

Anais do 10º Seminário de Administração Pública do IDP
Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP
Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública
14, 15 e 16 de outubro de 2020

GT – 2: Análise de Políticas Públicas e a Agenda de Reformas

INOVAÇÃO AGRÍCOLA, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

Vinicius Bonfim Pacheco é Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2017) e mestre em economia aplicada pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados (PPGOM) da Universidade Federal de Pelotas e membro do LabReg (Laboratório de Economia Regional). vbpusa@hotmail.com

Gabrielito Reuter Menezes é Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2015). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas e Coordenador do LabReg (Laboratório de Economia Regional). Tem experiência nas áreas de Economia Regional, Empreendedorismo e Métodos Quantitativos. gabrielitorm@gmail.com

INOVAÇÃO AGRÍCOLA, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

AGRICULTURAL INNOVATION, DEVELOPMENT AND GROWTH

Resumo: O propósito deste artigo é avaliar os impactos da inovação agrícola no Brasil como propulsor do crescimento e desenvolvimento. Para isso, utilizamos o *Global Trade Analysis Project* – GTAP, um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), destacamos os impactos na produção, preços de produção, salário, emprego, ganho monetários da economia e a capacidade de crescimento econômico. De modo a alcançar esse objetivo, foram simulados três cenários com choques tecnológicos positivos na agricultura. O primeiro cenário foi um choque individual Hicks-neutro para o Brasil, ou seja, sem transbordamento. O segundo cenário representou o mesmo choque anterior, só que dessa vez com transbordamento apenas para os principais vizinhos do Brasil. O terceiro cenário evidenciou um choque tecnológico na agricultura mundial isolando o Brasil desse choque inovativo. Os resultados demonstraram que a inovação agrícola gera ganhos de bem-estar mundial, com maior benefício para a região inovadora. Além disso, a inovação levou há um cenário propício para o aumento de produção, crescimento econômico, redução da pobreza e diminuição da desigualdade.

Palavras-chave: Progresso tecnológico, Agricultura, Brasil, EGC, GTAP.

Abstract: The purpose of this article is to assess the impacts of agricultural innovation in Brazil as a driver of growth and development. For this, we use the Global Trade Analysis Project - GTAP, a General Computable Equilibrium (EGC) model, highlighting the impacts on production, production prices, wages, employment, monetary gain of the economy and the capacity for economic growth. In order to achieve this objective, three scenarios with positive technological shocks in agriculture were simulated. The first scenario was an individual Hicks-neutral shock for Brazil, that is, without overflowing. The second scenario represented the same shock as the previous one, only this time with overflow only to Brazil's main neighbors. The third scenario showed a technological shock in world agriculture, isolating Brazil from this innovative shock. The results showed that agricultural innovation generates gains in world welfare, with greater benefit for the innovative region. In addition, innovation has led to a favorable scenario for increased production, economic growth, poverty reduction and inequality reduction.

Keywords: Technological progress, Crops, Brazil, CGE, GTAP.

1. INTRODUÇÃO

As inovações possuem a capacidade de alinhar o aumento de produção e preservação da natureza (PHALAN et al., 2016). Além disso, nas economias em desenvolvimento, sobretudo no Brasil, o setor agrícola assume um 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, ganho de produtividade e redução da pobreza (IVANIC; MARTIN, 2018).

No mundo, um em cada nove habitantes vivem em condição de risco alimentar e é previsto um aumento da população mundial em 2,2 bilhões de pessoas no mundo até 2050 (FAO, 2018). Com a constante pressão para a conservação do meio ambiente, a inovação

agrícola aparece com solução para o aumento intensivo de produtividade, contribuindo para um crescimento sustentável (PHALAN et al., 2016).

Verificando a importância da inovação, em 1973, o governo brasileiro criou a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), uma empresa com intuito de gerar conhecimento e tecnologia para agricultura brasileira, sendo um exemplo de sucesso internacional e um caso de inovação induzida¹ (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).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2014), expôs que a capacidade de absorção de pesquisa e desenvolvimento (P&D) é profundamente afetada pelo capital humano, o que torna inerente a cada país a capacidade de absorção de uma inovação tecnológica. Dessa forma, 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).

O aumento da produtividade agrícola como propulsor do crescimento econômico, têm sido tema de diversas pesquisas internacionais e nacionais (AMANOR; CHICHAVA, 2016; ARNDT et al., 2010; AWOKUSE; XIE, 2015; BROOKES; BARFOOT, 2016; HERTEL, 1997; IVANIC; MARTIN, 2018; PHALAN et al., 2016; RICHARDS et al., 2015) . O estudo desse aumento 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 explorar melhor os ganhos desse crescimento (GRILICHES, 1991; HERTEL, 1997; IVANIC; MARTIN, 2018; LAI et al., 2017; LUDENA, 2010; PENNA, 2016).

Durante o período de 2000 à 2009, o Brasil teve destaque mundial em ganho de produtividade, atingindo seu melhor desempenho de crescimento econômico recente (GASQUES; BACCHI; BASTOS, 2018). Este período foi associado à forte crescimento econômico. 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;

¹ A inovação induzida é quando há um esforço exógeno para que instituições promovam a disponibilidade de tecnologias.

BROOKES; BARFOOT, 2016; BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016; FIGUEIREDO, 2016).

Assim, Hertel (1997) já expunha a importância 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. No geral, uma inovação tecnológica não afeta apenas um setor específico. A 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 possui uma taxa de retorno global lenta, mas bastante alta (PARDEY; ALSTON; RUTTAN, 2010).

Portanto, este trabalho tem como objetivo compreender os possíveis cenários de inovação tecnológica para o setor agrícola brasileiro. Dessa forma poderemos entender como o desenvolvimento de uma inovação tecnológica pode impactar o desempenho brasileiro. Para isso, simulamos um ganho de produtividade provinda de uma inovação tecnológica brasileira ou estrangeira adaptada para o Brasil, essa inovação será chamada de choque ao longo deste trabalho, uma vez que identificamos a inovação tecnológica como um choque na curva de oferta.

Dessa forma, através de aprontamentos simulados através do Equilíbrio Geral Computável (EGC), poderemos identificar a trajetória de desenvolvimento e a representatividade do setor agrícola brasileiro com os principais países vizinhos e, então, identificar os possíveis cenários. Para tal, Foi utilizado *Global Trade Analysis Project* (GTAP), um modelo de EGC, para analisar como choques tecnológicos no Brasil e seus principais vizinhos, afetam a competitividade de mercado e o posicionamento dos *players* no cenário regional. Ademais, com base na *Hipótese de Armington*, verifica-se como diferentes regiões obtém vantagens e/ou desvantagens dado o 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 um commodity.

2. DESENVOLVIMENTO

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.

2.1. Referencial Teórico

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).

Para o 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). 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 tecnológica 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).

A utilização de inovação tecnológica é amplamente divulgada, 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).

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).

2.2. Metodologia da Pesquisa

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 demonstramos que o trabalho está dividido 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 no Brasil e seus principais vizinhos. No entanto, essa agregação impossibilita a análise detalhada por países nas regiões compostas por mais de um país, no qual são representados pelas regiões resto MERCOSUL e resto do mundo.

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 do mundo	

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*.

O modelo representa uma infinidade de 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 verifica-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 beneficiara unicamente dos benefícios gerados por sua inovação (HERTEL, 1997).

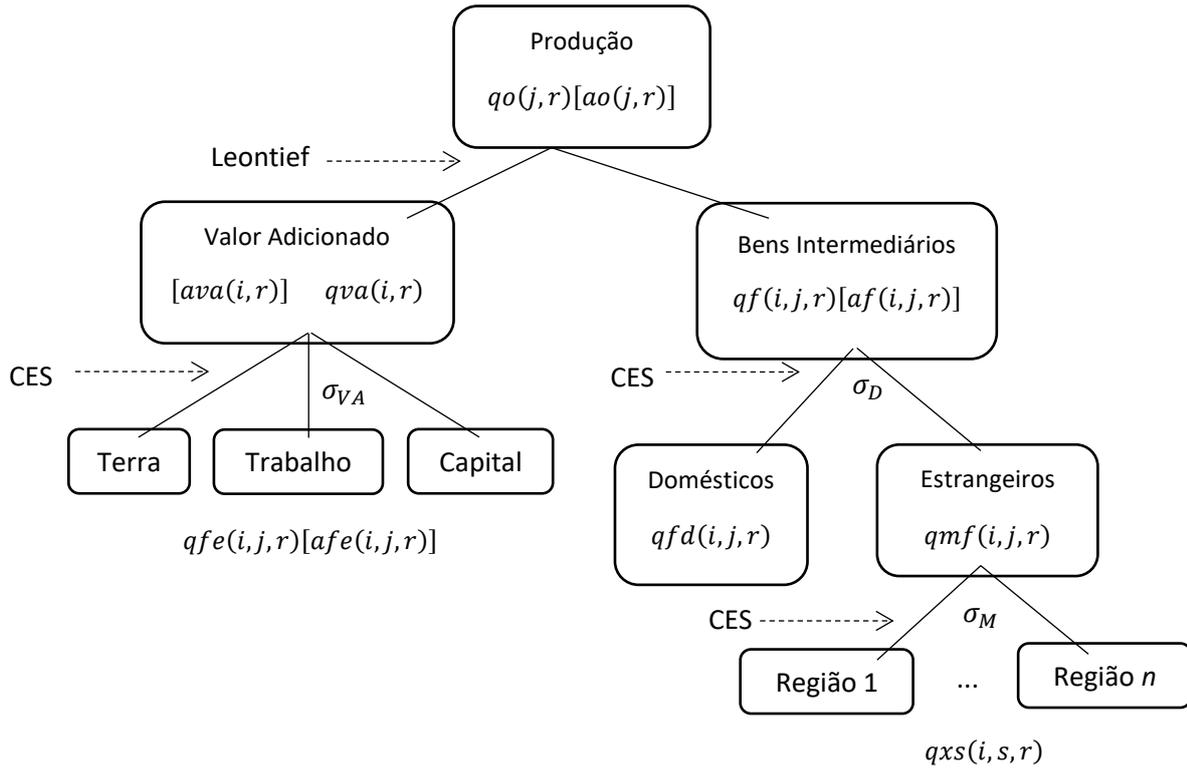
Podemos perceber a identificação de um choque tecnológico com a ajuda da figura 1, na representa o modelo com a composição de três níveis de especificação da função de produção. Assim, no topo, a função produção assume que não existe a substituição dos fatores de produção primários com os intermediários, ou seja, representa a tecnologia de Leontief.² 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 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

² Para mais, ver Varian (1992).

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, em nosso trabalho, 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, $EV = YEV - \bar{Y}$. 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).

Como indicado acima, o experimento deste trabalho tem como base três setores e seis regiões. A forma que foi agregado está demonstrado na tabela 1 e se assemelha ao utilizado por Hertel (1997). 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.

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:

- a) Cenário 1 (C1): supomos um choque individual positivo de tecnologia na agricultura do Brasil, esta pode ser considerada como fruto de pesquisa da EMBRAPA. Nesse cenário decidimos isolar o Brasil dos demais países, ou seja, essa inovação tecnológica foi especificamente criada para agricultura local.
- b) Cenário 2 (C2): aqui cogitamos uma inovação agrícola que apenas beneficia o Brasil e seus principais vizinhos (Argentina, Uruguai e Paraguai). Essa inovação pode ser ter sido criada em qualquer um dos países indicados, sem transbordamento para o resto do mundo.
- c) Cenário 3 (C3): dessa vez, analisamos uma inovação tecnológica que não pode ser utilizada no Brasil e seus principais vizinhos, por exemplo, a semente geneticamente modificada da soja que foi desenvolvida em 1996 mas só pode ser amplamente utilizada em 2003.

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).

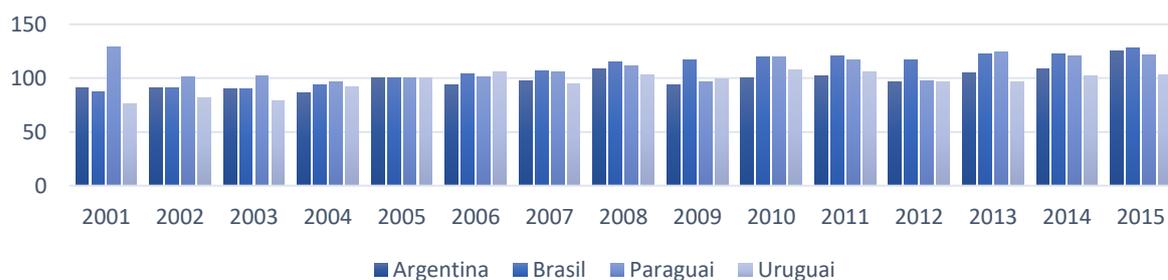
No cálculo da produtividade dos fatores foram usadas pela USDA, no qual utilizou dados da FAO. De maneira mais geral, foram utilizados os valores de produção bruta da agropecuária, crescimento de insumos dados por crescimento ponderado médio de terras, mão-de-obra, máquinas, capital animal, fertilizantes 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.

2.3 Resultados e Análises

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.

2.3.1. DESEMPENHO DE MACROECONÔMICO

Na tabela 3, podemos analisar os impactos das variáveis macroeconômicas selecionadas. Ao verificarmos o impacto de uma inovação tecnológica na agricultura, verificamos que essa gera crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), acompanhado com aumento de renda, Utilidade per capita com baixa inflação para o Brasil, cenário esse propício para o crescimento e desenvolvimento. O que corrobora com o exposto por Carvalho e Barreto (2006), onde demonstra que a especialização agrícola não leva a perda do bem-estar, indo mais além, esse resultado também corrobora com o que foi colocado por Ivanic e Martin (2018), onde seus resultados mostram que a inovação agrícola gera crescimento e desenvolvimento econômico. Em termos de ganhos regionais, quando o Brasil trabalha em conjunto com seus principais vizinhos, isso gera um crescimento regional conjunto. E, por fim, a não participação em uma inovação determina um impacto de contração da economia.

Tabela 3. Comparativo de desempenho macroeconômico

	C1	C2	C3
PIB			
ARG	0,00	0,19	-0,01
BRA	0,20	0,20	-0,01
URU	0,00	0,08	-0,04
PAR	0,00	0,04	-0,05
Renda			
ARG	-0,09	0,45	-0,53
BRA	0,51	0,50	-0,40
URU	-0,09	0,08	-0,55
PAR	-0,16	-0,12	-1,03
Utilidade Per Capita			
ARG	-0,03	0,16	-0,11
BRA	0,22	0,22	-0,05
URU	-0,03	0,05	-0,16
PAR	-0,08	-0,06	-0,41
IPC			
ARG	-0,07	0,26	-0,43
BRA	0,24	0,23	-0,36
URU	-0,06	0,03	-0,39
PAR	-0,08	-0,06	-0,62

Fonte: Base de dados GTAP 9.1.

2.3.2. SIMULAÇÃO PARA O BRASIL

Ao analisarmos o choque individual de inovação para o Brasil sem transbordamento (C1), tabela 4, verificam-se que um choque tecnológico na agricultura retorna uma produtividade superior ao choque, demonstrando que uma inovação agrícola afeta positivamente a produção de onde o choque ocorreu, dessa forma, podemos verificar que a produção agrícola é afetada de maneira elástica ao choque, com um crescimento de produção maior que o choque de 2,99%. 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.

No C1 vemos que apesar da inovação tecnológica ter ocorrido na agricultura, esse pôde gerar aumento da produção dos alimentos processados, isso se dá devido a importância dos produtos agrícolas na produção de alimentos processados. Por exemplo, Cheng e Rosentrater (2017) verificaram que cerca de 80% do custo total da produção de óleo de soja é proveniente do *comoditie* de soja. Esse movimento fica claro quando vemos que o preço dos produtos agrícolas despencou em quase a mesma proporção do choque e os preços dos alimentos processados seguiram esse movimento.

Em termos da pecuária, C1, a produção praticamente não foi afetada mas os preços dos produtos pecuários subiram, esse movimento se dá devido o *trade off* produtivo entre produtores da agricultura e pecuária, uma vez que uma inovação tecnológica afeta a agricultura, reduzindo os custos de produção, os produtores encontram na agricultura um cenário mais rentável, migrando da produção pecuária para a agrícola, esse movimento consiste com a mudança de uso de terra, onde temos uma redução do uso da terra para pecuária e um aumento da terra para agricultura. Esse resultado consiste com o exposto por Cabrini e Calterra (2016), onde verificaram a incidência de custos no trade off produtivo entre soja e pecuária para Argentina.

Verificando os preços dos fatores de produção, fica claro em C1 que o boom do setor agrícola fruto dessa inovação tecnológica levou ao aumento dos preços da terra, níveis de salários do emprego agrícola qualificado (AQ), do emprego não qualificado (ANQ). Esse movimento é condizente com a maior atratividade do setor agrícola, onde atrai a expansão de produtores nacionais e internacionais, levando ao aumento do custo da terra, tanto agrícola, quanto pecuária. Devido o ganho de produtividade, percebe-se uma elevação para os níveis do salário, cabe destacar que o emprego não qualificado teve maior aumento percentual de salário do que o setor qualificado. Ou seja, a 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 representado pelo uso de terra (BIRNER, 2018).

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

	Choque Agricultura		
	C1	C2	C3
Produção (%)			
Agricultura	3,07	2,97	-1,81
Pecuária	0,00	0,02	0,02
Alimentos Processados	0,62	0,63	0,06
Preços da Produção (%)			
Agricultura	-2,79	-2,82	-0,85
Pecuária	0,18	0,16	-0,59
Alimentos Processados	-0,52	-0,55	-0,52
Preços dos fatores de produção (%)			
Terra para agricultura	0,70	0,44	-5,21
Terra para pecuária	0,62	0,47	-3,26
Nível de salário ANQ	0,52	0,52	-0,38
Nível de salário AQ	0,48	0,48	-0,29
Uso da terra (%)			
Agricultura	0,03	-0,01	-0,62
Pecuária	-0,05	0,02	1,34
Variação de equivalência			
Doméstico (\$milhões)	4572,39	4576,22	-1129,00
Total (\$milhões)	5770,87	7038,11	48384,00
Interno (%)	79,23	4576,22	0,00

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*

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. Em termos de valores totais, uma inovação na agricultura brasileira sem transbordamento gera cerca de US\$ 4,5 bilhões, além de demonstrar que essa inovação gera aumento de salários, aumento de produção, redução dos preços dos alimentos, o que nos leva a um cenário propício ao combate à pobreza. 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).

Além disso, quando notamos a inovação sendo compartilhada entre os principais vizinhos brasileiros, temos ganhos mundiais mais intensos, esse movimento 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).

2.3.3. ANÁLISE DE ISOLAMENTO

Nos cenários 3, tabela 4, verificamos o impacto da não participação do Brasil na corrida inovadora. Um exemplo disso, 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 ao qual passou quase seis anos para ser implementada no Brasil (BUSTOS; CAPRETTINI; PONTICELLI, 2016).

Diversos autores³ demonstram que a não participação em uma inovação, leva a perdas de competitividade, empregos e salários. O mesmo pode ser encontrado quando analisamos o cenário 3, tabela 4, onde explicita que o Brasil, isolado da inovação tecnológica apresentar perdas significativas. 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).

2.3.4. ANÁLISE DE EMPREGO

Em relação ao choque na agricultura, tabela 5, fica evidenciado para o Brasil que no primeiro cenário há aumento de emprego para os setores agrícola e alimentos processados, mantendo constante o setor pecuário, conforme a análise de economias de baixa representatividade mundial (HERTEL, 1997). Além disso, conforme exposto por Gandolfi et al (2019), a inovação agrícola leva a uma mudança estrutural de empregos, onde perde-se trabalhadores não qualificados e aumenta-se o número de trabalhadores qualificados. No nosso trabalho, temos aumento das duas categorias, mas isso se dá devido a maior atratividade do setor e ingresso de novos *players* no mercado.

No choque com transbordamento (C2), tabela 5, 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

³ Cavalcante e De Negri (2014) e Chatzoglou e Chatzoudes (2017).

entregar um dos principais insumos para o setor de alimentos processados (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). Por fim, ao verificarmos o cenário de isolamento, C3, é visto que o Brasil perde empregos, isso se dá devido a baixa atratividade de produção no país devido a não participação na inovação.

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

	C1		C2		C3	
	NQ	Q	NQ	Q	NQ	Q
Agricultura	0,08	0,09	-0,03	-0,02	-2,03	-2,05
Pecuária	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,15	-0,20
Alimentos Processados	0,59	0,63	0,60	0,64	0,10	-0,01

Fonte: Base de dados GTAP 9.1

2.3.5. 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.

Em um choque de inovação na agricultura, C1, o Brasil obteve um aumento significativo no preço da terra, isso se dá devido o *trade off* produtivo, onde torna o setor agrícola mais atrativo, ou seja, produtores ao redor do mundo procuram no Brasil a oportunidade de produzir. 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 no com transbordamento, afeta positivamente a região, onde com transbordamento, C2, possui maiores ganhos médios aos países fundadores do MERCOSUL.

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
Composição de preço da terra			
Resto do Mundo	-0,50	-0,62	-3,67
Argentina	-1,01	1,11	-5,14
Brasil	0,67	0,45	-4,59
Uruguai	-0,77	-0,11	-4,02
Paraguai	-1,03	-1,10	-5,03
EV			
Resto do Mundo	1367,07	1680,65	50214,9
Argentina	-137,7	765,57	-545,18
Brasil	4572,39	4573,75	-1128,5
Uruguai	-12,66	20,09	-66,86
Paraguai	-18,23	-13,97	-91,73
Preços Mundiais			
Agricultura	-0,25	-0,30	-2,36
Pecuária	-0,05	-0,06	-0,58
Alimentos Processados	-0,07	-0,08	-0,47

Fonte: Base de dados *GTAP 9.1*

2.3.6. 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									
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 os parâmetros se mantiveram significativamente constantes ao valor da simulação original, evidenciando a robustez do modelo. Os demais cenários, também evidenciaram robustez.

3. CONCLUSÕES

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. Dessa maneira, a partir de um choque inovador produtivo que é representado por uma diminuição dos custos de produção, verifica-se um encadeamento de modificações levando ao ganho e perda de bem-estar, além de modificação na matriz produtiva acompanhada por uma alteração alocativa de recursos ao qual gera ganhos ou perdas de bem estar.

Dito isso, foram observados três cenários possíveis para o Brasil, desde ingresso individual e coletivo na inovação, como a total exclusão individual ou coletiva desses países. Após tais simulações, ficou verificado resultados positivos e negativos a participação ou não nesse processo inovador.

O melhor cenário é aquele que o Brasil apresenta capacidade de criar e/ou adaptar tecnológica para o produtor brasileiro. O que nos leva a necessidade de investimento em P&D, de modo a propiciar crescimento e desenvolvimento. Além disso, a não participação na inovação leva a danos relevantes a economia, desde a perda de empregos e salários, ao encolhimento do PIB acompanhado por perda de mais de US\$ 1 bilhão para o mercado externo.

Em termos de combate à pobreza e redução da fome mundial, a inovação já contribui no combate à pobreza ao impactar negativamente os preços mundiais dos alimentos, auxiliando ao combate da fome através de alimentos mais baratos. Além disso, há aumento do nível de salário dos trabalhadores da agricultura que não possuem qualificação, reforçando o combate à pobreza.

Dessa forma, a EMBRAPA aparece como uma escolha política de investimento capaz de gerar crescimento e desenvolvimento, além de abrir a discussão para que uma agência fomentadora de pesquisa agrícola para a região, Brasil e seus principais vizinhos, com livre utilização de tecnologia entre esses.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AMANOR, K. S.; CHICHAVA, S. South–South Cooperation, Agribusiness, and African Agricultural Development: Brazil and China in Ghana and Mozambique. **World Development**, v. 81, p. 13–23, maio 2016.

ARNDT, C. et al. Biofuels, poverty, and growth: a computable general equilibrium analysis of Mozambique. **Environment and Development Economics**, v. 15, n. 1, p. 81–105, fev. 2010.

AWOKUSE, T. O.; XIE, R. Does Agriculture Really Matter for Economic Growth in Developing Countries?: AGRICULTURE AND ECONOMIC GROWTH IN DEVELOPING COUNTRIES. **Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie**, v. 63, n. 1, p. 77–99, mar. 2015.

BARROS, G. S. DE C.; SPOLADOR, H. F. S.; BACCHI, M. R. P. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-71402009000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=es. **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.

BONELLI, R.; PESSOA, E. P. O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil. **Instituto de Pesquisa Económica Aplicada**. 1998.

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.

CABRINI, S. M.; CALCATERRA, C. P. Modeling economic-environmental decision making for agricultural land use in Argentinean Pampas. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 183–194, mar. 2016.

CARLETTO, C.; KIRK, A.; WINTERS, P. C.; DAVIS, B. Globalization and smallholders: the adoption, diffusion, and welfare impact of non-traditional export crops in Guatemala. **World Development**, Oxford, v. 38, n. 6, p. 814–827, 2010.

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.

CARVALHO, R. M.; BARRETO, F. A. F. D. Learning-by-doing, produtividade agrícola e crescimento econômico. **Revista Brasileira de Economia**, v. 60, n. 1, jan.-mar. 2006.

CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F.. Evolução recente dos indicadores de produtividade no Brasil. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. **Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes**. Brasília: ABDI / IPEA, 2014.

CHATZOGLOU, P.; CHATZOUEDES, D. The role of innovation in building competitive advantages: an empirical investigation. **European Journal of Innovation Management**, v. 21, n. 1, p. 44–69, 8 jan. 2018.

CHENG, M.-H.; ROSENTRATER, K. A. Economic feasibility analysis of soybean oil production by hexane extraction. **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 775–785, dez. 2017.

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.

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.

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.

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.

