
SEGURANÇA ALIMENTAR E PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA: UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

Food security and agricultural productivity: an computable general equilibrium analysis

Fernanda Lopes Johnston

Economista. Doutoranda em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Departamento de Economia Administração e Sociologia. Av. Pádua Dias, 11. Agronomia. 13418-900, Piracicaba, SP. fernandajohnston@usp.br

Michelle Márcia Viana Martins

Economista. Doutora em Economia Aplicada pela USP/Esalq. Professora adjunta do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e pesquisadora visitante no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Departamento de Economia. Av. Purdue, s/nº. Campus Universitário. 36570-000. Viçosa, MG. michellemartinsufv@gmail.com

Thiago Felliipe Lima Silva Pereira

Economista. Mestrando em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco, Campus do Agreste (UFPE). Campus Agreste - Centro Acadêmico do Agreste, Nova Caruaru. 55014-900, Caruaru, PE. thiago.felliipe.lima.sp@gmail.com

Resumo: Este estudo tem por objetivo analisar o impacto das mudanças tecnológicas no setor agropecuário e na economia brasileira, por meio de um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com apurações expressas em percentuais. Ainda, realizou-se a análise a nível regional, para que fosse possível averiguar as particularidades de cada região. Os resultados mostraram que um aumento na produtividade gerou impactos significativos, tanto para a agropecuária como para os principais agregados macroeconômicos, visto que há uma redução dos preços dos insumos intermediários e, conseqüentemente, no custo de produção total. Além disso, uma mudança tecnológica causa um efeito de transbordamento para outras indústrias, colaborando para elevar a Produtividade Total dos Fatores (PTF) dos demais setores da agropecuária. No âmbito geral, a tecnologia torna-se de extrema importância para o crescimento e o desenvolvimento da economia do país e a manutenção da segurança alimentar.

Palavras-chave: Mudanças Tecnológicas; Agropecuária; Equilíbrio Geral Computável.

Abstract: This study analyze the impact of technological changes in the agricultural sector and in the Brazilian economy, through a computable general equilibrium model (EGC) with calculations expressed in percentages. Furthermore, the analysis was carried out at the regional level, so that it was possible to ascertain the particularities of each region. The results showed that, an increase in productivity, generated significant impacts both for agriculture and for the main macroeconomic aggregates, since there is a reduction in the prices of intermediate inputs and, consequently, in the total production cost. In addition, a technological change causes a spillover effect for other industries, collaborating to raise the Total Factor Productivity (PTF) of the other sectors of agriculture. In general, technology becomes extremely important for the growth and development of the country's economy.

Keywords: Technological Changes; Agriculture; Computable General Equilibrium.

1 INTRODUÇÃO

Há um reconhecimento global sobre a importância do estabelecimento de políticas agrícolas para garantir a segurança alimentar. O cenário atual aponta para um aumento populacional ascendente (DESA, 2019), uma proeminente migração do meio rural para o urbano (LI; WESTLUND; LIU, 2019), um elevado aumento das demandas sociais e industriais para o consumo de alimentos e matérias-primas para os processos produtivos, respectivamente (VON BRAUN, 2018), assim como mudanças graduais nas condições climáticas e nas megatendências globais (COLE et al., 2018), condicionadas, sobretudo, pelo aumento da renda nas economias em desenvolvimento e pelas variações nos padrões de consumo, com predomínio nas dietas ricas em proteínas em detrimento do consumo de carboidratos (BALDOS; HERTEL, 2014).

Nas últimas cinco décadas, a disponibilidade de alimentos aumentou significativamente por meio de ganhos de produtividade no campo (BALDOS; HERTEL, 2014). Elevar e manter a produtividade agrícola em um alto patamar é desejável para garantir produção agroalimentar entre agora e meados do século, à proporção que a população, a renda e o uso de insumos agrícolas e biocombustíveis continuam a crescer. A Produtividade Total dos Fatores (PTF), uma medida do crescimento da produção agregada ponderada pelos insumos econômicos trabalho, capital e terra, fornece uma medida comum de eficiência agrícola e demonstra que, nos últimos 50 anos, o crescimento da produtividade na agricultura permitiu que os alimentos se tornassem mais abundantes e acessíveis (BENTON; BAILEY, 2019).

No cerne dessa questão, o Brasil revela-se uma peça importante no mercado mundial, não apenas pelo fato de ser um dos maiores produtores e fornecedores de produtos agrícolas no mundo, mas pelos incrementos produtivos expressos pela PTF, cuja média para os anos de 2018 a 2030 é expressa na ordem de 2,93%, um patamar acima da média mundial para o mesmo período – 1,71% a.a. (GASQUES; BACCHI; BASTOS, 2018). Esse resultado evidencia a fundamental participação do Brasil nas discussões futuras sobre segurança alimentar, já que o país tem sido essencialmente participativo nas cadeias globais de suprimentos.

O progresso na qualificação da mão de obra e o uso de tecnologias mais avançadas no campo contribuíram para o crescimento da produtividade agrícola brasileira. Isso foi possível pelo direcionamento de políticas setoriais específicas, como os investimentos em pesquisa, fortalecimento da agricultura familiar por meio da concessão de crédito, inclusão de novos sistemas de produção, que, além do aumento produtivo, asseguraram práticas mais sustentáveis e o emprego eficiente de recursos naturais, como água e terra, melhorias na infraestrutura e instrumentos adequados de política agrícola (LOPES; LOPES; ROCHA, 2017; GASQUES et al., 2019).

A análise dos dois últimos Censos Agropecuários¹ brasileiros revela que, em 2017, a área total de todos os estabelecimentos agropecuários foi de 351 milhões de hectares, o que representa um aumento de 5% em relação a 2006 (IBGE, 2017). Em termos produtivos, a produção agropecuária cresceu 63% entre os censos: o volume produzido de grãos, incluindo milho, soja, trigo, arroz e algodão, cresceu 111% comparando 2006 a 2017; os produtos da pecuária, que agregaram boi gordo, suínos, frangos, leite e ovos, tiveram um acréscimo de 33%; e o volume de produtos hortifrutícolas, no qual são consideradas as produções de batata, tomate, banana, laranja e uva, aumentou 3%. Além dessas informações, o IBGE reforçou que a renda do agronegócio representou uma cifra de R\$ 322 bilhões aos agentes atuantes no setor, o que representa um percentual de 5,2% no PIB total do país (GOVERNO FEDERAL, 2020). Utilizando uma metodologia alternativa, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2020), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), inclui em seus cálculos diferentes segmentos da agropecuária, como os insumos, a produção primária, a agroindústria e os agrosserviços. Com essa

1 Edições 2006 e 2017.

abordagem distinta daquela utilizada pelo IBGE, o PIB do agronegócio em 2019 foi estimado em R\$ 1,61 trilhão, com uma participação de 20,9% em relação ao PIB total do País.

A partir dessas informações, é certo que a agropecuária é um setor fundamental para o dinamismo econômico nacional. Seu crescimento nos últimos anos tem sido superior ao da economia como um todo e isso é particularmente importante para manter os preços estáveis ou em queda, o que permite um controle da inflação, melhoria na distribuição de renda e geração de divisas. Esse crescimento tem sido estimulado, sobremaneira, pela produtividade (GASQUES et al., 2019), elevando a necessidade de averiguar como essa variável pode auxiliar as prospecções futuras sobre os retornos dos investimentos realizados no escopo da produção agrícola.

Nesse ínterim, o presente estudo busca entender de que maneira a mudança tecnológica afeta o setor agropecuário. Especificamente, pretende-se investigar os efeitos do processo de mudanças tecnológicas sobre o próprio setor agropecuário e na economia brasileira, à luz de um modelo de equilíbrio geral computável. Os resultados obtidos serão descritos a partir dos efeitos nas principais variáveis macroeconômicas, detalhando-os a níveis regionais. Esse exercício fornece subsídios empíricos para a discussão de como as políticas agrícolas relacionadas às mudanças tecnológicas podem minimizar as diferenças sociais no campo nas diversas regiões brasileiras.

O estudo é dividido em cinco seções, além desta introdução. Na segunda seção, apresenta-se uma breve revisão de literatura. A terceira seção discute as especificações do modelo de equilíbrio geral utilizado para simular os efeitos na economia brasileira, por meio das relações da matriz nacional de insumo-produto. Na quarta seção estão os principais resultados e discussão. Por fim, a quinta seção contém as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O panorama da produtividade agrícola no Brasil: análise dos Censos 2006 e 2017

O setor agropecuário do Brasil, desde a era colonial, configura-se como um setor importante no processo de desenvolvimento da economia brasileira. Em um contexto mais amplo, o agronegócio brasileiro se destaca pelos altos ganhos em termos de produção, produtividade e geração de excedentes exportáveis. De acordo com Bacha (2018), a agropecuária obteve um aumento de produtividade nas culturas voltadas para o mercado interno e externo, qualificação da mão de obra e ampliação no uso de máquinas e fertilizantes.

Na sequência, os trabalhos discutidos realizam estudos comparativos entre os Censos Agropecuários de 2006 e 2017. Gasques et al. (2020) reforçam que a média da taxa de crescimento da PTF no Brasil, relativamente maior em comparação à média mundial e a de países desenvolvidos, como Estados Unidos, é resultado da qualificação da mão de obra e disponibilidade de maquinários de melhor desempenho, corroborando com as conclusões de Bacha (2018). Os autores chamam a atenção para os investimentos realizados no âmbito da pesquisa pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que cresceram 113,6% entre 2006 e 2017. Como os impactos desse investimento não são imediatos, seus efeitos podem ser duradouros. Sobre essa questão, especificamente, Gasques, Bacchi e Bastos (2018) analisaram as fontes de desenvolvimento da agricultura brasileira entre 1975 a 2016, período que se inicia com as atividades da Embrapa, abertura econômica na década de 1980, modificações na forma do governo operar no crédito rural, além de outras mudanças de políticas públicas no segmento agrícola. Esses fatores acarretaram aumentos acentuados da produtividade no período, o que coloca o Brasil na posição de um dos países mais competitivos do mundo no setor, visto que a expansão do crédito rural, o acesso às inovações tecnológicas e o crescimento da escala de produção foram fundamentais para as mudanças na PTF.

Retomando ao período mais recente, Gasques et al. (2020) explicam sobre as transformações estruturais ocorridas na região Norte do país entre 2006 e 2017, em que as atividades econômicas tradicionais foram substituídas por atividades de maior valor agregado, como a criação de gado e as lavouras mais modernas de soja, café e algodão. Na região Nordeste, verificou-se o aumento da ocupação produtiva na Bahia, no Maranhão e no Piauí por meio da produção de grãos. Segundo Vieira Filho e Fishlow (2017), a expansão da produção de soja e o aumento da produtividade da produção pecuária e de grãos é resultado do esforço da pesquisa doméstica realizada pela Embrapa, incorporando conhecimento externo aos contextos locais.

Souza, Gomes e Alves (2020) realizam estimativas para um modelo de fronteira de produção estocástica e corroboram com o fato de que a agricultura brasileira tem se tornado menos intensiva em terra, mantendo constante o já elevado nível tecnológico e empregando uma força de trabalho mais qualificada. Todavia, os autores chamam a atenção para os contrastes na produção de pequenos e grandes produtores, postulando que as diferenças na produção de ambos podem ser minimizadas pela maior facilidade de acesso ao crédito, associação em cooperativas, maior nível de alfabetização, acesso à assistência técnica e as práticas agrícolas ecológicas. Reduzir as imperfeições de mercado é essencial para promover a melhoria da renda e desenvolver as regiões mais pobres do país.

Em uma análise voltada para a mecanização agrícola, Silva, Baricelo e Vian (2020) substanciam o crescimento do uso de maquinários, mensurado em tratores por hectare, e apontam para um aumento significativo de 50% no estoque de equipamentos para plantio e adubação, reforçando que a agricultura brasileira tem feito o uso de máquinas cada vez mais potentes. Apesar desse resultado, foi verificado que as regiões que já apresentavam elevada frota de máquinas, como Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, intensificaram os processos de mecanização entre 2006 e 2017. O destaque é dado para o estado de Minas Gerais, cujo incremento em termos de tratores por hectare, plantadeiras, máquinas para adubação e plantio ocorreu de forma expressiva. Por outro lado, as regiões que já não faziam o uso desse aparato tecnológico, apresentaram queda no consumo de maquinários, o que pode contribuir para intensificar a concentração da renda agrícola em regiões específicas. No geral, os autores chamam a atenção para o alto grau de obsolescência das frotas, já que os produtores as mantêm por um período médio de 25,5 anos, caracterizando altos custos de manutenção. Esse resultado pode sugerir que a produtividade brasileira tem grandes margens para aumentos, desde que mudanças tecnológicas no uso de máquinas agrícolas sejam realizadas com maior frequência.

Analisando as diferenças produtivas nas regiões brasileiras com enfoque na infraestrutura logística, Ferreira e Vieira Filho (2020) enfatizam que os avanços tecnológicos permitiram a produção em áreas remotas e cada vez mais interiorizadas no país. Como exemplo, os autores mencionam a expansão da produção de milho e soja nas áreas de transição do Cerrado e da Floresta Amazônica, bem como na região oeste da Bahia. Entretanto, as tecnologias que elevaram as possibilidades de expansão na produção não foram acompanhadas de políticas que minimizem os problemas de infraestrutura logística, dada a heterogeneidade dessa questão entre as regiões brasileiras.

Novamente, apesar do alto crescimento médio da produtividade brasileira, esta pode apresentar resultados ainda mais promissores e isso pode ocorrer a partir de melhorias nas condições de distribuição e armazenamento, aprimorando o desempenho de gestão logística das propriedades rurais, melhorando o acesso a insumos e aperfeiçoando o escoamento da produção. A análise de eficiência técnica das regiões brasileiras aponta que os municípios da região Norte, do norte do Maranhão e do norte de Mato Grosso, que compõem a Amazônia Legal brasileira, são passíveis de maiores ganhos de produtividade pelo incremento na capacidade de armazenamento nas propriedades ou na extensão das rodovias.

Reyna, Braga e Moraes (2020) investigam se o aumento da produtividade está associado ao uso intensivo de agrotóxicos e concluem que essa relação é significativa e positiva, já que o uso de defensivos agrícolas aumenta o nível de eficiência técnica dos produtores. Em 2017, as fazendas

mais intensivas no uso de pesticidas foram mais eficientes que aquelas menos intensivas em 17,5 pontos percentuais. Os maiores escores de eficiência foram verificados nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. Esse resultado não é surpreendente do ponto de vista prático, já que os cultivos permanentes, como o algodão, e temporários, como o milho, a soja e a cana-de-açúcar, são responsáveis por consumir mais de 85% do total de insumos químicos consumidos no Brasil e a produção desses bens está aglutinada nas regiões mencionadas. Na região Nordeste, o uso de pesticidas está concentrado em partes isoladas, onde a horticultura, a fruticultura e a produção de cana-de-açúcar são bem desenvolvidas. Na região Norte não há predominância de lavouras temporárias e permanentes (exceto em Rondônia, onde há produção de soja e milho) e verifica-se o cultivo de pastagens para a produção pecuária, cuja aplicação de agrotóxicos é moderada. O texto traz como reflexão a importância da orientação técnica e da associação a cooperativas como fatores que afetam positivamente a eficiência técnica de propriedades que fazem o uso intensivo de agrotóxicos, evitando a utilização inadequada do insumo, mitigando as externalidades ambientais e à saúde humana, animal e vegetal e promovendo a inocuidade dos alimentos tratados quimicamente.

2.2 Produtividade agrícola e segurança alimentar

Um a cada oito indivíduos enfrenta a insegurança alimentar (FAO, 2014), enquanto centenas de milhões de pessoas não desfrutam de uma dieta nutricional suficiente, o que as coloca em condições de subnutrição (SMYTH; PHILLIPS; KERR, 2015). Melhorar a produtividade agrícola é essencial para aliviar a pressão sobre a terra, o trabalho e os outros recursos necessários para produzir alimentos, tornando o acesso à alimentação mais barato e mais abundante (FUGLIE, 2018).

Em 2011, entretanto, uma combinação de fatores, como a crescente demanda por alimentos nos países em desenvolvimento, a acentuada ascensão no preço do petróleo, os efeitos climáticos que afetaram a produção agrícola em algumas regiões do globo e os baixos estoques globais de alimentos, provocaram uma forte alta dos preços mundiais de commodities (FAO, 2011). Na ocasião, muitos exportadores restringiram as suas vendas externas, enquanto governos de países importadores líquidos buscaram aumentar os seus estoques nacionais. O resultado foi uma série de medidas intervencionistas que visavam proteger os interesses nacionais de curto prazo, causando uma perda no bem-estar global, principalmente nas economias importadoras e em segmentos vulneráveis da população, aumentando significativamente o número de pessoas em condição de insegurança alimentar (GLAUBER et al., 2020).

A partir de então, houve forte preocupação sobre uma posterior crise, causada, sobretudo, por desaceleração na produtividade agrícola (FUGLIE, 2018). Nesse contexto, várias organizações internacionais, incluindo a FAO e as Nações Unidas, estabeleceram como uma das Metas de Desenvolvimento Sustentável a garantia de sistemas de produção de alta produtividade, gerando uma cadeia de abastecimento sustentável, sem comprometer os serviços ecossistêmicos (IPEA, 2021; GRAFTON; DAUGBJERG; QURESHI, 2015), que alimente mais de 9 bilhões de pessoas até 2050 (EVANS, 2009; BEDDINGTON, 2010).

Desse modo, o apoio ao crescimento da produtividade agrícola deve vir acompanhado de políticas que elevem a eficiência técnica e promovam a liberalização do comércio para aumentar a competitividade do mercado, uma vez que a produção mundial tem se tornado mais especializada em poucas safras altamente produtivas (BENTON; BAILEY, 2019). Como consequência, a hipótese da desaceleração da produtividade agrícola pode ser questionada, uma vez que, avaliadas as tendências mundiais da PTF, observa-se que a quantidade combinada de terra, trabalho, capital e insumos intermediários empregados na produção está resultando em um maior volume de produtos agrícolas ofertados (FUGLIE, 2018). Mas o que explica a crise dos alimentos de 2011?

Para Smyth, Phillips e Kerr (2015), os graves subinvestimentos em P&D agrícola nas últimas décadas justificam-se pelas dificuldades fiscais dos governos e fraca proteção à propriedade intelectual aliadas aos altos custos na identificação e aquisição da propriedade intelectual existente e

aos processos regulatórios longos e caros para novas tecnologias. Já para Baldos e Hertel (2014) são as mudanças climáticas na temperatura e na precipitação que afetam os rendimentos das safras para os principais grãos básicos, causando efeitos adversos na disponibilidade e nos preços globais de alimentos.

Na falta de um consenso se a produtividade agrícola global atual é suficiente para assegurar que outra crise alimentar não ocorra, é certo que o Brasil tem um papel fundamental nessa discussão. Primeiro, o país apresenta competitividade e alta escala de produção em diversas commodities alimentares de relevância. O segundo ponto sublinha que o país tem experiência na comercialização e no transporte de grandes volumes alimentares para cerca de 200 parceiros comerciais, o que coloca o agronegócio brasileiro em uma posição central de apoio à manutenção da segurança alimentar das regiões mais sensíveis. Terceiro, em 2020 a Embrapa sofreu cortes orçamentários por parte do Governo Federal e, conforme discutido no item 2.1, as pesquisas desenvolvidas no âmbito da instituição foram fundamentais para ganhos de produtividade no país no passado, o que torna essencial o diálogo entre os atuantes no setor agrícola com o setor público sobre uma possível retomada dos investimentos para manter os sucessivos ganhos de produtividade do país no agronegócio.

Para Cole et al (2018) e Wang et al (2020), os investimentos em P&D agrícola são essenciais na produção de tecnologias que sustentam a produtividade agrícola, e é a partir desse argumento que o objetivo desse trabalho é desenhado, buscando aportes para o desenvolvimento de políticas.

2.3 Choques de produtividade a partir dos modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC)

Ferreira Filho (2008) utilizou o modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), MOSAICO-DR. Um ponto interessante a destacar refere-se ao saldo líquido do aumento da PTF sobre o bem-estar, levando a um resultado positivo, embora ocorra a queda do nível de emprego das categorias de mais baixa renda. Um impacto positivo surgiria por meio da queda dos preços dos alimentos, que aumentaria a renda real das famílias. Argumento importante do ponto de vista da segurança alimentar e reforçado por Alves (2004) aponta que a mudança tecnológica no Brasil tem sido fundamental na diminuição dos preços dos alimentos.

Já Pacheco e Menezes (2020) analisaram os impactos da inovação agrícola como impulsionadores do crescimento e desenvolvimento do país por meio de um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), o *Global Trade Analysis Project* (GTAP). Os autores simularam três cenários com choques na mudança tecnológica e constataram que a inovação agrícola atua de forma positiva no bem-estar mundial, além de reduzir a pobreza, diminuir a desigualdade, gerar crescimento econômico e aumento da produção. Esse é outro resultado que revela como as políticas de incrementos agrícolas, de fato, geram resultados que corroboram a segurança alimentar.

Por fim, Pio (2016) analisou os impactos da formação do capital *knowledge*, adquiridos por meio da realização de P&D, na estrutura produtiva e nos agregados macroeconômicos do Brasil. Para isso, empregou-se um modelo de EGC, mais especificamente o BIM-GERD. Os resultados mostraram mudanças positivas na produtividade setorial. Ademais, com relação aos agregados macroeconômicos, notou-se um acréscimo do volume de exportação, aumento do consumo real agregado, efeitos positivos sobre o PIB real e ganhos no bem-estar.

Na literatura internacional, destaque é dado ao estudo de Ghosh (2007), que empregou um modelo de EGC para avaliar o impacto de políticas de incentivo à realização de pesquisa e desenvolvimento (P&D) sobre a produtividade e o crescimento do Canadá. Os resultados apontaram que os subsídios direcionados à P&D causaram impactos positivos na produtividade da economia do Canadá, mas se essa estratégia fosse combinada à adoção de uma política econômica mais aberta os ganhos na produtividade seriam mais elevados.

Rodriguez (2019), por meio do modelo GTAP, reproduziu choques na Produtividade Total da Terra (PTT) e Produtividade Total dos Fatores (PTF) para analisar a produtividade agrícola do Paraguai. A utilização desses parâmetros é justificada por projetar os impactos do clima nas culturas agrícolas com relação aos métodos agrícolas, trazendo robustez às análises que consideram os efeitos climáticos na produção. Foi constatado que choques na PTF conferiram ao Paraguai maiores rendimentos, considerados os três fatores de produção, ou seja, os choques tecnológicos foram suficientes para aumentar a eficiência produtiva no uso de capital, trabalho e terra. Além disso, foi possível observar no Paraguai maiores ganhos em bem-estar e PIB entre as regiões consideradas no estudo.

Ainda, Kristková (2012) avaliou o choque do investimento em P&D para a economia da República Tcheca. Por meio de um modelo dinâmico de EGC, a autora encontrou como resultado que a acumulação de P&D pode colaborar para o crescimento econômico no longo prazo, visto que tende a ampliar a produtividade. Além disso, a não inclusão de pesquisa e desenvolvimento ao modelo pode gerar subestimação da capacidade das atividades industriais intensivas em economia.

No geral, os estudos supracitados mostram que a abordagem de Equilíbrio Geral Computável pode ser satisfatória em representar os efeitos dos choques de políticas, cujos resultados podem ser alinhados às recomendações de políticas públicas para o desenvolvimento da produção em termos de segurança alimentar.

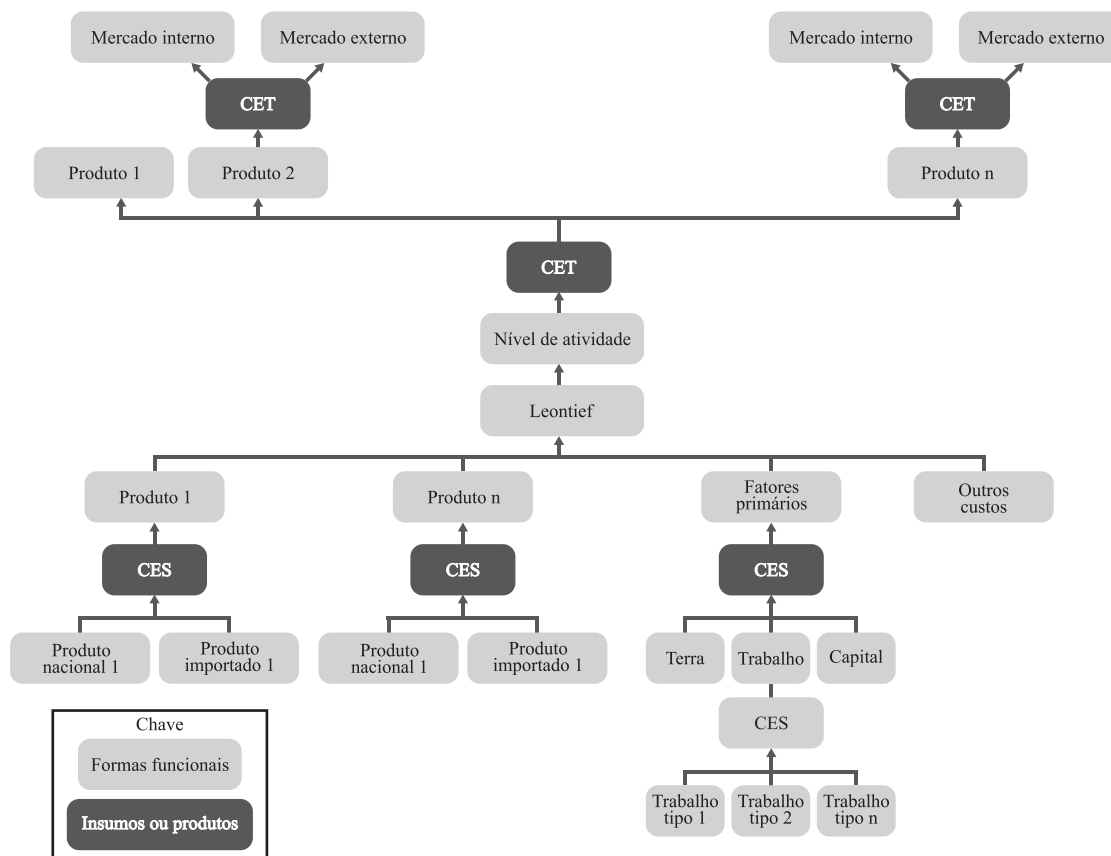
3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

De acordo com Fochezatto (2005), os modelos de EGC mostram as interações entre produtores, consumidores e fatores, isto é, os agentes econômicos produzem, consomem e comercializam bens e fatores. Ademais, os modelos reportam o fluxo circular da renda, partindo do princípio de que existe um único equilíbrio para essa economia motivado pelo comportamento ótimo desses agentes.

O modelo empregado para quantificar os impactos da mudança tecnológica na produtividade agrícola é o ORANIGFR, adaptado para o Brasil e com um sistema de modelagem do tipo *top-down*, ou seja, captando as variações de forma nacional e, a partir desse resultado, obtendo as variações regionais. Além disso, o modelo ORANIGFR possui equações que descrevem em um determinado período: a demanda dos produtos por insumos e fatores primários; as demandas domésticas, de exportação e do governo; a demanda por insumos para a formação de capital e a oferta de commodities; a relação dos preços básicos de custos de produção e de venda; os índices de preços; e outras variáveis macroeconômicas.

De acordo com Horridge (2006), o modelo permite que cada indústria produza usando como insumo produtos domésticos e importados e diferentes fontes de trabalhos, terra e capital. Mantém-se a capacidade de se trabalhar com o modelo multi-insumo e produto à medida que se supõe separabilidade entre insumo-produto. Logo, de acordo com a Figura 1, a estrutura de produção pode ser sintetizada da seguinte maneira:

Figura 1 – Estrutura de produção do modelo ORANI-G



Fonte: elaboração própria, adaptado de Horridge (2006, p. 78).

Tem-se que o nível de atividade nacional é composto de bens, fatores primários e outros custos. Cada bem produzido é modelado com base em uma função CES (Elasticidade Constante de Substituição) que considera a substitutibilidade entre o insumo local e o importado, já os fatores primários são determinados por outra função CES que supõe que capital, trabalho e terra são substitutos em seu processo. Note que o trabalho leva em consideração diferentes tipos de mão de obra também agregados por uma função CES. A produção será dividida segundo uma função CET (Elasticidade Constante de Transformação) que determinará quanto do produto será consumido internamente e quanto será exportado (HORRIDGE, 2003).

Portanto, para que o objetivo deste trabalho seja alcançado, são utilizados os dados da PTF estimados para o período de 2018 a 2030. Esses valores são indicados por Gasques, Bacchi e Bastos (2018) e discutidos pela MAPA (2020), segundo o relatório “Projeções do Agronegócio, Brasil 2019/20 a 2029/30”. Com isso, a taxa de crescimento anual para o período é de 2,93%, sendo esse percentual aplicado como forma de choque estrutural em função de uma mudança tecnológica, dado um aumento na produtividade total dos fatores.

Na sequência, deve-se realizar o fechamento do modelo, que consiste na escolha das variáveis exógenas e endógenas de forma coerente com a proposta da análise. A escolha do fechamento reflete dois tipos de considerações. Primeiramente, está associada à questão temporal da simulação: curto, médio ou longo prazo, que depende das variáveis econômicas a serem ajustadas ao novo equilíbrio, impactando diretamente a forma como se molda o mercado de fatores. Em segundo lugar, a escolha é afetada pela necessidade de uma simulação particular e, assim, das hipóteses das quais se pondera serem as mais adequadas sobre as variáveis que o modelo não explica.

É importante salientar que, conforme Ferreira Filho (2018), em uma simulação de curto prazo pode-se fixar de forma exógena o capital, visto que ele não pode se ajustar plenamente em um curto espaço temporal. Já no médio prazo, embora o estoque de capital seja flexível entre as diversas atividades industriais, permanece fixo, sendo essa uma das hipóteses que circunstanciam o modelo. Por fim, no longo prazo o estoque de capital por indústria e agregado é endógeno ao modelo, além de ser determinado por meio do sistema de equações. Além disso, o investimento passa a ser endógeno, enquanto a sua variação é exógena, e essa caracterização faz com que o modelo capture a diferença de lucratividade entre setores com rendimentos distintos: os setores mais favoráveis podem exibir um rendimento maior e os setores com menor rentabilidade, um rendimento menor.

Portanto, a estratégia de simulação consiste em inserir choques na variável de interesse, que nesse estudo é o progresso tecnológico, além de mantê-la exógena nos três fechamentos. Para isso, empregou-se como base a taxa de crescimento anual da PTF do setor agropecuário para o período de 2018 a 2030 de 2,93%, conforme Figura 2. Além disso, o choque dado deve ser negativo, pois um choque positivo aumentaria a demanda por insumos para cada unidade de produto, tornando o PIB negativo. Logo, para não ocorrer uma degradação tecnológica, o valor torna-se negativo. Essa estratégia é sugerida por Ferreira Filho (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizado um experimento de simulação para entender os efeitos do processo de mudanças tecnológicas sobre o próprio setor agropecuário e na economia brasileira, à luz de um modelo de equilíbrio geral computável. Dessa forma, foi empregado um aumento da taxa de crescimento anual da PTF do setor agropecuário em 2,93%, conforme justificado na Seção 3.

Na Tabela 1, apresenta-se o resumo dos resultados por meio do processo de mudança tecnológica no setor agropecuário em simulações de curto, médio e longo prazo, com relação às variáveis macroeconômicas de interesse. Observa-se que o choque da simulação gerou impactos significativos em todos os agregados macroeconômicos, pois um aumento da produtividade total dos fatores desloca a fronteira de possibilidades de produção, aumentando o PIB real da economia.

Tabela 1 – Resultados dos agregados macroeconômicos (%)

Agregados macroeconômicos	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
Consumo real das famílias	0,6779	0,7323	4,2895
Volume das exportações	0,4212	0,4308	2,7496
Volume das importações	0,3311	0,3153	2,1625
PIB real	0,4168	0,4522	2,6591
Emprego agregado	0,3146	0,4054	2,1153
Índice de preços das exportações	-0,1303	-0,1452	-0,5827
Desvalorização cambial real	-0,3336	-0,1737	0,5413
Termos de troca	-0,1303	-0,1452	-0,5827

Fonte: elaboração própria a partir dos resultados das simulações no GEMPACK.

No curto prazo, o PIB real variou 0,4168%, no médio prazo 0,4522% e no longo prazo houve uma variação de 2,6591%. Esse aumento é caracterizado em outros estudos, como apontado por Pio (2016) e Rodriguez (2019). Pelo fechamento escolhido, o ajuste se deu por meio do aumento do consumo real das famílias e um maior volume das exportações em comparação às importações. Essa justificativa é coerente com o argumento da segurança alimentar e do crescimento do consumo de produtos agrícolas pela indústria, reforçando que o aumento da produção agrícola é absorvido pelos agentes econômicos nacionais e internacionais. Além disso, revela o papel do Brasil na função de promover a oferta agroalimentar. No longo prazo, a ampliação das importações, somada

ao aumento do consumo real das famílias, sugere uma valorização cambial real de 0,5413%, corroborando a ideia de o Brasil ter grande atuação no fornecimento de produtos agrícolas no mercado internacional e elevar as divisas nacionais em moeda estrangeiras. Também é importante destacar que, nessa dinâmica, os produtores do agronegócio tendem a se beneficiar pela ampliação da renda agrícola no setor.

Com relação ao emprego real, a Tabela 2 descreve o resultado da simulação de uma mudança tecnológica no mercado de trabalho por nível de qualificação, em que o OCC1 corresponde ao grupo menos qualificado (até um salário mínimo) e o OCC10 ao grupo mais qualificado (acima de 5 salários mínimos).

Tabela 2 – Resultados do emprego por ocupação (%)

Empregos por ocupação	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
OCC1	0,2471	0,3805	2,6629
OCC2	0,3259	0,4125	2,3720
OCC3	0,3740	0,4600	2,3599
OCC4	0,3411	0,4293	2,2034
OCC5	0,3144	0,4028	2,1726
OCC6	0,2891	0,3813	2,0444
OCC7	0,3113	0,3945	2,0292
OCC8	0,2878	0,3709	1,9114
OCC9	0,2809	0,3748	2,0037
OCC10	0,2697	0,3700	1,8741

Fonte: elaboração própria a partir dos resultados das simulações no GEMPACK.

Percebe-se que a mudança tecnológica no mercado de trabalho gerou crescimento no emprego real em todos os níveis de qualificação e em todos os períodos analisados, resultado distinto do observado por Ferreira Filho (2008). O grupo OCC1 apresentou variações crescentes e maiores no tempo que os demais grupos, apontando que os empregos de menor qualificação seriam os mais beneficiados com o aumento da produtividade. Nota-se, ainda, um impacto mais significativo no longo prazo para esse tipo de ocupação. Embora na literatura o progresso tecnológico seja um poupador de mão de obra menos qualificada, ainda assim os empregos de todas as ocupações cresceram nas simulações, o que reforça a hipótese de Avellar e Vilela (2006) de que o aumento das vendas internas e externas gerou mais postos de trabalhos do que cortes pela utilização de novas tecnologias e pelo aumento das importações.

A Tabela 3 apresenta o emprego por setor na agropecuária. Nota-se certa heterogeneidade nesses resultados em relação aos apresentados pelo nível de ocupação, visto que os setores de milho em grão, cana-de-açúcar, laranja, leite, pecuária e outros produtos de lavoura permanente e temporária obtiveram uma queda do emprego, isto é, a elevação da PTF provocou uma redução na utilização da mão de obra por unidades de produto, sugerindo substituição do emprego por insumos produtivos tecnológicos, como máquinas. No longo prazo, entretanto, os setores de milho em grão, cana-de-açúcar e leite aumentaram a utilização de mão de obra por unidades de produto. Esse resultado é importante e pode estar associado ao aumento de mão de obra qualificada e apta a operar produtos tecnológicos, o que faz sentido do ponto de vista prático, já que a agricultura de precisão tem elevado os aparatos tecnológicos tanto do ponto de vista da produção como na gestão das fazendas. Os setores de arroz, algodão, soja em grão e café em grão apresentaram um aumento do emprego nas três simulações. Apesar da heterogeneidade e das particularidades regionais, grande parte dos setores revelaram uma tendência de crescimento do emprego no longo prazo.

Tabela 3 – Resultados do emprego por setor (%)

Agregados macroeconômicos	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
Arroz e outros	0,43	0,81	2,37
Milho em grão	-0,21	-0,18	1,05
Algodão herbáceo	0,55	0,91	2,61
Cana-de-açúcar	-2,44	-1,92	1,38
Soja em grão	1,51	2,63	3,84
Lavoura temporária	-2,56	-2,14	-1,27
Laranja	-4,20	-2,75	-1,31
Cafê em grão	1,93	3,72	4,53
Lavoura permanente	-1,68	-1,64	-0,96
Bovinos e outros animais	-2,53	-2,44	-0,71
Leite	-1,43	-1,26	1,31

Fonte: elaboração própria a partir dos resultados das simulações no GEMPACK.

Em síntese, essa tendência de crescimento pode ser justificada, além dos fatores elencados, pela ampliação da atividade econômica em razão de uma demanda maior por alimentos no mercado interno e externo, podendo ser observada pelo aumento do consumo agregado das famílias e o maior crescimento das exportações com relação às importações. Além disso, em contraste ao argumento que corrobora o aumento de mão de obra qualificada para lidar com altas tecnologias, o crescimento do emprego também pode ser consequência de parcelas de produtores do setor agropecuário que ainda fazem o uso de ferramentas de baixa tecnologia, bem como o emprego de processos produtivos de baixa produtividade e, naturalmente, demandantes de mão de obra de menor qualificação. Para resultados mais precisos, é necessário entender a dinâmica dos setores e conhecer as diversidades entre os pequenos e grandes produtores.

Os resultados regionais da produção por indústrias no curto prazo são descritos na Tabela 4. Nota-se que os setores com as maiores variações dado o choque de mudança tecnológica foram as atividades relacionadas com a pecuária como bovinos e outros animais (17,85%), no estado do Pará, e o leite (32,80%) em Roraima. De todo modo, a mudança tecnológica parece ser uma política adequada para o aumento de produção em grande parte dos setores, sendo um elemento importante para a promoção da segurança alimentar, exceto nas atividades relacionadas a bovinos e outros animais (-0,76%), no estado do Amazonas, e à cana-de-açúcar (-8,98%), no estado de Roraima, em que houve uma variação negativa na produção. No primeiro caso, a pecuária no estado do Amazonas é tradicionalmente extensiva, exigindo pouco uso de tecnologias e técnica de manejo dos solos. Entretanto, uma mudança pronunciada, a partir de choques tecnológicos, seria necessária a uma reestruturação das formas produtivas para o setor naquela região. Em relação à cana-de-açúcar produzida em Roraima, o resultado pode estar associado à implementação de usinas sucroalcooleiras na região, de modo que o aumento da produção pelo estímulo tecnológico seja reforçado pelo crescimento da demanda no elo industrial da cadeia, já que o setor de processamento da cana é concentrado nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do país.

Tabela 4 – Resultados da produção por setor no curto prazo (%)

Setor	Maior variação	UF	Menor variação	UF
Arroz e outros	3,93	SP	2,45	PB
Milho em grão	7,33	RR	0,22	TO
Algodão herbáceo	9,44	PR	0,98	RR
Cana-de-açúcar	4,93	PR	-8,98	RR
Soja em grão	7,46	RR	1,81	SE
Lavoura temporária	6,60	CE	0,68	MT
Laranja	1,16	AM	0,71	SP
Cafê em grão	7,97	RJ	2,36	MG/PR/RO
Lavoura permanente	5,56	CE	1,12	AC
Bovinos e outros animais	17,85	PA	-0,76	AM
Leite	32,80	RR	0,66	AP

Fonte: elaboração própria a partir dos resultados das simulações no GEMPACK.

Na Tabela 5, encontram-se os resultados regionais da produção por setores no longo prazo. Observa-se que todos os setores agropecuários obtiveram um aumento na produção com exceção dos setores de cana-de-açúcar (-0,33%), no estado de Roraima, e de bovinos e outros animais (-0,14%), no estado do Amazonas. Esse apontamento substancia os resultados de curto prazo, revelando que mudanças estruturais e não conjunturais são necessárias para que ocorra incrementos produtivos nos setores, nas referidas regiões.

Tabela 5 – Resultados da produção por setor no longo prazo (%)

Setor	Maior variação	UF	Menor variação	UF
Arroz e outros	5,78	SP	3,84	PB
Milho em grão	7,81	RR	1,10	TO
Algodão herbáceo	9,64	PR	3,11	AC
Cana-de-açúcar	6,52	PR	-0,33	RR
Soja em grão	10,23	RR	3,54	SE
Lavoura temporária	4,85	CE	0,79	RR
Laranja	2,44	PR	1,09	RR
Cafê em grão	11,78	RJ	4,48	MG/PR/RO
Lavoura permanente	5,11	CE	1,13	AC
Bovinos e outros animais	15,77	PA	-0,14	AM
Leite	35,34	RR	1,96	AP

Fonte: elaboração própria a partir dos resultados das simulações no GEMPACK.

A partir das simulações realizadas e dos efeitos encontrados com o choque de mudança tecnológica, pode-se concluir que os resultados demonstraram um aumento positivo no PIB real e do emprego agregado para todos os níveis de qualificação. Isso sugere que um choque na PTF do setor agropecuário estimula o crescimento econômico como um todo. Do ponto de vista empírico, resultado similar é visto em Pacheco e Menezes (2020), Pio (2016) e Rodriguez (2019), que usaram a análise de simulação via EGC, como também em outras abordagens metodológicas, conforme expressam os resultados de Silva, Baricelo e Vian (2020), Souza, Gomes, Alves (2020) e Vieira Filho e Fishlow (2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma base que corrobora com a ideia de que o aumento do processo tecnológico no setor do agronegócio favorece ganhos econômicos para o país e coloca o Brasil em posição importante nos discursos sobre segurança alimentar. Os resultados apontam que um choque de produtividade de 2,93%, conforme projeções para o agronegócio, impacta de forma positiva o PIB real nas simulações de curto, médio e longo prazo, em que o consumo das famílias e a balança comercial em superávit mantêm o crescimento do PIB.

Os efeitos dos choques foram averiguados, também, nos grupos de emprego por faixa de renda. Observou-se que todos os grupos foram beneficiados, mesmo que, a priori, fosse esperado que o aumento da tecnologia no meio rural reduzisse a mão de obra menos qualificada, o que não ocorreu. Isso pode ser explicado pelas inter-relações ocorridas entre os setores em que a mão de obra menos remunerada é demandada por outras indústrias, como também pode ocorrer de uma parcela de produtores adotarem sistemas produtivos e tecnologias de baixa produtividade na agropecuária. Entretanto, esse resultado foi diferente quando observadas as atividades econômicas, sugerindo que os setores são heterogêneos no emprego de tecnologias e isso pode afetar a demanda por diferentes qualificações em mão de obra, sendo aspecto importante a ser explorado do ponto de vista de políticas públicas setoriais.

Na análise regional, grande parte das indústrias apresentaram melhoras no nível de atividade em razão das mudanças tecnológicas, justificadas pelo aumento da eficiência na utilização dos fatores de produção. Uma inovação tecnológica promove um efeito de transbordamento para outras indústrias e contribui para elevar a PTF dos demais setores da agropecuária. Esse aumento de produtividade reduz os preços dos insumos intermediários, provocando uma diminuição no custo de produção total, apontamento extremamente importante no quesito oferta alimentar, pois os preços afetam o acesso a alimentos, sendo esse um pilar fundamental na formulação de políticas de segurança alimentar, sobretudo nos países de menor renda. Novamente, o Brasil tem posição central nesse debate e pode liderar discussões a nível mundial a fim de aprimorar a disponibilidade de alimentos para uma população em ascensão.

No geral, nota-se que a tecnologia é um importante propulsor para o crescimento e também para o desenvolvimento sustentável do mercado brasileiro, o que coloca o país em evidência no contexto econômico, social e ambiental relacionado à garantia de segurança alimentar. Nesse sentido, é importante estender essa discussão a quando o país enfrentou, em 2020, cortes nos recursos orçamentários destinados ao desenvolvimento da ciência, pesquisa e inovação da Embrapa, um dos principais órgãos públicos em gerar tecnologia para aumentar a produtividade no campo. Para trabalhos futuros, recomenda-se analisar os efeitos indiretos e suas consequências nos demais setores da economia.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. A. **Presidente, fique bravo com a Embrapa**. O Estado de São Paulo, edição de 23 de dezembro de 2004.
- BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. Campinas: Alínea, 2018. 316 p.
- BALDOS, U. L. C.; HERTEL, T. W. Global food security in 2050: the role of agricultural productivity and climate change. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 58, n. 4, p. 554-570, 2014.
- BEDDINGTON, J. Food security: contributions from science to a new and greener revolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1537, p. 61-71, 2010.
- BENTON, T. G.; BAILEY, R. The paradox of productivity: **Agricultural productivity promotes food system inefficiency**. *Global Sustainability*, v. 2, 2019.
- CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**, 2019. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agronegocio-encerra-2019-com-alta-de-3-81.aspx>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.
- COLE, M. B., AUGUSTIN, M. A., ROBERTSON, M. J., MANNERS, J. M. The science of food security. **npj Science of Food**, v.2, n. 1, 1-8. 2018.
- DESA, U. N. World population prospects 2019: Highlights. New York (US): **United Nations Department for Economic and Social Affairs**, 2019.
- EVANS, A. The feeding of the nine billion: global food security for the 21st century. **Chatham Historical Society Incorporated**, 2009.
- FAO. FAO success stories on climate-smart agriculture. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2014.
- FAO. State of Food Insecurity in the World 2011, **Food and Agricultural Organization of the United Nations**, 2011.
- FERREIRA FILHO, J. B. S. **Avaliação dos ganhos sociais decorrentes do progresso técnico na agricultura brasileira**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu/record/133334/files/854.pdf>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.
- FERREIRA FILHO, J. B. S. **Introdução aos modelos de equilíbrio geral computável: conceitos, teoria e aplicações**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2018. 33 p. (Série Didática, n. 120). Disponível em: <<http://www.escolhas.org/materiais-aulas-curso-economia-e-meio-ambiente-equilibrio-geral-computavel/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2021.
- FERREIRA, M. D. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Eficiência técnica na agropecuária: capacidade de armazenagem e densidade de rodovias. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: IPEA. p. 161-172, 2020.
- FOCHEZATTO, A. Modelos de equilíbrio geral aplicados na análise de políticas fiscais: uma revisão da literatura. **Análise**, v. 16, n. 01, p. 113-136, Porto Alegre, jan./jul., 2005.

- FUGLIE, K. O. Is agricultural productivity slowing? **Global food security**, v. 17, p. 73-83, 2018.
- GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. **Crescimento e produtividade da agricultura brasileira de 1975 a 2016**. Brasília: IPEA. jan./mar. 2018. 9 p. (Carta de Conjuntura, n. 38).
- GASQUES, J. G., BACCHI, M. R. P., BASTOS, E. T., VALDES, C. Crescimento e produtividade da agricultura brasileira: uma análise do censo agropecuário. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: IPEA, 2020. p. 107-119.
- GASQUES, J. G., BACCHI, M. R. P., BASTOS, E. T., VALDES, C. **Produtividade da agricultura brasileira –uma nota**. Brasília: Mapa, out. 2019. 6 p. (Nota Técnica). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/produtividade-da-agropecuaria-cresce-3-36-ao-ano/copy_of_produtividade_2019_word.docx>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.
- GHOSH, M. R&D Policies and Endogenous Growth: A Dynamic General Equilibrium Analysis of the Case for Canada. **Review of Development Economics**, v. 11, n. 1, p. 187-203, 2007.
- GLAUBER, J., LABORDE DEBUCQUET, D., MARTIN, W., VOS, R. COVID-19: Trade restrictions are worst possible response to safeguard food security. **International Food Policy Research Institute Blog Post**. 27 mar. 2020.
- GOVERNO FEDERAL. **PIB do setor agropecuário cresce 1,3% em 2019**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2020/03/pib-do-setor-agropecuaria-cresce-1-3-em-2019#:~:text=O%20Instituto%20Brasileiro%20de%20Geografia,foi%20de%201%2C4%25>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.
- GRAFTON, R. Q.; DAUGBJERG, C.; QURESHI, M. E. Towards food security by 2050. **Food Security**, 7(2), 179-183. 2015.
- HORRIDGE, M. **ORANI-G: A Generic Single-Country Computable General. Impact Project, Equilibrium Model**. Monash University, Australia: Centre of Policy Studies. 2006. 78 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- IPEA. Objetivos de desenvolvimento sustentável. Fome Zero e agricultura sustentável. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ods/ods2.html>>. Acesso em: janeiro de 2021.
- KŘÍSTKOVÁ, Z. Impact of R&D investment on economic growth of the Czech Republic-a recursively dynamic CGE Approach. **Prague economic papers**, v. 21, n. 4, p. 412-433, 2012.
- LI, Y.; WESTLUND, H.; LIU, Yi. Why some rural areas decline while some others not: An overview of rural evolution in the world. **Journal of Rural Studies**, v. 68, p. 135-143, 2019.
- LOPES, I. V.; LOPES, M. R.; ROCHA, D, P. Ganhos de produtividade na agropecuária brasileira: desempenho passado e caminhos para o futuro. In: BONELLI, R.; VELOSO, F.; PINHEIRO, A. C. (Orgs.). **Anatomia da produtividade no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 165-182.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio, Brasil 2019/20 a 2029/30. Projeções de Longo Prazo**. Brasília, MAPA,

2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2021.

PACHECO, V. B.; MENEZES, G. R. **Inovação agrícola, crescimento e desenvolvimento**. Anais do 10º Seminário de Administração Pública do IDP. Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa. Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública. 14, 15 e 16 de outubro de 2020. Disponível em: <<https://www.idp.edu.br/arquivos/seminarioadm/gt-2/Vinicius-Pacheco-e-Gabrielito-Menezes.pdf>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

PIO, J. G. **Impactos dos gastos em pesquisa e desenvolvimento sobre a economia brasileira: uma abordagem de EGC**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Economia, para obtenção do título de mestre em Economia. Disponível em: <<http://www.ppgec.ufscar.br/pesquisa/dissertacoes-1/dissertacoes-2016/JooGabrielPioeconomia.pdf>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

REYNA, E. F.; BRAGA, M. J.; MORAIS, G. A. S. Impactos do uso de agrotóxicos sobre a eficiência técnica na agricultura brasileira. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: IPEA. p. 173-190, 2020.

RODRIGUEZ, A. M. B. **Impacto econômico das mudanças climáticas na agricultura do Paraguai**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/26739/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

SILVA, R. P.; BARICELO, L. G.; VIAN, C. E. F. Evolução, composição e distribuição regional do estoque de tratores e máquinas agrícolas no Brasil. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: IPEA. p. 149-160, 2020.

SMYTH, S. J.; PHILLIPS, P. W. B.; KERR, W. A. Food security and the evaluation of risk. **Global Food Security**, v. 4, p. 16-23, 2015.

SOUZA, G. S.; GOMES, E. G.; ALVEZ, E. R. A. Uma visão da produção da agricultura brasileira com base em dados recentes do Censo Agropecuário. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: IPEA. p. 39-59, 2020.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: IPEA, 305 p., 2017.

VON BRAUN, J. Bioeconomy – The global trend and its implications for sustainability and food security. **Global food security**, v. 19, p. 81-83, 2018.

WANG, X., DIETRICH, J. P., LOTZE-CAMPEN, H., BIEWALD, A., STEVANOVIĆ, M., BODIRSKY, B. L., ... POPP, A. Beyond land-use intensity: Assessing future global crop productivity growth under different socioeconomic pathways. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 160, p. 120-208, 2020.