



ANÁLISE DO EFEITO CAUSAL DA PANDEMIA DA COVID-19 NAS ENTREGAS DO COMÉRCIO ELETRÔNICO

Leise Kelli de Oliveira

João Guilherme da Costa Braga França

Jorge Luís dos Santos Junior

Universidade Federal de Minas Gerais

Gracielle Gonçalves Ferreira de Araújo

Isabela Kopperschmidt de Oliveira

Luísa Tavares Muzzi de Sousa

Universidade Federal de Pernambuco

Francisco Gildemir Ferreira da Silva

Universidade Federal do Ceará

RESUMO

Neste artigo foi analisado o efeito causal da pandemia da COVID-19 nas entregas do comércio eletrônico. Para tanto, foram utilizadas análise de séries temporais interrompidas, análise contrafactual e modelagem de equações estruturais com o objetivo de verificar como o número de casos e de óbitos por COVID-19 e o rigor das medidas de restrição influenciaram as entregas do comércio eletrônico em Belo Horizonte. Os resultados confirmam o efeito causal, em que rigor das medidas restritivas influenciou positivamente nas entregas do comércio eletrônico; ainda o número de casos/óbitos por COVID-19 apresentou um efeito positivo nas entregas. Portanto, pode-se afirmar que o aumento das entregas B2C em Belo Horizonte se deu em decorrência do fechamento do comércio e das restrições à circulação. Os resultados reforçam a necessidade de repensar as alternativas para o comércio eletrônico, investindo em soluções mais sustentáveis de entrega.

ABSTRACT

This paper explores the causal effect of the COVID-19 pandemic on e-commerce deliveries. For this purpose, we used interrupted time series analysis, counterfactual analysis, and structural equation modeling to verify how the number of cases and deaths by COVID-19 and the rigor of the restriction measures influenced e-commerce deliveries in Belo Horizonte. The results confirm the causal effect, in which the strictness of restrictive measures positively influenced e-commerce deliveries; moreover, the number of cases/deaths by COVID-19 have a positive effect on e-commerce deliveries. Therefore, the increase in B2C deliveries in Belo Horizonte was due to the closing of trade and restrictions on circulation. The results reinforce the need to rethink the alternatives for e-commerce, investing in more sustainable delivery solutions.

1. INTRODUÇÃO

O comércio eletrônico tem crescido exponencialmente em todo o mundo. Em 2021, as vendas *business to consumer* (B2C) totalizaram US\$4,94 trilhões, quando foram US\$1,34 trilhões em 2014 (Statista, 2022a), crescimento de 365%. Em 2019, 1,48 bilhões de pessoas, maiores de 15 anos, fizeram compras online no mundo (UNCTAD, 2021). Em 2020, a demanda do comércio eletrônico varejista cresceu 22% nos países responsáveis por 65% das compras online mundiais (UNCTAD, 2021).

Na América Latina, 30% do comércio eletrônico corresponde ao Brasil (Statista, 2022b), com R\$182,7 bilhões em vendas em 2021. O número de pedidos online aumentou no período pré-COVID-19, sendo que o valor das vendas passaram de R\$8,4 milhões em 2011 para R\$26,4 milhões em 2019 (E-Bit e Nielsen, 2021). Em 2020, impulsionadas pelas medidas de isolamento social, as vendas do comércio eletrônico no país cresceram 54% em relação ao ano anterior (E-Bit e Nielsen, 2021). Em 2021, foram gerados 353 milhões de pedidos, crescimento de 16,9% e 95,5% em relação a 2020 e 2019, respectivamente (Neotrust, 2022). O valor médio da entrega



passou de R\$35,5 em 2019 para R\$28,6 em 2021 (Neotrust, 2022), e 61,1% dos pedidos tiveram frete grátis em 2021.

Baseados nos relatórios sobre as vendas do comércio eletrônico, organismos internacionais, como a *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD), têm mencionado o papel da pandemia como acelerador do processo de digitalização de algumas funções cotidianas, entre elas compras e trabalho. Conseqüentemente, se relaciona, indiretamente, o aumento dos números do comércio eletrônico (E-Bit e Nielsen, 2022) à pandemia da COVID-19, em função das medidas de isolamento social. Contudo, mesmo esta sendo uma tendência observada de maneira associativa, nada foi concluído sobre o real efeito da pandemia no comércio eletrônico em termos de estudos práticos, se aplicando técnicas econométricas para validação e comprovação do fenômeno observado no cotidiano. É neste contexto que se baseia a pergunta de pesquisa deste artigo: “em que medida a pandemia da COVID-19 contribuiu para o aumento das entregas do comércio eletrônico?”. É premissa deste estudo que cada compra do tipo *business-to-consumer* (B2C) gerou uma entrega B2C, impactando na infraestrutura viária urbana, pois estas são as entregas realizadas porta a porta ao consumidor final. Assim, compreender esse fenômeno torna-se essencial para evidenciar a necessidade de modelos de entregas alternativos às entregas domiciliares. São hipóteses deste estudo: H1: as medidas restritivas de isolamento social contribuíram para o aumento das entregas do comércio eletrônico, H2: o pico de casos e mortes por COVID-19 contribuiu para o aumento das entregas do comércio eletrônico.

A literatura sobre a pandemia da COVID-19 e o transporte urbano de carga ainda é pouco explorada, sendo o comportamento do consumidor do comércio eletrônico o foco da maioria das pesquisas (Dewalska-Opitek *et al.*, 2022; Gumasing *et al.*, 2022; Jasińska-Biliczak, 2022; Raza e Khan, 2022; Svatosova, 2022; Wang *et al.*, 2021; Warganegara e Babolian Hendijani, 2022). Como resultado da pandemia da COVID-19, o comportamento das empresas e do consumidor em relação ao consumo *online* e aos pagamentos digitais mudou principalmente nos países europeus como: Polônia, Irlanda, Romênia, Hungria, Eslovênia, Espanha e Finlândia (Dewalska-Opitek *et al.*, 2022). De acordo com Pollák *et al.* (2022), o medo de contágio pelo vírus SARS-CoV-2 influenciou o comportamento do consumidor eletrônico no início da pandemia na República Tcheca. Este comportamento foi capturado analisando mensagens em rede social em três diferentes momentos durante a pandemia. Em Singapura, a pandemia influenciou a mudança de comportamento de consumidores em relação aos serviços de entrega sem contato, como *lockers* ou *pick-up points*, principalmente devido ao medo de contágio (Wang *et al.*, 2021).

Dentre as principais publicações acadêmicas, destaca-se o aumento da popularidade do *e-commerce* durante a pandemia entre os usuários do *marketplace* Allegro, na Polônia (Jasińska-Biliczak, 2022), e da frequência de compra durante a pandemia na República Tcheca (Svatosova, 2022). Gumasing *et al.* (2022) identificaram que a expectativa de desempenho, os benefícios percebidos, as sugestões para ação e a gravidade percebida são os fatores que afetam a aceitação e o uso de aplicativos de supermercado *online* pelos filipinos em termos do impacto do risco à saúde pela COVID-19. No Paquistão, Raza e Khan (2022) identificaram que aceitação do *e-commerce* é expandida ao incluir o risco de contágio e a falta de alternativas ao comércio tradicional. Na Indonésia, nem o risco para a saúde nem o preço foram significativamente correlacionados com a intenção de compra de mantimentos por aplicativos



(Warganegara e Babolian Hendijani, 2022). Soluções como veículos autônomos (Buldeo Rai *et al.*, 2022; Kapser *et al.*, 2021; Pani *et al.*, 2020) e serviços de entrega sem contato, como *lockers* ou *pick-up points* (Wang *et al.*, 2021), também foram objeto de análise dos pesquisadores. Dablanc *et al.* (2022) mostraram que, apesar das dificuldades, os *stakeholders* se adaptaram rapidamente e com sucesso às medidas de restrições.

Buscando contribuir com o entendimento deste fenômeno, neste artigo é analisado o efeito da pandemia da COVID-19 nas entregas do comércio eletrônico no contexto brasileiro. As contribuições desse trabalho estão pautadas em dois aspectos principais. O primeiro aspecto refere-se ao uso de diferentes técnicas utilizadas que permitem entender e confirmar os efeitos do nível de rigor das medidas restritivas nas entregas B2C. O segundo aspecto refere-se à utilização de dados reais de uma operação, alternativamente aos dados de percepção dos consumidores, sendo este um aspecto ainda pouco relatado pela literatura. Por exemplo, Oliveira *et al.* (2022) identificaram que os casos de COVID-19 tiveram um efeito negativo nas entregas do varejo e um efeito positivo nas entregas domiciliares durante as sete primeiras semanas epidemiológicas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (até abril/2020). No entanto, a pandemia se estendeu por um período mais longo e outros fatores podem ter influenciado o crescimento das entregas B2C.

Este artigo está estruturado em seis seções, incluindo esta seção introdutória. Na segunda seção são apresentados os dados. As técnicas de modelagem foram detalhadas na seção 3. Posteriormente, são apresentados os resultados e as discussões. Por fim, as considerações finais são apresentadas na seção 6.

2. DADOS

Para avaliar o efeito da COVID-19 nas entregas do comércio eletrônico dados para Belo Horizonte: (i) número de casos e óbitos por COVID-19 (Cota, 2020; Minas Gerais, 2022); (ii) índice de rigor das medidas restritivas (Hale *et al.*, 2021); e (iii) entregas B2C, disponibilizadas por empresa transportadora. Os dados compõem uma série temporal, no período compreendido entre novembro/2018 e dezembro/2021 e, desta forma, incluem o período pré-pandemia (2018 e 2019) e o período com pandemia (2020 e 2021), o qual é usado como “dado de entrada” para analisar o impacto das medidas restritivas devido à COVID-19 nas entregas do comércio eletrônico.

Na Figura 1 são ilustrados os números diários de caso e óbitos por COVID-19 em Belo Horizonte. Observa-se, claramente, duas ondas de casos: a primeira é compreendida entre março/2020 e dezembro/2020 e segunda entre janeiro/2021 e outubro/2021. No período de análise, 08 de setembro de 2021 foi o dia com maior número de casos (4.798). No período analisado foram registrados 295.369 casos de COVID-19 (média de 255 casos diários, desvio padrão de 594 casos). Em relação ao número de óbitos, em 02 de abril de 2021 foram registrados 89 óbitos por COVID-19, sendo o maior número no período analisado. No total, 7.058 foram os óbitos, com média diária de 6 mortes e desvio padrão de 12).

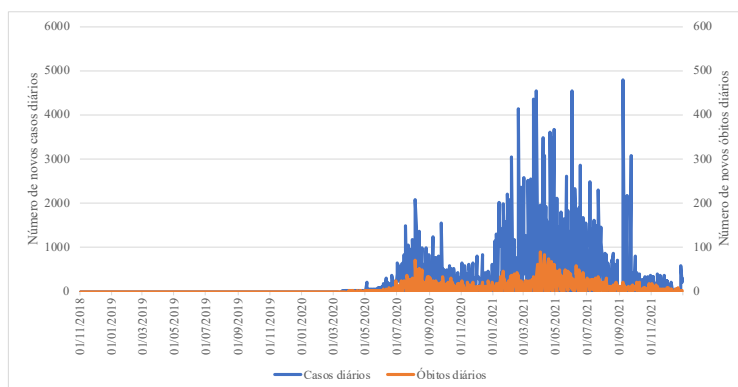


Figura 1: Número de novos casos e óbitos diários de COVID-19 em Belo Horizonte. Elaborado a partir dos dados de Cota (2020) e Minas Gerais (2022).

Considerando o número de casos e óbitos por COVID-19 no Brasil, pode-se dizer que Belo Horizonte não seguiu a tendência nacional, cuja curva de evolução da doença tinha característica assintótica e a de Belo Horizonte tem o formato de ondas e não obteve os números relativos tão altos quanto o restante do país. Isto pode ser resultado das medidas de distanciamento social implementadas pelo governo municipal. O índice de rigor das medidas restritivas (do inglês, *stringency index*) reflete estas medidas, cujos dados foram obtidos a partir do banco de dados *Oxford COVID-19 Government Response Tracker*, desenvolvido pela Universidade de Oxford (Hale *et al.*, 2021). Este índice é calculado a partir da média de nove variáveis: fechamento de escolas, fechamento de trabalho, cancelamento de eventos públicos, restrição à aglomeração pública, fechamento de serviço de transporte público, requisitos para ficar em casa, campanhas e informação pública, restrição a movimentos internos e controle de viagens internacionais (Hale *et al.*, 2021). Para cada variável, um número de 0 a 100 é atribuído, sendo valores menores que 40 indicam nível baixo de restrição, valores entre 40 e 60 indicam nível médio e valores acima de 60 indicam nível alto de rigor na implantação dessas medidas. Na Figura 2 é apresentado a evolução temporal do índice das medidas restritivas adotadas em Belo Horizonte, indicando rigor médio ou alto no período analisado. Observa-se que na maior parte do tempo, o rigor das medidas restritivas foi considerado alto.

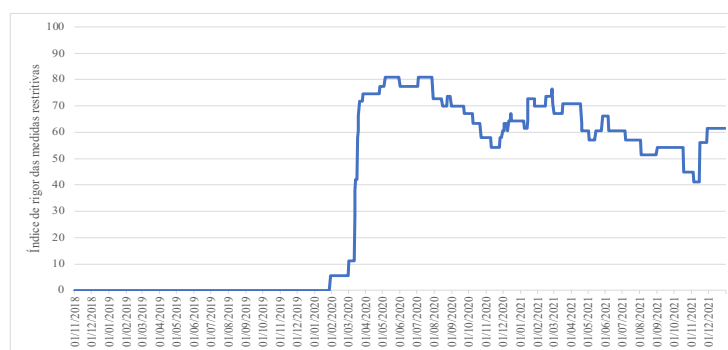


Figura 2: Índice de rigor das medidas restritivas em Belo Horizonte. Elaborado a partir dos dados de Hale *et al.* (2021).

Na Figura 3 são ilustradas as entregas diárias B2C em Belo Horizonte, para todo o período analisado. Observa-se alguns picos de aumento no número de entregas: novembro de 2019 (coincidente com o período de promoções da *Black Friday*), maio de 2020 (coincidente com o



primeiro pico de COVID-19 em Belo Horizonte), junho (coincidente com o pico da variante delta de COVID-19 em Belo Horizonte) e novembro de 2021 (coincidente com o período de promoções da *Black Friday*). Apesar desses acréscimos esporádicos, somente a linha da média mensal de entregas parece não suportar a hipótese de que a pandemia contribuiu para o aumento das entregas diárias B2C, isso porque existem períodos pré e durante COVID-19 com comportamentos similares, e sem análises estatísticas aprofundadas este resultado se torna apenas empírico.

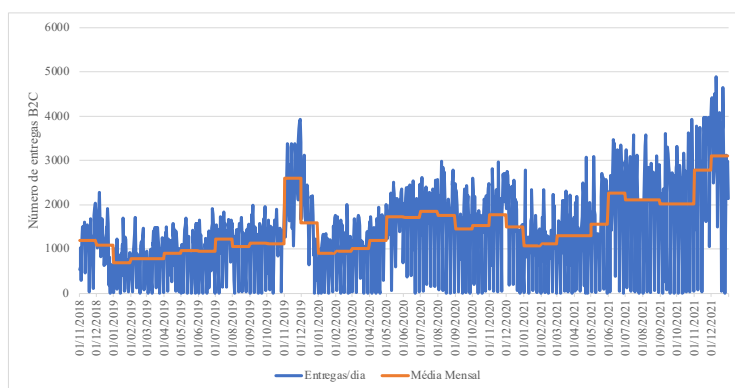


Figura 3: Entregas do comércio eletrônico em Belo Horizonte.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

As análises desse artigo deram-se por três diferentes técnicas, todas objetivando identificar como o número de casos, óbitos e os níveis de rigor das medidas restritivas influenciaram as entregas B2C durante a pandemia da COVID-19. Na etapa 1 foi utilizada a análise de séries temporais interrompidas (do inglês, *interrupted time-series analysis* – ITSA), com objetivo de identificar a influência das medidas restritivas nas compras do comércio eletrônico. Na etapa 2 foi realizada uma análise contrafactual das entregas B2C para comparar o cenário pré e durante a pandemia das entregas do comércio eletrônico. Finalmente, na etapa 3 foi utilizada a modelagem de equações estruturais (do inglês, *structural equation modelling* – SEM), para observar a relação de causalidade entre as medidas restritivas e o aumento/redução no número de compras do comércio eletrônico.

ITSA é comumente usada na análise de impacto de uma intervenção em uma série temporal (Schiff *et al.*, 2017). Nesse artigo foi analisado o impacto do início da pandemia nas entregas B2C. Três variáveis são necessárias para estimar um modelo ITSA: a variável dependente, o tempo e a variável *dummy* de intervenção. Neste estudo, as entregas B2C entre 2018 e 2021 foram consideradas como variável dependente, enquanto as situações pré e pós pandemia, com e sem restrição, como variáveis independentes. Assumindo um modelo linear, os parâmetros estimados para a variável *dummy* indicam o efeito e magnitude das restrições nas entregas B2C. Foram estimados dois modelos: o Modelo 1A, estimado pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), sem avaliar endogeneidade; e o Modelo 1B, que utiliza variáveis e covariáveis para controlar efeitos da pandemia na proposição de restrições mais intensas ou menos intensas. Assim, foi considerado que o número de casos e óbitos pela COVID-19 explicam as medidas de restrição (parte-se da premissa que o rigor das medidas de restrição varia na mesma proporção em que se aumenta o número de casos e óbitos). Para tanto, foi realizada a regressão em dois estágios, em que, primeiramente, o rigor das medidas de restrição



é explicado por variável instrumental e, no segundo estágio, estima-se o efeito da restrição nas entregas B2C.

Na etapa 2 foi realizada a análise contrafactual das entregas B2C. A análise contrafactual vem sendo utilizada para avaliação de políticas, sendo usado caso deste artigo para avaliar o impacto das medidas restritivas de isolamento social no comércio eletrônico. Para tanto, comparou-se as entregas antes do início da pandemia (01 de novembro de 2018 a 28 de janeiro de 2020) com as entregas pós-pandemia (29 de janeiro de 2020 a 31 de dezembro de 2021). A tendência temporal e a sazonalidade das entregas B2C foram retiradas por decomposição de séries temporais. Baseado nestes dados, foram estimados quatro modelos: Modelo 2A estimado pelo método dos mínimos quadrados (MMQ); Modelo 2B, estimado um modelo por variável instrumental, onde foram endogenizados o número de casos e óbitos por COVID-19 para explicar as medidas restritivas; Modelo 2C, estimado por painel, considerando as mudanças temporais antes e depois das restrições (fatores fixos) para os *factos* (entregas B2C sem restrição) e *contrafactos* (entregas B2C com restrições); e Modelo 2D, também estimado por painel com as variáveis instrumentais utilizadas no Modelo 2B, considerando os casos e óbitos para explicar as medidas restritivas. A avaliação dos modelos é feita (i) pela observância da significância do parâmetro associado à variável *dummy*, medido pelas estatísticas t e z; e (ii) pelo grau de informação agregado, a partir dos indicadores de Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério Bayesiano de Schwarz (BIC).

Na etapa 3 foi usado SEM para estimar dos modelos. Os modelos estimados por SEM medem relações causais entre o grupo de variáveis analisada. Aqui se utiliza o SEM para compreender como as restrições impactaram nas entregas B2C a partir da significância estatística dos parâmetros estimados, e é esta significância que garante a linearidade do modelo. Assim, quando o modelo é validado se pode sustentar a hipótese de causalidade. No Modelo 3A foi considerado que os casos e óbitos explicam o rigor das medidas restritivas, enquanto as medidas restritivas explicam as entregas. Além disso, investigou-se se as entregas têm relação com os casos, no intuito de verificar se a entrega urbana contribuiu para o aumento de casos. No Modelo 3B foi considerado que a variável latente (denominada ICO e obtida a partir do número de casos e óbitos) influencia o rigor das medidas restritivas, que por sua vez, influencia as entregas B2C.

As técnicas utilizadas não foram detalhadas neste artigo por limitação de espaço. Para maiores informações sobre ITSA, consultar Schiff *et al.* (2017). Detalhes sobre regressão com painel de dados estão disponíveis em Cameron e Trivedi (2005) e Lee (2005). Por fim, para informações sobre a modelagem SEM, consultar Kline (2005) e Pearl (2010).

4. DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

4.1. Identificação do impacto das medidas restritivas nas compras do comércio eletrônico ao longo do tempo: Análise da série temporal interrompida

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos modelos estimados com série temporal interrompida. Observa-se que o coeficiente estimado para o *stringency* (rigor das medidas restritivas) é negativo no Modelo 1A. Isto indica que quanto mais restritivas eram as medidas de isolamento social adotadas pela municipalidade menor era a quantidade de entregas B2C, sendo contrário ao que se esperava. Em contrapartida, no Modelo 1B observa-se que o rigor das medidas de restrição (*stringency*) tem coeficiente estimado positivo, indicando que quanto mais rigorosas foram as medidas de isolamento social, maior foi o número de entregas B2C. As



variáveis *dummy* foram incluídas para controlar a sazonalidade. A exceção do coeficiente da influência do tempo no rigor das medidas restritivas do Modelo 1A, todos os coeficientes apresentaram significância estatística. Assim, apenas o modelo 1B comprova a hipótese H1.

Tabela 1: Resultados dos Modelos estimados por série temporal.

Variável/Estatística	Modelo 1A	Modelo 1B
	Coefficiente	Coefficiente
intercepto	-432,02***	-1134,10***
time	1,35***	3,81***
rigor das medidas restritivas	-5,10**	42,44**
influência do tempo no rigor das medidas restritiva	0,003	-0,08***
dummy_1	1338,44***	1335,28***
dummy_2	1272,25***	1271,12***
dummy_3	1566,53***	1565,70***
dummy_4	1592,49***	1597,40***
dummy_5	1584,55***	1589,10***
dummy_6	1187,43***	1186,84***
R2	0,351	0,351
R2 ajustado	0,346	0,346
Teste-F	128,547***	128,547***
Durbin-Watson	0,650	0,650
Teste de Hausman	11,95***	11,95***
Teste de Sargan	2,20	2,20

*** p-valor com nível de significância de 0,001;

** p-valor com nível de significância de 0,01

Conforme ilustrado na Figura 5, o Modelo 1A prevê um crescimento quase que linear das entregas B2C. No entanto, quando se inclui a influência do rigor das medidas de restrição, observa-se uma oscilação na previsão das entregas B2C. Desta forma, o modelo de série temporal, além de apresentar valores divergentes do observado (coeficiente estimado para o rigor das medidas restritivas tem valor negativo no Modelo 1A e positivo no Modelo 1B), mostra a importância de incluir outras variáveis que explicam o rigor das medidas restritivas, no caso, o número diário de casos e mortes, pelos altos valores estivamos para os interceptos dos modelos.

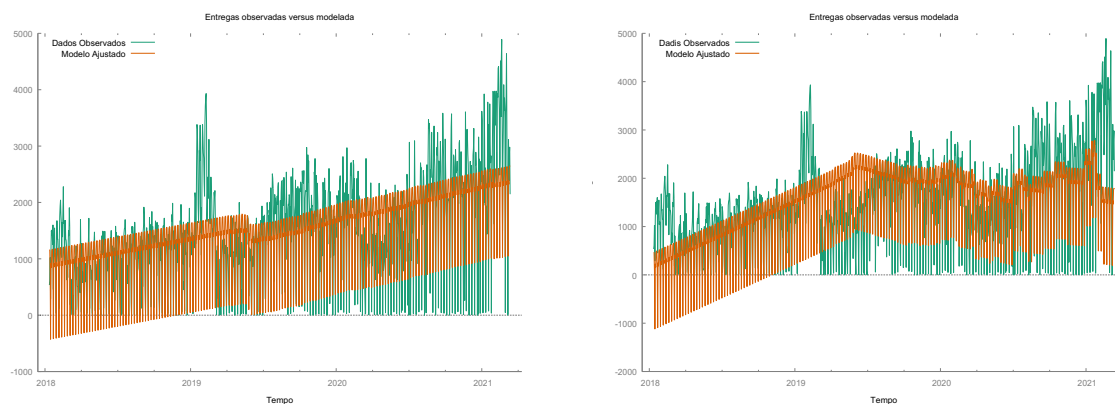


Figura 4: Estimativa do crescimento das entregas B2C pelo Modelo 1A (esquerda) e Modelo 1B (direita).



4.2. Comparação dos cenários pré e durante a pandemia das entregas do comércio eletrônico: Análise do contrafactual das entregas B2C

Na Figura 6 são comparadas as entregas antes e durante a pandemia de COVID-19 em Belo Horizonte. Observa-se na figura à direita que durante a pandemia existe um aumento no número de entregas. A figura à esquerda mostra que o aumento permanece mesmo retirando o efeito temporal e sazonal. O aumento das entregas pode estar associado tanto aos efeitos da pandemia quanto ao crescimento do setor varejista online, que após os primeiros meses de pandemia pareceu se consolidar no cenário brasileiro.

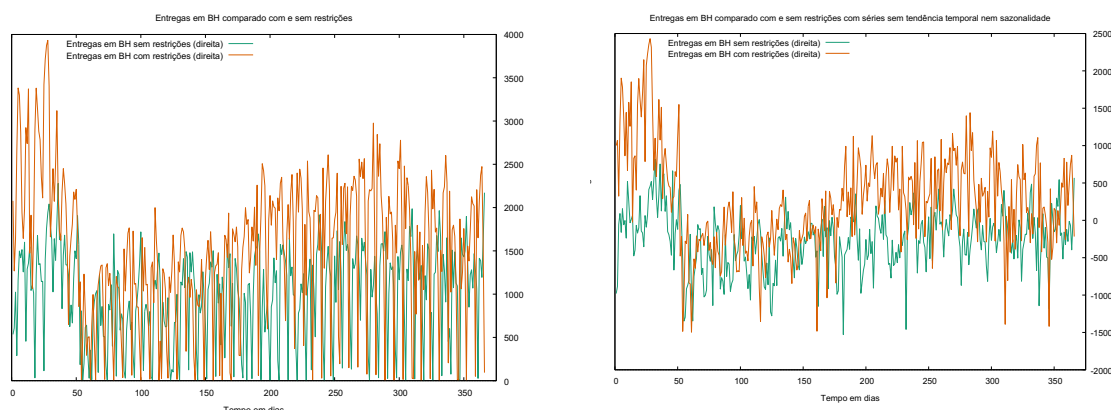


Figura 5: Comparação das entregas antes e após o início da pandemia em BH (direita) e sem o efeito temporal e sazonal (esquerda).

Para analisar se houve o efeito das medidas restritivas ocasionadas pela pandemia nas entregas B2C, foram estimados quatro modelos contrafactuais, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados dos modelos *contrafactuais*.

Variável/estatística	Modelo 2A	Modelo 2B	Modelo 2C	Modelo 2D
constante	-133,076***	-244,183***	-9,748***	-180,557***
rigor medida de restrição	5,600***	10,276***	0,410***	7,598***
R2	0,098	0,098	0,187 ^a	0,000
R2 ajustado	0,097	0,097	0,000 ^b	-
Teste-F	79,533***	-	-	-
Qui-quadrado	-	55,487***	-	-
Log verossimilhança	-5693,394	-	-5655,42	-
Crit. Schwarz	11399,98	-	11330,67	-
AIC	11390,79	-	11316,88	-
Crit. Hannan-Quinn	11394,33	-	11322,20	-
Durbin-Watson	0,724	-	0,803112	-
Teste Hausman	-	16,606***	-	-
Teste de Sargan	-	1,356	-	-
Teste Wald	-	-	-	16,184***

*** p-valor com nível de significância de 0,001; ^a R2 Least Square Dummy Variable (LSDV); ^b dentro do R2

Os resultados do Modelo 2A, estimado por MMQ, indicam que o rigor das medidas de restrição contribuiu positivamente para o aumento das entregas B2C. No Modelo 2B, no qual foram endogenizados os casos e mortes, para explicar os níveis de restrição, as medidas de restrição continuaram com efeito positivo nas entregas B2C. Os Modelos 2C e 2D foram estimados com dados em painel e para ambos o rigor das medidas restritivas apresenta efeito positivo nas entregas B2C, ou seja, quanto mais restritivas as medidas de isolamento social maior o número de entregas. Sendo assim, todos os modelos contrafactuais comprovaram a hipótese H1 deste



estudo. Vale salientar que a endogeneidade indica que o rigor das medidas de restrição é determinado pelo número diário de casos e óbitos causados pela COVID-19, por isso também fica comprovada a hipótese H2 deste estudo, visto que quanto maior o número de casos e/mortes por COVID-19, maior número de entregas B2C.

4.3. Identificação da causalidade entre as medidas restritivas e o aumento/redução no número de compras do comércio eletrônico: Modelos baseados em SEM

Na etapa 3 foram estimados modelos usando SEM não utilizando variáveis latentes no modelo 3A e utilizando no modelo 3B. O modelo sem a variável latente permite estruturar um sistema de equações com todas as variáveis observadas. O modelo com a variável latente permite estruturar um sistema de equações com uma variável construída que se supõe ser o balizador de aumento ou diminuição de restrições.

No Modelo 3A (Figura 7), o nível de rigor das medidas restritivas tem um efeito positivo nas entregas B2C, reiterando a comprovação da hipótese H1. Ainda, as entregas B2C têm um efeito positivo no número de casos. No entanto, o coeficiente estimado é muito pequeno quando comparado com o efeito das medidas restritivas nas entregas B2C. No Modelo 3B, a variável latente ICO não é explicada pelos indicadores “casos” e “óbitos”, visto que eles não possuem significância estatística. Além disso, a variável latente ICO não tem efeito no rigor das medidas restritivas, pois também não tem significância estatística. No entanto, o nível de rigor das medidas restritivas tem um efeito positivo nas entregas B2C. Desta forma, confirma-se que o número de casos e óbitos não tem efeito nas medidas restritivas e que as medidas restritivas têm um efeito positivo nas entregas B2C. O Modelo 3B comprova também a hipótese H1.

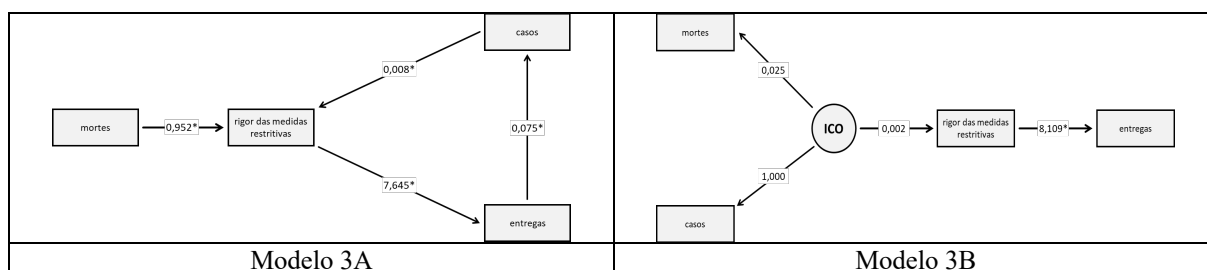


Figura 6: Resultados do Modelo SEM (*p-valor com nível de significância de 0,001)

Para consolidar os resultados, fez-se uma meta-análise dos modelos estimados com o modelo *Forest-Plot* com efeitos aleatórios (Figura 8). O efeito médio das restrições na entrega indica aumento de 5,44 entregas/dia em Belo Horizonte durante o período da pandemia quando comparado com o período sem pandemia.

5. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste artigo indicam a importância de se aplicar técnicas de modelagem para comprovação de fenômenos observados no cotidiano, para embasar políticas públicas ou mensurar seus impactos. No caso, foram utilizadas três diferentes técnicas para analisar a existência do efeito causal entre as medidas restritivas e as entregas do comércio eletrônico e avaliar o efeito da pandemia no comércio eletrônico. Os três modelos confirmaram a hipótese H1, comprovando o efeito positivo que medidas de isolamento social mais restritivas tem no aumento do comércio eletrônico. Apesar disso, o efeito causal não foi identificado, quando considerados os números de novos casos e mortes por COVID-19, ou seja, para Belo



Horizonte não se identificou causalidade entre o número de casos/mortes por COVID-19 e a intensidade das medidas restritivas. Isto se deu pois o município adotou uma postura mais conservadora, e adotou longos períodos de isolamento social. Assim, o aumento das entregas B2C, durante a pandemia, deu-se em decorrência do fechamento do comércio e da imposição da restrição de circulação e não propriamente do número de contaminados e óbitos.

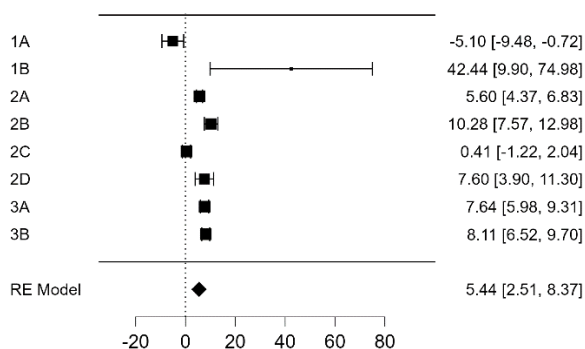


Figura 9: Forest-Plot dos modelos estimados.

Neste estudo, foi possível identificar tanto a relação causal entre as medidas restritivas de isolamento social e as entregas B2C como também foi possível avaliar o impacto destas medidas com a análise de contrafactual. É importante ressaltar que esta análise é diferente da previsão, visto que com a causalidade, pode-se dissecar o mecanismo que de fato interfere no fenômeno estudado e não prever um comportamento.

Compreender estes fatores e como eles se relacionam entre si é, então, uma etapa fundamental para mensurar o impacto da pandemia da COVID- na economia. No que tange o transporte urbano de cargas, a movimentação de mercadorias é uma atividade fundamental para a disponibilização do produto no local desejado pelos clientes e no tempo combinado (Novaes, 2021). Desta forma, o consumidor sempre buscará alternativas para aquisição do produto desejado e durante a pandemia da COVID-19 ele buscou os produtos por meio do comércio eletrônico.

O comércio eletrônico pode ser uma solução mais sustentável que o comércio tradicional quando adotadas técnicas de otimização de rotas ou soluções alternativas de entregas de última milha que não a operação tradicional B2C (Viu-Roig e Alvarez-Palau, 2020), como ocorre em muitos casos no Brasil. A literatura tem indicado que pontos de coleta e entrega, *lockers* ou *pick-up points* constituem alternativas sustentáveis às entregas domiciliares (Beckers e Verhetsel, 2021; Mommens *et al.*, 2021). No entanto, a distância entre os locais que estes equipamentos são instalados e o consumidor final é crucial para a promoção da sustentabilidade. Para tanto, conceitos de equidade devem ser explorados para a determinação desta rede.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi analisado o efeito da pandemia da COVID-19 nas entregas do comércio eletrônico, usando dados de entregas B2C realizadas em Belo Horizonte durante novembro de 2018 e dezembro de 2021. Apesar de muitos afirmarem a existência da causalidade em fenômenos de transporte, nem sempre as relações empíricas são comprovadas quando os dados são analisados com modelos matemáticos. Assim para se analisar o real efeito da pandemia da



COVID-19 nas entregas do comércio eletrônico foram utilizadas três diferentes técnicas de modelagem para comprovar a causalidade entre a pandemia e o crescimento das entregas B2C: séries temporais interrompidas, regressão em painel de dados e modelagem de equações estruturais. Nesse sentido, o trabalho apresenta robustez em resultados e rigor metodológico na busca de evidências científicas.

Os resultados permitiram responder à questão de pesquisa “em que medida a pandemia da COVID-19 contribuiu para o aumento das entregas do comércio eletrônico?”. Todos os modelos estimados mostraram que o índice de rigor das medidas restritivas foi o fator que contribuiu para o aumento das entregas B2C, comprovando a hipótese H1. Logo, pode-se afirmar que existe um feito causal entre as medidas de restrição e o crescimento do *e-commerce*. No entanto, conforme mostrado pela modelagem de equações estruturais, as medidas restritivas não são um reflexo do número de casos e óbitos por COVID-19, embora pode-se comprovar a hipótese H2, em que quanto maior o número de casos e óbitos maior era o número de compras realizadas no comércio eletrônico.

Assim, com o fechamento do comércio, a população buscou alternativas para ter o produto desejado disponível no local e momento desejado, sendo que o comércio eletrônico foi o meio que permitiu o acesso aos produtos e serviços desejados pela população, com segurança. Para pesquisas futuras, sugere-se investigar a disposição da população em adotar alternativas mais sustentáveis de entrega em situações pandêmicas e uma pesquisa com compradores do comércio eletrônico para validar as hipóteses H1 e H2 propostas neste estudo, a partir da opinião da população.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FACEPE pelo apoio a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beckers, J. e A. Verhetsel (2021) The sustainability of the urban layer of e-commerce deliveries: the Belgian collection and delivery point networks. *European Planning Studies*, v.29, n.12, p.2300-2319. <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1921118>
- Buldeo Rai, H.; S. Touami e L. Dablanc (2022) Autonomous e-commerce delivery in ordinary and exceptional circumstances. The French case. *Research in Transportation Business & Management*, p.100774. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100774>
- Cameron, A.C. e P.K. Trivedi (2005) *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cota, W. (2020) Monitoring the number of COVID-19 cases and deaths in Brazil at municipal and federative units level. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.362>
- Dablanc, L.; A. Heitz; H. Buldeo Rai e D. Diziain (2022) Response to COVID-19 lockdowns from urban freight stakeholders: An analysis from three surveys in 2020 in France, and policy implications. *Transport Policy*, v.122, p.85–94. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.04.020>
- Dewalska-Opitek, A.; K. Bilińska e M. Cierpiat-Wolan (2022) The Application of the Soft Modeling Method to Evaluate Changes in Customer Behavior towards e-Commerce in the Time of the Global COVID-19 Pandemic. *Risks*, v.10, n.3, p.62. <https://doi.org/10.3390/risks10030062>
- E-Bit e Nielsen (2021) Webshoppers. Disponível em <https://www.ebit.com.br/webshoppers> (acessado em 10/05/22).
- Gumasing, M.J.J.; Y.T. Prasetyo; S.F. Persada; A.K.S. Ong; M.N. Young; R. Nadlifatin e A.A. Redi (2022) Using Online Grocery Applications during the COVID-19 Pandemic: Their Relationship with Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, v.8, n.2, p.93. <https://doi.org/10.3390/joitmc8020093>
- Hale, T.; N. Angrist; R. Goldszmidt; B. Kira; A. Petherick; T. Phillips; S. Webster; E. Cameron-Blake; L. Hallas;



- S. Majumdar e H. Tatlow (2021) A global panel database of pandemic policies (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). *Nature Human Behaviour*, v.5, p.529–538. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01079-8>
- Jasińska-Biliczak, A. (2022) E-commerce from the customer panel: the phenomenon of the pandemic increase and future challenge. *Business, Management and Economics Engineering*, v.20, p.139–151. <https://doi.org/10.3846/bmee.2022.16752>
- Kapsler, S.; M. Abdelrahman e T. Bernecker (2021) Autonomous delivery vehicles to fight the spread of Covid-19 – How do men and women differ in their acceptance? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v.148, p.183–198. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.02.020>
- Kline, R.B. (2005) Principles and Practice of Structural Equation Modeling. The Guilford Press, New York.
- Lee, M. (2005) Micro-Econometrics for Policy, Program and Treatment Effects, Advanced Texts in Econometrics. Oxford University Press, Oxford. <https://doi.org/10.1093/0199267693.001.0001>
- Minas Gerais (2022) Distribuição de casos de COVID-19. Disponível em <https://coronavirus.saude.mg.gov.br/painel> (acessado em 09/05/2022).
- Mommens, K.; H.B. Rai; T. Lier e C. Macharis (2021) Delivery to homes or collection points? A sustainability analysis for urban, urbanised and rural areas in Belgium. *Journal of Transport Geography*, v.94, p.103095. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103095>.
- Neotrust (2022) E-commerce 2021 e projeção 2022. Disponível em <https://www.neotrust.com.br/datas-sazonais/> (acessado em 09/05/2022).
- Novaes, A.G. (2021). Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. GEN Atlas, São Paulo.
- Oliveira, L.K.; I.K. Oliveira; B.V. Bertoni; L.S. Sousa e J.L. Santos Junior (2022) Determining the Impacts of COVID-19 on Urban Deliveries in the Metropolitan Region of Belo Horizonte Using Spatial Analysis. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/10.1177/03611981221078846>
- Pani, A.; S. Mishra; M. Golias e M. Figliozzi (2020) Evaluating public acceptance of autonomous delivery robots during COVID-19 pandemic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v.89, p.102600. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102600>
- Pearl, J. (2010) An Introduction to Causal Inference. *The International Journal of Biostatistics*, v.6, n.2, p.7. <https://doi.org/10.2202/1557-4679.1203>
- Pollák, F.; P. Markovič; R. Vavrek e M. Konečný (2022) Return to the New Normal: Empirical Analysis of Changes in E-Consumer Behavior during the COVID-19 Pandemic. *Behavioral Sciences*, v.12, n.3, p.85. <https://doi.org/10.3390/bs12030085>
- Raza, S.A. e K.A. Khan (2022) Corona fear and e-commerce adoption in an emerging economy: paradigm shift of consumer intention. *Foresight*, v.24, p.195–209. <https://doi.org/10.1108/FS-02-2021-0034>
- Schiff, A.; L. Wright e T. Denne (2017) Ex- post evaluation of transport interventions using causal inference methods. NZ Transport Agency research report 630. NZ Transport Agency, Wellington.
- Statista (2022a) Retail e-commerce sales worldwide from 2014 to 2025. Disponível em <https://www.statista.com/statistics/379046/worldwide-retail-e-commerce-sales/> (acessado em 09/05/2022).
- Statista (2022b) E-commerce in Brazil - Statistics & Facts. Disponível em <https://www.statista.com/topics/4697/e-commerce-in-brazil/#dossierKeyfigures> (acessado em 09/05/2022).
- Svatosova, V. (2022) Changes in Online Shopping Behavior in the Czech Republic During the COVID-19 Crisis. *Journal of Competitiveness*, v.14, p.155–175. <https://doi.org/10.7441/joc.2022.01.09>
- UNCTAD (2021) Estimates of global e-commerce 2019 and preliminary assessment of COVID-19 impact on online retail 2020. UNCTAD Technical Notes on ICT for Development 118. United Nations, New York.
- Viu-Roig, M. e Alvarez-Palau, E. J. (2020) The Impact of E-Commerce-Related Last-Mile Logistics on Cities: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, v.12, p.6492. doi:10.3390/su12166492.
- Wang, X.; Y.D. Wong e K.F. Yuen (2021) Does COVID-19 Promote Self-Service Usage among Modern Shoppers? An Exploration of Pandemic-Driven Behavioural Changes in Self-Collection Users. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v.18, n.16, p.8574. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168574>
- Warganegara, D.L. e R. Babolian Hendijani (2022) Factors That Drive Actual Purchasing of Groceries through E-Commerce Platforms during COVID-19 in Indonesia. *Sustainability*, v.14, n.6, p.3235. <https://doi.org/10.3390/su14063235>