

3

ALGORITMOS DE PRECIFICAÇÃO E CONLUIOS IMPLÍCITOS: O QUE DIZEM AS EVIDÊNCIAS?

Pricing algorithms and tacit collusion: what is the evidence?

Rutelly Marques da Silva²

Escola Nacional de Administração Pública (ENAP) - Brasília/DF, Brasil

Fernando Filgueiras³

Universidade Federal de Goiás (UFG) - Goiás/GO, Brasil

RESUMO ESTRUTURADO

Contexto (facultativo): O uso de algoritmos de precificação tem se disseminado entre as empresas e, em virtude disso, aumentou a preocupação de pesquisadores e de autoridades antitruste quanto a possíveis impactos negativos na concorrência.

Objetivo: Identificar se, na literatura econômica, há evidências de conluios implícitos gerados por algoritmos de precificação e, com isso, contribuir para o aperfeiçoamento da política pública de defesa da concorrência.

Método: Esta pesquisa adota o método de revisão rápida da literatura sobre algoritmos de precificação. Foram selecionados 18 artigos que investigam a relação desses algoritmos com conluios implícitos a partir de modelos teóricos, modelos de simulação computacional, avaliações empíricas e análises

Editor responsável: Prof. Dr. Luis Henrique Bertolino Braido, Fundação Getúlio Vargas (FGV/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6085-1446>.

Recebido em: 26/10/2022

Aceito em: 26/10/2022

Publicado em: 02/12/2022

2 Consultor Legislativo. Doutorando em Políticas Públicas pela Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), Mestre em Economia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Bacharel em Ciências Econômicas pela UFMG. É professor colaborador dos cursos de MBA na área de regulação ofertados pela Fundação Getúlio Vargas de Brasília-DF e do MBA em Direito e Regulação do Setor Elétrico do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). Brasília - DF. **E-mail:** rutelly@gmail.com; **Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/8765538537978937>. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2807-8024>.

3 Professor associado da Faculdade de Ciências Sociais da Universidade Federal de Goiás (UFG). Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência Política e Relações Internacionais da UFG. Professor do Programa Profissional de Doutorado em Políticas Públicas da Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). Professor afiliado no Ostrom Workshop on Political Theory and Policy Analysis, Indiana University. Pesquisador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) – Democracia Digital, Universidade Federal da Bahia (UFBA). Bolsista de Produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Filgueiras é doutor em Ciência Política pelo Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro (IUPERJ). Entre suas obras, *Governance for the Digital World - Nem More State Nem More Market* (Palgrave, 2021), com Virgílio Almeida. Goiânia-GO. **E-mail:** fernandofilgueiras@ufg.br; **Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/4348768274838297>. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9570-8113>.

qualitativas.

Conclusões: Dos dezoito artigos selecionados para a revisão rápida, seis produzem evidências a partir simulações computacionais e duas a partir de modelos teóricos; nove discutem o tema em termos qualitativos e uma o faz empiricamente. As evidências de conluio implícitos decorrentes de algoritmos de precificação são baseadas em modelos teóricos e de simulação. Há, contudo, carência de evidências empíricas e associadas a casos julgados por autoridades de concorrência.

Palavras-chave: algoritmo; precificação; conluio implícito; concorrência; evidências.

STRUCTURED ABSTRACT

Context (optional): Pricing algorithms have spread among companies. As a result, researchers and antitrust authorities are concerned about the impacts on reducing competition.

Objective: Identify whether, in the economic literature, there is evidence of tacit collusion by pricing algorithms and, thus, contribute to improve public policies for the defense of competition.

Method: This research adopts a rapid literature review on pricing algorithms. Eighteen articles were selected. They analyze the relationship of these algorithms with implicit collusion based on theoretical models, computer simulation models, empirical evaluations and qualitative analyses.

Conclusions: Of the eighteen articles selected for rapid review, six produce evidence from computer simulations and two from theoretical models; nine discuss the issue in qualitative terms and one does it empirically. The review shows that evidence of implicit collusion arising from pricing algorithms is based on theoretic and in simulation models. There is a lack of empirical evidence associated with cases of antitrust judged by competition authorities.

Keywords: algorithm; pricing; implicit collusion; competition; evidence

Classificação JEL: K21.

Sumário: 1. Introdução; 2. Conluio implícito: conceito e o seu enquadramento na legislação antitruste; 3. Os algoritmos de precificação e sua possível relação com o conluio implícito; 4. As evidências de impactos dos algoritmos de precificação no conluio implícito; 4.1. Das evidências a partir de modelos computacionais; 4.2. Das evidências empíricas; 4.3. Das evidências teóricas; 4.4. Das evidências qualitativas; 5. Implicações para a autoridade antitruste brasileira; 6. Considerações Finais; 7. Referências.

1. INTRODUÇÃO

Em abril de 2011, dois vendedores independentes anunciaram na Amazon Marketplace o livro *The Making of a Fly* por um preço comercial. Em dez dias, o preço de venda de cada exemplar atingiu US\$ 23,7 milhões, muito superior àquele associado à venda de 15 unidades usadas (US\$ 35,34). O surpreendente preço foi explicado pela interação dos algoritmos de precificação de ambos os vendedores, que teria produzido um *feedback* positivo infinito e, em consequência, provocado uma espiral de preços.

O fato narrado acima é um alerta sobre os impactos dos algoritmos de precificação na



concorrência. Algoritmos têm assumido um lugar central na economia política contemporânea, uma vez que eles organizam e estruturam o acesso de consumidores a serviços, bens e informação, conformando uma nova dinâmica de poder nas sociedades contemporâneas (CULPEPPER; THELEN, 2021). Os *feedbacks* positivos dão origem a um novo processo de institucionalização na economia e criam dificuldades para os formuladores de políticas na regulação dessa nova dinâmica econômica.

Inspirados em Ezrachi e Stucke (2016) e em Mehra (2016), vários estudos foram desenvolvidos com vistas a discutir os impactos dos algoritmos de precificação na concorrência, dentre os quais o surgimento de conluíus implícitos a partir de decisões autônomas desses algoritmos. Em virtude da capacidade de aprendizado, essas ferramentas digitais, na resolução da tarefa de maximizar o lucro das empresas e a partir da lógica de que a recompensa (preços elevados) é incentivada por uma punição (guerra de preços), definiriam um preço acima daquele que seria o preço concorrencial.

Em geral, o uso e o avanço de algoritmos para resolver diferentes problemas leva em consideração uma lógica consequencialista, considerando custos e benefícios para que os agentes tomem uma decisão ou realizem uma ação. A digitalização não segue uma lógica de apropriação do comportamento dos algoritmos aos requisitos institucionais e normas que organizam a sociedade (FILGUEIRAS, 2021). Assim, algoritmos implicam novas dinâmicas institucionais, em que eles transformam vários aspectos da sociedade ao criar novas regras e normas para o funcionamento da sociedade e ao mudar as instituições existentes em função de inovações que desafiam a ordem social (ALMEIDA; FILGUEIRAS; MENDONÇA, 2022).

A possibilidade de algoritmos de precificação favorecerem ou formarem conluíus, explícitos ou implícitos, traz desafios para as autoridades antitruste, responsáveis pela repressão e pela prevenção de condutas lesivas à concorrência. Isso porque novos elementos precisam ser agregados às investigações de conluíus e às análises das operações de fusões e aquisições.

Nesse contexto, como forma de contribuir com o aperfeiçoamento da política pública de defesa da concorrência, o objetivo deste artigo é identificar evidências de conluíus implícitos gerados por algoritmos de precificação. Para tanto, a segunda seção deste estudo discute o conceito de conluio implícito; a terceira tem como objeto a relação conceitual dos algoritmos de precificação com o conluio implícito; a quarta seção apresenta as evidências identificadas na literatura sobre a associação em questão; a quinta seção levanta algumas implicações para a autoridade antitruste brasileira; a sexta seção expõe as considerações finais.

2. CONLUIO IMPLÍCITO: CONCEITO E O SEU ENQUADRAMENTO NA LEGISLAÇÃO ANTITRUSTE

Em termos jurídicos, o conluio (ou cartel) exige a comunicação e um acordo entre empresas que concorrem entre si, em um ambiente no qual essas empresas tentam e usam instrumentos para disfarçar o arranjo.

Já no âmbito econômico, o conluio é entendido de forma mais ampla, pois está associado à prática de preços acima do preço concorrencial em decorrência de um comportamento coletivo. Ou seja, as empresas poderiam praticar um preço acima do preço concorrencial ainda que não tenham combinado uma estratégia com essa finalidade. Por isso, em economia, há os cartéis: (i) explícitos, nos quais as empresas acordam uma determinada prática empresarial, que podem ser formados

a partir de acordos explícitos ou tácitos, e que são equivalentes ao conceito de conluio adotados por advogados; e (ii) os implícitos, onde o acordo entre as empresas não existe⁴. Como mencionam Calvano *et al.* (2020), citando Harrington (2018), o conluio para os economistas é um esquema de punição e recompensa, desenhado para incentivar a prática pelas empresas de preços acima do nível concorrencial⁵.

Os conluios implícitos são, como mostra Silva (2005), resultantes da dinâmica de interação entre as empresas no mercado em que atuam. A constante interação entre elas pode levar a um preço de equilíbrio similar ao preço praticado por um cartel explícito, mesmo sem comunicação mútua. Para entender essa conclusão, basta considerar a situação hipotética em que apenas duas empresas, A e B, atuam em um determinado mercado. A empresa A, sem que tenha havido alteração que afete as suas curvas de oferta e demanda, aumenta o preço em um momento t . Se a rival B acompanha esse movimento, A permanece com o preço elevado em $t+1$, ou seja, houve um conluio implícito para elevar o preço de mercado. Caso contrário, A retorna ao preço de $t-1$. Qualquer tentativa de uma das empresas em ganhar mercado por meio da redução de preço terá como consequência uma guerra de preços, uma forma de punição pelo rompimento do conluio implícito.

Como o conluio explícito é um ilícito, espera-se que as empresas interessadas em distorcer a concorrência busquem instrumentos capazes de: promover o conluio sem que elas precisem discutir e acordar a prática com suas rivais, ou seja, instrumentos capazes de acentuar o papel da interação de mercado como meio de viabilizar e tornar estável o conluio implícito; e descaracterizar as preocupações do órgão antitruste com os conluios durante a análise de um ato de concentração. Entra em cena, então, os efeitos potenciais dos algoritmos de precificação.

3. OS ALGORITMOS DE PRECIFICAÇÃO E SUA POSSÍVEL RELAÇÃO COM O CONLUIO IMPLÍCITO

Hutchinson, Ruchkina e Pavlikov (2021) apontam que, embora não haja consenso, o termo algoritmo pode ser definido como uma sequência de operações destinadas a executar tarefas ou resolver problemas⁶. Nos últimos anos, um progresso notável ocorreu no desenho de algoritmos (RUSSELL, 2019). O desenvolvimento de algoritmos está associado à evolução da capacidade computacional e proliferação de big data. Entre os algoritmos, chamam atenção os algoritmos de aprendizado de máquina. Esses softwares, em vez de especificar regras e rotas passo a passo que os algoritmos tradicionais seguem, aprendem com exemplos, dados e experiências.

Os algoritmos de aprendizado de máquina fazem parte de uma família de métodos de inteligência artificial (IA), que incluem aprendizado profundo e aprendizado por reforço (KELLEHER,

4 Na economia, o conluio implícito também é denominado de conluio tácito. Neste artigo, optou-se pelo termo implícito para diferenciar o tipo de conluio na concepção econômica (explícito ou implícito) do tipo de acordo associado ao conluio na concepção dos advogados (explícito ou tácito). Uma discussão sobre as diferenças entre advogados e economistas em torno do conceito de conluio pode ser encontrada em Ong (2021) e em Motta (2004).

5 No plano jurídico, os conluios implícitos são sinônimos de paralelismo consciente, paralelismo de conduta e preços de oligopólio (ZHENG; WU, 2019).

6 O autor atribui tal definição a Knuth (1997). Não se deve confundir algoritmo com sistema algorítmico. Conforme Almeida, Filgueiras e Mendonça (2022), enquanto o primeiro seria uma descrição abstrata e formal de um procedimento computacional associado a outras formas computacionais, o segundo envolveria uma combinação de componentes computacionais e sociais. Essa distinção tem implicações que não serão abordadas neste artigo, tais como a maneira de lidar com os resultados gerados pelos algoritmos de precificação.

2019); eles impulsionam *softwares* modernos incorporados em assistentes pessoais virtuais, carros autônomos, mecanismos de recomendação, ferramentas de reconhecimento de imagem e voz e serviços de tradução de idiomas.

Para o tema tratado neste artigo, o interesse está nos algoritmos voltados à precificação e baseados em estratégias de aprendizagem de reforço porque eles emulam o que ocorre em um conluio implícito. Esses *softwares* resolvem tarefas com base na experiência e que estão associados à tomada de ações e à interação com um determinado ambiente com vistas a maximizar a recompensa total. Conforme apontam Assad et al. (2021), a recompensa (manter os preços elevados até ocorrer uma redução pelos concorrentes), a guerra de preços (para punir o rival que reduziu preços) e o perdão (elevação de preços) são característica do conluio, a exemplo do exposto na seção anterior.

Ezrachi e Stucke (2016)⁷ dividem os conluios envolvendo os algoritmos de precificação em quatro categorias: mensageiro (*messenger*), *hub-and-spoke*, agente previsível (*predictable agente*) e máquina autônoma (*digital eye*)⁸. Na categoria mensageiro, o algoritmo de precificação é usado para implementar o cartel e suas decisões, como no caso do monitoramento dos preços para identificar traições. A categoria *hub-and-spoke* se caracteriza pela existência de uma terceira parte (o algoritmo, o hub) assumir o papel de vendedor e definidor do preço de vários concorrentes (*spoke*) que formaram o cartel. No caso do agente previsível, cada concorrente usa o seu próprio algoritmo para monitorar os preços no mercado e ajustar os seus preços aos praticados pelos rivais. Por fim, na categoria máquina autônoma, os algoritmos determinam a melhor forma de maximizar o lucro da empresa. Enquanto as duas primeiras categorias estão associadas aos conluios explícitos, porque envolvem a existência de um acordo entre as empresas concorrentes, as duas últimas se relacionam aos conluios implícitos, já que exigem apenas a interação entre as empresas no âmbito do mercado. Os riscos de conluios associados às duas primeiras categorias já são verificados em situações concretas.

Bernhardt e Dewenter (2020) citam o Caso Topkins, em que varejistas usaram seus algoritmos para ajustar seus preços em ações coordenadas, permitindo-lhes reagir instantaneamente às flutuações de preços. Trata-se, portanto, de um acordo baseado na coordenação humana e que foi implementado por algoritmos, usados como mensageiros entre as empresas na fixação de preços. Os autores também relatam um caso similar ocorrido no Reino Unido: a empresa Trod Ltd firmou um acordo com outro vendedor para manter seus preços em determinados níveis e implementou o cartel usando um *software* de precificação.

Šmejkal (2017) menciona uma condenação antitruste envolvendo a categoria *hub-and-spoke*. No caso Meyer versus Kalanick, um tribunal de Nova Iorque, Estados Unidos, considerou que o preço praticado pelo aplicativo Uber era fruto da certeza dos motoristas vinculados ao aplicativo de que nenhum motorista ofereceria outro preço ao cliente. Em razão disso, o juiz responsável pelo caso considerou que a Kalanick havia criado um acordo entre o hub (Kalanick-Uber) e os *spokes* (motoristas) e um acordo entre os motoristas. Šmejkal (2017) cita ainda outro caso do tipo *hub-and-spoke*, julgado na União Europeia: a Eturas, ofertante de *software* de reservas online às agências de viagens, as informou que, para “normalizar a concorrência”, tal *software* limitaria o nível máximo de descontos oferecidos em 3%.

7 Ezrachi e Stucke (2016) e Mehra (2016) são apontados como pioneiros no estudo dos impactos dos algoritmos de precificação na concorrência.

8 Klein (2021), Calvano et al. (2019) e Bernhardt e Dewenter (2020) utilizam classificações distintas, mas alinhadas à categorização de Ezrachi e Stucke (2016).

No caso brasileiro, o Grupo de Trabalho em Economia Digital das Autoridades de Concorrência dos BRICS⁹ menciona o uso de *software* para coordenar aumentos de preço e para monitorar o acordo em três mercados: reservas de bilhetes aéreos por agências de turismo, nos quais as empresas áreas discutiam os aumentos; serviços prestados pelos Centros de Formação de Condutores (CFC); fabricação de placas para veículos. Esses casos, todavia, não envolvem algoritmos alcançados pela definição de Hutchinson, Ruchkina e Pavlikov (2021).

Os órgãos antitruste de vários países se preparam para enfrentar os desafios associados aos algoritmos de precificação. Hansen, Misra e Pai (2021b) apontam que a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) emitiu esclarecimentos não vinculativos sobre algoritmos computacionais e conluio no mercado (OECD, 2017). O'Connor e Wilson (2021) mencionam que a Autoridade de Concorrência e Mercados do Reino Unido (*Competition Market Authority - CMA*) divulgou um white paper descrevendo os fatores de risco associados ao uso de algoritmos de precificação (CMA, 2018). Assad *et al.* (2021) citam que a OCDE, um Comissário da *Federal Trade Commission* (FTC), a CMA no Reino Unido e as autoridades de concorrência francesas, alemãs e canadenses levantaram preocupações sobre o risco de conluio em decorrência de algoritmos de precificação. A FTC (SMITH, 2020), inclusive, emitiu orientações sobre o uso de Inteligência Artificial em mercados. Por fim, Klein (2021) informa que a Comissão Europeia já identifica o risco de conluio implícito em decorrência de algoritmos como um tópico potencial para investigação¹⁰.

Como as preocupações com os algoritmos de precificação se disseminam entre autoridades concorrenciais de diversos países, e visando a contribuir para que a autoridade antitruste brasileira possa se estruturar para lidar com eventuais casos concretos, é relevante identificar evidências científicas relacionadas ao tema já produzidas.

4. AS EVIDÊNCIAS DE IMPACTOS DOS ALGORITMOS DE PRECIFICAÇÃO NO CONLUIO IMPLÍCITO

Uma forma de identificar evidências de associação entre algoritmos de precificação e conluio implícito é a realização de uma revisão rápida na literatura¹¹. Conforme Petticrew e Roberts (2006), trata-se de uma revisão a partir de uma sistematização, realizada dentro de um tempo limitado e com restrições no escopo da pesquisa¹². Gavine *et al.* (2018) apontam que as conclusões principais de uma revisão rápida não diferem extensivamente daquelas obtidas por uma revisão sistemática. Assim, a revisão rápida permite uma indicação segura da direção da literatura sobre determinado problema científico.

As publicações selecionadas para a revisão rápida consistem em artigos que estavam disponíveis nas bases de periódicos Scopus, Proquest e Jstor na data de 3 de maio de 2022 e que continham as expressões “*algorithmic pricing*” e “*collusion*” em seus títulos, resumos ou corpos. Não

9 Grupo de Trabalho em Economia Digital das Autoridades de Concorrência (BRICS, 2019).

10 No Brasil, ainda não há iniciativas de porte semelhante.

11 Gavine *et al.* (2018) discorrem sobre o uso de revisões da literatura como forma de produzir evidências em políticas públicas.

12 Gavine *et al.* (2018) mencionam que não há um consenso em torno da definição de revisão rápida e da metodologia nela empregada, mas apontam características que lhe são comuns: foco; estratégia de busca menos sofisticada, uso apenas evidências altamente processadas; não inclusão da chamada literatura cinzenta; e omissão ou realização de apenas uma avaliação básica de qualidade.

foi aplicado filtro associado ao ano da publicação.

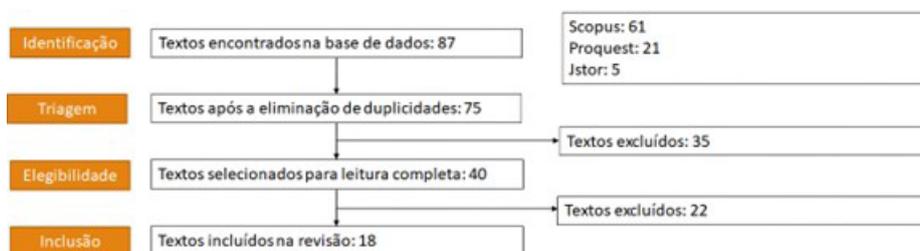
A Figura 1 demonstra as etapas de seleção dos textos incluídos na revisão rápida.



Fonte: elaboração própria.

Foram incluídas na revisão rápida as publicações que investigaram a relação entre algoritmos de precificação e conluios implícitos. A Figura 2 apresenta o prisma da revisão rápida.

Figura 2 – Prisma da revisão rápida



Fonte: elaboração própria.

Conforme ilustra a Figura 2, dos 87 estudos identificados nas bases de periódicos consultadas, apenas 18, publicados entre 2019 e 2022¹³, foram incluídos na revisão rápida¹⁴. Na fase da triagem, foram eliminados os textos cujos resumos indicavam não haver reflexão acerca do papel dos algoritmos de precificação na formação de conluios implícitos entre empresas; são os casos de publicações que se propõem enfatizar questões éticas, mecanismos de *desing*, discriminação de preços e outras práticas empresariais. Quanto ao critério de elegibilidade e de inclusão na revisão rápida, foi avaliado se a publicação tem como objetivo discutir a relação entre algoritmos de precificação e conluios implícitos entre empresas. Nesse contexto, por exemplo, foram excluídas aquelas publicações com ênfase em possíveis mudanças nos guias destinados às análises de concentração horizontal e nos desafios da

13 O texto mais antigo identificado nas bases de periódicos foi publicado em 2008, mas não atendeu aos critérios para inclusão na revisão rápida. O mesmo ocorreu com o texto mais antigo que passou por leitura completa, publicado em 2016.

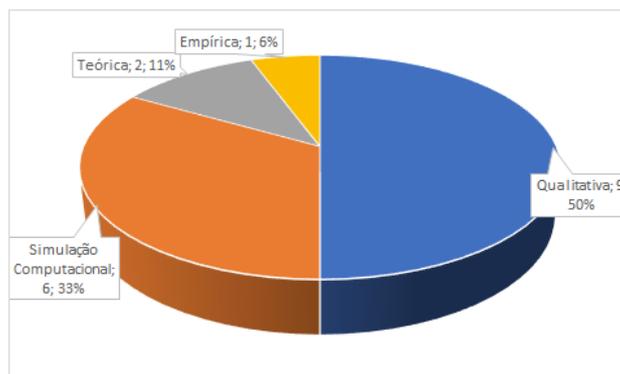
14 A leitura dos textos incluídos na revisão rápida mostrou que há outros anteriores à 2019 potencialmente elegíveis para uma revisão sistemática, mas que não foram alcançados pela pesquisa realizada neste estudo. Algumas possíveis explicações para a exclusão de textos dessa natureza: são livros; não estavam nas bases de periódicos consultadas; e não continham as duas expressões de busca.

legislação antitruste frente aos algoritmos de precificação.

Considerando que o objetivo do estudo é identificar evidências da associação entre algoritmos de precificação e conluíus implícitos, eles foram classificados conforme a metodologia analítica empregada: (i) modelos de simulação computacional; (ii) modelos empíricos; (iii) modelos teóricos; (iv) análises qualitativas.

O Gráfico 1 apresenta os 18 textos incluídos na revisão rápida segundo o tipo de evidência por eles produzidos.

Gráfico 1 – Textos da revisão rápida segundo o tipo de abordagem empregada



Fonte: elaboração própria.

Conforme ilustra o Gráfico 1, 9 textos que produzem evidências da associação entre algoritmos de precificação e conluio implícitos o fazem a partir de análises qualitativas, 6 a partir de simulações computacionais e 2 a partir de modelos teóricos. Apenas 1 apresenta evidência empírica. É oportuno esclarecer a classificação de três estudos: Hansen, Misra e Pai (2021b), Assad et al. (2021) e Thépot (2021). O primeiro, embora envolva uma simulação e um teste empírico, teve foco na simulação, razão pela qual foi classificado como evidência de simulação computacional. O segundo, apesar de discorrer sobre estudos de simulação e um estudo empírico, foi classificado como empírico porque, para efeitos da revisão rápida, o fato novo apresentado é justamente a evidência empírica. Já o terceiro foi classificado como evidência teórica, mas cita um estudo empírico.

4.1. Das evidências a partir de modelos computacionais

Calvano *et al.* (2020) estudam o comportamento de algoritmos alimentados por Inteligência Artificial (do tipo *Q-learning*) em um modelo de oligopólio de competição de preços. De acordo com os autores, os algoritmos aprendem consistentemente a cobrar preços acima do preço concorrencial (ainda que inferiores ao preço de monopólio) sem que se comuniquem uns com os outros. Esses preços são sustentados por estratégias de conluio, com uma fase finita de punição seguida de um retorno gradual à cooperação. A assimetria entre as empresas não torna o problema de coordenação mais difícil para os algoritmos, mas simplesmente os leva a coordenar em uma solução que não alcance o preço de monopólio ou de um cartel explícito. A variabilidade da demanda impede o conluio entre as empresas, mas não a elimina, e a entrada de uma nova empresa no mercado reduz o lucro do conluio. Calvano *et al.* (2020) argumentam que as autoridades antitruste devem ter instrumentos para testar algoritmos de precificação em ambientes que reproduzam o setor investigado.

Hansen, Misra e Pai (2021b), a partir do algoritmo *Upper Confidence Bound (UCB) – tuned*, assumem que (i) as demandas das duas empresas são estáticas, o que evita viés no experimento decorrente do aprendizado do consumidor quanto à fixação de preços pelo algoritmo, e (ii) as firmas não observam o preço e a quantidade vendida da rival. Os autores concluem que, se o valor informativo dos experimentos algorítmicos de preços é baixo (o que ocorre com mais ruídos na demanda), os preços de longo prazo são consistentes com preços concorrenciais; se altos (menos ruídos na demanda), são acima do preço concorrencial; ou seja, a ausência do ruído aumenta a correlação entre os preços das empresas. Também foi constatado que os algoritmos que não forçam correlação nos preços geram preços concorrenciais em todas as configurações de ruído; quando várias empresas empregam algoritmos idênticos, o aprendizado do algoritmo pode ser focado distante dos preços concorrenciais, resultando em preços acima do preço concorrencial.

Klein (2021) investiga se algoritmos de precificação com base em *Q-learning* aprendem a realizar conluíus. O autor promove uma comparação do lucro obtido pelo algoritmo com os lucros teóricos de concorrência e de cartel e conclui que, quando o número de preços discretos é limitado, algoritmos *Q-learning* de empresas concorrentes geralmente se coordenam em equilíbrios colusivos. A coordenação ocorre mesmo que o algoritmo não se comunique e seja instruído apenas a maximizar o lucro individual da firma para o qual opera. O algoritmo *Q-learning* aprende o benefício de curto prazo de reduzir ligeiramente o mercado de seu concorrente, mas também aprende com a experimentação o benefício de longo prazo de redefinir o declínio gradual de preços com um grande aumento de preços quando os preços se tornam baixos, ou seja, o algoritmo aprende que a punição ao rival tem um limite. Klein (2021) observa, contudo, que é necessário melhor compreensão empírica quanto à aplicação das conclusões de simulações no mundo real e que as investigações de órgãos antitruste podem contribuir com esse objetivo. Em paralelo, o autor sugere avaliar medidas regulatórias para enfrentar o conluio autônomo por parte dos algoritmos de precificação, tais como proibição de firmas atualizarem preços de forma sequencial e de o algoritmo considerar o preço dos rivais na definição do preço da firma para o qual opera¹⁵, e repensar as bases das leis antitrustes, já que elas exigem prova da comunicação entre rivais para promover a existência do conluio.

Calvano *et al.* (2021) analisam se algoritmos *Q-learning* apreendem a formar conluio a partir de um modelo de oligopólio de Cournot com monitoramento imperfeito. Os autores concluem que esses algoritmos podem aprender: a formar um conluio em um ambiente com monitoramento imperfeito sem ter sido instruído a fazê-lo mesmo sem comunicação entre eles, bem como reduzir a produção para aquém do nível concorrencial para, com isso, aumentar preços e lucros. Os resultados de conluio podem ser sustentados em ambientes estocásticos, com a ressalva de que o nível de conluio diminui à medida que os choques de demanda aumentam.

Kastius e Schlosser (2022) estudam o desempenho dos algoritmos de precificação *Deep Q-Networks (DQN)* e *Soft Actor Critic (SAC)* em diferentes modelos de mercado e verificam que o algoritmo pode identificar qual preço praticado pelas empresas do mercado geram o maior lucro possível. Com isso, o algoritmo pode punir as empresas rivais se elas não fixarem esse preço, o que é uma característica do conluio implícito.

Sanchez-Cartas e Katsamakakos (2022) utilizam um modelo que considera dois algoritmos de precificação (*Q-learning* e *Particle Swarm Optimization algorithms - PSO*), duas firmas e três

¹⁵ Essas sugestões aparentam não são triviais e, portanto, exigem análise aprofundada para discutir se são factíveis de implementação.

estruturas de demanda (Logit, Hotelling e linear). Os autores apontam que: o algoritmo *Q-learning* tende a definir preços acima do nível concorrencial, o que não significa necessariamente tendência ao conluio; esses preços dependem da estrutura de mercado, ou seja, não são resultados automáticos do algoritmo; mudanças no desenho dos algoritmos podem levá-los a definir preços mais próximos dos concorrenciais; quando as empresas usam algoritmos diferentes, eles podem gerar dispersão de preços e o preço acima do concorrencial pode ser menor; ao enfrentar um concorrente que não usa algoritmo, ambos os algoritmos tendem a definir preço acima do concorrencial, mas o concorrente sem algoritmo tem maior benefício. Diante disso, os autores ponderam que as autoridades antitruste devem focar suas investigações em mercados oligopolizados, a partir de uma abordagem caso a caso, o que exige acesso à arquitetura do algoritmo. Ademais, apontam que algoritmos voltados aos consumidores podem reduzir a capacidade de as empresas definirem preços acima dos preços concorrenciais.

Um aspecto a ser observado acerca dos modelos utilizados para produzir evidências da relação entre algoritmos de precificação e conluio implícitos é que, como apontam Gautier, Ashwin e Van Cleynenbreugel (2020), a quantidade de interações do algoritmo para gerar o resultado de conluio implícito pode, na prática, inviabilizar esse resultado, ou seja, o tempo de convergência para um equilíbrio pode ser longo. Calvano et al. (2019) também reconhecem as limitações dos algoritmos, os quais enfrentariam três obstáculos, estabilidade, adaptação e escalabilidade.

4.2. Das evidências empíricas

Assad et al. (2021) abordam estudos baseados em ferramentas experimentais e em técnicas empíricas envolvendo os algoritmos de precificação. Um desses estudos é Assad et al. (2020)¹⁶, que constatam que a adoção do algoritmo de precificação no mercado varejista alemão de gasolina aumentou preços e margens para postos não monopolistas¹⁷; para mercados em duopólio, isso somente ocorreu quando ambos os concorrentes adotaram o algoritmo, o que reforçaria a tese de que a disseminação dos algoritmos de precificação favorece o conluio implícito. Veljanovski (2022) relativiza essa evidência empírica, argumentando que o setor de revenda de combustíveis tem apresentado comportamento cartelizado, de forma que o resultado de Assad et al. (2021) pode estar refletindo um cartel que já existiria no setor e não um conluio implícito provocado por algoritmo de precificação.

Embora não tenha sido classificado nesta revisão rápida como produção de evidência empírica da associação entre algoritmo de precificação e conluio implícito, cabe abordar nesta subseção os resultados de uma investigação empírica produzida por Hansen, Misra e Pai (2021b). Esses autores, além do experimento simulado abordado na subseção 4.1, testaram empiricamente o modelo que desenvolveram. A partir dos dados usados por Chen, Mislove e Wilson (2016), Hansen, Misra e Pai (2021b) concluem que os dois maiores vendedores de produtos no sítio eletrônico da Amazon com menor variação de demanda têm uma correlação mais alta nos preços ao longo do tempo e preços relativos mais altos em relação a outros vendedores. Esses achados são consistentes com os resultados da simulação, segundo os quais os mercados com menor ruído têm as correlações

16 Esse texto não foi identificado na busca nas bases de periódicos consultadas provavelmente por se tratar de um texto para discussão. Contudo, Assad et al. (2021) praticamente reproduzem o estudo de Assad et al. (2020).

17 Postos monopolistas já operam com preço de monopólio. Por isso, o uso de um algoritmo de precificação por um revendedor monopolista não teria o efeito de induzir ao conluio implícito.

mais altas nos preços e níveis mais altos de preços. Como algumas hipóteses do modelo simulado não foram observadas no estudo empírico, os autores alegam que não é possível afirmar que a correlação verificada é explicada unicamente pelo modelo teórico do artigo.

Por fim, Thépot (2021) menciona que Brown e MacKay (2021)¹⁸ realizam uma análise empírica dos preços horários de medicamentos para alergia de cinco varejistas *online* nos Estados Unidos, cujas estratégias de precificação se davam por algoritmos que operam em tempo real. Os preços dos medicamentos teriam aumentado nesse período.

4.3. Das evidências teóricas

Thépot (2021) discute como formas implícitas de conluio surgem em um oligopólio de produto homogêneo, de fixação de preços, com retornos decrescentes de escala e onde os algoritmos de precificação implementam políticas de correspondência. O modelo desenvolvido pelo autor diferencia o *match* de preços em queda do *match* de preços em elevação e considera que as firmas usam o mesmo algoritmo de precificação. O autor conclui que os algoritmos levam a uma multiplicidade de equilíbrios com preços acima do preço concorrencial, além de tornarem os conluios mais viáveis ou menos instáveis. Por outro lado, os algoritmos de precificação, ao substituírem os intermediários nas transações, melhoram o bem-estar social se os custos de codificação não forem muito altos e contribuem para a estabilidade da indústria. Diante do potencial impacto negativo na concorrência, Thépot (2021) sugere alterações no *design* dos algoritmos de precificação, de forma a configurar sistemas de monitoramento que bloqueiam aqueles algoritmos que incorporem mecanismos de correspondência bidirecional, e nas políticas das plataformas de comércio digital com vistas a privilegiar ofertantes pioneiros em descontos de preços. Também defende a ênfase nas políticas antitruste destinadas a reduzir as barreiras à entrada.

Por sua vez, O'Connor e Wilson (2021) desenvolvem um modelo para avaliar como uma tecnologia que prevê perfeitamente um choque de demanda estocástico negativo altera o caráter e a sustentabilidade do conluio. O modelo considera que duas firmas estão sujeitas a dois diferentes tipos de choques de demanda negativos (um previsível e outro imprevisível) e que a sustentabilidade das estratégias de equilíbrio colusivo depende de as empresas terem acesso a uma tecnologia (no caso, a Inteligência Artificial) que lhes permita prever ou observar perfeitamente um dos choques. Os autores demonstram que a melhoria exógena na capacidade das empresas em prever a demanda por meio da Inteligência Artificial pode tornar viável o conluio onde anteriormente era insustentável (porque é possível distinguir a traição do rival de uma queda geral na demanda do mercado); ou pode tornar o conluio mais lucrativo onde anteriormente já existia (porque permite o melhor preço de conluio para o contexto do mercado). Por outro lado, o aumento na transparência proporcionado pelo uso da Inteligência Artificial também pode comprometer o conluio onde era possível (porque facilita que a empresa avalie o melhor momento de romper o cartel implícito); os consumidores ganham mais com a introdução da Inteligência Artificial quando a probabilidade do choque de demanda agora previsível é grande em relação à probabilidade daquele que ainda não é observável.

4.4. Das evidências qualitativas

18

Esse texto não foi alcançado pela revisão provavelmente por não ter sido publicado como artigo científico.

A opção por incluir textos que realizam uma análise conceitual, analítica ou interpretativa sobre os algoritmos de precificação propriamente ditos ou sobre publicações que buscaram investigar a associação entre esses algoritmos e conluíus implícitos¹⁹ está assentada em três razões: as discussões conceituais, analíticas e interpretativas também são formas de produção de evidências, principalmente em um tema incipiente, como é o caso do objeto deste estudo; possibilidade de incorporar, ainda que indiretamente, as conclusões de estudos não captados pelos critérios de identificação adotados nesta revisão rápida; discussão das limitações das evidências produzidas pelos modelos computacionais, alguma das quais destacadas na subseção 4.1.

Calvano *et al.* (2019) argumentam que a conclusão de que os algoritmos de aprendizado podem gerar conluíus implícitos, sem serem orientado para tal e sem haver comunicação com concorrentes, é limitada porque há desafios tecnológicos associados à capacidade de processamento de dados pelos algoritmos, além de eles não incorporarem características complexas da realidade econômica.

Bernhardt e Dewenter (2020) discutem dois cenários em que os algoritmos de precificação ameaçam a concorrência: quando conspiram por conta própria (conluio algorítmico propriamente dito)²⁰ e quando são usados para formar um conluio (conluio por código). Os autores afirmam que várias condições impedem uma prevalência duradoura do conluio algorítmico e que, na prática, pode ser difícil estabelecer se os preços criados por algoritmos foram configurados de maneira ilegítima. Há, ainda, fatores que impedem o conluio algoritmo, tais como a grande quantidade de concorrentes, a mudança das condições de mercado devido a entradas ou saídas de empresas e, principalmente, produtos heterogêneos. Portanto, os resultados de conluio são improváveis de ocorrer, já que a capacidade de comunicação dos algoritmos é ainda limitada, além de serem baixas as chances de duas empresas implantarem algoritmos de precificação compatíveis e capazes de ler um ao outro e de receber os mesmos dados de entrada.

Gautier, Ashwin e Van Cleynenbreugel (2020) analisam a literatura com vistas a fornecer uma descrição mais objetiva das capacidades das tecnologias de Inteligência Artificial se envolverem em conluíus implícitos. De acordo com o apurado pelos autores: a literatura econômica aponta, inclusive com experimentos computacionais, que existe risco de conluio implícito por parte dos algoritmos de preços; não há casos comprovados na vida real de conluio implícito algorítmico; é improvável, pelo menos em um futuro próximo, que algoritmos sofisticados de precificação baseados em aprendizado de máquina sejam implantados em mercados altamente concorrenciais, com um grande número de produtos diferenciados e baixas barreiras à entrada; a complexidade computacional envolvida na expansão do uso de algoritmos de precificação é significativa; o aumento do número de agentes no mercado torna o ambiente não estacionário²¹, o que elimina a garantia de que o algoritmo convergirá para um equilíbrio concorrencial ou colusivo; o tempo de convergência pode ser relativamente longo e, assim, inviabilizar o conluio implícito; a maioria dos modelos que apontam evidências de conluio implícito tende a ignorar algumas características e incertezas importantes dos negócios

19 Os textos tratados nesta subseção não são revisões sistemáticas da literatura, embora acabem fazendo uma compilação de várias publicações.

20 A possibilidade de os algoritmos de precificação gerarem conluíus implícitos cunhou a expressão conluio algorítmico. Embora não seja o foco deste artigo, a diferenciação do conluio algorítmico do conluio implícito, como sugere Calzolari (2021), pode ser uma forma de tornar ilícito o preço acima do concorrencial definido pelos algoritmos. De certa forma, essa diferenciação está alinhada ao entendimento de Almeida, Filgueiras e Mendonça (2022) de que algoritmos se transformaram em instituições.

21 Um ambiente não estacionário é aquele cujas regras de funcionamento (no caso, as políticas das empresas) se alteram ao longo do tempo.

reais. Em virtude disso, modificações significativas na política antitruste ou nas leis antitruste seriam prematuras.

Šmejkal (2021) discute os desafios que o crescente uso da Inteligência Artificial representam para a proteção da concorrência, em particular os impactos dos algoritmos que coletam e processam grandes quantidades de dados para os *gatekeepers* da Internet. O autor argumenta que: o comércio *online*, juntamente com sistemas de Inteligência Artificial que detectam instantânea e continuamente o comportamento de outros participantes do mercado, priva a suposição de incerteza concorrencial e, logo, facilita o cartel; a literatura e os estudos empíricos sobre as consequências concorrenciais de maior transparência proporcionada pelos algoritmos mostram elevações nos níveis de preços, mesmo sem contatos diretos entre empresas; a Inteligência Artificial torna possível o conluio implícito entre um número maior de empresas e com sustentabilidade por um período de tempo mais longo; não há unanimidade na literatura quanto à possibilidade de as empresas mudarem seu comportamento. Šmejkal (2021) considera que os danos potenciais podem ser mitigados, pois o monitoramento de preços por Inteligência Artificial permite que compradores encontrem ofertas não envolvidas em conluio algorítmico ou detectem e denunciem o conluio. Ademais, novos arranjos legais capazes de punir as empresas pela adoção da conduta podem abalar as condições de sustentabilidade do conluio²².

Hutchinson, Ruchkina e Pavlikov (2021) avaliam os riscos de conluio associados ao uso de algoritmos de precificação e discutem se o conceito de “acordo” para fins antitruste precisa ser revisto. Os autores ponderam que, quanto mais empresas fazem uso de algoritmos que permitem a comunicação direta e indireta entre os concorrentes, maior a probabilidade de essas empresas serem consideradas responsáveis por eventuais ilícitos concorrenciais. Além disso, os algoritmos podem facilitar o conluio por aumentarem a transparência do mercado e a frequência das interações entre rivais e por eliminarem a necessidade de os concorrentes se comunicarem diretamente uns com os outros.

Wech e Weck (2021) abordam os paralelos existentes entre os cenários de propriedade comum de empresas e os algoritmos de precificação. Os autores argumentam que os algoritmos de precificação facilitam o conluio porque aumentam a transparência e a frequência dos ajustes de preços. Com isso, o conluio a partir de algoritmos de precificação pode tornar dispensáveis os acordos explícitos de conluio porque os participantes do conluio podem concordar quanto à precificação do algoritmo e sua configuração em vez de acordar preços. Os autores observam, ainda, que a frequência do reajuste de preços pode tornar difícil a obtenção de provas. Nesse contexto, eles sugerem (i) inversão do ônus da prova em casos de conluios implícitos, de forma que as empresas demonstrem que o preço cobrado não é excessivo²³, e (ii) responsabilização das empresas que usam algoritmos de precificação.

Matin (2021) pondera que o conluio algoritmo enfrenta desafios técnicos, tais como acesso a dados privados e públicos, a interação com parceiros adaptativos que também podem estar aprendendo e a existência de soluções de equilíbrio múltiplas, potencialmente infinitas, dentro dos grandes espaços estratégicos inerentes aos jogos repetidos. Esses obstáculos e a instabilidade natural dos conluios tornariam improvável esses arranjos na era da Inteligência Artificial. Segundo

22 Šmejkal (2021) menciona o *Australian Competition and Consumer Act* de 2010, segundo o qual as empresas que lucram com conluio são puníveis, mesmo sem haver evidências de seu comportamento colusivo.

23 Os autores não abordam como seria essa demonstração.

o autor, as tentativas do Estado em conter um eventual conluio implícito entre empresas poderiam reforçar as condições para que ele ocorra. A Inteligência Artificial seria uma inovação de mercado, um dos elementos de um mercado livre, que permite que os preços se tornem mais subjetivos e de acordo com as preferências dos consumidores.

Hansen, Misra e Pai (2021a) constatam que: a literatura tem mostrado que preços acima do preço concorrencial são possíveis mesmo que as empresas não observem os preços de suas rivais; há incerteza quanto aos tipos de mercados que podem ser suscetíveis ao conluio de algoritmo, embora haja indicação de maior probabilidade em mercados nos quais a demanda é uma função relativamente previsível dos preços oferecidos ou uma função previsível de informações adicionais de alta frequência que as empresas podem não ter acesso; remédios antitruste simples, como garantir que o algoritmo de cada vendedor esteja alheio aos preços dos concorrentes, podem não ter o efeito desejado; e os algoritmos de precificação podem ser hostis ao conluio bem-sucedido porque viabilizam preços discriminatórios e personalizados, assim como uma concorrência baseada em termos de qualidade não relacionados a preços.

Veljanovski (2022), a partir de uma reflexão conceitual e da prospecção de evidências disponibilizadas em outros estudos, conclui que: não há evidência concreta de conluio implícito a partir de algoritmos de preços; os casos antitruste de condenação envolvendo algoritmos de precificação se referem à facilitação à decisão tomada por humanos em prol do conluio. O autor argumenta que a possibilidade de conluio a partir de algoritmos é fundamentada em simulações computacionais baseadas em estruturas de mercado simplificadas e que a viabilidade de um conluio a partir de algoritmos depende das mesmas condições estruturais de mercado que afetam um conluio tradicional. Por isso, Veljanovski (2022) sugere a realização de mais estudos para identificar em quais condições os algoritmos de precificação geram conluios e a consideração das seguintes abordagens para enfrentar o possível problema: regulação da introdução de algoritmos de precificação *ex ante*, nos moldes do arranjo empregado para a comercialização de novos medicamentos²⁴; regulação *ex post*, como normalmente a política de defesa da concorrência faz, mas com o uso de normas jurídicas diferentes das atuais, o que exigiria uma reavaliação da questão controversa da proibição legal do conluio implícito; e proibição total de preços algorítmicos, o que impediria as eficiências geradas pelos algoritmos de precificação.

A partir dos relatos trazidos pelos estudos abordados nesta subseção, nota-se que, embora os modelos computacionais e teóricos indiquem a existência de conluio implícito a partir dos algoritmos de precificação, as evidências qualitativas apontam incertezas quanto a essa associação, inclusive em virtude das poucas evidências empíricas.

5. IMPLICAÇÕES PARA A AUTORIDADE ANTITRUSTE BRASILEIRA

A disseminação dos algoritmos de precificação desperta receios quanto à formação de conluios implícitos e à deflagração de uma espécie de inflação algorítmica. A revisão da literatura aponta que as evidências de conluios implícitos associados a algoritmos ainda se encontram no plano teórico e nos modelos de simulação. Há carência de evidências empíricas. Outro aspecto a ser observado é que a atuação das autoridades antitruste na análise de casos concretos pode colaborar

24 Ou seja, qualquer novo algoritmo de precificação seria testado por uma agência reguladora para verificar se apresenta uma tendência de conluio como condição para que seu uso seja autorizado.



para guiar eventuais medidas por parte do Estado em relação aos algoritmos de precificação. Apesar disso, existe certo consenso na literatura de que o Estado deve monitorar e atuar preventivamente no enfrentamento de possíveis conluíus implícitos a partir de algoritmos de precificação.

Considerando a importância da atuação preventiva, é pertinente que o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade) ajuste suas análises de condutas e, sobretudo, de atos de concentração²⁵ em casos envolvendo firmas que utilizam algoritmos de precificação, no sentido de investigar se a presença desses algoritmos pode, de fato, gerar preocupações concorrenciais.

Nas análises de atos de concentração, sugere-se que a autoridade antitruste considere a revisão do Guia para Análise de Atos de Concentração Horizontal (Guia H) (BRASIL, 2016), especificamente quanto à análise de probabilidade de atuação coordenada decorrentes de fusões e aquisições. Embora seja possível incluir algumas das preocupações mencionadas pelos estudos revisados nos itens que atualmente já são abordados pelo Guia H, é desejável, para fins de sinalização e maior segurança jurídica às empresas²⁶, que o Cade incorpore explicitamente alguns elementos em suas análises de efeitos coordenados: (i) redução da probabilidade de conluio implícito associado aos algoritmos de precificação em decorrência da existência e da influência de algoritmos voltados aos consumidores que identificam menores preços, da conduta de plataformas de comércio eletrônico recompensarem com exposição adicional as empresas que cortam preços e da prática da discriminação de preços; (ii) tipo de algoritmo de precificação usado pelas empresas envolvidas no ato de concentração, já que o risco de conluio é maior se empresas rivais usam o mesmo algoritmo, de forma que uma fusão de empresas que retire do mercado um algoritmo de precificação pode facilitar a atuação coordenada; (iii) menor relevância ao critério de as quatro maiores empresas terem mais de 75% do mercado como indicativo de maior probabilidade de exercício de poder coordenado, uma vez que, na presença de algoritmos de precificação, esse percentual pode se mostrar superestimado; (iv) maior parcimônia no uso do papel da assimetria entre empresas como elemento dificultador do conluio; (v) realização, pelo próprio Cade ou por um trustee, de avaliações nos algoritmos das empresas envolvidas no ato de concentração, a fim de se corroborar ou não a possibilidade desses algoritmos formarem conluíus implícitos; (vi) utilização de medidas mitigadoras dos efeitos potencialmente lesivos à concorrência, tais como a exigência de as partes contratarem auditorias externas para avaliação do algoritmo de precificação, a revisão do algoritmo com vistas a impedir que ele aprenda a fazer conluíus e a vedação da atualização sequencial de preços pelos algoritmos.

Visando a reduzir o risco para as empresas em atos de concentração e mesmo em eventuais investigações para apurar condutas lesivas à concorrência, sugere-se que o Cade crie uma espécie de guia de boas práticas concorrenciais na utilização de algoritmos de precificação, uma iniciativa inspirada naquela narrada por Weche e Weck (2021). Segundo esses autores, a Comissão Europeia, reconhecendo que os problemas estruturais do mercado que não podem ser resolvidos pelos instrumentos existentes estão dificultando cada vez mais a concorrência, propôs a *Digital Markets Act* (DMA), que prevê possibilidades de intervenção nos ecossistemas digitais. O desafio, no caso do guia sugerido, é equilibrar o objetivo de coibir ilícitos com impactos negativos, a exemplo do risco de inibir inovações que favorecem a concorrência, uma preocupação levantada por Marin (2021)²⁷.

25 Situação em que Cade atua preventivamente.

26 Já que as empresas teriam algumas diretrizes do que seria um algoritmo de precificação que desperta preocupações no Cade.

27 Streele e Larouche (2021) discutem a efetividade e os impactos do DMA.

Em termos de agenda de pesquisa, são relevantes a realização de estudos empíricos destinados a investigar a relação entre algoritmos de precificação e conluios implícitos e as análises que discutam as implicações e a efetividade das sugestões mais intrusivas identificadas nos artigos incluídos na revisão rápida. Outro campo de estudo é, como sugere Almeida, Filgueiras e Mendonça (2022), o tratamento dos algoritmos como instituições, o que pode abrir um caminho para que a sociedade enfrente as várias questões associadas à disseminação de algoritmos no âmbito empresarial e social. Particularmente para o antitruste, ao tratar os algoritmos como instrumentos que moldam as relações sociais e de mercado, essa abordagem pode contribuir para definir responsabilidades quando os algoritmos levam a resultados nocivos à concorrência, independente de qual seja a intenção das empresas que o empregam.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algoritmos encaminham mudanças institucionais no funcionamento de mercados. Em algumas situações, formuladores de políticas são deferentes com o avanço tecnológico, uma vez que processos de digitalização representam formas essenciais de investimento econômico. A ameaça de desinvestimento representa custos elevados para a sociedade. Contudo, o poder dos algoritmos cria novas dinâmicas de mercado organizadas e infundidas algorítmicamente (CULPEPPER; THELEN, 2021). Além desse quadro político e econômico mais amplo, que institucionaliza novas formas de poder mediadas pelos algoritmos, a tendência é que as regras e as dinâmicas coletivas de ação dos algoritmos produzam formas de conluios implícitos e explícitos que transformam o mercado e sua lógica concorrencial.

Assim, este artigo é um passo para dois avanços com relação a uma sociologia e economia política dos algoritmos. Primeiro, os algoritmos impactam diretamente a sociedade uma vez que eles originam novas instituições que organizam diversos aspectos da sociedade (ALMEIDA; FILGUEIRAS; MENDONÇA, 2022). Quando algoritmos promovem conluios, eles atuam como estratégias para maximização e otimização do lucro por meio da análise de dados e definição de preços. Segundo os algoritmos impactam o funcionamento das instituições existentes, com consequências para a atuação de formuladores de políticas. Frente às inovações proporcionadas com algoritmos tomando decisão e realizando diversas tarefas para a definição de preços, formuladores devem adaptar mecanismos regulatórios de forma a enfrentar os desafios do mercado contemporâneo. Muitas das soluções emergentes significam o uso de algoritmos no processo de regulação, de maneira a identificar, classificar e resolver problemas regulatórios (YEUNG, 2018; FILGUEIRAS, 2022).

O avanço dos algoritmos na sociedade contemporânea possibilita, portanto, uma ampla agenda de pesquisa centrada no poder dos algoritmos na sociedade contemporânea e a forma como eles organizam as escolhas e ações coletivas (ALMEIDA; FILGUEIRAS; MENDONÇA, 2022). Essa agenda de pesquisa aponta em duas direções. Na dimensão teórica, ela possibilita avanços na teoria institucional com relação ao poder dos algoritmos. Já na dimensão empírica, ela demonstra as implicações práticas dos algoritmos para a sociedade contemporânea.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Virgílio; FILGUEIRAS, Fernando; MENDONÇA, Ricardo Fabrino. Algorithms and institutions:



How social sciences can contribute to governance of algorithms? **IEEE Internet Computing**, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 42-46, 2022.

ASSAD, Stephanie et al. Algorithmic Pricing and Competition: Empirical Evidence from the German Retail Gasoline Market. **CESifo Working Paper**, [S. l.], n. 8521, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3EPRnBo>. Acesso em: 22 out. 2022.

ASSAD, Stephanie et al. Autonomous algorithmic collusion: Economic research and policy implications. **Oxford Review of Economic Policy**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 459-478, 2021.

BERNHARDT, Lea; DEWENTER, Ralf. Collusion by code or algorithmic collusion? When pricing algorithms take over. **European Competition Journal**, [S. l.], v. 16, n. 2-3, p. 312-342, 2020.

BRASIL. Conselho Administrativo de Defesa Econômica. **Guia para análise de atos de concentração horizontal**. Brasília: Conselho Administrativo de Defesa Econômica, 2016.

BRICS IN THE DIGITAL ECONOMY: competition policy in practice: 1st report by the competition authorities working group on digital economy. Brasília: CADE, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3opFw4N>. Acesso em: 19 out. 2022.

BROWN, Zach Y; MACKAY, Alexander. Competition in pricing algorithms. **American Economic Journal: Microeconomics**, [S. l.], 2021. No prelo.

CALVANO, Emilio *et al.* Algorithmic collusion with imperfect monitoring. **International Journal of Industrial Organization**, [S. l.], v. 79, p. 1-15, 2021.

CALVANO, Emilio *et al.* Algorithmic Pricing What Implications for Competition Policy? **Review of Industrial Organization**, [S. l.], v. 55, n. 1, p. 155-171, 2019.

CALVANO, Emilio *et al.* Artificial intelligence, algorithmic pricing, and collusion. **American Economic Review**, [S. l.], v. 110, n. 10, p. 3267-3297, 2020.

CALZOLARI, Luca. The Misleading Consequences of Comparing Algorithmic and Tacit Collusion: Tackling Algorithmic Concerted Practices Under Art. 101 TFEU. **European Papers: A Journal on Law and Integration**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 1193-1228, 2021.

CHEN, Le; MISLOVE, Alan; WILSON, Christo. An Empirical Analysis of Algorithmic Pricing on Amazon Marketplace. In: INTERNATIONAL WORLD WIDE WEB CONFERENCE, 25., 2016, Montreal, Canada. **Proceedings [...]**. Montreal: International World Wide Web Conference Committee, 2016.

COMPETITION & MARKETS AUTHORITY (CMA). **Pricing algorithms Economic working paper on the use of algorithms to facilitate collusion and personalised pricing**. London: Competition & Markets Authority, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3XG4Vbu>. Acesso em: 12 out. 2022.

CULPEPPER, Pepper D.; THELEN, Kathleen. Are we Amazon Primed? Consumers and politics of platform power. **Comparative Political Studies**, [S. l.], v. 53, n. 2, p. 288-318, 2021.

EZRACHI, Ariel; STUCKE, Maurice E. **Virtual Competition: The Promise and Perils of the Algorithm-Driven Economy**. Cambridge: Harvard University Press, 2016.

FILGUEIRAS, Fernando. Big data, artificial intelligence and the future of regulatory tools. In: HOWLETT, Michael (ed.). **Routledge Handbook on Policy Tools**. New York: Routledge, 2022.

FILGUEIRAS, Fernando. New Pythias of public administration: Ambiguity and choice in AI systems as

challenges for governance. **AI & Society**, [S. l.], n. 37, 2021.

GAUTIER, Axel; ASHWIN, Ittoo; VAN CLEYNENBREUGEL, Pieter. AI algorithms, price discrimination and collusion: a technological, economic and legal perspective. **European Journal of Law and Economics**, [S. l.], v. 50, n. 3, p. 405–435, 2020.

GAVINE, Anna et al. Maximising the availability and use of high-quality evidence for policymaking: collaborative, targeted and efficient evidence reviews. **Palgrave Communications**, [S. l.], v. 4, n. 5, 2018.

HANSEN, K. T.; MISRA, Kanishka; PAI, Mallesh M. Algorithmic collusion: Supra-competitive prices via independent algorithms. **Marketing Science**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 1–12, 2021b.

HANSEN, K. T.; MISRA, Kanishka; PAI, Mallesh M. Collusive Outcomes via Pricing Algorithms. **Journal of European Competition Law and Practice**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 334–337, 2021a.

HARRINGTON, Joseph E. Developing Competition Law for Collusion by Autonomous Artificial Agents. **Journal of Competition Law and Economics**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 331–63, 2018.

HUTCHINSON, Christophe Samuel; RUCHKINA, Gulnara Fliurovna; PAVLIKOV, Sergei Guerasimovich. Tacit collusion on steroids: The potential risks for competition resulting from the use of algorithm technology by companies. **Sustainability**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 1–14, 2021

KASTIUS, Alexander; SCHLOSSER, Rainer. Dynamic pricing under competition using reinforcement learning. **Journal of Revenue and Pricing Management**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 50–63, 2022.

KELLEHER, John D. **Deep Learning**. Cambridge: The MIT Press, 2019.

KLEIN, Timo. Autonomous algorithmic collusion: Q-learning under sequential pricing. **RAND Journal of Economics**, [S. l.], v. 52, n. 3, p. 538–558, 2021.

KNUTH, Donald E. **The Art of Computer Programming**: Volume 1. Fundamental Algorithms. 3. ed. Boston: Addison-Wesley Professional, 1997.

MATIN, Pedram. Reliability of Regulating Artificial Intelligence to Restrain Cartelization: A Libertarian Approach. **Asian Journal of Law and Economics**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 149–169, 2021.

MEHRA, Salil K. Antitrust and the Robo-Seller: Competition in the Time of Algorithms. **Minnesota Law Review**, [S. l.], v. 100, p. 1323–1375, 2016.

MOTTA, Massimo. **Competition policy**: theory and practice. New York: Cambridge University Press, 2004.

O’CONNOR, Jason; WILSON, Nathan E. Reduced demand uncertainty and the sustainability of collusion: How AI could affect competition. **Information Economics and Policy**, [S. l.], v. 54, 2021.

ONG, Burton. The Applicability of Art. 101 TFEU to Horizontal Algorithmic Pricing Practices: Two Conceptual Frontiers. **IIC International Review of Intellectual Property and Competition Law**, [S. l.], v. 52, n. 2, p. 189–211, 2021.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Algorithms and Collusion**: Note from the European Union. Paris: OECD, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3Vmo1BR>. Acesso em: 11 out. 2022.

PETTICREW, Mark; ROBERTS, Helen. **Systematic reviews in the social sciences: a practical guide**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.



RUSSELL, Stuart. **Human compatible**: Artificial Intelligence and the Problem of Control. New York: Viking, 2019.

SANCHEZ-CARTAS, J. Manuel; KATSAMAKAS, Evangelos. Artificial Intelligence, Algorithmic Competition and Market Structures. **IEEE Access**, v. 10, p. 10575–10584, 2022.

SILVA, Rutelly Marques da. Estabilidade de Cartéis Tácitos e Ciclos Econômicos. **Revista de Direito da Concorrência**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 25-47, 2005.

ŠMEJKAL, Václav. Cartels by robots – current antitrust law in search of an answer. **InterEULawEast: Journal for International and European Law, Economics and Market Integrations**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 1–18, dez. 2017.

ŠMEJKAL, Václav. Three challenges of artificial intelligence for antitrust policy and law. **InterEULawEast: Journal for International and European Law, Economics and Market Integrations**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 97–118, 2021.

SMITH, Andrew. Using Artificial Intelligence and Algorithms. **Federal Trade Commission**, 8 abr. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3H07hfz>. Acesso em: 15 ago. 2022.

STREEL, Alexandre de; LAROUCHE, Pierre. The European Digital Markets Act: A Revolution Grounded on Traditions. **Journal of European Competition Law & Practice**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 542–560, 2021.

THÉPOT, Jacques. Pricing algorithms in oligopoly with decreasing returns. **Theory and Decision**, [S. l.], v. 91, n. 4, p. 493–515, 2021.

VELJANOVSKI, Cento. What Do We Now Know about “Machine Collusion”. **Journal of European Competition Law and Practice**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 47–50, 2022.

WECHE, John; WECK, Thomas. Tacit collusion and the boundaries of competition law: The parallel case of common ownership and algorithmic pricing. **European Competition and Regulatory Law Review**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 4–10, 2021.

YEUNG, Karen. Algorithmic Regulation: A Critical Interrogation. **Regulation & Governance**, [S. l.], v. 12, n. 4, 505–523, 2018.

ZHENG, Guan; WU, Hong. Collusive algorithms as mere tools, super-tools or legal persons. **Journal of Competition Law and Economics**, [S. l.], v. 15, n. 2–3, p. 123–158, 2019.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

SILVA, Rutelly Marques da; FILGUEIRAS, Fernando. Algoritmos de precificação e conluios implícitos: o que dizem as evidências? **Revista de Defesa da Concorrência**, Brasília, v. 10, n. 2, p. 45-63, 2022.