

INOVAÇÃO AGRÍCOLA E O EFEITO TRANSBORDAMENTO: UMA ANÁLISE PARA O BRASIL

Vinicius Bonfim Pacheco
Universidade Federal de Pelotas
vbpusa@hotmail.com

Gabrielito Menezes
Universidade Federal de Pelotas
gabrielitorm@gmail.com

RESUMO

O propósito deste artigo é avaliar os impactos da inovação agrícola no Brasil e seu efeito transbordamento nos seus principais vizinhos, a partir do *Global Trade Analysis Project – GTAP*, um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), destacando os impactos no crescimento econômico e no bem-estar geral da economia. A fim de alcançar esse objetivo, foram simulados seis cenários com choques tecnológicos positivos na agricultura. Dentre estes, foram simulados cenários com isolamento, transbordamento e não participação na inovação. Os resultados demonstraram que a inovação agrícola gera ganhos de bem-estar mundial, com maior benefício para a região inovadora. Além disso, ficou demonstrado que quanto maior a representatividade da região e mais amplo o choque, maiores são os benefícios. O choque inovativo levou a um cenário propício para o aumento de produção, acompanhado pela queda de preço dos commodities, aumento de salário real e crescimento econômico acompanhado por redução da desigualdade.

Palavras-chave: Progresso Tecnológico, Agricultura, Pecuária, Mercosul, Brasil, GTAP.

Classificação JEL: O33, O47, Q16.

ABSTRACT

The purpose of this article is to assess the impacts of agricultural innovation in Brazil, and its spillover effect on its main neighbors, based on the Global Trade Analysis Project (GTAP), a Computable General Equilibrium (EGC) model, highlighting the impacts on economic growth and the general welfare of the economy. To achieve this objective, six scenarios with positive technological shocks in agriculture were simulated. Among these, shocks scenarios were simulated with isolation, overflow and non-participation in innovation. The results showed that agricultural innovation generates gains in world welfare, with greater benefit for the innovative region. The innovative shocks indicated scenarios favorable to the increase in production, accompanied by a drop in commodity prices, increases in real wages and economic growth accompanied by a reduction in inequality. In addition, there were greater benefits for regions with greater representation and affected by two simultaneous shocks

Keywords: Technological Progress, Crops, Livestock, Mercosur, Brazil, GTAP.

Classificação JEL: O33, O47, Q16.

1. Introdução

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) relatou que nos últimos três anos houve um crescimento no número de pessoas em condição de risco alimentar, alcançando 821 milhões de indivíduos, ou seja, um em cada nove habitantes do mundo vive em condição de desnutrição. Recentemente, a situação foi agravada pela forte instabilidade climática castigando de maneira mais intensa aqueles países que possuem a maior parte da população dependente da agricultura (FAO, 2018).

A literatura recente aporta nas inovações tecnológicas a capacidade de dirimir adversidades da produção de alimentos, impulsionando a produtividade e aumentando a capacidade de nutrir o mundo. Essas inovações reduzem os males da produção, inclusive vulnerabilidade à adversidades climáticas (BROOKES; BARFOOT, 2016; FAO, 2018; VIEIRA FILHO, 2018).

Nas economias em desenvolvimento, sobretudo no Brasil, o setor agrícola assume papel marcante na promoção de crescimento e desenvolvimento econômico. Dessa forma, o aumento da produtividade agrícola aparece como uma opção plausível e atraente para os *policy makers* promoverem o crescimento econômico e ganho de produtividade, ao qual contribuem para o combate à fome e pobreza (IVANIC; MARTIN, 2018).

No mundo, Fuglie, Wang e Ball (2012) verificaram que as amarras do aumento da produtividade estão fortemente ligadas as condições institucionais e investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Especificamente para o Brasil, as amarras do aumento de produtividade perduram sobre as condições macroeconômicas, capital humano, investimento em pesquisa e tecnologia (P&D), políticas agrícolas, regulamentação e instituições (SERIGATI, 2013).

Os ganhos da pesquisa agrícola são amplamente estudados na literatura (BROOKES; BARFOOT, 2016; BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016; HERTEL, 1996; NORTON; DAVIS, 1981). No entanto, poucos trabalhos¹ analisam seu impacto no Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), sendo ainda menor aqueles que analisam o transbordamento tecnológico nesse mercado. Os efeitos de inovação tecnológica ocorrem de maneira específica para cada região, sendo necessário estudar de que forma a inovação tecnológica afeta a produção do país inovador e de seus parceiros regionais (HERTEL, 1997).

Atualmente, diferentes *players* estão engajados na difusão e desenvolvimento de inovação tecnológica, tais como, agências internacionais (FAO, Banco Mundial e CGIAR²), agentes privados (*Monsanto, Dow Chemical Company, Evogene Ltd e Syngenta*) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016; HERTEL, 1997). Vale destacar que a EMBRAPA possui papel de destaque no cenário regional e mundial, sendo um dos principais atores da inovação tecnológica no Brasil e em países tropicais (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017)

Dentro desse contexto, é importante analisar os ganhos e perdas de bem-estar em um transbordamento tecnológico, pois assim, pode-se compreender se é vantajoso a utilização de recursos públicos na pesquisa agrícola (HERTEL, 1997). Vale destacar que a capacidade de absorção de P&D é profundamente afetada pelo capital humano o que torna inerente a cada país a absorção de inovação tecnológica (OECD, 2014).

No geral, uma inovação tecnológica não afeta apenas um setor específico. Uma única inovação pode ser implementada em diversos setores, sendo o setor agrícola aquele que a produtividade é afetada em maior intensidade graças ao seu dinamismo. Além disso, o atraso tecnológico do setor representa um cenário rico para um maior investimento em P&D, no qual

¹ Ver Feijó e Alvim (2010), Bustos (2011) e Molina (2017).

² Consultative Group on International Agricultural Research.

possui uma taxa de retorno global lenta mas bastante alta (PARDEY; ALSTON; RUTTAN, 2010).

Esse artigo tem como objetivo compreender os possíveis cenários de inovação tecnológica para o setor agrícola brasileiro. Assim, verifica-se a capacidade de modificar o bem-estar dando um choque nesse setor, que torna possível aprontar simulações através do Equilíbrio Geral Computável (EGC) e identificar a trajetória de desenvolvimento e a representatividade do setor agrícola brasileiro com o MERCOSUL e, então, identificar os possíveis cenários. Foi utilizado *Global Trade Analysis Project* (GTAP) para analisar como choques tecnológicos no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, afetam a competitividade do mercado e o posicionamento dos *players* no cenário regional. Ademais, com base na *Hipótese de Armington*, verifica-se como diferentes regiões obtêm vantagens e/ou desvantagens dado transbordamento de inovação tecnológica. O EGC permite os movimentos endógenos nos preços e quantidades regionais dado um choque tecnológico. Com base no EGC, utilizaremos a abordagem teórica de Freebairn e Alston (1988) para simular as respostas aos choques tecnológicos, a diferença é que neste trabalho utilizaremos mais de uma *commodity*.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a segunda seção trata da revisão de literatura; a terceira seção trata da metodologia; a quarta apresenta os resultados e na última seção são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2. Revisão de Literatura

Os efeitos dos choques tecnológicos sobre o nível da atividade econômica, e, mais especificamente, sobre a atividade agrícola têm sido tema de diversas pesquisas internacionais e nacionais (BARROS; SPOLADOR; BACCHI, 2009; CARTER; CHENG; SARRIS, 2016; EMERICK et al., 2016; HERTEL, 1997; VIEIRA FILHO; SILVEIRA, 2012). O estudo do impacto desses choques sobre a agricultura é importante para esclarecer a magnitude dos efeitos, a forma como afetam a competitividade dos países, e quais os efeitos dos transbordamentos tecnológicos na concorrência, relacionando assim, as políticas que visem melhorar a competitividade e otimizar gastos do setor (GRILICHES, 1991; HERTEL, 1997; HUFFMAN et al., 2002; LAI et al., 2017; LUDENA, 2010; PENNA, 2016),

É necessário o entendimento dos choques tecnológicos na agricultura. Para isso, é importante compreender como a agricultura, pecuária, serviços e, extração e manufatura são afetados (HERTEL, 1997). Os efeitos desses choques podem gerar limitações em alguns ramos da economia através de suas variações de bem-estar e seus efeitos heterogêneos (BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016). Sendo assim, devemos analisar a produtividade, transbordamentos tecnológicos e a inovação tecnológica na agricultura como ferramenta de combate à pobreza, crescimento e desenvolvimento econômico a partir da agricultura.

Durante o período de 1976 a 2016, o Brasil teve destaque mundial em crescimento da produtividade (GASQUES; BACCHI; BASTOS, 2018). Fatores diversos influenciaram nos ganhos de produtividade, como: adoção de mudanças técnicas e mudanças nas instituições agrícolas que levaram à alteração; de um setor econômico tradicional para um setor dinâmico (ADENLE; MANNING; AZADI, 2017; BROOKES; BARFOOT, 2016; BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016; FIGUEIREDO, 2016).

A inovação tecnológica pode ser compreendida como uma mudança técnica que começa fora da produção mas, ainda assim, está incorporada ao produto (ALVES, 2010). No Brasil, a EMBRAPA, incorporou o conhecimento externo e a adotou às condições tropicais. A mudança técnica é colocada no setor produtor onde a difusão dessas novas técnicas depende do processo de aprendizado dos usuários (VIEIRA FILHO, 2018).

No Brasil, a adoção de uma mudança técnica ocorre de maneira heterogênea, variando de acordo com o tamanho da propriedade, a *commodity*, a educação e geração dos produtores (BERNARDI; INAMASU, 2014). Dessa forma, podemos encontrar setores com produtores mais jovens e instruídos dispostos a inovar, e outros mais conservadores, como é o caso do açúcar e etanol, onde a competitividade se sustenta graças as vantagens comparativas do setor (BERNARDI; INAMASU, 2014; SALLES-FILHO et al., 2017; VICENTE, 2002). Ademais, é possível identificar que o grau de escolaridade interfere na adoção de tecnologia (ABDULAI; HUFFMAN, 2005; CARLETTO et al, 2010).

A implementação de inovação tecnologia é fundamental para os produtores agrícolas, uma vez que, grande parte do aumento da renda pode ser explicado por ganhos tecnológicos (ALVES; SOUZA; ROCHA, 2012). Assim, avanços tecnológicos possuem a capacidade de aumentar a produtividade e competitividade, através da sua capacidade de utilizar recursos escassos de uma forma mais eficiente (BROOKES; BARFOOT, 2016; MARTHA; ALVES; CONTINI, 2012). Por exemplo, as sementes geneticamente modificadas foram desenvolvidas em 1996 mas só puderam ser amplamente utilizadas no Brasil a partir de 2005 (BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016). A utilização dessas sementes gerou redução de custos, maiores rendimentos e ganhos de produção para os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Além disso, o custo de acessar essa tecnologia é inferior nos países emergentes (BROOKES; BARFOOT, 2016).

Um país, não necessariamente, precisa desenvolver uma inovação, ele pode apenas adotar uma tecnologia já existente, de modo a impulsionar sua produtividade (HERTEL, 1997). No entanto, a adoção depende da sua capacidade de pesquisa e de propagação em seu território, ou seja, apesar de não desenvolver a tecnologia é necessário algum esforço de capital humano para conseguir assimilar a inovação provinda de outro país (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

A adoção da inovação tecnológica pode ser entendida como um *trade-off* entre receita líquida da tecnologia tradicional e moderna e, custo de entrada para adoção de uma nova tecnologia visando maiores retornos financeiros (GRILICHES, 1957; PAIVA, 1971; SURI, 2011). Ou seja, a forma como os produtores enxergam essa nova tecnologia interfere na possibilidade de adoção de uma nova tecnologia (FEDER; JUST; ZILBERMAN, 1985; FIGUEIREDO, 2016). Dessa forma, após adoção é necessário a difusão que só é possível se o país possuir estrutura propícia para maximizar tais benefícios, onde perduram sobre a qualidade de um desenvolvimento de sua cadeia produtiva, da urbanização e a industrialização de insumos externos (REARDON et al., 2019). Até por isso, o processo de adoção e difusão tecnológica tem um caráter heterogêneo no mundo, sendo necessário os cinco estágios de exposição do indivíduo a inovação, que são: conscientização, interesse, avaliação, experimentação e rotina, no qual englobam os estágios de iniciação e implementação de uma nova tecnologia (ROGERS, 1983).

Em 1973, o governo brasileiro criou a EMBRAPA, uma empresa com intuito de gerar conhecimento e tecnologia para agricultura brasileira, sendo um exemplo de sucesso internacional e um caso de inovação induzida³. Essa empresa possui atuação relevante, aplicando sua pesquisa mundialmente, mais especificamente, na Colômbia, Paraguai, Argentina e mais recentemente na África (FIGUEIREDO, 2016; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). A difusão de biotecnologia criada pela EMBRAPA tem o papel de aumentar a produtividade, reduzir custos, diminuir uso de material químico prejudicial à saúde e meio ambiente, gerando renda e qualidade de vida (VIEIRA FILHO, 2018).

³ A inovação induzida é quando há um esforço exógeno para que instituições promovam a disponibilidade de tecnologias.

A utilização de inovação tecnológica é amplamente divulgada por esses diferentes *players*, levando redução de custos e aumento de renda. A *Monsanto*, por exemplo, utilizou sementes geneticamente modificada em países do MERCOSUL, tais como: Brasil, Argentina, Colômbia, Paraguai, Uruguai, onde o custo para acessar a tecnologia representaram apenas 23% do ganho extra com a adoção (BROOKES; BARFOOT, 2016).

O MERCOSUL foi fundado em 1991 pelos estados membros Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, e representa um bloco de comum comércio. Ele ainda possui a Venezuela como membro suspenso e, como membros associados Bolívia, Chile, Peru, Colômbia, Equador, Guiana e Suriname. O principal papel do bloco é a reintegração da América Latina, onde se aplica para membros de fora do bloco uma taxa externa comum e para países membros. Há livre circulação de bens, serviços e fatores produtivos com exceção do açúcar e automóveis. Atualmente, este bloco equivale a quinta maior economia do mundo e uma maior interação brasileira com o bloco pode trazer melhores resultados benéficos (FILHO; SOUZA, 1999; MERCOSUL, 2019; PEROBELLI et al., 2017).

Como produtor agrícola, o Brasil possui destaque mundial na produção, exercendo o papel de terceiro maior produtor do mundo, atrás apenas da União Europeia (EU) e dos Estados Unidos da América (EUA) (FAO, 2018). Em 2017, o agronegócio representou 22% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, 32% dos empregos totais, 44% das exportações brasileiras e teve superávit de US\$ 81,8 bilhões, no qual garantiu saldo positivo de US\$ 67 bilhões na balança comercial brasileira (CNA, 2018).

Atualmente, os principais exportadores e importadores do MERCOSUL são o Brasil e a Argentina, onde, juntos, foram responsáveis por quase 50% das exportações e 63% das importações do Bloco (junho de 2019), demonstrando a representatividade dos dois países para o bloco (MERCOSUR, 2019). Portanto, o bloco acaba sendo bastante vulnerável a economia desses dois países.

Em termos de ganhos de competitividade é possível que com a liberalização comercial entre Brasil e Argentina, os países alcancem melhores níveis de bem-estar, refletindo ganhos de competitividade internacional (FILHO; SOUZA, 1999). No caso de uma expansão da demanda, o Brasil pode obter ganhos de competitividade e angariar melhores efeitos multiplicadores na economia se decidir optar pelo setor de bens processados (PEROBELLI et al., 2017). Ademais, vale destacar que a especialização em agricultura não leva a perda de bem-estar (CARVALHO; BARRETO, 2006).

3. Metodologia

Este trabalho utiliza um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), *Global Trade Analysis Project* (GTAP), para analisar como o setor agrícola brasileiro responde a ganhos de produtividade via choque de inovação tecnológica. Dessa maneira, o GTAP representa um modelo padrão multirregional de equilíbrio geral, no qual pressupõe retornos constantes de escala e concorrência perfeita em produção e consumo (HERTEL, 1997).

Na tabela 1 apresenta a agregação regional e setorial, a qual foi definida em seis regiões e três setores. Conforme Hertel (1997), a divisão permite verificar efeitos de uma mudança tecnológica em uma economia aberta na especificação multirregional, ou seja, o trabalho torna possível identificar efeitos de uma mudança tecnológica nos países fundadores do MERCOSUL (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai).

Tabela 1 – Setores e agregação regional

Agregação Regional	Agregação de Setores
1. Brasil	1. Agricultura - Arroz com e sem casca, trigo; outros cereais em grãos; vegetais; frutas; sementes oleaginosas; cana de açúcar; beterraba sacarina; fibras a base de plantas; outras culturas; arroz processado. 2. Pecuária – Gado, ovelha, cabras, cavalos; outros produtos animais; leite cru; lã, casulos de bicho de seda; carnes (gado, ovelha, cabras e cavalo); outros produtos de carne; 3. Alimentos processados - Óleo vegetal e gordura; laticínios; açúcar; outros produtos alimentícios; bebidas e produtos de tabaco;
2. Argentina	
3. Uruguai	
4. Paraguai	
5. Resto Mercosul (RL) - Chile, Bolívia, Equador, Guiana, Suriname, Peru e Venezuela.	
6. Resto do Mundo (RM)	

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*.

A forma que foi agregado se assemelha ao utilizado por Frisvold (1996). Essa agregação nos permite verificar os efeitos de um choque de inovação tecnológica na relação inter-regional dos países do Mercosul e resto do mundo. Assim, podemos ter uma retratação explícita da transmissão dos efeitos de uma inovação tecnológica na agricultura. Aqui, podemos analisar que a produção agrícola é um produto intermediário da pecuária e o setor de alimentos processados e, também, pecuária é o principal produto do setor de comida processada (HERTEL, 1997).

O modelo possui relações de identidade que descrevem o comportamento internacional das economias. As identidades são consideradas através das exportações, posição no mercado exportador mundial, representatividade de cada *commodities* no mercado consumidor e a parcela da mão de obra economicamente ativa na agricultura. Com base nesses dados empíricos é possível encontrar as identidades contábeis e assim verificar se a solução do equilíbrio geral é verdadeira ou não. Dessa maneira, o modelo é pautado em equações que representam o comportamento de maximização dos agentes e as equações contábeis.

Ademais, o modelo perdura no pressuposto que a função constante de elasticidade da substituição (CES) não se alteram entre os fatores de produção e, entre os insumos domésticos e importados. Essa função também rege o comportamento do valor adicionado, onde marca a constância no comportamento do produtor no curto prazo. Além disso, fatores produtivos não sofrem efeito substituição e a terra é empregada apenas para atividade do setor agrícola com mobilidade imperfeita entre os setores. Já os insumos de produção, podem ser empregados em todos setores com mobilidade perfeita dentro de uma mesma região. Por fim, em termos de inovação, segue a *Hipótese de Armington*, onde há heterogeneidade entre produtos nacionais e estrangeiros e, portanto, o setor onde ocorre a inovação não se beneficiará unicamente dos benefícios gerados por sua inovação (HERTEL, 1997).

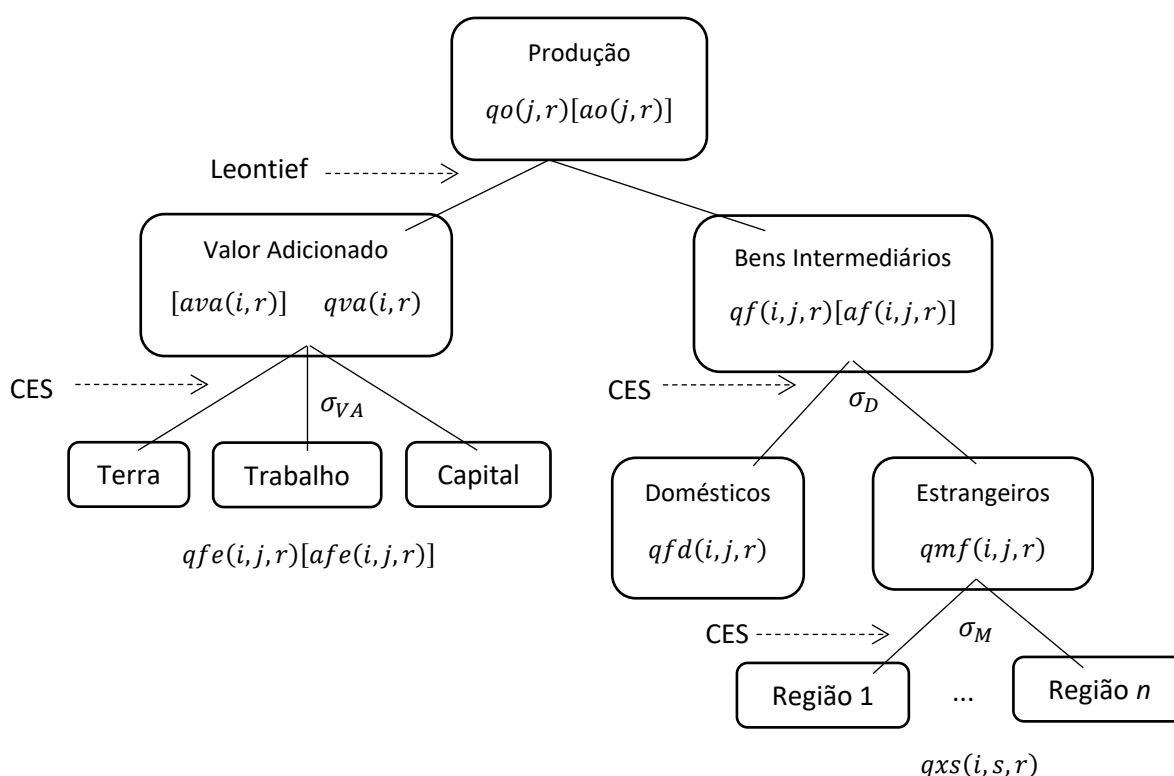
Podemos perceber a identificação de um choque tecnológico com a ajuda da figura 1, na representa o modelo com a composição de três níveis de especificação da função de produção. Assim, no topo, a função produção assume que não existe a substituição dos fatores de produção primários com os intermediários, ou seja, representa a tecnologia de Leontief.⁴ Dessa forma, não existe dependência entre os preços dos insumos intermediários com o nível ótimo dos fatores primários.

O modelo veta a substituição entre intermediários e valor adicionado, assim não ocorre o efeito substituição pelo preço relativo, restando apenas o efeito expansão. Podemos verificar

⁴ Para mais, ver Varian (1992).

mudanças tecnológicas nos insumos do valor adicionado ($ava(j,r)$), dos bens intermediários ($af(i,j,r)$) e Hicks-neutra ($ao(j,r)$). Em um nível mais abaixo temos as funções de elasticidade de substituição constante (CES) entre os fatores de produção (capital, terra e trabalho) identificado como σ_{VA} e os insumos intermediários identificados como σ_D . Além disso, as firmas consideram que os insumos importados são diferenciados de acordo com a origem (σ_M) da mesma forma que os insumos domésticos são identificados em relação aos importados (σ_D).

Figura 1 – Estrutura de produção do modelo *GTAP* padrão



Fonte: Baseado em Hertel (1997).

De modo a demonstrar como um choque tecnológico afetam a demanda pelos fatores, apresentam-se as equações (1) e (2). Dessa maneira, pode-se verificar como se dá a variação nos preços dos fatores de produção do valor adicionado (pva) e na demanda condicional pelos fatores (qfe) para o fator de capital, terra e trabalho de cada setor.

$$pva(j,r) = \sum_{k \in ENDW} SVA(i,j,r) \cdot [pfe(i,j,r) - afe(i,j,r)] \quad (1)$$

$$qfe(i,j,r) + afe(i,j,r) = qva(j,r) - \sigma_{VA}(j) \cdot [pfe(i,j,r) - afe(i,j,r) - pva(j,r)] \quad (2)$$

Percebe-se que as equações contêm a taxa de avanço tecnológico do fator primário $afe(i,j,r)$, no qual reconhece a variação efetiva de um insumo primário i no setor j da região

r . Como esse valor é positivo pelo choque tecnológico, temos como resultado um declínio do preço relativo do fator primário i .

De forma marcante, cabe ressaltar como o bem-estar econômico é medido no trabalho. Benefícios provenientes de choques tecnológicos na agricultura será respaldado pela medida de variação equivalente (EV) e sua decomposição ao qual julga medir ganhos e perdas de bem-estar no modelo de EGC (BURFISHER, 2016).

Devido à dificuldade de medição do bem-estar, os autores Huff e Hertel (1996) desenvolveram uma simplificação que resultou no equivalente de variação ao qual se baseia em diferentes fontes de eficiências e em mudanças de termos de troca. Essa simplificação parte da diferenciação total da equação de renda regional como função de pagamentos de dotação, mais receita com taxas, menos subsídios pagos (DIXON; JORGENSON, 2013).

No modelo GTAP, o bem-estar é dado por um conjunto de equações compostas por função de termos de troca (mudanças inter-regionais de bem-estar) e mudança de alocação eficiente. Assim, o EV representa o efeito de bem-estar em valores monetários, dado os efeitos das mudanças de preços no consumo real e na poupança da região (BURFISHER, 2016). Dessa forma podemos identificar a mudança de bem-estar dado um choque tecnológico na agricultura.

Como EV é uma medida usada para medição do bem-estar econômico, ela representa a diferença entre a despesa demandada para o novo nível de utilidade alcançado pós simulação dados preços iniciais (YEV) e o nível de utilidade representado no equilíbrio inicial (\bar{Y}), ou seja, $EV = YEV - \bar{Y}$ (HUFF; HERTEL, 2005; MCDOUGALL, 2001). Ademais, a medição de bem-estar pode ser decomposta em seis componentes; efeito de alocação eficiente (excesso de encargos de cada imposto), efeitos de dotação (mudanças nas quantidades dos fatores de produção), efeito tecnológico (afeta produtividade dos produtores e produtos intermediários), efeitos dos termos de troca das *commodities* (altera preços mundiais), efeitos de termos de troca de investimento e poupança (modifica preço de bens produzidos em termos a poupança global) e efeitos de mudança de preferências (interfere no consumo privado) (BURFISHER, 2016).

De acordo com a metodologia acima apresentada, um choque tecnológico possui a capacidade de alterar preços dos insumos empregados no processo produtivo. Dessa forma, realizamos um choque tecnológico na variável $ao(j, r)$, a qual representa a tecnologia usada no insumo primário i , usado no setor j , na região r . A partir disso, foram simulados seis possíveis cenários, mais facilmente verificados conforme quadro 1:

- a) *Cenário 1 (C1)*: realizamos um choque individual positivo de tecnologia na agricultura dos países fundadores do MERCOSUL e, assim, reproduzimos uma redução no custo de produção na agricultura. Nesse cenário decidimos isolar as regiões dando choque individual a cada país sem transbordamento.
- b) *Cenário 2 (C2)*: foi realizado um choque tecnológico com transbordamento. Nesse contexto, é dado um choque simultâneo na agricultura de todos os países fundadores do MERCOSUL.
- c) *Cenário 3 (C3)*: reproduzimos uma inovação agrícola que não afeta a Argentina, Brasil, Uruguai e Paraguai.
- d) *Cenário 4 (C4)*: realizamos um choque conjunto na agricultura e na pecuária dos fundadores do MERCOSUL. Este choque é isolado e sem transbordamento.
- e) *Cenário 5 (C5)*: repetimos o choque do cenário 4, só que dessa vez consideramos a existência de transbordamento.
- f) *Cenário 6 (C6)*: simulamos um choque tecnológico no setor agrícola e pecuário para o mundo, e isolamos os fundadores do MERCOSUL.

Quadro 1 – Cenários para Agricultura e Agropecuária brasileira

Choques	Isolamento	Transbordamento	Exclusão
Agricultura	C1	C2	C3
Agropecuária	C4	C5	C6

Fonte: Elaborado pelos Autores (2020).

O choque tecnológico apresentado nos cenários foi de 2,99% para o Brasil, no qual representa o ganho de produtividade média anual da agropecuária brasileira durante período de 2001 a 2015 (USDA, 2019). Este período foi escolhido devido ao início da utilização de agricultura de precisão no Brasil, no qual representou um aumento de quase 5% nos dois primeiros anos de utilização. Sabendo que a tecnologia da agricultura de precisão é proveniente de fora da América do Sul, utilizamos o mesmo período para calcular a produtividade média dos demais países fundadores do MERCOSUL. Dessa forma, utilizamos 2,09% para a Argentina, 0,18% para o Paraguai, 0,91% para o Uruguai e 1,51% para o mundo. Para o choque mundial, utilizamos o aumento de produtividade média de todos os países 187 países compostos na base do *United State Department of Agriculture* (USDA).

Ao decidir usar choques diferentes para cada país, estamos diversificando a análise, compreendendo que a capacidade de cada país em adquirir e utilizar uma nova tecnologia depende de suas condições endógenas. Ou seja, a capacidade de adoção de uma nova tecnologia depende capital humano e instituições (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

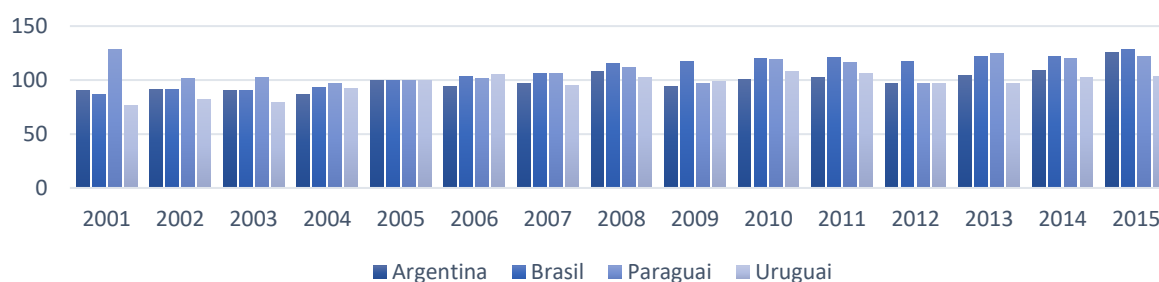
No cálculo da produtividade dos fatores foram usadas pela USDA, no qual utilizou dados da FAO. De maneira mais geral, foram utilizados os valores de produção bruta da agropecuária, crescimento de insumos dados por crescimento ponderado médio de terras, mão-de-obra, máquinas, capital animal, fertilizantes sintéticos e ração animal, onde os pesos custos de insumos. Podendo ser resumida de acordo com a equação (3):

$$g(Y) = \theta_c \alpha g(X_{1c}) + \theta_p \beta g(X_{1p}) + \theta_w (\gamma - \alpha) g(X_{1w}) + \sum_{j=2}^J S_j g \frac{X_j}{X_1} + g(PTF) \quad (3)$$

Onde θ_c , θ_p e θ_w são as parcelas de terra agrícolas com qualidade ajustada nas culturas (X_{1c}), pastagem (X_{1p}) e área irrigada (X_{1c}). Os dois primeiros termos $\theta_c \alpha g(X_{1c}) + \theta_p \beta g(X_{1p})$, representam a parcela do crescimento da produção atribuível a expansão da terra (mantendo rendimento fixo), enquanto o terceiro termo $\theta_w (\gamma - \alpha) g(X_{1w})$ indica a parcela do crescimento da produção devido a extensão da irrigação. O quarto termo, contribui para o crescimento da intensificação de insumos e o último termo representa contribuição do crescimento na produtividade total dos fatores (FUGLIE, 2015).

Então, assim torna-se possível otimizar gastos de forma a maximizar benefícios para o setor e para economia como todo. Assim, podemos verificar se é benéfico um processo de inovação induzida tal como a EMBRAPA.

Gráfico 1 – Evolução da produtividade dos países fundadores do MERCOSUL (índice 2015=100)



Fonte: Base de dados *USDA* (2019).

O clima é um dos principais fatores que afeta a produtividade (FAO, 2018). O gráfico 1 demonstra que a produtividade da Argentina e Uruguai caminham juntas devido as variações climáticas semelhantes, uma vez que a região produtora de *commodities* na Argentina se encontra na mesma latitude do Uruguai. Já o Brasil, por possuir um vasto território, englobando maior parte de seu território na zona tropical, possui um menor impacto de alterações climáticas e, assim possui menores alterações de produtividade. Atualmente, mais de 80% da área destinada a agropecuária do Uruguai está nas mãos do setor pecuário.

4. Resultados

De início devemos comparar como a Argentina, Brasil, Uruguai e Paraguai se comportam em relação a sua representatividade mundial. A tabela 2 nos esclarece como os quatros países diferem em relação a sua posição de comércio de produtos agrícolas, elasticidade da demanda e importância.

Tabela 2 – Representatividade Mundial

	Argentina	Brasil	Uruguai	Paraguai
Agricultura exportação/produção (%)	39,45	23,28	51,04	83,11
Fatia de mercado de Agricultura (%)	4,03	8,09	0,42	0,69
Elasticidade de renda demanda por Agricultura (%)	0,08	0,11	0,07	0,34
Fatia de mercado de agricultura, pecuária e comida processada no consumo (%)	15,80	15,00	16,00	29,40
Fatia de mão de obra economicamente ativa na agricultura (%)	0,64	15,73	9,79	25,52

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*.

Na tabela 2 verifica-se a representatividade da agricultura nos países fundadores do MERCOSUL. De acordo com esses dados podemos ressaltar que o Uruguai e Paraguai exportam a maior parte de sua produção agrícola, mas os dois juntos correspondem a cerca 1% do mercado mundial. No caso do Brasil, 23,28% da produção é exportada e esse valor representa cerca de 8,09% do mercado mundial colocando o Brasil em posição de destaque mundial na exportação desse produto. Além disso, vale destacar a pequena representatividade do emprego agrícola na Argentina, onde menos de 1% da população se encontra no campo.

4.1. Desempenho de macroeconômico

Na tabela 3, podemos analisar os impactos das variáveis macroeconômicas selecionadas. Em termos do PIB, o melhor resultado para o mesmo seria um choque tecnológico

agropecuário com transbordamento (C5), tendo destaque na **renda**, com sua maior sensibilidade. Assim, indicando cenário apropriado para ao crescimento econômico.

Tabela 3 – Comparativo de desempenho macroeconômico

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
PIB (%)						
ARG	0,00	0,19	-0,01	0,00	0,34	-0,02
BRA	0,20	0,20	-0,01	0,40	0,40	-0,01
URU	0,00	0,08	-0,04	-0,01	0,22	-0,07
PAR	0,00	0,04	-0,05	0,00	0,08	-0,08
Renda (%)						
ARG	-0,09	0,45	-0,53	-0,12	0,74	-0,76
BRA	0,51	0,50	-0,40	1,02	1,01	-0,66
URU	-0,09	0,08	-0,55	-0,18	0,39	-1,16
PAR	-0,16	-0,12	-1,03	-0,25	-0,17	-1,61
Utilidade Per Capita (%)						
ARG	-0,03	0,16	-0,11	-0,04	0,33	-0,15
BRA	0,22	0,22	-0,05	0,46	0,46	-0,09
URU	-0,03	0,05	-0,16	-0,07	0,19	-0,35
PAR	-0,08	-0,06	-0,41	-0,14	-0,07	-0,59
IPC (%)						
ARG	-0,07	0,26	-0,43	-0,08	0,35	-0,63
BRA	0,24	0,23	-0,36	0,45	0,44	-0,58
URU	-0,06	0,03	-0,39	-0,11	0,17	-0,81
PAR	-0,08	-0,06	-0,62	-0,11	-0,10	-1,00
Termos de troca (%)						
ARG	-0,17	-0,29	-0,54	-0,26	-0,31	-0,69
BRA	-0,14	-0,15	-0,37	-0,04	-0,06	-0,58
URU	-0,10	-0,17	-0,42	-0,20	-0,23	-0,90
PAR	-0,20	-0,27	-0,90	-0,33	-0,42	-1,26

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*.

Esse cenário (C5) ainda representaria um ambiente de elevação de renda e utilidade *per capita* com baixa inflação, cenário propício para o desenvolvimento regional. No entanto, como os termos de troca correspondem a diferença entre o valor recebido pelas exportações e o valor pago nas importações, o resultado demonstra deterioração dos termos de troca, evidenciando a doença holandesa. Em termos dos demais países, vale destacar que o Paraguai possui pior desempenho macroeconômico devido ao seu baixo ganho de produtividade média anual, além de sua baixa representatividade, levando a perda de mercado e desempenho macroeconômico.

4.2. Simulação para o Brasil

Ao analisarmos o choque individual para o Brasil sem transbordamento para o MERCOSUL (C1 e C4), tabela 4, verificam-se que um choque tecnológico na agricultura (C1) e na agropecuária (C4) retornam uma produtividade superior ao choque, demonstrando que uma inovação agrícola afeta positivamente a produção de onde o choque ocorreu. Esse efeito ocorre devido à baixa representatividade do Brasil no mercado mundial, corroborando o abordado por

Hertel (1997), ao citar o comportamento de produção de economias abertas de pequena representatividade mundial.

Tabela 4 – Impacto de um choque tecnológico nos diferentes cenários para o Brasil.

	Choque Agricultura			Choque Agropecuária		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Produção (%)						
Agricultura	3,07	2,97	-1,81	2,66	2,57	-1,76
Pecuária	0,00	0,02	0,02	3,70	3,64	-1,85
Alimentos Processados	0,62	0,63	0,06	0,77	0,78	0,00
Preços da Produção (%)						
Agricultura	-2,79	-2,82	-0,85	-2,44	-2,47	-1,20
Pecuária	0,18	0,16	-0,59	-3,68	-3,70	-0,99
Alimentos Processados	-0,52	-0,55	-0,52	-0,47	-0,50	-0,80
Preços dos fatores de produção (%)						
Terra para agricultura	0,7	0,44	-5,21	0,62	0,32	-6,72
Terra para pecuária	0,62	0,47	-3,26	1,38	1,14	-5,90
Nível de salário ANQ	0,52	0,52	-0,38	1,03	1,02	-0,63
Nível de salário AQ	0,48	0,48	-0,29	0,94	0,94	-0,50
Uso da terra (%)						
Agricultura	0,03	-0,01	-0,62	-0,24	-0,26	-0,26
Pecuária	-0,05	0,02	1,34	0,52	0,56	0,56
Variação de equivalência						
Doméstico (\$milhões)	4.572,39	4.576,22	-1.129,00	9.708,00	9.696,63	-1.809,00
Total (\$milhões)	5.770,87	7.038,11	48.384,00	11.370,00	13.752,73	87.166,00
Interno (%)	79,23	65,02	0,00	0,85	70,51	0,00

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*

O choque com transbordamento gera ganhos mundiais mais intensos, isso se dá devido à redução em mais regiões do custo de produção, aumentando a oferta de produtos (IVANIC; MARTIN, 2018). Nesse contexto, no caso de uma inovação tecnológica o país, Brasil, de maior produção e capacidade de assimilar tecnologia, recebe a maior parte do benefício da redução dos custos de produção (FEDER; JUST; ZILBERMAN, 1985; HERTEL, 1997; ROGERS, 1983; VIEIRA FILHO, 2018; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Dito isso, ao compararmos o cenário de isolamento (C1 e C4) ao de transbordamento (C2 e C5), verificamos que o cenário de isolamento, implica em um maior aumento de produção para Brasil. Como efeito indireto, choques na agricultura e agropecuária levaram a um aumento da produção dos alimentos processados, uma vez que agricultura e pecuária representam o principal insumo para produção de alimentos, por exemplo, de acordo com USDA (2020), cerca de 40% do custo do óleo de soja é relativo ao custo do insumo soja.

A inovação tecnológica leva a uma redução dos preços domésticos devido aos ganhos de produtividade. Este ganho é associado a elevação de renda aos produtores, conforme exposto por Brooks e Barfoot (2016). Ademais, essa redução representa um ganho de salário real do trabalhador, uma vez que, de acordo com a Pesquisa de Orçamento Familiares (POF) 2017-2018, o brasileiro gasta cerca de ¼ de sua renda com alimentação, o que corrobora com os resultados de Ivanic e Martin (2018).

Em termos dos preços dos fatores de produção, verifica-se um aumento do preço da terra, isso se dá devido a maior atratividade do setor agrícola, já que o setor com a inovação

representa melhor cenário produtivo. Essa inovação tecnológica também leva a um aumento no preço da terra da pecuária, devido à alta demanda de terra para produção agrícola e pecuária, implicando a um *trade-off* produtivo representando pelo uso de terra (BIRNER, 2018). Ao analisarmos a equivalência de variância, bem-estar, verificamos que nossos resultados corroboram com Carvalho (2006), ao qual expõe que a especialização na agricultura não gera perda de bem-estar.

4.3. Análise de isolamento

Nos cenários C3 e C6, tabela 4, verificamos o impacto da não participação do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai na corrida inovadora. Um exemplo disso, seria uma inovação que não sofreu transbordamento para o continente sul americano, pode ser analisado como a demora institucional dos países para aceitar uma nova semente geneticamente modificada, como o que aconteceu com a soja no Brasil, a qual passou quase seis anos para ser implementada no País (BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016).

Diversos autores⁵ demonstram que a não participação em uma inovação, leva a perdas de competitividade, empregos e salários. O mesmo pode ser encontrado quando analisamos os cenários C3 e C6, onde explicita que os países fundadores do MERCOSUL e isolados da inovação tecnológica apresentaram essas perdas. Além disso, tem-se perda de bem-estar e uma migração das áreas produtivas, levando os produtores a optar pela utilização da terra para pecuária à agricultura, devido a mudança de preços relativo (BIRNER, 2018).

4.4. Análise de emprego

Em relação ao choque na agricultura, o emprego, tabela 5, o Brasil, no primeiro cenário é evidenciado um aumento para os setores agrícola e alimentos processados, mantendo constante o setor pecuário, conforme a análise de economias de baixa representatividade mundial (HERTEL, 1997). Em termos desse choque com transbordamento (C2), verificamos que a inovação levou a ganhos empregatícios mais intensos no setor de alimentos processados. Dessa forma, é possível identificar um efeito indireto na competitividade desse setor, representado pelo aumento da produção (tabela 4) e emprego (tabela 5). Esse resultado é possível devido ao setor agrícola entregar um dos principais insumos para o setor de alimentos processados (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Tabela 5 – Comparativo emprego não qualificado e qualificado para o Brasil.

	C1		C2		C3		C4		C5		C6	
	NQ	Q	NQ	Q	NQ	Q	NQ	Q	NQ	Q	NQ	Q
Agricultura	0,08	0,09	-0,03	-0,02	-2,03	-2,05	-0,36	-0,34	-0,47	-0,44	-2,03	-2,07
Pecuária	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,15	-0,20	0,70	0,75	0,62	0,67	-2,16	-2,23
Alimentos Processados	0,59	0,63	0,60	0,64	0,10	-0,01	0,69	0,79	0,70	0,79	0,06	-0,09

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*

Ao analisarmos um choque na agropecuária, cenário C4 e C5, verifica-se que o Brasil perde emprego na agricultura e ganha emprego na pecuária e alimentos processados, esse processo se dá devido a capacidade de implementar tecnologia (VIEIRA FILHO; FISHLOW,

⁵ Prahalad e Hamel (1990), Cavalcante e De Negri (2014) e Chatzoglou e Chatzoudes (2017).

2017). Dessa forma, a mão de obra do setor agrícola migra para o setor pecuário e de processamento de alimentos.

4.5. Comparativo entre choques

No caso de um choque de inovação, tabela 6, podemos comparar qual o efeito da inovação sobre os níveis de preços mundiais da terra e dos insumos, e qual o ganho de bem-estar. Conforme Hertel (1997), a inovação tecnológica gera fricção nos preços internacionais.

No caso de um choque de inovação na agricultura, verificamos que no C1, o Brasil recebeu o choque específico de inovação, sem transbordamento, obteve um aumento significativo no preço da terra, isso se dá devido o *trade-off* produtivo, onde torna o setor agrícola mais atrativo. No caso de um transbordamento tecnológico, C2, verifica-se que as regiões de maior representatividade (tabela 2) obtiveram elevação do preço da terra, isso se dá devido a capacidade de adquirir e implementar tecnologia. Novamente, com o isolamento, existe a perda de competitividade e, portanto, *trade-off* produtivo levando a debandada do setor agrícola.

Em termos de ganho de bem-estar, tabela 6, verifica-se que quando há uma inovação agrícola, seja ela onde for, o mundo melhora o nível de bem-estar, sempre no ponto de que quanto maior o número de afetados, em termos de representatividade mundial, maior o ganho de bem-estar mundial. Além disso, verifica-se que um choque inovativo nos fundadores do MERCOSUL, afeta positivamente a região, onde com transbordamento, C2, possui maiores ganhos médios aos países fundadores do bloco.

Os preços mundiais são afetados quando as regiões de maior representatividade são afetadas. Ou seja, quando a economia representa uma pequena fatia de mercado, tabela 2, choques de inovação não afetam os preços mundiais.

Tabela 6 – Comparativo entre regiões para o choque na agricultura

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Composição de preço da terra (%)						
Resto do Mundo	-0,50	-0,62	-3,67	-0,69	-0,84	-4,90
Argentina	-1,01	1,11	-5,14	-1,18	0,72	-6,38
Brasil	0,67	0,45	-4,59	0,86	0,58	-6,46
Uruguai	-0,77	-0,11	-4,02	-1,61	0,52	-8,06
Paraguai	-1,03	-1,10	-5,03	-1,15	-1,28	-5,96
EV (\$ milhões)						
Resto do Mundo	1.367,07	1.680,65	50.214,85	1.914,54	2.399,01	89.977,11
Argentina	-137,70	765,57	-545,18	-194,90	1.583,92	-726,93
Brasil	4.572,39	4.573,75	-1128,51	9.707,95	9.696,77	-1.809,00
Uruguai	-12,66	20,09	-66,86	-26,71	78,64	-142,81
Paraguai	-18,23	-13,97	-91,73	-30,74	-16,38	-133,79
Preços Mundiais (%)						
Agricultura	-0,25	-0,30	-2,36	-0,27	-0,33	-2,59
Pecuária	-0,05	-0,06	-0,58	-0,32	-0,38	-2,67
Alimentos Processados	-0,07	-0,08	-0,47	-0,08	-0,10	-0,66
Serviços	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02

Fonte: Base de dados GTAP 9.1

No caso do choque de inovação na agricultura e pecuária, vemos que a intensidade dos efeitos é afetada. No caso da composição do preço da terra para agricultura, vemos que esse preço é afetado em menor intensidade, uma vez que, parte dos produtores optam pelo setor pecuário. Já em ganhos de bem-estar, a inovação no grande setor agropecuário, gera ganhos mais intensos para o MERCOSUL, onde destaca-se o C5, aquele que há transbordamento. Os preços mundiais são mais intensamente afetados quando há reprodução da tecnologia em outros países, C5, devido a maior extensão do choque do choque.

4.6. Teste de sensibilidade

Em modelos de EGC, as simulações econômicas decorrem de escolhas de parâmetros, com isso, existe a necessidade de testar o quanto esses afetam os resultados do modelo. Dessa maneira, realizamos certos testes, para garantir a robustez dos resultados acima analisado (BURFISHER, 2016).

Tabela 7 – Teste de sensibilidade cenário 1

Produção	ARG			BRA			URU			PAR		
	S	MDS	DP	S	MDS	DP	S	MDS	DP	S	MDS	DP
Agricultura	2,63	2,63	0,04	3,07	3,06	0,01	2,08	2,08	0,02	0,26	0,26	0,00
Pecuária	-0,08	-0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,52	-0,52	0,01	-0,05	-0,05	0,00
Alimentos Processados	0,41	0,41	0,00	0,62	0,62	0,00	-0,05	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Preços da Produção												
Agricultura	-1,48	-1,48	0,02	-2,79	-2,79	0,00	-0,79	-0,79	0,01	-0,09	-0,09	0,00
Pecuária	0,30	0,30	0,01	0,18	0,18	0,00	0,15	0,15	0,00	0,05	0,05	0,00
Alimentos Processados	-0,16	-0,16	0,00	-0,52	-0,52	0,00	0,05	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*

Conforme a tabela 7, foi realizado uma variação de 50% no valor do parâmetro de elasticidade de substituição entre fatores primários. No qual, de acordo com os resultados obtidos, verificou-se que os parâmetros se mantiveram significativamente constantes ao valor da simulação original, evidenciando a robustez do modelo. Os demais cenários, também evidenciaram robustez.

5. Considerações Finais

A inovação tecnológica na agricultura representa um fator de combate à pobreza, fome e desigualdades (FAO, 2018). Nesse contexto, diversos atores nacionais e internacionais atuam na criação de novas tecnologias buscando incentivar o aumento de produtividade. No Brasil, a EMBRAPA criada em 1973 representa um marco fundamental da pesquisa em prol do aumento de produtividade para o setor agropecuário brasileiro (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017; BONELLI; PESSOA, 1998).

A EMBRAPA vem produzindo tecnologia e adaptando tecnologia mundial no cenário tropical, representando um dos principais centros inovadores da agricultura no Brasil (FIGUEIREDO, 2016; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). Além disso, os investimentos em pesquisa agrícola efetuados pela EMBRAPA geram retornos elevados (BONELLI; PESSOA, 1998).

Sabendo que a capacidade de criação e adaptação de uma tecnologia depende de condições inerentes a cada região utilizou-se EGC, mais especificamente o modelo GTAP, para identificar possíveis fricções de capacidade produtiva. Feito isto, foram observados seis cenários possíveis para os fundadores do MERCOSUL, desde ingresso individual e coletivo na inovação, como a total exclusão individual ou coletiva desses países. Após tais simulações, foi verificado resultados positivos e negativos a participação ou não nesse processo inovador.

Com base nas inovações propostas, verificamos que os ganhos mais intensos ocorrem quando mais de um setor é afetado pela inovação tecnologia, ou seja, quando ocorre inovação na agricultura e na pecuária. Além disso, verifica-se que quando há transbordamento tecnológico, os países fundadores do MERCOSUL adquirem maior benefício.

O melhor cenário para o Brasil é aquele que há transbordamento e maior quantidade de setores afetados (C5), demonstrando a necessidade de trabalhar em conjunto com seus principais vizinhos para ter um maior ganho de bem-estar, tendo um desempenho ligeiramente superior ao não transbordamento. Para os fundadores do MERCOSUL, o ganho de bem-estar com transbordamento é aproximadamente 20% superior ao cenário de não transbordamento. O mesmo é visto para o resto do mundo, quando há inovação com transbordamento, o ganho de aproximadamente 30% de bem-estar para o resto do mundo. Cabe ressaltar que quando o resto do mundo recebe a inovação conseguem adquirir melhor desempenho, demonstrando que a inovação auxilia no crescimento e desenvolvimento econômico.

Em termos de combate à pobreza e redução da fome, o transbordamento afeta a redução de preços mundiais em torno de 25%, o que favorece o combate a fome através da oferta de alimentos mais baratos. Além disso, há aumento do nível salarial dos trabalhadores da agricultura que não possuem qualificação, reforçando o combate à pobreza.

Por fim, em termos de desenvolvimento e crescimento, os cenários com transbordamento levam aos melhores resultados de desempenho. Dessa forma, os países fundadores do MERCOSUL, devem incentivar inovação agrícola e livre comercialização dessa tecnologia entre seus principais vizinhos. Além disso, cabe a estes países, criar condições propícias para criação e expansão de empresas inovadoras, tal como a EMBRAPA. Também é aconselhável a utilização de uma agência de fomento para inovação tecnológica para a região do MERCOSUL.

BIBLIOGRAFIA

ABDULAI, A.; HUFFMAN, W. E. The diffusion of new agricultural technologies: the case of crossbred-cow technology in Tanzania. **American Journal of Agricultural Economics**, Lexington, v. 87, n. 3, p. 645-659, 2005.

ADENLE, A. A.; MANNING, L.; AZADI, H. Agribusiness innovation: A pathway to sustainable economic growth in Africa. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 88–104, jan. 2017.

ALVES, E. Um caso bem-sucedido de inovação institucional. p. 9, 2010.

ALVES, E.; SOUZA, G. DA S. E.; ROCHA, D. DE P. Lucratividade da agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 2, p. 45-63–63, 10 ago. 2012.

BARROS, G. S. DE C.; SPOLADOR, H. F. S.; BACCHI, M. R. P. Supply and demand shocks and the growth of the Brazilian agriculture. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, n. 1, p. 35–50, mar. 2009.

BERNARDI, A.; INAMASU, R. Adoção da Agricultura de Precisão no Brasil. In: [s.l.: s.n.]. p. 559–577.

BIRNER, R. **The Role of Livestock in Agricultural Development: Theoretical Approaches and Their Application in the Case of Sri Lanka**. [s.l.] Routledge, 2018.

- BROOKES, G.; BARFOOT, P. Global income and production impacts of using GM crop technology 1996–2014. **GM Crops & Food**, v. 7, n. 1, p. 38–77, 2 jan. 2016.
- BURFISHER, M. E. **Introduction to Computable General Equilibrium Models**. Edição: New ed. New York: Cambridge University Press, 2016.
- BUSTOS, P.; CAPRETTINI, B.; PONTICELLI, J. Agricultural Productivity and Structural Transformation: Evidence from Brazil. **American Economic Review**, v. 106, n. 6, p. 1320–1365, jun. 2016.
- CARTER, M. R.; CHENG, L.; SARRIS, A. Where and how index insurance can boost the adoption of improved agricultural technologies. **Journal of Development Economics**, v. 118, p. 59–71, 1 jan. 2016.
- CEPAL. **América Latina y el Caribe y China: hacia una nueva era de cooperación económica**. [s.l.] CEPAL, 2015.
- DIXON, P. B.; JORGENSON, D. **Handbook of Computable General Equilibrium Modeling**. [s.l.] Newnes, 2013.
- EMERICK, K. et al. Technological Innovations, Downside Risk, and the Modernization of Agriculture. **American Economic Review**, v. 106, n. 6, p. 1537–1561, jun. 2016.
- FAO (ED.). **Building climate resilience for food security and nutrition**. Rome: FAO, 2018.
- FEDER, G.; JUST, R. E.; ZILBERMAN, D. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. **Economic Development and Cultural Change**, v. 33, n. 2, p. 255–298, 1 jan. 1985.
- FEIJÓ, F.; ALVIM, A. Impactos econômicos para o Brasil de um choque tecnológico na produção de etanol. *Economia*, Brasília, v. 11, n. 3, p. 691-710, set./dez. 2010.
- FIGUEIREDO, P. N. New challenges for public research organisations in agricultural innovation in developing economies: Evidence from Embrapa in Brazil's soybean industry. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 62, p. 21–32, nov. 2016.
- FILHO, F.; SOUZA, J. B. DE. Trade liberalization, the Mercosur integration process and the agriculture-industry transfers: a general equilibrium analysis. **Revista Brasileira de Economia**, v. 53, n. 4, p. 499–522, dez. 1999.
- FUGLIE, K. Accounting for growth in global agriculture. **Bio-based and applied economics**, v. 4, n. 3, p. 201-234, 2015.
- FUGLIE, K. O.; BALL, V. E.; WANG, S. L. (Ed.). Productivity growth in agriculture: an international perspective. **Oxfordshire**: CAB International, 2012.
- GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. Crescimento e Produtividade da. p. 9, 2018.
- GRILICHES, Z. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. **Econometrica**, v. 25, n. 4, p. 501–522, 1957.
- GRILICHES, Z. **The Search for R&D Spillovers**. [s.l.] National Bureau of Economic Research, jul. 1991. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3768>>. Acesso em: 4 jun. 2019.
- HERTEL, T. T. W. **Global Trade Analysis: modeling and applications**. USA: Cambridge University Press, 1997.
- HUFFMAN, W. E. et al. Public R&D and Infrastructure Policies: Effects on Cost of Midwestern Agriculture. In: BALL, V. E.; NORTON, G. W. (Eds.). **Agricultural Productivity: Measurement and Sources of Growth**. Studies in Productivity and Efficiency. Boston, MA: Springer US, 2002. p. 167–183.
- IVANIC, M.; MARTIN, W. Sectoral Productivity Growth and Poverty Reduction: National and Global Impacts. **World Development**, v. 109, p. 429–439, set. 2018.
- LAI, C.-H. et al. Agricultural R&D, policies, (in)determinacy, and growth. **International Review of Economics & Finance**, v. 51, p. 328–341, 1 set. 2017.

- LUDENA, C. E. **Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean**. Rochester, NY: Social Science Research Network, 1 maio 2010. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=1817296>>. Acesso em: 4 jun. 2019.
- MARTHA, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173–177, jul. 2012.
- MOLINA, María Alejandra. A Sectoral System of Innovation Analysis of Technological Upgrading in the Food Processing Sector in Argentina, Brazil and Chile. **Institutions and Economies**, [S.l.], p. 287-325, July 2017. ISSN 2232-1349.
- NORTON, G. W.; DAVIS, J. S. Evaluating Returns to Agricultural Research: A Review. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 63, n. 4, p. 685–699, 1981.
- PAIVA, R. M. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura. <http://ppe.ipea.gov.br>, dez. 1971.
- PARDEY, P. G.; ALSTON, J. M.; RUTTAN, V. W. Chapter 22 - The Economics of Innovation and Technical Change in Agriculture. In: HALL, B. H.; ROSENBERG, N. (Eds.). . **Handbook of the Economics of Innovation**. Handbook of the Economics of Innovation, Volume 2. [s.l.] North-Holland, 2010. v. 2p. 939–984.
- PENNA, C. (Science Policy Research Unit, University of Sussex, UK). p. 120, 2016.
- PEROBELLI, F. S. et al. Impactos Econômicos do Aumento das Exportações Brasileiras de Produtos Agrícolas e Agroindustriais para Diferentes Destinos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 2, p. 343–366, jun. 2017.
- PHALAN, B. et al. How can higher-yield farming help to spare nature? **Science**, v. 351, n. 6272, p. 450–451, 29 jan. 2016.
- REARDON, T. et al. Rapid transformation of food systems in developing regions: Highlighting the role of agricultural research & innovations. **Agricultural Systems**, v. 172, p. 47–59, jun. 2019.
- RICHARDS, P. et al. Soybean Development: The Impact of a Decade of Agricultural Change on Urban and Economic Growth in Mato Grosso, Brazil. **PLOS ONE**, v. 10, n. 4, p. e0122510, 28 abr. 2015.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 3rd ed ed. New York : London: Free Press ; Collier Macmillan, 1983.
- SALLES-FILHO, S. L. M. et al. Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: The innovation driver. **Energy Policy**, v. 108, p. 70–77, set. 2017.
- SERIGATI, F. C. A macroeconomia da agricultura. **AgroANALYSIS**, v. 33, n. 01, p. 15–16, 1 jan. 2013.
- SURI, T. Selection and Comparative Advantage in Technology Adoption. **Econometrica**, v. 79, n. 1, p. 159–209, 2011.
- VIEIRA FILHO, J. E. Brazilian agriculture Innovation and production distribution. v. 27, p. 18–30, 2018.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil : inovação e competitividade**. 1. ed. [s.l.] IPEA, 2017.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. DA. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 4, p. 721–742, dez. 2012.