição (ponto de partida)

A operação de distribuição da última perna é caracterizada pela fragmentação da carga e pelo maior número de pontos de descarga. Por isso, é comum que o tempo disponível restrinja a quantidade de carga nos veículos mais do que sua capacidade de volume e peso.

A distância do centro de distribuição (CD) à área de entregas impacta diretamente no número de veículos necessários para concluir a operação de entrega. Normalmente, quanto mais longa a distância, mais tempo o veículo leva para iniciar as entregas e, portanto, menos tempo ele tem para realmente entregar.

De acordo com as informações operacionais disponibilizadas pela empresa de varejo on-line, o CD está localizado a 27 quilômetros do perímetro urbano de entrega, predominantemente constituído de rodovias e a mesma distância deve ser percorrida no retorno ao CD.

3.2. Modelo de simulação

A modelagem proposta de simulação de operações de entrega define uma estrutura padronizada de procedimentos que são capazes de representar a operação real de um operador logístico, bem como o custo operacional, a frota necessária e a distância percorrida. Esta modelagem foi criada para possibilitar a comparação de eficiência entre a operação de entrega em domicílio e a operação usando PCs.

A Figura 5 mostra o esquema de procedimentos proposto para simulação de cenários, dividido em quatro etapas.

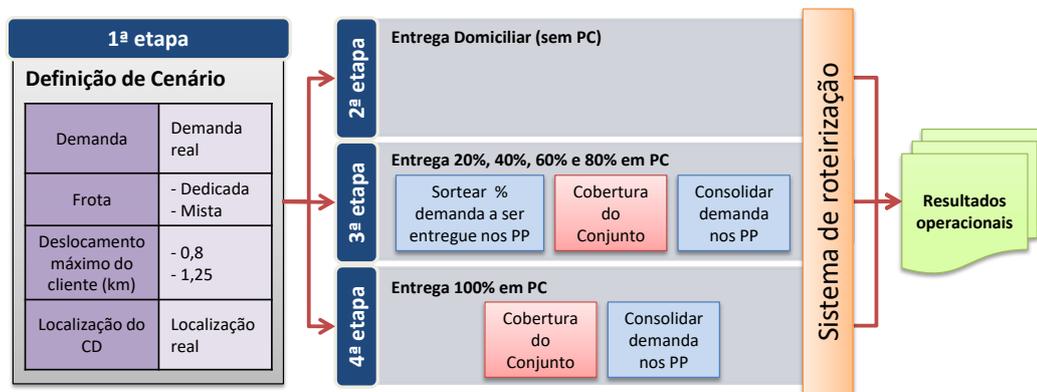


Figura 5: Esquema dos procedimentos de simulação dos cenários

Os cenários de simulação são utilizados para definir as condições sob as quais a operação será testada e, ao final do processo, para responder se são favoráveis ao uso da PC, tanto quanto mensurar a diferença para a operação de entrega a domicílio. Nas subseções anteriores foram apresentados os parâmetros de simulação alvos deste estudo, assim como as variações escolhidas para cada um deles.

A fim de simular a entrega em qualquer um dos cenários, foi utilizado o sistema comercial de roteamento SPOT.R 4.3 (INPO) que tem a minimização de custo como objetivo principal, além de fornecer todas as funcionalidades necessárias para a simulação - limitação de tempo, limitação de capacidade peso e volume, tempo fixo por parada e tempo variável por pacote - também fornece resultados com informações detalhadas sobre cada rota, como trajeto,

distância, veículo, ocupação, tempo de viagem, tempo de entrega, custos operacionais e mapas.

Para cada conjunto de parâmetros (cenário) definidos, foram executadas seis simulações com a diferença da demanda entregue através dos PCs. A primeira simulação ocorre na segunda etapa, onde a porcentagem de utilização de PC é de 0%, representando assim a operação de entrega domiciliar convencional. As quatro simulações intermediárias ocorrem na terceira etapa, onde foram selecionados aleatoriamente 20%, 40%, 60% e 80% da demanda para não mais serem entregues em seu endereço original, mas redirecionadas para um PC e, finalmente, a última simulação ocorre na quarta etapa, onde 100% da demanda foram entregues em PCs.

Na terceira e quarta etapa foi selecionado um percentual da demanda para ser redirecionada e entregue através PCs, então o modelo de Cobertura de Conjunto tem como objetivo alocar essas entregas para os PCs mais próximos, com a função objetivo de minimizar a quantidade de PCs necessários, respeitando sempre a restrição de distância de deslocamento máxima de seus endereços originais.

Depois que o modelo é executado, os endereços originais não fazem mais parte das rotas de distribuição e os PCs selecionados passam a ser os novos locais de entrega, consolidando as entregas em um número menor de pontos de parada.

3.3. Modelo de Cobertura do Conjunto

O Modelo de Cobertura do Conjunto que permite determinar o menor número de PCs de tal modo que todos os pontos de entrega possam ser atendidos considerando a distância máxima. O conjunto I corresponde a totalidade de pedidos a serem entregues, onde são selecionados os pedidos i para serem entregues através de PCs. O conjunto J corresponde aos candidatos a PCs. O modelo pode ser formulado da seguinte forma:

Parâmetros:

$d =$ Distância máxima entre o endereço original e o PC

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o pedido } i \text{ está a menos que } d \text{ km do candidato } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}, \quad \forall i \in I \text{ e } \forall j \in J$$

Variáveis:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{se o candidato } j \text{ foi selecionado} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}, \quad \forall j \in J$$

Função Objetivo:

$$\text{Minimizar} \quad \sum_{j=1}^n x_j \quad (1)$$

Restrições:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1, \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2)$$

A função objetivo (5) representa a quantidade de PCs abertos na solução, que deve ser minimizada, enquanto as restrições (6) garantem que todos os clientes estejam a uma distância menor ou igual a d de pelo menos um dos PCs abertos.

4. RESULTADOS

Como a demanda utilizada (975 entregas em 661 endereços diferentes) e a localização do CD (a 27 quilômetros do perímetro urbano) são mantidas constantes por serem dados reais da empresa de varejo on-line, foram simulados 16 cenários. O primeiro deles é o cenário base de referência (operação de entrega domiciliar convencional) e os quinze seguintes são provenientes da soma das combinações entre os parâmetros de simulação de tipo de frota (Dedicada ou Mista), deslocamento máximo do cliente (0,8km ou 1,2km) e percentual da demanda redirecionada para PC (20%, 40%, 60% 80% ou 100%). Foi adotada a seguinte nomenclatura para identificação dos parâmetros utilizados em cada simulação *TipoFrota_DeslocamentoCliente_PercentualPC*, por exemplo, *Dedicada_0,8_20%*.

A Tabela 2 apresenta os resultados operacionais utilizados para definir em quais condições a utilização de PC é favorável, tanto quanto para mensurar a diferença sobre operação de entrega a domicílio.

Inicialmente as entregas foram analisadas feitas em maioria por furgões leves, por transitarem com maior velocidade, possuírem maior facilidade para estacionamento e por causa das entregas fragmentadas. Podemos observar que a operação ficou mais restrita por tempo do que por ocupação física dos veículos, então a agilidade desses veículos é mais vantajosa para as entregas do que sua restrição de espaço e peso. Porém, conforme aumentamos o número de pedidos entregues nos PCs (as entregas deixam de ser fragmentadas e passam a ser consolidadas em um número menor de pontos de entrega), os furgões leves perdem sua vantagem operacional e passam a dar espaço para veículos maiores.

Tabela 2 – Resultados operacionais dos cenários simulados

Cenários	Custo total (R\$)	Distância total (km)	# PCs	Tempo médio de rota (h)	Ocupação média peso	Ocupação média volume	# média de entregas por rota	# Veículos
Base de referência	4.009	2.045	0	9,5	45,8%	90,3%	36,7	2 Vans 16 Furgões
Dedicada_0,8_20%	4.454	2.289	44	8,9	42,1%	82,7%	30,8	2 Vans 18 Furgões
Dedicada_0,8_40%	4.077	2.113	61	9,2	43,2%	86,1%	28,9	3 Vans 15 Furgões
Dedicada_0,8_60%	3.657	1.840	65	8,8	42,7%	85,5%	23,9	4 Vans 12 Furgões
Dedicada_0,8_80%	3.080	1.507	71	9,0	39,3%	80,6%	19,1	6 Vans 7 Furgões
Dedicada_0,8_100%	2.027	860	71	8,9	46,3%	93,0%	8,9	8 Vans
Mista_0,8_20%	4.030	2.006	44	9,2	43,8%	86,3%	34,2	3 Vans 15 Furgões
Mista_0,8_40%	3.772	1.888	61	8,9	48,2%	94,7%	30,7	2 Vans 15 Furgões
Mista_0,8_60%	3.377	1.672	65	8,8	49,9%	96,0%	25,5	3 Vans 12 Furgões
Mista_0,8_80%	2.911	1.337	71	9,2	42,9%	84,0%	20,7	8 Vans 4 Furgões
Mista_0,8_100%	2.027	860	71	8,9	46,3%	93,0%	8,9	8 Vans

Mista_1,2_20%	3.997	2.017	25	9,1	44,9%	88,5%	33,1	2 Vans 16 Furgões
Mista_1,2_40%	3.609	1.816	28	9,2	48,0%	93,8%	30,5	3 Vans 13 Furgões
Mista_1,2_60%	3.265	1.545	31	9,0	43,6%	85,7%	24,9	6 Vans 8 Furgões
Mista_1,2_80%	2.614	1.214	31	9,0	48,9%	94,7%	18,9	6 Vans 5 Furgões
Mista_1,2_100%	2.005	809	32	7,9	46,3%	93,0%	4,0	8 Vans

A Figura 6 mostra, de forma consolidada, a comparação entre custo total e distância total percorrida para todos os cenários simulados.

Não é possível identificar nenhuma redução significativa para os cenários com 20% da demanda entregues por PCs. Havendo inicialmente 975 pedidos em 661 endereços de entregas diferentes, está entendido que um ou mais pedidos estão sendo entregues no mesmo endereço por serem, por exemplo, da mesma pessoa ou de pessoas diferentes com o mesmo endereço (prédios residenciais ou comerciais). Nesse caso, a análise dos dados mostrou que 195 pedidos (20% da demanda) deixaram de serem entregues em seus endereços originais, para serem redirecionadas para 25 ou 44 PCs (novos endereços) dependendo do cenário. Ocorrendo casos de PCs com apenas um pedido e casos onde apenas um pedido entre outros de um mesmo endereço foi redirecionado para um PC. Para ambas as ocasiões a eficiência operacional é mantida ou prejudicada.

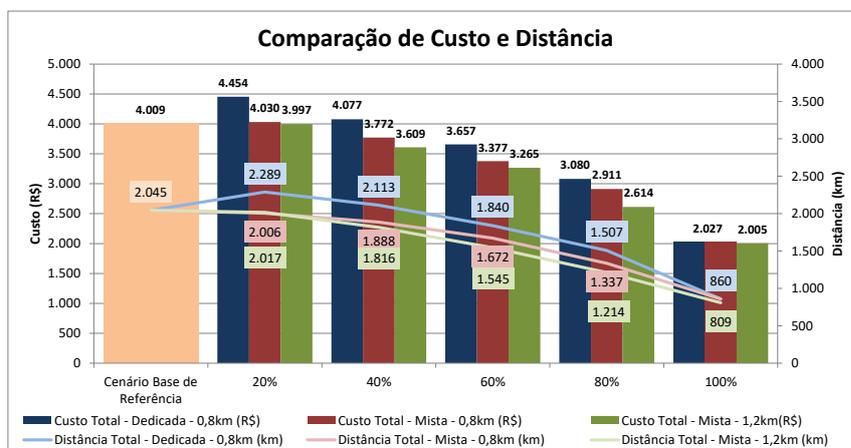


Figura 6: Comparação de custo e distância para os cenários simulados.

É possível observar que os cenários com frota dedicada apresentaram em todos os casos uma eficiência operacional inferior quando comparados aos mesmos cenários com frota mista, custando em média 8,2% a mais e percorrendo uma distância em média 12,2% maior. Os cenários *Dedicada_0,8_20%* e *Dedicada_0,8_40%*, obtiveram um desempenho inferior que o cenário de referência. A razão da ineficiência dos cenários com frota dedicada é explicada pelo aumento de sobreposição das áreas de atendimento, onde dois veículos devem passar pela mesma região, um para realizar as entregas a domicilio e outro para abastecer os PCs com as entregas correspondentes.

Nota-se que ao adicionar 0,4 quilômetros (de 0,8km para 1,2km) a distância máxima que um cliente pode se deslocar até um PC para coletar um pedido, permitiu uma redução média de 4,2% no custo total operacional e 5,6% na distância total percorrida. A quantidade menor de

pontos de parada dos cenários *Mista_1,2* em relação aos cenários *Mista_0,8* equivalentes possibilitou que houvesse uma melhora na eficiência operacional, pois o tempo despendido em cada parada pode ser convertido num número maior de entregas por veículo e diminui a distância total percorrida. Ambos os benefícios possibilitam a redução da quantidade total de veículos necessários para realizar a operação.

Nos cenários mais otimistas, onde 100% da demanda é entregue através de PCs, a utilização dos PCs permitiu reduzir aproximadamente 50% do custo da operação, em torno de 40% da distância percorrida, 55% da quantidade de veículos necessários para fazer a operação, podendo reduzir até 16% do tempo total de rota.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos observar que as facilidades das vendas eletrônicas, no Brasil, vêm mudando o comportamento de compra dos clientes, permitindo-os utilizar menos lojas físicas. Afinal, nesse caso eles devem realizar todo o trabalho de compra, bem como ir a diversas lojas em busca do produto desejado, enfrentar possíveis filas para fazer o pagamento e além de transportá-lo para casa. Por causa da concorrência e alta competitividade do mercado, os varejistas do e-commerce estão enfrentando novos desafios operacionais, como frete grátis, entrega em menos de 24 horas, entregas mal sucedidas por ausência do receptor e políticas de devolução e troca.

Com entregas mais frequentes e menores, as compras *on-line* estão resultando em impactos negativos, particularmente em grandes áreas urbanas densamente povoadas, como congestionamentos e aumento da poluição, constituindo uma das questões mais problemáticas para os varejistas em termos de custos de serviços e organização, abrangendo até 28% do custo total de transporte de um produto.

Já em operação em países como Estados Unidos, França, Alemanha e Polônia, o serviço de entrega utilizando pontos de coleta se confirma como uma alternativa viável ao serviço de entrega domiciliar convencional, além de poder reduzir os problemas de entrega causados pelo novo padrão de compra dos consumidores.

Esta pesquisa contribuiu para a avaliação desse novo serviço de logística urbana ainda em desenvolvimento no Brasil, investigando como os indicadores operacionais são impactados por cada condição de entrega, no ponto de vista do operador logístico. Com a metodologia apresentada, foi possível definir em quais condições os pontos de coleta (PC) são mais eficientes que entregas ao domicílio na visão econômica, incluindo os critérios mais relevantes para esse tipo de operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amazon (2017). Amazon Prime. Date of access: December 5, 2017. Retrieved from https://www.amazon.com/dp/B00DBYBNEE?_encoding=UTF8&*Version*=1&*entries*=0.
- Augereau, V., Dablanc, L. (2008). An evaluation of recent pick-up point experiments in European cities: The rise of two competing models? In E. Taniguchi, & R. G. Thompson (Eds.), *Innovations in city logistics* (pp. 303–320). New York: Nova Science Publisher Inc.
- EBIT (2017). *Webshoppers 35ª* edição, 2017. Available at: http://www.fecomercio.com.br/public/upload/editor/pdfs/webshoppers_35_edicao.pdf. Date of access: December 5, 2017.
- Edwards, J. B., McKinnon, A. C., Cullinane, S. L. (2010) Comparative analysis of the carbon footprints of conventional and online retailing: A “last mile” perspective, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 40 Issue: 1/2, pp.103-123.
- Hays, T., Keskinocak, P., de López, V.M. (2004) Strategies and Challenges of Internet Grocery Retailing Logistics. *Applications of Supply Chain Management and E-Commerce Research*, 92, pp. 217-252.
- Linder, M. (2017, August 1). E-commerce is expected to grow to 17% of US retail sales by 2022. Retrieved from

<https://www.digitalcommerce360.com/2017/08/09/e-commerce-grow-17-us-retail-sales-2022/>. Date of access: December 5, 2017.

- Schöder, D., Ding, F., Campos, J. K. (2016). The Impact of E-Commerce Development on Urban Logistics Sustainability. *Open Journal of Social Sciences* 4, pp.1- 6.
- Iwan, S., Kijewska, K. and Lemke, J. (2016) 'Analysis of Parcel Lockers' Efficiency as the Last Mile Delivery Solution - The Results of the Research in Poland', *Transportation Research Procedia*, 12(June 2015), pp. 644–655. doi: 10.1016/j.trpro.2016.02.018.
- Lemke, J., Iwan, S. and Korczak, J. (2016) 'Usability of the Parcel Lockers from the Customer Perspective - The Research in Polish Cities', *Transportation Research Procedia*, 16(March), pp. 272–287. doi: 10.1016/j.trpro.2016.11.027.
- Morganti, E. et al. (2014) 'The Impact of E-commerce on Final Deliveries: Alternative Parcel Delivery Services in France and Germany', *Transportation Research Procedia*, 4(0), pp. 178–190. doi: 10.1016/j.trpro.2014.11.014.
- Morganti, E., Dablanc, L. and Fortin, F. (2014) 'Final deliveries for online shopping: The deployment of pickup point networks in urban and suburban areas', *Research in Transportation Business and Management*, 11(February 2012), pp. 23–31. doi: 10.1016/j.rtbm.2014.03.002.