REVISTA DA MICRO E PEQUENA EMPRESA
Vol. 20, No. 1, Jan-Abr 2026, p.28-50
ISSN: 1982-2537

Concorrência entre varejo físico e comércio eletrônico em um modelo baseado em agentes*

Competition between brick-and-mortar retail and e-commerce in an agent-based model

Eber Assis Schmitz
Universidade Federal do Rio de Janeiro
eber@nce.ufrj.br

Sildenir Alves Ribeiro
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
sildenir.ribeiro@cefet-rj.br

Gilberto Gil Passos
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
gilbertogilfgp@gmail.com

Cristiano Fuschilo
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
cristiano.fuschilo@cefet-rj.br

Raphael M. Sanches de Jesus
Universidade Estácio de Sá
raphael.jesus@estacio.br

Hugo Fraga
Universidade Federal do Rio de Janeiro
hugo.fraga@aluno.cefet-rj.br

RESUMO

Este estudo investiga como a concorrência digital afeta os preços, a permanência de lojas físicas e a distribuição espacial das escolhas de compra em um mercado simulado. Para isso, desenvolve-se um modelo baseado em agentes que incorpora consumidores heterogêneos, firmas com localização fixa, alternativas digitais, ajuste adaptativo de preços e influência social local. São comparados cenários com e sem canais digitais, utilizando condições iniciais idênticas. Na configuração de referência, com 1.000 consumidores, dez firmas e 100 passos, o preço médio das firmas ativas alcançou 0,8533 no cenário digital, ante 0,3933 no cenário exclusivamente físico, com seis firmas ativas em ambos. As compras on-line representaram 34,7% das escolhas, com I de Moran de 0,9058. Em 20 inicializações, a diferença média de preços foi positiva em 18 pares (0,3383; DP = 0,1730). Entretanto, sem influência social, essa diferença tornou-se negativa (−0,1037). Os resultados indicam que a influência social local é relevante para explicar a coexistência entre concorrência digital e preços físicos mais elevados nas condições simuladas.

*Recebido em 05 de fevereiro de 2026, aprovado em 10 de março de 2026, publicado em 30 de abril de 2026.

Palavras-chave: Comportamento do consumidor. Estratégias competitivas. Transformação digital. Omnicanalidade. Dinâmica de mercado.

ABSTRACT

This study investigates how digital competition affects prices, physical store survival, and the spatial distribution of purchasing choices in a simulated market. An agent-based model incorporates heterogeneous consumers, retailers at fixed locations, digital alternatives, adaptive pricing, and local social influence. Scenarios with and without digital channels are compared using identical initial conditions. In the reference configuration, comprising 1,000 consumers, ten retailers, and 100 simulation steps, the mean price of active retailers reached 0.8533 in the digital scenario, compared with 0.3933 in the physical-only scenario, with six retailers remaining active in both. Online purchases accounted for 34.7% of choices, with a Moran's I of 0.9058. Across 20 initializations, the average price difference was positive in 18 pairs (0.3383; SD = 0.1730). However, without social influence, this difference became negative (−0.1037). The findings indicate that local social influence plays a relevant role in explaining the coexistence of digital competition and higher physical retail prices under the simulated conditions.

Keywords: Consumer behavior. Competitive strategies. Digital transformation. Omnichannel approach. Market dynamics.

1. INTRODUÇÃO

A proximidade reduz o esforço de deslocamento até uma loja, mas sua importância depende das alternativas disponíveis ao consumidor. No varejo com concorrência digital, a escolha envolve tanto atributos do estabelecimento físico quanto condições de acesso ao canal on-line. Entender essa relação interessa à Administração porque a entrada de novos canais pode alterar a composição da demanda atendida por cada loja e, com isso, suas decisões de preço e continuidade.

A literatura de concorrência espacial oferece instrumentos para estudar a relação entre localização, diferenciação e preços. Hotelling (1929) formulou uma referência para esse debate, posteriormente qualificada por d'Aspremont, Gabszewicz e Thisse (1979). No comércio eletrônico, Forman, Ghose e Goldfarb (2009) mostram que o benefício de comprar on-line depende das alternativas locais. A disponibilidade de um canal digital, portanto, não autoriza concluir que a geografia deixe de importar.

Este artigo investiga a seguinte questão: sob quais condições a presença de alternativas digitais modifica os preços das lojas físicas e a distribuição espacial das escolhas de compra? Para examiná-la, desenvolve-se um modelo baseado em agentes que combina heterogeneidade dos consumidores, ajuste adaptativo de preços, influência social local e realimentação da

atratividade das plataformas. A sobrevivência das lojas é acompanhada como resultado de uma regra explícita de receita mínima.

A contribuição consiste em examinar conjuntamente esses mecanismos e comparar suas consequências em experimentos controlados. O estudo não estima parâmetros do varejo brasileiro nem representa uma classe de empresas definida por faturamento ou emprego. Trata-se de um experimento teórico motivado pelo varejo de proximidade. Seus resultados permitem formular hipóteses sobre competição entre canais, mas não quantificar perdas de estabelecimentos ou recomendar níveis de preço para mercados reais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Localização e atratividade no varejo

No modelo de Hotelling (1929), a distância participa do custo enfrentado pelo consumidor. A análise de d'Aspremont, Gabszewicz e Thisse (1979) evidencia que os resultados de localização e preços dependem da forma do custo de transporte e das condições do jogo. Não se pode, assim, transportar uma previsão de equilíbrio diretamente para um mercado bidimensional com várias firmas, heterogeneidade e saídas.

Huff (1964) relaciona a atração exercida por um centro de compras ao seu tamanho e à distância. Essa abordagem motiva a consideração conjunta de atratividade e deslocamento, embora o presente modelo use utilidade aditiva e escolha determinística, sem empregar a regra probabilística de Huff. Trabalhos de simulação também ampliam a análise espacial para múltiplos agentes; Ottino-Loffler et al. (2017), por exemplo, examinam firmas capazes de modificar preços e localização. Aqui, a localização permanece fixa para concentrar a análise no ajuste de preços e na escolha de canal.

A incorporação de recursos digitais à análise territorial também tem ampliado as possibilidades de identificação de padrões espaciais e de apoio à tomada de decisão. Santos et al. (2026), ao examinarem a utilização de ferramentas de inteligência territorial na política socioassistencial, evidenciam a relevância da organização de informações georreferenciadas para a compreensão de realidades espacialmente diferenciadas. Embora aplicado a outro campo, esse enfoque reforça a importância de não dissociar os processos mediados por tecnologias digitais das características territoriais em que ocorrem.

2.2 Concorrência digital e alcance da proximidade

A comparação entre canais depende da oferta local. Forman, Ghose e Goldfarb (2009), ao estudarem compras de livros, identificam relações entre alternativas físicas e demanda on-line. Esse resultado sustenta a inclusão da geografia na análise da concorrência digital; não demonstra que plataformas operem sem restrições espaciais.

A escolha entre canais de compra também envolve fatores relacionados à circulação de informações e às interações estabelecidas entre consumidores e estabelecimentos. No varejo de pequenos negócios, Silva et al. (2024) identificam que a comunicação realizada pelas empresas nas mídias sociais e as recomendações compartilhadas entre consumidores exercem influência positiva sobre as decisões de compra. Esse aspecto amplia a compreensão da concorrência entre canais, uma vez que a atratividade de um estabelecimento não se restringe às suas condições de preço e localização, podendo também ser influenciada pelas relações informacionais que se desenvolvem em torno dele.

Além da comercialização de produtos e serviços, as plataformas digitais também podem desempenhar funções de articulação entre agentes econômicos, ampliando o acesso a mercados e favorecendo a formação de redes de colaboração. Braga, Storino e Avelar (2026), identificam nessas plataformas possibilidades de conexão entre empreendedores, oportunidades econômicas e mecanismos de capacitação, contribuindo para compreender o papel das plataformas na reorganização das relações econômicas e na ampliação das possibilidades de acesso ao mercado.

A expansão dos serviços mediados por plataformas digitais também evidencia que a digitalização não implica necessariamente a substituição integral das estruturas tradicionais de atendimento. Em outros segmentos econômicos, a incorporação de tecnologias digitais tem alterado as condições de acesso e a relação entre modalidades presenciais e digitais, sem eliminar as diferenças associadas às características dos usuários e dos territórios. Braga et al. (2026), ao examinarem a atuação das fintechs no microcrédito brasileiro, discutem justamente essa coexistência entre modelos tradicionais e digitais, oferecendo uma perspectiva complementar para compreender a transformação das relações entre canais de atendimento.

A incorporação de canais digitais à dinâmica competitiva também depende das condições organizacionais necessárias à sua utilização. Batista, Arouca e Lobato (2024) identificam que, entre as micro e pequenas empresas, a disponibilidade de recursos tecnológicos não significa, necessariamente, sua utilização efetiva, uma vez que limitações relacionadas à capacitação e ao planejamento estratégico interferem no aproveitamento dessas ferramentas.

Essa distinção é relevante para a análise da concorrência entre canais, pois a presença de alternativas digitais no mercado não deve ser confundida com uma capacidade homogênea de adaptação por parte dos estabelecimentos físicos.

Neste estudo, a utilidade digital não contém distância, frete variável ou limite de cobertura. Essa simplificação permite investigar um cenário em que todos os consumidores podem acessar as mesmas alternativas digitais. Uma delas penaliza a espera de consumidores com maior urgência; a outra elimina essa penalidade. A segunda representa um caso limite de atendimento imediato, e não uma descrição logística de empresas de entrega rápida.

Mesmo nesse cenário, a proximidade continua presente na utilidade das lojas físicas e na rede de influência social. A questão passa a ser quanto essas relações importam diante de alternativas externas mais atraentes. O modelo não pressupõe nem demonstra a eliminação da vantagem de localização.

2.3 Ajuste de preços e interação social

A racionalidade limitada, discutida por Simon (1955), orienta a regra das firmas: elas usam a receita passada para continuar ou inverter a direção do ajuste de preço. Não calculam uma solução ótima do mercado. Os consumidores, por sua vez, comparam todas as alternativas disponíveis e escolhem a de maior utilidade. Essa decisão é determinística, apesar da heterogeneidade dos atributos iniciais.

Katz e Shapiro (1985) analisam externalidades de rede, enquanto Arthur (1989) discute realimentação e dependência da trajetória em processos com retornos crescentes. Esses trabalhos motivam a inclusão de mecanismos de reforço, mas não fornecem as equações específicas empregadas aqui. No modelo, o reforço digital depende da participação recente da plataforma; a influência social depende da diferença entre compra on-line local e global. São hipóteses comportamentais distintas, testadas separadamente.

A influência das interações sociais sobre as decisões de consumo também encontra respaldo em pesquisas voltadas ao comportamento dos consumidores no varejo. Silva et al. (2024) demonstram que a comunicação empresarial nas mídias sociais e o compartilhamento de experiências entre consumidores podem interferir nas decisões de compra, indicando que as escolhas individuais não se formam exclusivamente a partir da avaliação isolada das alternativas disponíveis. Essa dimensão relacional é relevante para compreender a dinâmica de

preferências incorporada ao modelo, no qual as decisões observadas na vizinhança participam da atualização da preferência pelo canal físico.

A coexistência entre maior concorrência e preços mais altos não é, por si, uma novidade teórica. Chen e Riordan (2008) identificam condições em que a concorrência pode elevar preços. A questão deste artigo é verificar quando esse padrão aparece nas regras de interação adotadas e quanto depende dos mecanismos sociais e de rede.

3. MÉTODO E DESCRIÇÃO DO MODELO

3.1 Finalidade e conceitos de desenho

A pesquisa utiliza experimentos computacionais com dados sintéticos. A descrição segue os componentes do protocolo ODD (visão geral, conceitos de desenho e detalhes) apresentados por Grimm et al. (2006, 2020). O protocolo organiza a documentação; a correspondência entre o modelo e um mercado real depende de validação adicional. A abordagem baseada em agentes é usada para estudar consequências agregadas de decisões e interações individuais, conforme a perspectiva de Tesfatsion (2006).

A utilização de modelos baseados em agentes também tem permitido investigar como regras de interação e mecanismos algorítmicos produzem consequências agregadas em sistemas digitais. Melo et al. (2026), por exemplo, empregam experimentos computacionais com agentes heterogêneos para comparar configurações alternativas de um sistema de recomendação, ilustrando a possibilidade de utilizar simulações controladas para examinar como alterações nas regras de interação modificam os padrões coletivos observados.

Os padrões observados são as trajetórias de preços, a permanência de firmas e a distribuição das escolhas de canal. As firmas adaptam preços com base em informação passada; não antecipam decisões dos rivais. Os consumidores conhecem as utilidades de todas as alternativas. A interação ocorre pela competição por compradores, pela influência da vizinhança sobre preferências e pela participação das plataformas sobre sua atratividade. Não há formação de organizações coletivas, entrada de novas firmas, mudança de localização ou investimento em qualidade.

A aleatoriedade se concentra na inicialização. Uma vez sorteados atributos, posições e direções iniciais de preços, a evolução é determinística. Não são utilizados dados externos

durante a execução. Preços, receitas, distâncias e passos de tempo são expressos em unidades do modelo, sem conversão para reais, quilômetros ou dias.

3.2 Entidades e inicialização

O ambiente é um quadrado de lado unitário, sem conexão entre bordas opostas. Há N consumidores, K firmas físicas e duas alternativas digitais. Cada consumidor pode adquirir uma unidade por passo ou não comprar. As posições dos consumidores são uniformes no quadrado; as firmas são inicialmente distribuídas no quadrado interno definido pelo intervalo [0,1; 0,9] em cada coordenada. Todas as posições permanecem fixas.

Quadro 1: Entidades e atributos.

Entidade	Atributos fixos	Estado atualizado
Consumidor	Posição; tolerância ao deslocamento; urgência; preferência inicial pelo canal físico	Preferência atual pelo canal físico e escolha de compra
Firma física	Posição; tamanho; qualidade; atratividade	Preço; receita anterior; direção do ajuste; condição ativa ou encerrada
Alternativa digital	Atratividade inicial e penalidade de espera	Atratividade atual, determinada pela participação no passo anterior

A tolerância ao deslocamento é uniforme entre 0,6 e 1,4. Metade dos consumidores, em expectativa, recebe urgência positiva, uniforme entre 0,2 e 1,4; os demais recebem zero. A preferência inicial pelo canal físico tem distribuição normal com média zero e desvio-padrão 0,25. Urgência e tolerância são fixas ao longo da simulação; apenas a preferência de canal se altera.

O tamanho e a qualidade das firmas são sorteados independentemente de distribuições lognormais cujos logaritmos têm média zero e desvios-padrão 0,6 e 0,4. Após normalização pelas médias amostrais, determinam a atratividade:

$$a_j = 0{,}40 + 0{,}55\,[0{,}6\,\frac{S_j}{\overline{S}} + 0{,}4\,\frac{Q_j}{\overline{Q}}] \quad (1)$$

Na equação (1), S e Q representam tamanho e qualidade, e as barras indicam médias entre as K firmas iniciais. A atratividade resultante não é, em geral, lognormal. As distribuições e os coeficientes são escolhas de referência, sem estimação empírica. Tamanho e qualidade afetam a escolha apenas por essa composição; não representam capacidade produtiva ou custos.

Quadro 2: Parâmetros de referência

Parâmetro	Valor	Interpretação
N; K; H	1.000; 10; 100	Consumidores, firmas iniciais e passos
c; u_0	1,5; −0,15	Penalidade de deslocamento e utilidade de não comprar
Preço inicial; limites	0,20; [0,02; 1,20]	Escala de preços físicos
Passo de preço; b	0,02; 2,5	Variação por passo e receita mínima
λ; α	0,35; 0,04	Influência social e retorno à preferência inicial
η; v	0,90; 8	Realimentação digital e número de vizinhos
Alternativa digital 1	A inicial = 0,05; δ = 1	Penalidade de espera proporcional à urgência
Alternativa digital 2	A inicial = −0,05; δ = 0	Ausência de penalidade de espera

Os valores da Quadro 2 definem a configuração principal. A semente 7 é utilizada para ilustrar trajetórias; a análise entre inicializações utiliza as sementes inteiras de 0 a 19. Em cada par de cenários, repetem-se atributos, posições e direções iniciais de preços. Um gerador separado, reinicializado com a mesma semente, sorteia as direções. O Apêndice A especifica a implementação e a ordem dos sorteios.

3.3 Utilidades e escolha de canal

A utilidade do consumidor i ao comprar na firma ativa j, no passo t, é:

$$U^F{}_{ij}(t) = a_j - p_j(t) - \frac{c\, d_{ij}}{T_i} + \varphi_i(t) \quad (2)$$

A distância euclidiana entre consumidor e firma é d; T é a tolerância ao deslocamento; a é a atratividade; p é o preço; e φ é a preferência atual pelo canal físico. Uma tolerância maior reduz a penalidade de distância. O coeficiente direto do preço é igual para todos os consumidores. O modelo não atribui, portanto, um parâmetro individual de sensibilidade ao preço.

Para a alternativa digital k, a utilidade é:

$$U^E{}_{ik}(t) = A_k(t) - \delta_k g_i \quad (3)$$

A representa um índice de benefício líquido da alternativa digital; δ pondera a penalidade de espera e g representa a urgência do consumidor. Não há preço digital decidido endogenamente nem decomposição entre preço, frete e qualidade. O consumidor compara as

utilidades das firmas ativas, das alternativas digitais disponíveis e da não compra, cuja utilidade é u_0, e escolhe a maior. Em empates, prevalece a primeira alternativa na ordem de implementação: firmas, plataformas e não compra, com índices crescentes dentro de cada grupo.

A condição para que uma firma ofereça utilidade pelo menos igual à melhor alternativa externa pode ser escrita como:

$$d_{ij} \leq \frac{T_i}{c} [a_j - p_j(t) + \varphi_i(t) - V_i(t)] \quad (4)$$

Na equação (4), V é a maior utilidade entre as alternativas digitais disponíveis e a não compra. Se o termo entre colchetes for negativo, nenhuma distância não negativa satisfaz a condição. Mesmo quando a condição é atendida, outra firma física pode oferecer utilidade superior. A expressão delimita uma distância admissível que depende do consumidor e do passo; não define um raio único de mercado para cada firma.

3.4 Sequência de atualização

Em cada passo, os consumidores escolhem com base no estado corrente do mercado. A demanda de uma firma é o número de consumidores que a selecionam, e sua receita é o produto dessa quantidade pelo preço. Os indicadores são registrados antes das atualizações. A execução com H = 100 contém registros de t = 0 a t = 99; o último registro descreve as condições usadas na centésima decisão de compra.

Quadro 3: Ordem das operações em cada passo

Parâmetro	Valor	Interpretação
1	Calcular utilidades e escolhas simultâneas	Demanda das firmas, participações digitais e não compra
2	Calcular receitas e registrar indicadores	Observação do mercado no passo corrente
3	Encerrar firmas com receita inferior a b	Saída irreversível a partir do passo seguinte
4	Atualizar direção e preço	Novo preço dentro dos limites definidos
5	Atualizar preferências dos consumidores	Efeito da vizinhança e retorno à preferência inicial
6	Atualizar atratividade digital	Efeito da participação corrente no passo seguinte

A firma permanece ativa somente se estava ativa e sua receita alcança b. Não há reserva de caixa nem custo variável no modelo principal. Essa é uma regra estilizada de saída por receita insuficiente; não corresponde a uma medida contábil de falência. No primeiro passo, a regra já pode provocar encerramentos.

A direção inicial de preço é sorteada entre −1 e +1. A partir da segunda observação, a direção é invertida quando a receita cai em relação ao passo anterior; caso contrário, é mantida. Adota-se tolerância numérica de 10^{-9} na comparação. O preço varia em 0,02 por passo e é limitado ao intervalo [0,02; 1,20]. Como a receita também responde às decisões dos rivais e dos consumidores, essa regra não isola o efeito do próprio preço nem garante maximização de lucro ou equilíbrio de Nash.

A vizinhança de cada consumidor é formada pelos oito consumidores mais próximos, excluído ele próprio. Essa rede é fixada na inicialização e pode ser dirigida: i pertencer à vizinhança de l não exige a relação inversa. Se x indica compra on-line, a fração local f e a participação global *s* são:

$$f_i(t) = \frac{1}{8}\sum_{l \in \mathcal{N}_i} x_l(t) \; ; \quad s(t) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i(t) \quad (5)$$

A preferência pelo canal físico é atualizada por:

$$\varphi_i(t+1) = \varphi_i(t) - \lambda\,[f_i(t) - s(t)] + \alpha\,[\varphi_i(0) - \varphi_i(t)] \quad (6)$$

Quando a compra on-line local supera a global, o termo social reduz a preferência pelo canal físico. O parâmetro α aproxima a preferência de seu valor inicial. Essa centralização pela participação global não conserva necessariamente a preferência média, pois consumidores podem aparecer em números diferentes de vizinhanças. A intensidade λ em relação a α determina a escala potencial do reforço e deve ser considerada na interpretação.

Para cada plataforma, a atratividade do próximo passo é:

$$A_k(t+1) = A_k(0) + \eta\, s_k(t) \quad (7)$$

A participação s da plataforma é calculada sobre todos os N consumidores, inclusive os que não compram. O efeito depende da participação do passo corrente, não da quantidade acumulada de usuários. No cenário sem canal digital, as duas alternativas são excluídas das escolhas; logo, sua participação é zero e a preferência física permanece no valor inicial.

3.5 Medidas de resultado

Preço médio e preço ponderado pelas vendas. O conjunto de firmas ativas no passo t é denotado por J(t), e seu número por n(t). O preço médio atribui o mesmo peso a cada firma ativa. O preço ponderado atribui peso proporcional à quantidade vendida q:

$$\overline{p}(t) = \frac{\sum_{j \in J(t)} p_j(t)}{n(t)}; \quad \overline{p}_q(t) = \frac{\sum_{j \in J(t)} p_j(t) q_j(t)}{\sum_{j \in J(t)} q_j(t)} \quad (8)$$

O primeiro indicador descreve os preços ofertados pelas firmas remanescentes; o segundo descreve o preço médio das transações físicas. Ambos são necessários porque mudanças na distribuição das vendas podem produzir diferenças entre eles. O preço médio é indefinido quando não há firmas ativas, e o ponderado é indefinido quando não há vendas físicas. Nenhum deles mede markup ou margem de lucro, pois o modelo não inclui custo marginal.

Permanência das firmas e participação dos canais. A taxa de permanência é *n(t)/K*, com o número inicial de firmas no denominador. A participação on-line é a média de *x*, em *que x = 1* para quem escolhe uma das plataformas e *x = 0* nas demais situações. A taxa de não compra é o número de consumidores que escolhem a opção externa dividido por *N*. A participação física é um menos a soma dessas duas taxas. Esses indicadores se referem a escolhas no passo corrente, não à adoção cumulativa de uma tecnologia.

Proximidade de lojas ativas. Para cada consumidor, calcula-se a distância à firma ativa mais próxima:

$$D_i(t) = min_{j \in J(t)} d_{ij} \quad (9)$$

As médias dessa distância são apresentadas separadamente para compradores físicos e digitais. O indicador mede acesso potencial à oferta física remanescente; não é a distância à loja efetivamente escolhida. A distância é indefinida se não há firma ativa, e a média de um grupo é indefinida se o grupo está vazio. Firmas encerradas não entram no cálculo.

Autocorrelação espacial da compra on-line. O I global de Moran mede a associação entre valores de uma variável e os valores observados em suas vizinhanças (Moran, 1950; Anselin, 2020). Neste estudo, a unidade espacial é o consumidor e a variável é x, o indicador binário de compra on-line. O índice é definido por:

$$I(t) = \frac{N}{W} \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{l=1}^{N} w_{il}[x_i(t) - \overline{x}(t)][x_l(t) - \overline{x}(t)]}{\sum_{i=1}^{N} [x_i(t) - \overline{x}(t)]^2} \quad (10)$$

Na equação (10), a barra sobre x representa a participação on-line; w vale 1 quando l está entre os oito vizinhos mais próximos de i e 0 nos demais casos; a diagonal é nula. Os pesos são binários e não são normalizados por linha. A soma W é igual a 8N, ou 8.000 na configuração principal. A mesma rede é usada na atualização social e no cálculo do índice. Com oito vizinhos em todas as linhas, dividir cada peso por oito produziria o mesmo I global.

Valores positivos indicam associação espacial entre valores semelhantes; valores negativos indicam predominância de vizinhos com valores distintos. Sob aleatorização dos valores entre posições fixas e com diagonal nula, a esperança do índice é $-1/(N-1)$, aproximadamente −0,0010 para N = 1.000. O intervalo admissível depende da matriz de pesos e não é necessariamente [−1; 1]. Quando todos os consumidores têm o mesmo valor de x, o denominador é zero e o índice é indefinido; registra-se NaN, não zero.

O índice é utilizado como medida descritiva. Não são realizados testes de permutação nem formuladas alegações de significância estatística. Também não se calcula Moran da sobrevivência das firmas: isso exigiria outra variável, outro conjunto de unidades e uma matriz de vizinhança própria.

3.6 Desenho dos experimentos e comparação entre execuções

O cenário A contém apenas firmas físicas e a opção de não comprar. O cenário B acrescenta as duas alternativas digitais desde o primeiro passo. A comparação mede diferenças entre trajetórias iniciadas com e sem essas alternativas; não representa a entrada digital após a estabilização de um mercado físico.

A primeira análise apresenta a semente 7, com parâmetros da Quadro 2. A segunda utiliza 20 pares de inicializações, com sementes de 0 a 19, para verificar a sensibilidade à distribuição inicial de agentes. A terceira repete esses pares em três configurações adicionais: sem influência social, sem realimentação da atratividade digital e sem ambos os mecanismos. Os demais parâmetros permanecem fixos. Assim, comparam-se quatro configurações, cada uma com 20 pares de cenários.

Como o ajuste discreto de preços pode gerar oscilações, a comparação entre inicializações utiliza a média temporal dos últimos 20 registros de cada execução. Para a semente r e o cenário C, define-se:

$$\overline{p}_{r,C} = \frac{1}{20}\sum_{t=80}^{99} \overline{p}_{r,C}(t) \; ; \quad \Delta_r = \overline{p}_{r,B} - \overline{p}_{r,A} \qquad (11)$$

A diferença pareada é o valor do cenário B menos o do cenário A para a mesma semente. Apresentam-se a média dessas diferenças, seu desvio-padrão amostral e o número de pares positivos. O desvio-padrão descreve a dispersão entre as 20 inicializações; não é um intervalo de confiança nem incerteza amostral sobre empresas reais. O último registro é mantido na tabela da execução de referência para mostrar simultaneamente preços, escolhas e permanência.

4. RESULTADOS

4.1 Execução de referência

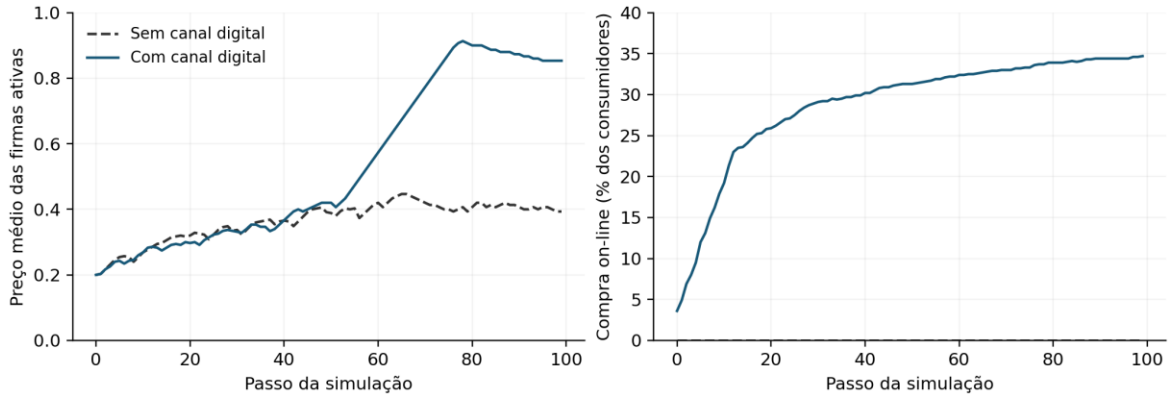
A Tabela 1 reúne indicadores da mesma configuração e do mesmo instante. O preço médio das firmas ativas é maior no cenário digital, e o preço ponderado pelas vendas também aumenta. Entretanto, o aumento relativo é menor quando se considera o volume vendido. Isso mostra a importância de distinguir preço ofertado médio e preço médio das transações.

Tabela 1: Resultados da semente 7 no registro t = 99

Indicador	A sem canal digital	B com canal digital
Preço médio das firmas ativas	0,3933	0,8533
Preço ponderado pelas vendas físicas	0,3765	0,6097
Firmas ativas e taxa de permanência	6 de 10; 60,0%	6 de 10; 60,0%
Participação da compra física	93,8%	65,3%
Participação da compra on-line	0,0%	34,7%
Taxa de não compra	6,2%	0,0%
I de Moran da compra on-line	Indefinido	0,9058
Distância à loja ativa mais próxima entre compradores físicos	0,1845	0,1451
Distância à loja ativa mais próxima entre compradores digitais	Não se aplica	0,2788

O aumento do preço médio das firmas ativas é de aproximadamente 116,95%, calculado com valores não arredondados. Permanecem ativas as mesmas seis firmas nos dois cenários. Para essa semente, portanto, a diferença de preço médio não resulta da comparação entre conjuntos distintos de sobreviventes, embora as quantidades vendidas por cada firma possam mudar.

Figura 1: Trajetórias de preço médio e participação on-line na semente 7 (Cada ponto corresponde ao registro anterior às atualizações).



Fonte: Os autores.

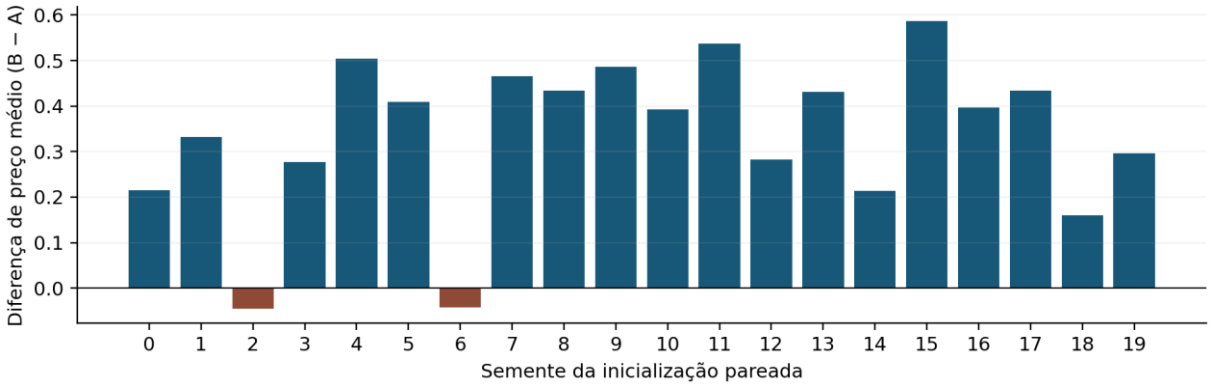
As trajetórias exibem oscilações de preço. Nos últimos 20 registros, o preço médio varia entre 0,3933 e 0,4200 no cenário A e entre 0,8533 e 0,9000 no cenário B. As médias temporais são, respectivamente, 0,4073 e 0,8737. Esses valores caracterizam o horizonte observado; não demonstram convergência a um preço único ou equilíbrio estratégico.

A não compra nula no cenário B decorre da parametrização. A segunda alternativa digital oferece utilidade inicial de −0,05, superior à reserva de −0,15, sem penalidade de espera. Como sua realimentação é não negativa, ela permanece superior à não compra. Assim, esse resultado não constitui evidência independente de redução de exclusão de consumidores.

4.2 A trajetória do proprietário-dirigente

No modelo completo, a média temporal de preços, posteriormente calculada entre as 20 sementes, é de 0,4939 no cenário A e 0,8323 no cenário B. A diferença média pareada é de 0,3383, com desvio-padrão amostral de 0,1730. As diferenças individuais variam de −0,0451 a 0,5867. Dezoito pares apresentam diferença positiva; as sementes 2 e 6 apresentam diferença negativa.

Figura 2: Diferença entre os preços médios temporais dos cenários B e A por semente (Cada barra utiliza os registros de t = 80 a t = 99).



Fonte: Os autores.

A elevação de preços, portanto, aparece com frequência nas inicializações examinadas, mas não é universal. O número médio de firmas ativas no último registro é de 5,80 no cenário A e 5,15 no cenário B. A igualdade de sobreviventes da execução de referência não representa o conjunto dos experimentos. Esses valores são médias de resultados discretos entre sementes, não quantidades fracionárias de firmas em uma execução.

4.3. Papel da influência social e da realimentação digital

A Tabela 2 compara o modelo completo às configurações em que um ou ambos os mecanismos são desativados. Os preços são primeiro promediados nos últimos 20 registros de cada execução e depois entre sementes. A dispersão se refere à diferença pareada, não às observações temporais.

Tabela 2: Comparação de mecanismos em 20 pares de inicializações.

Configuração	Preço A	Preço B	Diferença média B − A	DP da diferença
Completo	0,4939	0,8323	0,3383	0,1730
Sem influência social λ = 0	0,4939	0,3902	−0,1037	0,0657
Sem realimentação digital η = 0	0,4939	0,8034	0,3095	0,1814
Sem ambos λ = η = 0	0,4939	0,4275	−0,0664	0,0670

O DP corresponde ao desvio-padrão amostral calculado a partir das 20 diferenças pareadas, enquanto os demais parâmetros permanecem conforme definidos no quadro 2. O cenário A não sofre alterações em decorrência desses desligamentos, uma vez que não contempla compras digitais e mantém a preferência pelo canal físico em seu valor inicial.

A desativação da influência social modifica o sinal da diferença média e reduz de 18 para apenas dois o número de pares em que os preços físicos superam os praticados no cenário digital. Por outro lado, a retirada da realimentação das plataformas mantém a diferença média positiva, em 0,3095. Esses resultados indicam que, na grade de simulações analisada, a influência social exerce um papel importante na elevação dos preços, enquanto o reforço digital não se mostra indispensável para a ocorrência desse padrão na maioria das sementes.

A atuação conjunta desses mecanismos, contudo, modifica toda a dinâmica do modelo, afetando não apenas os preços, mas também as preferências dos consumidores, as vendas e as saídas do mercado. Dessa forma, os contrastes observados não permitem atribuir os resultados a uma resposta isolada e imediata da demanda. Da mesma maneira, não é possível concluir que os consumidores que permanecem no mercado sejam individualmente menos sensíveis aos preços, uma vez que o coeficiente direto de preço é o mesmo para todos e não houve estimação de elasticidades. Assim, a interpretação dos resultados deve se limitar aos efeitos produzidos pelas regras e pelos mecanismos efetivamente avaliados nas simulações.

4.4. Distribuição espacial das escolhas de canal

O I de Moran de 0,9058 no cenário B de referência indica forte associação espacial descritiva da compra on-line na rede adotada. A atualização social usa essa mesma vizinhança, de modo que o agrupamento é compatível com o mecanismo especificado. O valor não constitui validação empírica da rede nem evidencia uma transição de fase.

Os compradores digitais encontram-se, em média, a 0,2788 da loja ativa mais próxima; entre compradores físicos, a média é 0,1451. Essa diferença é coerente com a penalidade de deslocamento da utilidade física. Porém, preferências, tolerância, urgência e atratividade também influenciam a escolha. A comparação não identifica um efeito causal isolado da distância e não mede deslocamento realizado por compradores on-line.

Esses resultados tampouco demonstram desaparecimento da proteção geográfica das firmas. A distância continua na regra de escolha, e a rede social continua espacial. Avaliar a importância relativa da localização para a sobrevivência exigiria experimentos que variassem posições e atratividades de forma controlada, além de uma medida própria para os estabelecimentos.

5. DISCUSSÃO

Os experimentos mostram uma possibilidade relevante para a análise administrativa: a presença de alternativas digitais não impõe queda dos preços físicos sob qualquer regra de comportamento. No modelo, preferências que respondem à vizinhança podem sustentar trajetórias com preços físicos mais altos, apesar da transferência de parte das compras para plataformas. Essa interpretação é compatível com a comparação de mecanismos e é mais restrita do que atribuir o resultado apenas à seleção de consumidores.

Para o varejo, o resultado sugere investigar empiricamente como vínculos locais e preferências de canal afetam a resposta da demanda a preços. Ele não demonstra que elevar preços, investir em atendimento ou adotar estratégias omnicanal melhore o desempenho de uma firma. Essas decisões não são modeladas como alternativas de investimento, e não há dados de custos para avaliar rentabilidade. As implicações gerenciais assumem, portanto, a forma de hipóteses de pesquisa.

A relação entre inovação e desempenho competitivo também merece ser considerada nessa interpretação. Alves, Aires e Salgado (2023), identificam que seus efeitos sobre a vantagem competitiva não são uniformes, podendo apresentar caráter temporário ou sustentável conforme as características das iniciativas implementadas. Essa constatação reforça a necessidade de cautela ao interpretar a presença de canais digitais como uma vantagem competitiva em si mesma, uma vez que seus possíveis efeitos dependem das condições de implementação e da capacidade de incorporação dessas iniciativas à estratégia empresarial.

Há quatro limitações centrais. Primeiro, o espaço é homogêneo e a cobertura digital é integral. Renda, sortimento, frete, infraestrutura e tempos de entrega não variam espacialmente. Segundo, a saída depende de uma receita mínima em cada passo, sem caixa, custo variável ou possibilidade de reentrada. Isso pode tornar encerramentos iniciais mais abruptos do que em empresas reais. Terceiro, a regra de preços é adaptativa e opera sob limites fixos, de modo que patamares e oscilações dependem tanto do comportamento da demanda quanto dos parâmetros de ajuste.

Outra dimensão não contemplada diz respeito aos recursos tecnológicos necessários à operação das plataformas digitais. Neves et al. (2025), destacam a importância da otimização dos recursos computacionais em ambientes distribuídos e de computação em nuvem, bem como a necessidade de métricas mais consistentes para avaliar seu desempenho energético. Essa

perspectiva amplia a compreensão dos custos associados à digitalização, uma vez que a operação dos canais eletrônicos envolve uma infraestrutura tecnológica cujas exigências de processamento e consumo de energia não são necessariamente desprezíveis. No presente modelo, as alternativas digitais são representadas por índices de atratividade, sem incorporar os custos de funcionamento dessa infraestrutura ou seus efeitos ambientais, o que delimita outra dimensão a ser considerada em futuras extensões da análise.

A sobrevivência dos pequenos estabelecimentos também está condicionada a fatores financeiros e administrativos que ultrapassam a relação imediata entre receita e demanda. Freitas, Borges e Enoque (2022) identificam que o planejamento e o controle financeiro integram os fatores associados ao sucesso empresarial, enquanto a insuficiência de capital de giro, a inadimplência e as dificuldades de concorrência figuram entre os desafios à continuidade dos pequenos negócios. Essa perspectiva evidencia que a permanência de uma firma não pode ser compreendida exclusivamente pelo volume de receita obtido em determinado período, aspecto que delimita o alcance da regra de encerramento adotada nesta simulação.

Quarto, a escala da influência social exige cuidado. A razão λ/α é 8,75 na configuração principal, permitindo que a preferência acumulada assuma magnitude superior à de preços e atratividade. A alteração do sinal dos resultados quando λ é zerado torna prioritário examinar valores intermediários, outras intensidades de retorno à preferência inicial e regras de influência com saturação. As 20 sementes avaliam sensibilidade à inicialização; não substituem uma análise ampla de sensibilidade paramétrica ou estrutural.

O horizonte de 100 passos também limita a interpretação. Não foram testados equilíbrio de Nash, reversão da pressão digital ou ciclos necessários à análise de histerese. A saída irreversível já impõe persistência de parte das mudanças. Tampouco se estimaram limiares de transição de fase ou uma ordenação geral de sobrevivência pela atratividade.

A extensão empírica requer definir um mercado de produtos e uma área geográfica, associar as unidades do modelo a medidas observáveis e confrontar padrões simulados com dados independentes. A extensão computacional deve comparar horizontes maiores, redes alternativas, regras de escolha probabilística e preços ponderados por vendas em diferentes parametrizações. Essas etapas permitiriam avaliar se o mecanismo observado persiste fora da configuração teórica examinada.

A hipótese de acesso digital integral constitui uma simplificação importante, uma vez que a disponibilidade de tecnologias não implica necessariamente condições homogêneas de utilização. As diferenças territoriais e socioeconômicas podem interferir na apropriação dos recursos tecnológicos e na capacidade de participação em mercados digitalizados. Barboza e Winter (2026), ao discutirem a relação entre indicadores de ciência, tecnologia e inovação e vulnerabilidade social, oferecem elementos para contextualizar essa limitação e reforçam a necessidade de considerar as desigualdades de acesso em futuras extensões do modelo.

5. CONCLUSÃO

O modelo investigou a concorrência entre lojas físicas e alternativas digitais em um mercado com consumidores heterogêneos, ajuste adaptativo de preços e interação social espacial. Na configuração completa, a diferença entre os preços médios temporais dos cenários com e sem canal digital foi positiva em 18 de 20 inicializações. Ao desativar a influência social, a diferença média tornou-se negativa. A compra on-line também apresentou agrupamento espacial na execução de referência, medido pelo I de Moran.

A contribuição do estudo é identificar a influência social como um mecanismo relevante para a coexistência de concorrência digital e preços físicos mais altos nas condições simuladas. Os resultados não demonstram que a geografia deixe de importar nem que a entrada digital produza um efeito uniforme sobre a sobrevivência das firmas. Sua utilidade está em orientar testes posteriores sobre preferências de canal, proximidade e decisões de preço, com parâmetros estimados e medidas de desempenho econômico compatíveis com mercados observados.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Í. B. G.; AIRES, R. F. F.; SALGADO, C. C. R. O potencial de gerar vantagem competitiva de ações do programa agentes locais de inovação (ALI): um estudo de caso em micro e pequenas empresas do Rio Grande do Norte. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 1, p. 5-20, 2023. DOI: https://doi.org/10.6034/rmpe.v17i1.1507

ANSELIN, L. Global spatial autocorrelation (1). **GeoDa Workbook**, 10 set. 2020. Disponível em: https://geodacenter.github.io/workbook/5a_global_auto/lab5a.html . Acesso em: 16 abr. 2026.

ARTHUR, W. B. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. **The Economic Journal**, v. 99, n. 394, p. 116–131, 1989. DOI 10.2307/2234208.

BARBOZA, D. V.; WINTER, E. Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no combate à vulnerabilidade social. **Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro – Auditorium**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 64, p. 236-252, 2026. DOI: https://doi.org/10.30749/2177-8337.v30n64p236-252

BATISTA, A. G. S.; AROUCA, M. W. S.; LOBATO, F. M. F. Estratégias de digitalização comunicacional para micro e pequenas empresas como promotoras da inovação e competitividade. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 3, p. 60-79, 2024. DOI: https://doi.org/10.6034/rmpe.v18i3.1982

BRAGA, R. O. C.; AVELAR, K. E. S.; NÓBREGA, M. J. R.; BRANDÃO, M. R.; MIRANDA, M. G. O papel das fintechs e do Nubank na evolução do microcrédito e no impulsionamento do microempreendedor brasileiro. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 7, n. 7, art. e778610, 2026. DOI: https://doi.org/10.47820/recima21.v7i7.8610

CHEN, Y.; RIORDAN, M. H. Price-increasing competition. **The RAND Journal of Economics**, v. 39, n. 4, p. 1042–1058, 2008. DOI 10.1111/j.1756-2171.2008.00049.x.

D'ASPREMONT, C.; GABSZEWICZ, J. J.; THISSE, J.-F. **On Hotelling's "Stability in Competition". Econometrica**, v. 47, n. 5, p. 1145–1150, 1979. DOI 10.2307/1911955.

FORMAN, C.; GHOSE, A.; GOLDFARB, A. Competition between local and electronic markets: how the benefit of buying online depends on where you live. **Management Science**, v. 55, n. 1, p. 47–57, 2009. DOI 10.1287/mnsc.1080.0932.

FREITAS, D. R. F.; BORGES, A. F.; ENOQUE, A. G. Fatores de sucesso e desafios à sobrevivência de micro e pequenas empresas: um estudo na cidade de Ituiutaba-MG. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 16, n. 1, p. 82-95, 2022. DOI: https://doi.org/10.6034/rmpe.v16i1.1574

GRIMM, V. et al. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. Ecological Modelling, v. 198, n. 1–2, p. 115–126, 2006. DOI 10.1016/j.ecolmodel.2006.04.023.

GRIMM, V. et al. The ODD protocol for describing agent-based and other simulation models: a second update to improve clarity, replication, and structural realism. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 23, n. 2, art. 7, 2020. DOI: https://doi.org/10.18564/jasss.4259.

HOTELLING, H. Stability in competition. **The Economic Journal**, v. 39, n. 153, p. 41–57, 1929. DOI 10.2307/2224214.

HUFF, D. L. Defining and estimating a trading area. **Journal of Marketing**, v. 28, n. 3, p. 34–38, 1964. DOI 10.1177/002224296402800307.

KATZ, M. L.; SHAPIRO, C. Network externalities, competition, and compatibility. **The American Economic Review**, v. 75, n. 3, p. 424-440, 1985.

MELO, F. S. S.; PALOPOLI, F. F.; SANTOS, R. M.; MELLO, S. T. A.; CARLOS, A. S.; FERREIRA, V. M. S.; BOENTE, A. N. P.; CARVALHO, M. G. P.; D'DURAND, T. M. L.; COSTA, C. B. J. Arquitetura algorítmica para atenção sustentável: o modelo Be-Productive como resposta à sobrecarga cognitiva no capitalismo de vigilância. **Revista Tópicos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 34, p. 1-21, 2026. DOI: https://doi.org/10.70773/revistatopicos/781363235

MORAN, P. A. P. Notes on continuous stochastic phenomena. **Biometrika**, v. 37, n. 1–2, p. 17–23, 1950. DOI: https://doi.org/10.1093/biomet/37.1-2.17.

NEVES, A. C. M.; GONÇALVES, D. A.; CASTRO, T. R.; GARRIDO, M. A. D.; BARBOZA, D. V. Arquitetura de software para eficiência energética: uma revisão bibliométrica. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 1, p. 21-40, 2025. DOI: https://doi.org/10.6034/rmpe.v19i1.2163

OTTINO-LOFFLER, B.; STONEDAHL, F.; VEETIL, V.; WILENSKY, U. Spatial competition with interacting agents. **International Journal of Microsimulation**, v. 10, n. 3, p. 75–91, 2017. DOI 10.34196/ijm.00166.

SANTOS, R. M.; RODRIGUES, F. C. T.; VILELA, J. A. R.; FERREIRA, V. M. da S. Análise territorial e inteligência artificial na política socioassistencial: o aplicativo Visível como instrumento de apoio à decisão no enfrentamento das vulnerabilidades sociais. **Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro – Auditorium**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 64, p. 103-128, jun. 2026. DOI: https://doi.org/10.30749/2177-8337.v30n64p103-128

SILVA, P. L.; CASSOL, A.; BONA, C. R. F.; MARIETTO, M. L. A transformação digital no varejo dos pequenos negócios: o papel das mídias sociais, dos influenciadores e do boca-a-boca eletrônico (eWOM) nas decisões de compra das mulheres. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 1, p. 5-21, 2024. DOI: https://doi.org/10.6034/rmpe.v18i1.2104

SIMON, H. A. A behavioral model of rational choice. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 69, n. 1, p. 99–118, 1955. DOI 10.2307/1884852.

TESFATSION, L. Agent-based computational economics: a constructive approach to economic theory. In: TESFATSION, L.; JUDD, K. L. (org.). **Handbook of Computational Economics**. Amsterdam: Elsevier, 2006. v. 2, p. 831–880. DOI 10.1016/S1574-0021(05)02016-2.

Apêndice A Implementação para reprodução

O código a seguir reproduz o núcleo do modelo, os indicadores da Tabela 1 e os contrastes da Tabela 2. A implementação foi verificada em Python 3.12.14 com NumPy 2.3.5. Não requer arquivos externos. Cada execução gera uma lista de 100 registros; esses registros também fornecem os dados das figuras. A semente controla atributos e posições, enquanto um segundo gerador, com a mesma semente, controla as direções iniciais de preço.

Na impressão da Tabela 2, o código apresenta a média dos preços temporais de A e B, a diferença pareada média, seu desvio-padrão amostral e o número de diferenças positivas. O código usa ponto decimal, conforme a sintaxe Python. NaN identifica medidas indefinidas. As atualizações de preços de firmas já encerradas não afetam a escolha, porque essas firmas recebem utilidade negativa infinita.

```
"""Reprodução das tabelas do artigo. Python 3.12 e NumPy 2.3.5.
Execute: python modelo_revisado.py. Preços em unidades do modelo.
Os registros t=0,...,99 precedem as atualizações de cada passo.
"""
import numpy as np

def moran(x, viz):
    z = x - x.mean()
    den = z @ z
    if den == 0:
        return float('nan')
    return (len(x) / viz.size) * (z[:, None] * z[viz]).sum() / den

def simular(seed=7, digital=True, lam=0.35, eta=0.90):
    n, k, h = 1000, 10, 100
    rng = np.random.default_rng(seed)
    lojas = rng.uniform(0.1, 0.9, (k, 2))
    tamanho = rng.lognormal(0.0, 0.6, k)
    qualidade = rng.lognormal(0.0, 0.4, k)
```

```
    a = 0.40 + 0.55 * (0.6 * tamanho / tamanho.mean()
                       + 0.4 * qualidade / qualidade.mean())
    pessoas = rng.uniform(0, 1, (n, 2))
    tolerancia = rng.uniform(0.6, 1.4, n)
    urgente = rng.random(n) < 0.5
    g = urgente * rng.uniform(0.2, 1.4, n)
    phi0 = rng.normal(0.0, 0.25, n)
    phi = phi0.copy()
    direcao = np.random.default_rng(seed).choice([-1, 1], k)
    dc = np.linalg.norm(pessoas[:, None] - pessoas[None, :], axis=2)
    np.fill_diagonal(dc, np.inf)
    viz = np.argsort(dc, axis=1)[:, :8]
    d = np.linalg.norm(pessoas[:, None] - lojas[None, :], axis=2)
    ativa = np.ones(k, dtype=bool)
    preco = np.full(k, 0.20)
    anterior = np.full(k, -1.0)
    base = np.array([0.05, -0.05])
    plataforma = base.copy()
    atraso = np.array([1.0, 0.0])
    hist = []
    for t in range(h):
        uf = a[None, :] - preco[None, :] - 1.5*d/tolerancia[:, None]
        uf += phi[:, None]
        uf[:, ~ativa] = -np.inf
        ue = plataforma[None, :] - g[:, None]*atraso[None, :]
        if not digital:
            ue[:] = -np.inf
        u = np.column_stack((uf, ue, np.full(n, -0.15)))
        escolha = u.argmax(axis=1)
        online = ((escolha >= k) & (escolha < k+2)).astype(float)
        fisico = escolha < k
        demanda = np.array([(escolha == j).sum() for j in range(k)])
        receita = preco*demanda
        share = np.array([(escolha == k+j).mean() for j in range(2)])
        media = preco[ativa].mean() if ativa.any() else np.nan
        ponderado = (preco@demanda/demanda.sum()
                     if demanda.sum() else np.nan)
        perto = d[:, ativa].min(axis=1) if ativa.any() else np.full(n, np.nan)
        hist.append(dict(t=t, preco=media, ponderado=ponderado,
            vivas=int(ativa.sum()), online=online.mean(),
            naocompra=(escolha == k+2).mean(), moran=moran(online, viz),
            dist_f=perto[fisico].mean() if fisico.any() else np.nan,
            dist_e=perto[online == 1].mean() if online.any() else np.nan))
        ativa &= receita >= 2.5
        inverter = (anterior >= 0) & (receita < anterior-1e-9)
        direcao = np.where(inverter, -direcao, direcao)
        anterior = receita.copy()
        preco = np.clip(preco + direcao*0.02, 0.02, 1.20)
        local = online[viz].mean(axis=1)
        phi += -lam*(local-online.mean()) + 0.04*(phi0-phi)
        plataforma = base + eta*share
    return hist

def resumo(hist):
    return np.mean([r['preco'] for r in hist[-20:]])
```

```
def experimentos():
    configs = [('Completo', 0.35, 0.90), ('Sem social', 0.0, 0.90),
               ('Sem rede', 0.35, 0.0), ('Sem ambos', 0.0, 0.0)]
    resultados = {}
    for nome, lam, eta in configs:
        linhas = []
        for seed in range(20):
            a = simular(seed, False, lam, eta)
            b = simular(seed, True, lam, eta)
            linhas.append(dict(seed=seed, A=a, B=b))
        resultados[nome] = linhas
    return resultados

if __name__ == '__main__':
    resultados = experimentos()
    for nome, linhas in resultados.items():
        pa = np.array([resumo(r['A']) for r in linhas])
        pb = np.array([resumo(r['B']) for r in linhas])
        delta = pb-pa
        print(nome, 'media A, B, diferenca, DP, positivas:')
        print(pa.mean(), pb.mean(), delta.mean(), delta.std(ddof=1),
              int((delta > 0).sum()))
    ref = resultados['Completo'][7]
    print('Referencia A:', ref['A'][-1])
    print('Referencia B:', ref['B'][-1])
```