

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CAMPUS AVANÇADO GOVERNADOR VALADARES  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**Tiago Junio da Silva**

**RELAÇÃO ENTRE O USO DE AGROTÓXICOS E A PRODUTIVIDADE DA  
TERRA, 2006-2014**

**GOVERNADO VALADARES  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2021**

**Tiago Junio da Silva**

**RELAÇÃO ENTRE O USO DE AGROTÓXICOS E A PRODUTIVIDADE DA  
TERRA, 2006-2014**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Juiz de Fora –  
Campus Governador Valadares, como parte  
das exigências do curso de Ciências Economia,  
para obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Econômicas.

Orientador: Matheus Pereira Ribeiro

**GOVERNADO VALADARES  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2021**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Tiago Junio da .

Relação entre uso de agrotóxicos e a produtividade da terra, 2006-2014 / Tiago Junio da Silva. -- 2021.

31 f.

Orientador: Matheus Pereira Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Instituto de Ciências Sociais Aplicadas - ICSA, 2021.

1. Agrotóxicos. 2. Economia agrícola . 3. Produtividade. I. Ribeiro, Matheus Pereira, orient. II. Título.

**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Às 14 horas do dia 02 de setembro de 2021, por webconferência, conforme Resolução Nº 24/2020 do Conselho Superior (CONSU), foi instalada a banca do exame de Trabalho de Conclusão de Curso para julgamento do trabalho desenvolvido pelo(a) discente Tiago Junio da Silva, matriculado(a) no curso de bacharelado em Ciências Econômicas. O(a) Prof.(a) Me. Matheus Pereira Ribeiro, orientador(a) e presidente da banca julgadora, abriu a sessão apresentando os demais examinadores, os professores: Dr. Thiago Costa Soares e Ma. Camila Amaral Pereira.

Após a arguição e avaliação do material apresentado, relativo ao trabalho intitulado: Agrotóxicos: Legislação e Relação com a Produtividade da Terra, a banca examinadora se reuniu em sessão fechada considerando o(a) discente Tiago Junio da Silva:

Aprovado(a)

Reprovado(a)

Nada mais havendo a tratar, foi encerrada a sessão e lavrada a presente ata que vai assinada eletronicamente pelos presentes.

Governador Valadares, 02 de setembro de 2021.

---

Prof.(a) Me. Matheus Pereira Ribeiro

---

Prof.(a) Dr. Thiago Costa Soares

---

Prof.(a) Ma. Camila Amaral Pereira

---

Documento assinado eletronicamente por **Thiago Costa Soares, Professor(a)**, em 14/09/2021, às 16:18,



conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **MATHEUS PEREIRA RIBEIRO, Professor(a)**, em 14/09/2021, às 17:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **CAMILA AMARAL PEREIRA, Professor(a)**, em 14/09/2021, às 17:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Uffj ([www2.uffj.br/SEI](http://www2.uffj.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0483481** e o código CRC **410BCD78**.

---

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Específicos.....	3
<b>2 ARCABOUÇO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Determinantes da produtividade da terra .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2 Uma contextualização da regulação dos agrotóxicos no Brasil.....	4
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA EMPÍRICA.....</b>	<b>6</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
4.1 MQO - Pooled.....	9
4.2 Modelo de Efeito Fixo .....	10
4.3 Modelo de Efeitos Aleatórios .....	10
4.4 Fonte, Tratamento de dados e resultados esperados .....	11
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>18</b>
<b>APÊNDICE A – PAÍSES ANALISADOS .....</b>	<b>23</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Volume de agrotóxicos consumidos no Brasil, em toneladas.....	2
---	---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fonte e base de dados .....	11
Tabela 2: Estatística descritiva dos dados .....	14
Tabela 3: Modelos Pooled, EA e EF .....	15
Tabela 4: Amostra de Países analisados .....	23

## **RESUMO**

O objetivo do presente trabalho é analisar a associação entre o uso de agrotóxicos e a produtividade da terra para diversos países. Para tal, o estudo fez uso de técnicas relacionadas a modelos de regressão para Dados em Painel, optando entre os modelos Pooled, de Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios para 68 países, de 2006 a 2014. Os resultados obtidos apontaram que, dentre outras variáveis como infraestrutura e formação educacional, a utilização de agrotóxicos é um dos principais determinantes para a produtividade do solo. Nesse aspecto, considerou-se que o uso de agrotóxicos se configura um importante determinante da produtividade do solo.

**Palavras-chave:** Dados em painel. Agrotóxicos. Atividade agrícola.

## **ABSTRACT**

Agricultural activity still has a certain economic representation for several countries. In view of this, our aimed is analyze the association between the use of pesticides and land productivity in different countries. To this end, we used techniques related to regression models for Panel Data, choosing between the Pooled, Fixed Effects and Random Effects models for 68 countries, from 2006 to 2014. The results obtained showed that, among other variables, such as infrastructure and educational training, the use of pesticides is one of the main determinants of soil productivity. In this aspect, we considered that the use of pesticides is still an important determinant of soil productivity.

**Keywords:** Panel data. Pesticides. Agricultural activity.

## 1 INTRODUÇÃO

A modernização na atividade agrícola brasileira teve na metade do século XX um de seus períodos de maior alavancagem, caracterizado por um ciclo um início de crescimento proveniente da expansão da área cultivável e da inserção de inovações. Em um momento no qual o surgimento de tecnologias e insumos viriam a agregar a estrutura do sistema de produção agrícola, o estado brasileiro foi um dos agentes responsáveis por assistir este setor, por meio de investimentos em pesquisa, a criação de instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) além de programas de fomento e créditos agrícolas (MATOS; PESSÔA, 2011).

A modernização da agricultura se refere a transformação na base técnica de produção agropecuária no pós-guerra, modificações no campo e nas relações entre trabalho e capital. Logo, a consolidação da agricultura moderna ocorreu a partir dos anos 1960, com a adoção de inovações tecnológicas no campo (agronômicas, físico-químicas, biológicas) e criação de complexos industriais (SILVA; KAGEYAMA, 1996). Assim, o que se observou foi um aumento da produção e importância da agricultura em paralelo a inovações tecnológicas.

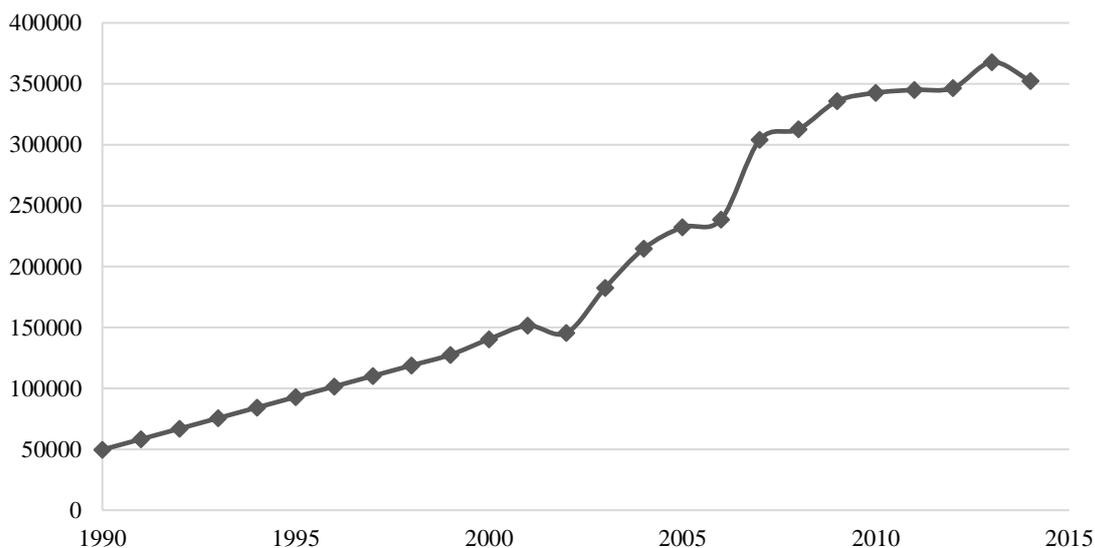
Até metade do século XX, o incremento ao volume produzido se deu basicamente devido a expansão da área cultivada. Na segunda metade do mesmo século, ocorreu um crescimento significativo de tecnologias como adubos, máquinas e defensivos químicos. A expansão territorial e tecnológica da produção permitiu, além da modificação no campo técnico, a criação de complexos agroindustriais, estruturação moderna de latifúndios e a transnacionalização da atividade (AGRA; SANTOS, 2001).

De acordo com Scolari (2006), a produção de alimentos e outros produtos como fibras naturais e madeiras, forragens, está diretamente associado a disponibilidade de solo e recursos hídricos em quantidade e qualidade apropriada. No ano de 2000, a área mundial foi estimada em 13.066,70 bilhões de hectares, sendo que 5.006,56 bilhões (38,3%) estavam em uso na agricultura. Segundo Miranda (2018), dentre os principais países em área cultivada estão Índia (179,28 milhões de hectares), Estados Unidos (167,8 milhões de hectares), China (165,2 milhões de hectares) e Rússia (155,8 milhões de hectares), correspondendo estes quatro países a 36% da área mundial cultivada. Números da National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2007) estimam que a área de lavouras no Brasil é em torno de 64 milhões de hectares, valor este confirmado pelos

dados da EMBRAPA (2014), enquanto a área destinada a lavouras no mundo é de cerca de 1,87 bilhão de hectares. Em 2019, 43% das exportações brasileiras tiveram origem no setor agropecuário. Neste mesmo ano, de acordo com dados da CNA (Confederação Nacional de Agricultura) o país despontava como quarto maior exportador mundial de produtos agropecuários, com faturamento de aproximadamente 96,9 bilhões de dólares, receita superada apenas pela União Europeia, Estados Unidos e China.

Para Abreu (2015) o aumento da produção brasileira se deu numa proporção maior que o incremento da área cultivável, por vezes se utilizando de áreas anteriormente degradadas. Tal feito foi possível devido à utilização de recursos técnicos e tecnológicos, evitando, assim, a devastação de novas áreas para a agricultura. Dentre os anos de 1975 e 2014, houve um crescimento anual da área colhida a uma taxa anual de 0,16%, sendo que neste mesmo período a produção teve um aumento anual de 4,80% e a produtividade da terra de 4,64%. Além disso, as exportações brasileiras alcançaram mais de 150 países, cuja demanda é diversificada abrangendo grãos, sucos, celulose, carnes e hortaliças in natura. Paralelo ao aumento da produção, dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) apontam aumento constante no volume de agrotóxicos utilizados no país de mais de 80% entre 1990 e 2015, como observado na Figura 1. Logo, o que se observou, pelo menos para o caso brasileiro, foi uma melhora no desempenho do setor agrícola e do uso de agrotóxicos.

Figura 1: Volume de agrotóxicos consumidos no Brasil, em toneladas



Fonte: Organização para Alimentação e Agricultura (FAO).

No Brasil, os químicos organo-sintéticos (agrotóxicos) tiveram seu surgimento com a proposta de serem facilitadores do manejo agrícola, no que diz respeito ao controle e organismos vegetais e animais que causam danos a produção (MORAGAS; SCHNEID, 2003). Dessa forma seu uso se tornou parte indispensável do processo produtivo, aliado a tecnologias no melhoramento genético, permitindo um incremento da produção.

Os agrotóxicos têm em sua composição produtos que utiliza em sua base químicos ou produtos biológicos, cuja finalidade é atuar em processos específicos, como inibidores do desenvolvimento de espécies vegetais e animais, sendo que em sua maioria esses produtos podem agir de forma negativa no organismo de indivíduos que fazem contato com ele, seja via manipulação, seja via consumo de alimentos contaminados (EPA, 1985).

Dada a importância dos agrotóxicos como insumo, avaliar a sua relação com a produtividade da terra se configura um importante problema de pesquisa. Logo, o presente trabalho avalia essa relação para diversos países, desenvolvidos e em desenvolvimento (um detalhamento da amostra pode ser visto no Anexo A, Tabela 4, de forma a captar a importância desse componente para a produtividade média da terra. Muitos países não foram analisados devido a indisponibilidade de dados.

## **1.1 Objetivos**

O principal objetivo do presente trabalho é avaliar a associação entre uso de agrotóxicos com a produtividade da terra para diversos países.

### **1.1.1 Específicos**

Fazer uma revisão da literatura sobre os determinantes do uso de agrotóxicos; avaliar o melhor modelo para analisar a associação entre o uso de agrotóxicos; estimar o modelo e discutir seus principais resultados.

## **2 ARCABOUÇO TEÓRICO**

Para se alcançar tais objetivos, buscou-se identificar a estrutura do mercado de agrotóxicos, assim como a organização e normatização do mercado sob um considerando o desempenho econômico e de bem-estar social.

Inicialmente, Bombardi (2012) destaca que no mundo é recorrente o expressivo aumento na utilização de agrotóxicos, cujo aumento do uso pode ser explicado, dentre outros, por dois motivos:

- Produtos usualmente tidos como fonte de alimentos se tornam matrizes para a produção de biocombustíveis, onde se pode destacar a soja, cana e milho;
- Produtos agrícolas que assumem status de *commodities*, passando a participar das negociações de um mercado secundário.

Ahearn et al. (1998) afirmaram que o entendimento dos fatores que afetam a produtividade possui importância pois há uma associação entre o crescimento da produtividade e o nível do padrão de vida da sociedade. Nesse aspecto, há um amplo número de autores que apontam a importância de diversos fatores para a produtividade. Entre eles, Rosegrant e Evenson (1992) quando analisaram as fontes de crescimento da produtividade das lavouras do sul da Ásia utilizaram variáveis como salário real, educação, pesquisa, extensão e preços relativos, entre outras. Por sua vez, Àvila e Evenson (1995) relacionaram a aspectos ligados a pesquisa e desenvolvimento (P&D) sobre a Produtividade Total de Fatores (PTF). Aheran et al. (1998) afirmaram que diversos fatores são importantes para a produtividade agrícola, como P&D, educação, infraestrutura e programas de governo.

### **3 UMA CONTEXTUALIZAÇÃO DA REGULAÇÃO DOS AGROTÓXICOS NO BRASIL**

Moraes (2019) cita que, assim como a outros produtos e serviços, a regulação de agrotóxicos provém de organismos públicos, que por sua vez não são politicamente neutros. Relações provenientes do governo levam em consideração não apenas uma base técnica de normas e conhecimentos científicos, mas também influência de grupos específicos que podem se beneficiar ou não com a regulação.

A disseminação do uso de agrotóxicos no Brasil tem relações diretas com o processo de evolução da agricultura ocorrido no período pós-guerra, que foi caracterizado pelo incremento de insumos mecânicos, fertilizantes e produtos para controle de agentes biológicos na produção. Soma-se a este fato a intervenção governamental que atuou tanto na cadeia produtiva desses insumos como na mediação de acesso ao mesmo pelos produtores (PELAEZ; TERRA; SILVA, 2010).

No Brasil, a Lei Nº 7.802, de 11 de julho 1989, trata sobre a regulação do mercado de agrotóxicos, seus componentes e similares:

Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a

propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;

b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento; (BRASIL, 1988, Art.2).

Até meados de 1933 não havia no Brasil, na legislação, tópicos ou normas específicas a utilização de agrotóxicos, sendo que o primeiro decreto tratando do assunto foi assinado em abril de 1934, quando foi aprovado o Regulamento de Defesa Sanitária Vegetal do Ministério da Agricultura. Mesmo após a criação deste regulamento persistiam lacunas de difícil preenchimento causados pela não clareza das normas relacionadas ao uso de produtos químicos em cultivo agrícola. A questão legislativa se centrava basicamente sobre a tutela do governo, não havendo até então estrutura legislativa funcional dedicada ao assunto. A atribuição normativa e outras questões que vieram a surgir acerca da regulamentação desses produtos causaram conflitos cuja pauta foi por vários momentos submetida aos cuidados do poder judiciário (COSTA; PIRES, 2016).

Em 1975, foi criado o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas, que dentre suas atribuições, estava a de fornecer créditos aos agentes envolvidos na fabricação e uso destes produtos, atuando como parte do Sistema Nacional de Crédito Rural, programa governamental anteriormente criado. Vale ressaltar que houve alterações na legislação, cujas reformas feitas em 1978 possibilitaram, de uma forma simplificada, o registro para fabricação e uso de agrotóxicos, sendo que alguns dos produtos permitidos nesta ocasião não tinham seu uso permitido em alguns países desenvolvidos (PELAEZ; TERRA; SILVA, 2010).

Na legislação atual, compete ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento distinguir quanto aos riscos de insumos para uso em produção agrícola, assim como normas sobre a produção, venda armazenamento e demais assuntos pertinentes a esses produtos. Tais decisões levam em considerações orientações normativas dos ministérios da Saúde e de Meio Ambiente.

De acordo com Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, em seu artigo 2º, define que cabe aos Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Saúde e do Meio Ambiente, no âmbito de suas respectivas áreas de competências:

V - estabelecer metodologias oficiais de amostragem e de análise para determinação de resíduos de agrotóxicos e afins em produtos de origem vegetal, animal, na água e no solo;

VI - promover a reavaliação de registro de agrotóxicos, seus componentes e afins quando surgirem indícios da ocorrência de riscos que desaconselhem o uso de produtos registrados ou quando o País for alertado nesse sentido, por organizações internacionais responsáveis pela saúde, alimentação ou meio ambiente, das quais o Brasil seja membro integrante ou signatário de acordos (Brasil, 2002).

Para que um agrotóxico possa ser legalmente utilizado no território nacional, faz-se necessário seu registro prévio em órgão competente. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária é responsável, enquanto órgão federal pela avaliação toxicológica no tocante ao manuseio e riscos aos trabalhadores e consumidores dos produtos agrícolas que utilizam esses insumos. Além deste órgão, cabe ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis uma avaliação similar quanto impactos ambientais do mesmo, quanto a fauna e flora e por fim o Ministério da Agricultura avalia a eficiência agrônômica dos produtos (LONDRES, 2011).

#### **4 REVISÃO DA LITERATURA EMPÍRICA**

Estudos de Mosca e Dada (2013) fazem um levantamento sobre os determinantes da produção agrícola em Moçambique, usando um modelo de series temporais abrangendo os anos de 2001 a 2010. Constataram, dentre outros resultados, que ante a situação cambial do país e a dependência de importação de fertilizantes, estes apresentam uma correlação negativa ao tocante do PIB da agropecuária.

Segundo Ortega e Ledemna (2004), analisando uma serie de países, entre eles, países da América Latina e Caribe, utilizaram de procedimentos de dados em painel para avaliar a relação entre insumos agrícolas e a produtividade total dos fatores da agricultura de 1961 até 2000. Os principais resultados que os autores encontraram mostraram uma relação positiva com a produtividade agrícola e o uso de defensivos agrícolas.

Em Saath e Fachinello (2016) se utilizou da avaliação da Matriz Insumo Produto para avaliar os efeitos da demanda por alimentos no mundo, partindo de 2012 com projeções até 2024 e como esta demanda impacta o uso de terras cultiváveis no Brasil.

Dentre os resultados alcançados, constatou-se que, diante da limitação à expansão de áreas cultiváveis, a especialização de mão de obra da agricultura familiar pode contribuir de forma positiva para o aumento da produtividade agrícola.

Pinazza e Noronha (1978) apresentaram trabalho visando observar a elasticidade da produtividade em relação aos preços dos fatores de produção para atividade canvieira no Rio de Janeiro de 1948 a 1975. Utilizaram da técnica de Mínimos Quadrados Ordinários, aplicando o modelo nerloviano de retardamento distribuído. Como parte dos resultados, demonstraram que mediante ao aumento no preço dos fertilizantes agrícolas houve diminuição na produtividade, indicando que os produtores de cana nesse período possuem alta sensibilidade às variações de preços dos insumos.

Vegro e Ferreira (2004) avaliaram a evolução no consumo de fertilizantes no estado do Mato Grosso entre os anos de 1987 e 2002. Utilizaram dados relativos ao volume destes insumos pelos consumidores finais, calculando a taxa média de crescimento, feito através de regressão linear. Observaram que os volumes de fertilizantes utilizados no período sofreram oscilações advindas de ciclos políticos e instabilidade do poder de compra, entretendo, durante o ciclo em estudo houve aumento no uso de fertilizantes, fator fundamental para expansão da área cultivada e da produção.

O trabalho de Araújo e Oliveira (2017) abordou impactos do uso de agrotóxicos na agricultura na região nordeste do Brasil entre os anos de 1990 e 2011. Por meio da sistematização de informações provenientes do Sistema Nacional de Informações Tóxico farmacológicas, constataram que anos de pico da produção e geração de superávit pelo agronegócio correspondem aos anos de aumento na intoxicação de trabalhadores na agricultura.

A análise de Carvalho, Laureto e Garcia (2015) abordaram o crescimento da produtividade agrícola em microrregiões brasileiras. Este estudo se desenvolve por meio do uso do índice PTF, que é um indicador usado para mensurar a produção acumulada por unidade de insumo, possibilitando assim, meios para verificação de eficiência da produção agrícola. Observaram um expressivo crescimento da produtividade no país no período de observação, de 1975 a 2005, sendo que o estudo mostrou que grande parte desse resultado se deu via adoção de tecnologia e insumos (fertilizantes, agrotóxicos), contribuindo diretamente para os ganhos de produtividade.

Tavares et al. (2020) buscaram correlacionar a associação entre notificações de intoxicação e o comércio de agrotóxicos para os estados brasileiros entre os anos de 2007 e 2017. Por meio de uma regressão, notaram que na maioria dos estados existiu uma correlação positiva entre a venda de agrotóxicos e os primeiros sintomas de intoxicação.

Trage (2019), por meio da abordagem com uso de séries temporais e métodos de correlação, buscou investigar a demanda do mercado brasileiro de fertilizantes. Observou que o país possui uma demanda de fertilizantes bastante instável e altamente dependente de importação, logo, esse fator torna a cadeia produtiva da agricultura instável sob o aspecto de custos de produção.

Abbade (2014), estimou por meio do método de mínimos quadrados ordinários as evidências que associam a produção agrícola brasileira ao crescimento do PIB. Com base em dados de 1975 a 2010, direcionou-se o estudo em investigar área de cultivo e consumo de fertilizantes como determinantes da produtividade agrícola. Para o período observado, constatou que seguido do investimento de capital, o uso de fertilizantes é o principal fator responsável pela produtividade agrícola.

## **5 METODOLOGIA**

De acordo com a revisão bibliográfica, serão abordados aqui a metodologia e os dados utilizados neste trabalho. Será apresentado o modelo econométrico de Dados em Painel utilizado. Os subcapítulos descrevem, de forma sintetizada, modelos inerentes à estrutura de Dados em Painel – Pooled, Efeitos Fixos (EF) e Efeitos Aleatórios (EA). No capítulo seguinte será descrita a composição da amostra, com especificação das variáveis explicativas, variável explicada e estruturação do modelo a ser estimado.

Os dados mais amplamente usados em análise econométrica são: Séries Temporais, Cortes Transversais e Dados em Painel. Nas Séries Temporais se observa o valor de uma ou mais variáveis para um mesmo indivíduo ao longo do tempo. Os dados de corte transversal, por sua vez, reúnem dados representativos de uma ou mais variáveis para diversos indivíduos em um mesmo período. Por fim, nos Dados em Painel é possível apresentar uma ou mais variáveis para diversos indivíduos ao longo do tempo. Logo, essa estrutura pode ser considerada uma mescla de Corte Transversal e Séries Temporais, ou seja, este modelo apresenta duas dimensões: uma espacial e uma temporal (GUJARATI, 2011).

A opção por se trabalhar com Dados em Painel em relação aos demais modelos pode ser defendida por algumas vantagens, sendo elas:

- i. Uma vez que os Dados em Painel relacionam variáveis múltiplas em um intervalo tempo, há tendência de ocorrência de heterogeneidade nessas unidades. As técnicas de estimação por dados em painel, entretanto, podem levar em consideração esse fenômeno, permitindo variáveis específicas a cada indivíduo;
- ii. Os Dados em Painel combinam características das séries temporais e do corte transversal com maior eficiência em relação aos resultados apresentados;
- iii. Efeitos que não podem ser observados no tratamento via séries temporais ou cortes transversais podem ser mensurados por meio de dados em painel.

Para Wooldridge (2002), o uso de Dados em Painel é uma opção interessante em relação as demais, pois permite resolver problemas com variáveis omitidas fixas no tempo. Nesse caso, deve-se optar pelo melhor estimador: Pooled, Efeitos Fixos (EF) ou Efeitos Aleatórios (EA).

## 5.1 MQO - Pooled

O modelo Pooled tem como base a estimação por Mínimos Quadrados Ordinários – MQO, no qual as observações são feitas em unidades de Corte Transversal ao longo do tempo. Isto é, ignora-se a estrutura temporal, tratando cada observação como um indivíduo. O modelo geral pode ser descrito da seguinte forma:

$$Y_{it} = x_{it}\beta + v_{it} \tag{1}$$

$$v_{it} = u_{it} + \mu_i$$

Onde  $i = 1, 2, \dots, n$  são as unidades, isto é, os países a serem analisados e  $t = 1, 2, \dots, T$  são os períodos. Logo,  $i$  denota a dimensão de corte transversal e  $t$  a dimensão de série temporal. Neste modelo,  $v_{it}$  representa o termo de erro composto, sendo a soma de erros aleatórios, variando entre os países e no tempo, incorporando outros fatores não inseridos no modelo, e termos específicos dos países constantes no tempo, como cultura, instituições etc. O modelo tem por hipóteses que  $E(x'_{it}, u_{it}) = 0$  e  $E(x'_{it}, \mu_i) = 0$ , de forma a alcançar estimadores consistentes. Tomando esse modelo como base, torna-se possível esboçar dois modelos, de Efeito Fixo e Efeito Aleatório. Deve-se destacar que,

mesmo que tal hipótese se sustente, usualmente os resíduos serão serialmente correlacionados, sendo necessário uma matriz de variância robusta.

## 5.2 Modelo de Efeito Fixo

Para Baltagi (2005), aqui,  $\mu_i$  se refere aos efeitos específicos das unidades que não variam decorrer do tempo, como localização, instituição, dentre outros que pode estar relacionado com os termos de erro do modelo, acarretando viés e inconsistência. Para mitigar esse problema, o método faz a seguinte transformação:

$$Y_{it} = \mu_i + \beta x_{it} + u_{it} \quad (2)$$

Tirando a média ao longo do tempo, se obtém:

$$\bar{Y}_i = \mu_i + \beta \bar{x}_i + \bar{u}_{it} \quad (3)$$

Subtraindo está equação do modelo geral se têm:

$$Y_{it} - \bar{Y}_i = \beta(x_{it} - \bar{x}_i) + (u_{it} - \bar{u}_i) \quad (4)$$

Aqui, a partir dessa diferenciação, os fatores fixos no tempo, que podem possuir alguma relação com as variáveis do modelo, são eliminados. Porém, deve-se destacar que não é possível estimar quaisquer variáveis invariantes no tempo relacionadas com a produtividade da terra.

## 5.3 Modelo de Efeitos Aleatórios

O modelo geral de efeitos aleatórios pode ser descrito da seguinte forma:

$$Y_{it} = x_{it}\beta + u_{it} \quad (5)$$

Neste modelo, não se supõe que as características não observáveis estejam correlacionados com os termos de erro. Entretanto, têm como suposição a ocorrência de correlação serial nos erros. Deste modo, o estimador de efeitos aleatórios é um estimador de mínimos quadrados generalizados, onde se considera a correlação entre os erros de cada unidade da amostra. Isto é, a variância do modelo pressupõe a seguinte forma:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (6)$$

$$\sigma_u^2 = \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_\mu^2 + \sigma_v^2} \quad (7)$$

Assim, o estimador é obtido a partir da seguinte ponderação de forma a eliminar a autocorrelação do modelo, alcançando a eficiência do estimador:

$$Y_{it} - \lambda \bar{Y}_i = \lambda \alpha + \beta(x_{it} - \lambda \bar{x}_i) + (u_{it} - \lambda \bar{u}_i) \quad (8)$$

E, portanto:

$$\lambda = 1 - \frac{\sigma_{\mu}}{\sqrt{\sigma_{\mu}^2 + \sigma_v^2}} \quad (9)$$

Buscando verificar o tipo de estrutura que melhor se adequasse as regressões estimadas, foram realizados os testes de Chow, avaliando entre o modelo Pooled e de Efeitos Fixos, de Breusch-Pagan, para testar o modelo Efeitos Aleatórios contra o modelo Pooled, e o teste de Hausman, para testar o modelo de Efeitos Fixos contra o de Efeitos Aleatórios. Além disso, foram feitos testes para avaliar outros fenômenos, como a heterogeneidade por meio do teste de Wald, autocorrelação serial utilizando do teste de Wooldridge e, ainda, multicolinearidade por meio do teste de Fator de Inflacionamento da Variância (VIF) e das Correlações de Pearson.

#### 5.4 Fonte, Tratamento de dados e resultados esperados

O presente trabalho se sustenta na análise e processamento de dados secundários, ou seja, por meio da coleta de informações disponibilizada por instituições de pesquisa e disponíveis para utilização e tratamento por agentes externos. Este estudo tem como propósito avaliar determinantes da produtividade da atividade agrícola com uma abordagem acerca do uso de agrotóxicos.

Os dados utilizados nesta pesquisa abrangem o período de 2006 a 2014 e foram retirados do banco de dados disponibilizado pelo Banco Mundial e pela Organização para Alimentação e Agricultura (FAO). O modelo conta com um total de 68 países, descritos com mais detalhes no Apêndice A, Tabela 4. Deve-se destacar que todas as variáveis foram logaritmizadas.

Os dados utilizados na análise se relacionam aos determinantes de uma função de produção agregada padrão, como: crescimento populacional, ensino escolar nos anos iniciais, consumo energético, investimentos, utilização de agrotóxicos e, por fim, a razão entre o valor agregado da agricultura sobre a área total cultivada, como *proxy* para a produtividade da terra, utilizada como variável dependente. A fonte desses dados pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Fonte e base de dados

Cód.	Descrição	Fonte de dados
pterra	(Valor agregado da agricultura, silvicultura e pesca)/(superfície em km <sup>2</sup> )	Banco Mundial

x1	Consumo de agrotóxicos (kg/há)	FAO
x2	Crescimento populacional (% ao ano)	Banco Mundial
x3	Consumo energia elétrica (kWh per capita)	Banco Mundial
x4	Formação bruta de capital (% do PIB)	Banco Mundial
x5	Ensino escolar anos iniciais (% de matrícula bruta)	Banco Mundial

Fonte: Banco Mundial, FAO.

As variáveis utilizadas nesse estudo estão em linha a extensa revisão sobre produtividade agrícola feita por Ortega e Ledemna (2004). Logo, o modelo a ser estimado possui a seguinte forma:

$$p_{terra_{it}} = \alpha + \beta_1 x_{1_{it}} + \beta_2 x_{2_{it}} + \beta_3 x_{3_{it}} + \beta_4 x_{4_{it}} + \beta_5 x_{5_{it}} + \mu_i + u_{it} \quad (10)$$

A produtividade agrícola, como sugerido por Perobelli et al. (2007), se refere a razão entre o valor agregado da agricultura e a área terrestre. Os autores definiram essa medida como a Produtividade Parcial de Fatores (PPF) da agricultura. Essa forma de cálculo da produtividade agrícola é parcimoniosa, o que minimiza problemas advindos da manipulação dos dados. O modelo prevê que essa produtividade pode ser explicada por diversos fatores, usualmente ligados a uma função de produção padrão, como trabalho, capital físico, insumos de produção etc.

A importância dos agrotóxicos para a produtividade já foi discutida anteriormente. O aumento do uso destes insumos permite um melhor controle do desenvolvimento de espécimes animais e vegetais prejudiciais a produção. Alguns trabalhos encontraram uma associação positiva entre as variáveis, como Ortega e Ledemna (2004) e Carvalho, Laureto e Garcia (2015). Porém, autores como Barbier (1997) apontaram que o uso em demasia destes produtos pode ter efeitos adversos na produtividade da terra por meio da degradação do solo e poluição de rios, por exemplo. Nesse aspecto, além de outros efeitos adversos na economia em geral, não é possível apontar uma direção do sinal deste coeficiente.

Entre outros fatores que podem estar associados com a produtividade da terra está o crescimento populacional. Tal medida pode representar uma maior demanda por alimentos por parte da população. Para atender essa demanda, os produtores buscam aumentar a área cultivável, além de intensificar o uso de tecnologia, buscando o aumento da produtividade (OLSSON, 2016). Nesse aspecto, espera-se uma associação positiva entre o crescimento populacional e a produtividade da terra.

Trabalhos como o de Vicente, Anefalos e Caser (2003) fazem uma abordagem acerca da relação entre produtividade agrícola e nível de escolaridade. Os autores

buscaram mensurar como o capital humano afeta a produtividade dos fatores da agricultura. Foi constatado, no período observado pelos autores, que há uma relação positiva entre os níveis de escolaridade da população rural, utilizado como *proxy* para o capital humano. Uma população com maiores níveis de escolaridade propicia ganhos de produtividade, como, por exemplo, pelo melhor manejo de máquinas e equipamentos. Isto é, trabalhadores mais qualificados produzem mais e melhor do que os trabalhadores com baixos níveis de escolaridade. Como destacado por Mankiw, Romer e Weil (1992) a variável utilizada, a porcentagem de matrículas nos anos iniciais de ensino, controla apenas uma parcela do capital humano, ignorando outros fatores como investimento em saúde, uma vez que uma medida profunda de capital humano é de difícil mensuração. Assim, a variável é uma *proxy* para a qualidade do ensino. Nesse aspecto, se espera uma associação positiva entre as variáveis.

Santos (2017) observou que a ampliação do consumo de energia elétrica, *proxy* utilizada para o capital físico, minimiza a ineficiência de outras variáveis na produção rural. Verificou que esta variável reflete em fatores como a ampliação do acesso a novas tecnologias. A possibilidade de implantação de novos meios de produção e utilização de equipamentos e máquinas nas atividades rotineiras dos agricultores evidenciam as melhorias para a população rural, melhoria de eficiência nos trabalhos rurais e, conseqüente, ganho de produtividade.

Por sua vez, os investimentos captam, em certa medida, a acumulação de estoque de capital físico de uma economia, como utilizado por Mankiw, Romer e Weil (1992). Uma maior utilização de máquinas e equipamentos, melhoria da infraestrutura e complexo de transportes, permite que ocorra um aumento da produtividade da agricultura pois, a título de exemplo, um aumento nos investimentos permitiria uma melhora na malha ferroviária que, por sua vez, diminui o tempo com transporte e custo da produção agrícola.

Ao avaliar a variabilidade das variáveis, levando em consideração as variações internas (dentre) e externas (entre) dos dados, percebeu-se que nas variáveis de interesse, a produtividade da terra e consumo de agrotóxicos, houve uma maior variação entre os países do que ao longo do tempo. Isso mostra que possivelmente a uma heterogeneidade entre as unidades avaliadas. Esse resultado pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados

Cód.	Tipo	Média	Dev. Pad.
pterra	geral	4959965.00	5681498.00
	entre		5610913.00
	dentre		1099673.00
x1	geral	4.08	4.58
	entre		4.50
	dentre		1.01
x2	geral	0.96	1.73
	entre		1.60
	dentre		0.69
x3	geral	5592.56	6955.93
	entre		6929.80
	dentre		995.80
x4	geral	25.30	6.95
	entre		5.63
	dentre		4.13
x5	geral	12.93	15.20
	entre		15.23
	dentre		1.44

Fonte: Elaboração própria. Nota: “Tipo” se refere a variação “geral” dos dados, “entre” os países e “dentre” ao longo do tempo.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta e discute os resultados deste estudo. Foram avaliados diversos testes para validar o melhor modelo e avaliar sobre as características dos dados. Do teste de multicolinearidade, a partir do fator de inflacionamento da variância (VIF), notou-se que há indícios de ausência de multicolinearidade prejudicial, uma vez que o VIF médio foi inferior a 5. Da matriz de correlação de Pearson, notou-se que todas as correlações individuais são inferiores a 0,7, o que implica na ausência de colinearidade prejudicial. Estes resultados podem ser vistos na Tabela 3.

Também na Tabela 3, foi verificado tanto a heterocedasticidade quanto a autocorrelação serial. A partir do teste de Wald para heterocedasticidade e de Wooldridge para autocorrelação serial, foi confirmado a presença desses fenômenos, o que pode causar a ineficiência dos parâmetros estimados, logo, foram feitas estimações robustas para mitigar esses problemas, por bootstrap.

Posteriormente, avaliou-se qual seria o modelo ideal, entre Efeitos Fixos, Efeitos Aleatórios e Pooled. Foi utilizado para tal os testes de Chow, Breusch-Pagan e Hausman. Do teste de Chow, notou-se que o melhor modelo foi o de EF em detrimento do Pooled. Do teste de Breusch-Pagan, inferiu-se que o melhor modelo seria o de EA em frente ao

Pooled. Por fim, entre os modelos de efeito fixo e efeitos aleatórios, por meio do teste de Hausman, o modelo mais adequado se mostrou o EF. Os resultados desses testes podem ser vistos na Tabela 3. Vale destacar que foram estimados 5 modelos de efeitos fixos, sem variáveis explicativas e com variáveis explicativas de controle, como se segue.

Tabela 3: Modelos de Efeitos Fixos

Variável	1	2	3	4	5
x1	0.19* (0.10)	0.19* (0.10)	0.16** (0.08)	0.17** (0.08)	0.16** (0.08)
x2		0.08 (0.06)	0.01 (0.06)	0.00 (0.06)	0.02 (0.05)
x3			1.05*** (0.22)	1.03*** (0.22)	0.89*** (0.22)
x4				0.10 (0.08)	0.12 (0.08)
x5					0.03** (0.02)
R <sup>2</sup> dentre	1.73%	2.40%	26.44%	26.89%	32.49%
R <sup>2</sup> entre	26.95%	16.05%	5.04%	5.11%	7.44%
R <sup>2</sup> geral	25.79%	15.92%	5.14%	5.23%	7.55%
VIF (médio)	1.19				
Wald (heteroscedasticidade)	12223.43***				
Wooldridge (autocorrelação serial)	123.26***				
Chow	279.37***				
Breusch-Pagan	1883.32***				
Hausman	44.17***				

Fonte: elaboração própria. \*\*\* sig. a 1% de significância, \*\* sig. a 5% de significância e \* sig. a 10% de significância. Os desvios padrões se encontram entre parêntesis.

Por fim, vale discutir a associação entre as variáveis explicativas e a produtividade da terra. Conforme a tabela 3, a maioria das variáveis se mostrou estatisticamente significativas ou marginalmente significativas a pelo menos 10% de significância. Exceção é feita ao crescimento populacional (x2) e a formação bruta de capital fixo (x4) que não se mostraram estatisticamente significativos para explicar a produtividade da terra. Cabe reforçar que as variáveis de formação bruta de capital fixo e crescimento populacional não foram estatisticamente significativas a partir da regressão. A não significância pode estar associada a heterogeneidade da amostra que envolve países com diferentes situações econômicas.

Para as demais variáveis o que se observou foi uma associação positiva com a produtividade da terra. O efeito marginal mais intenso se refere ao consumo de energia elétrica, seguido seguindo do uso de agrotóxicos e formação educacional.

Os resultados mostraram uma associação positiva na relação entre o consumo de energia elétrica e a produtividade da terra. Essa variável está diretamente envolvida nos custos da cadeia que vão desde a produção à comercialização dos produtos agrícolas e seus insumos e máquinas. Esse resultado vai ao encontro ao encontrado no estudo de Mendes, Teixeira e Salvato (2009). Estes autores verificaram que o aumento de 1% nos investimentos no setor de energia elétrica ocasiona um aumento médio de 0,15% na produtividade total dos fatores, em nível de significância de 10%.

Essa associação positiva entre a energia elétrica e o capital físico está de acordo com o esperado. Como apontou Santos (2017), um aumento do uso de energia elétrica possibilita a implantação de novas ferramentas, máquinas e equipamentos. Essa elevação da mecanização da agricultura, possibilita um aumento da produtividade da terra devido a maior eficiência dos fatores de produção.

Observação equivalente pode ser feita para a associação positiva encontrada entre a formação educacional dos habitantes e a produtividade da terra. Este resultado vai ao encontro das postulações apresentadas pela literatura de crescimento endógeno e dos trabalhos de Lucas (1988) e Makiw, Romer e Weil (1992). Maiores níveis de escolaridade por parte da população possibilita um manejo com maior eficiência de máquinas, equipamentos e de outros fatores de produção. A direção do coeficiente está de acordo com a análise realizada por Vicente, Anefalos e Caser (2003).

A disponibilidade de capital humano apto a incorporar mudanças ocorridas em diversos campos, como inovações tecnológicas de produção, melhoria de material genético e linhas de crédito dentre outros, e fazer frente a necessidade de constante melhoria é importante para o aumento da produtividade da terra. A qualificação do capital humano empregado na atividade abrange desde aquele com formação advinda de institutos de ensino e pesquisa a educação básica de trabalhadores que lidam com manejo direto das plantações, permitindo a leitura e interpretação de instruções agronômicas e de demais atividades inerentes ao setor.

Quando essas variáveis estão de acordo com o esperado é um sinal de robustez da presente análise. Porém, deve-se destacar que tais fenômenos são apenas controles. Nesse aspecto, vale aprofundar a análise quanto ao objetivo do presente trabalho, qual seja, a associação entre o uso de agrotóxicos e a produtividade da terra.

Em relação ao uso de agrotóxicos, os resultados estão alinhados aos encontrados em estudos como o de Vicente, Anefalos e Caser (2003), Vegro e Ferreira (2004), Ortega e Ledemna (2004) e Carvalho, Laureto e Garcia (2015). A direção dos coeficientes aponta que os defensivos agrícolas surtem os efeitos esperados. Isto é, há uma associação positiva entre as variáveis.

Nesse aspecto, uma elevação no uso de agrotóxicos, na média dos países analisados, pode proporcionar um ciclo estável nas culturas, defendendo-a de espécimes vegetais, doenças e pragas maliciosos a produções, com efeito benéfico a melhor produtividade. De fato, como destacado por Vicente, Anefalos e Caser (2003), o uso de insumos moderno pode indicar um aumento da intensidade tecnológica da produção agrícola, o que trouxe ganhos de produtividade.

Convém ressaltar que esses dados resumem observações de diversos países, sem qualquer segmentação como as feitas em trabalhos como os de Ortega e Ledemna (2004) em que fazem amostras específicas por região geográfica ou desenvolvimento econômico dos países em questão. Os resultados também levam em consideração apenas uma face do problema, uma vez que o uso destes produtos está ligado não apenas a produtividade da terra, mas a outros fatores, como a saúde da população, como apontado por Tavares et al. (2020), algo não considerado no presente trabalho. Isto é, averiguou-se que o uso de agrotóxicos tem uma relação positiva apenas com a produtividade da terra, mas negligência sua relação com outros fenômenos que podem ter relação com a qualidade de vida geral da população.

## **7 CONCLUSÃO**

A produção agrícola está sujeita a efeitos exógenos de ordem econômica. Estudar a utilização de insumos tais como agrotóxicos e como se dá o ciclo destes, desde as etapas iniciais de inserção no mercado até o processo de uso deles, é um assunto importante a ser abordado no campo das ciências econômicas. Nesse aspecto, o presente estudo procurou avaliar a associação entre o uso de agrotóxicos e a produtividade da terra.

Para atingir esse objetivo, foi utilizada uma regressão por meio de técnicas ligadas a Dados em Painel, de 2006 a 2014, para diversos países. Especificamente, os resultados sugeriram que o modelo mais adequado para avaliar a relação entre as variáveis é o de Efeitos Fixos. Na verdade, para avaliar a relação entre essas variáveis de interesse foram utilizados dados de uma função de produção agregada padrão.

Os resultados obtidos pelo presente estudo indicaram que não apenas os agrotóxicos, mas a associação de variáveis de infraestrutura e capital humano têm impacto significativo na produtividade. A utilização de agrotóxicos tem relação estatisticamente significativa e positiva com a produtividade da agricultura. Assim, encontrou-se evidências em prol do uso de agrotóxicos. Isto é, insumos modernos substitutos da terra, como os agrotóxicos, tem uma importante associação com a produtividade da agricultura, ratificando resultados encontrados em estudos anteriores.

Deve-se destacar que estes resultados refletem a média da amostra analisada, ignorando que os impactos econômicos do uso destes insumos possam não ser homogêneos em relação a característica da amostra. Outra questão que merece destaque é que o estudo avaliou a associação do uso de agrotóxicos apenas com a produtividade da terra, ignorando suas relações com outros fenômenos, como saúde da população e outros fatores. Nesse aspecto, configura um objetivo futuro entender a relação destes insumos com outros fatores, de forma a otimizar seu uso.

## **8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABBADE, E. B. O papel do agronegócio brasileiro no seu desenvolvimento econômico. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 9, n. 3, p. 149, 2014.

ABREU, K. A importância das exportações. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 3-6, 2015.

AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento. In: **Anais do XXXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**. Recife, PE, Brasil. 2001.

AHEARN, M. et al. **Agricultural productivity in the United States**. USDA: Economic Research Service, 1998.

ARAÚJO, I. M. M.; OLIVEIRA, Â. G. R. C. Agronegócio e agrotóxicos: impactos à saúde dos trabalhadores agrícolas no nordeste brasileiro. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 15, p. 117-129, 2016.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. ed. 3, Chichester: John Wiley, 2005.

BARBIER, E. B. The economic determinants of land degradation in developing countries. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series B: Biological Sciences, v. 352, n. 1356, p. 891-899, 1997.

BOMBARDI, L. M. Agrotóxicos e agronegócio: arcaico e moderno se fundem no campo brasileiro. In: **Direitos humanos no Brasil 2012: relatório da Rede Social de Justiça e Direitos Humanos**, 2012.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Indústria Agroquímica**. In: Fórum de Competitividade. Diálogo para o Desenvolvimento. Brasília. 2007.

BUSATO, M. A. et al. Uso e manuseio de agrotóxicos na produção de alimentos da agricultura familiar e sua relação com a saúde e o meio ambiente. **HOLOS**, v. 1, p. 1-9, 2019.

CARVALHO, A. X. Y.; LAURETO, C. R.; GARCIA, M. P. **Crescimento da produtividade agrícola nas microrregiões Brasileiras**, Texto para Discussão, n. 2099, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 18 de maio de 2021.

COSTA, L. F.; PIRES, G. L. P. **Análise histórica sobre a agricultura e o advento do uso de agrotóxicos no Brasil**, 2016. Disponível em: <<http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/viewFile/5433/5164>>. Acessado em: 18 de maio de 2021.

EPA (Environmental Protection Agency). **Pesticide safety for farmworkers**. Washington DC: United States Environmental Agency, Office of Pesticide Programs, 1985.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. Ed. 5, Porto Alegre: AMGH editora Ltda. 2011.

LONDRES, F. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. **Rede Brasileira de Justiça Ambiental**, 2011.

MANKIW, N. G.; ROMER, D.; WEIL, D. N. A contribution to the empirics of economic growth. **The quarterly journal of economics**, v. 107, n. 2, p. 407-437, 1992.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. **A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território**. Geo Uerj, Rio de Janeiro. 2011. Disponível em <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/2456>>. Acesso em 12 de junho de 2021.

MENDES, S. M.; TEIXEIRA, E. C.; SALVATO, M. A. Investimentos em infraestrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira: 1985-2004. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, p. 91-102, 2009.

MIRANDA, E. E. Potência agrícola e ambiental: áreas cultivadas no Brasil e no mundo. **Revista Agroanalysis**, v. 38, n. 2, p. 25-27, 2018. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174066/1/4942.pdf>>. Acessado em: 18 de maio de 2021.

MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Texto para Discussão 2506, Brasília: IPEA, 2019.

MORAGAS, W. M.; SCHNEIDER, M. O. Biocidas: suas propriedades e seu histórico no Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 4, n. 10, 2003.

MOSCA, J.; DADA, Y. Contributo para o estudo dos determinantes da produção agrícola. **Observador Rural**, n. 5, 2013.

NASA. **Tropical Rainfall Measure Mission: Senior Review Proposal**. National Aeronautics and Space Administration. 2007. Disponível em: <<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 21 de julho de 2021.

ORTEGA, C. B.; LEDERMAN, D. Agricultural productivity and its determinants: revisiting international experiences. **Estudios de economía**, v. 31, n. 2, p. 133-163, 2004.

OLSSON, I, M. **Expansão agrícola e crescimento populacional. 2016** Monografia (Graduação) - Bacharel em Economia. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Disponível em:

<<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4704/1/IGOR%20MARTELLO%20OLSSON.pdf>>. Acesso em 08 de setembro de 2021.

PELAEZ, V.; TERRA, F. H. B.; SILVA, L. R. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. **Revista de Economia**, v. 36, n. 1, 2010.

PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; ALVIM, M. I. S.; FERREIRA, P. G. C. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova economia**, v. 17, p. 65-91, 2007.

PINAZZA, A. H.; NORONHA, J. F. Análise das relações produtividade-preço em cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 18, n. 4, p. 733-739, 2019.

RANGEL, C. F.; ROSA, A. C. S.; SARCINELLI, P. N. Uso de agrotóxicos e suas implicações na exposição ocupacional e contaminação ambiental. **Cad. Saúde Colet.**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 435-42. 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/235909155\\_Uso\\_de\\_agrotoxicos\\_e\\_suas\\_implicacoes\\_na\\_exposicao\\_ocupacional\\_e\\_contaminacao\\_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/235909155_Uso_de_agrotoxicos_e_suas_implicacoes_na_exposicao_ocupacional_e_contaminacao_ambiental)>. Acesso em: 18 de maio de 2021.

RIBEIRO, D. S.; PEREIRA, T. S. O agrotóxico nosso de cada dia. **VITTALLE - Revista De Ciências Da Saúde**, n. 28, v 1, p. 14-26, 2016.

ROSEGRANT, M. W.; EVENSON, R. E. Agricultural productivity and sources of growth in South Asia. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 74, n. 3, Aug. 1992.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. **Crescimento da demanda mundial de alimentos e as limitações do fator terra no Brasil**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Socioeconômico, Programa de Pós-Graduação em Economia, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/168097>>. Acesso em: 21 de julho de 2021.

SCOLARI, D. D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. **Revista da Fundação Milton Campos**, Brasília, n. 25, p. 09-86, 2006.

SANTOS, C., P., B. **Ensaio sobre demanda por energia elétrica, produtividade e eficiência no setor agrícola no Brasil e na América do Sul.** 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/22652/1/2017\\_dis\\_cpbsantos.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/22652/1/2017_dis_cpbsantos.pdf)>. Acesso em: 08 de setembro de 2021.

SILVA, G. J.; KAGEYAMA, A. Do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: GRAZIANO DA SILVA, J. **A nova dinâmica da agricultura brasileira.** Campinas-SP: UNICAMP, IE, 1996

TAVARES, D. C. G.; SHINODA, D. T.; MOREIRA, S. S. C.; FERNANDES, A. C. Utilização de agrotóxicos no Brasil e sua correlação com intoxicações. **Sistemas & Gestão**, v. 15, n. 1, p. 2-10, 2020.

TRAGE, D. R. **Estudo do mercado de fertilizantes no Brasil por meio de previsões estatísticas.** 2019. Monografia (Graduação) - Bacharel em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<https://portaldeinformacao.utfpr.edu.br/Record/riut-1-12890>>. Acesso em 21 de julho de 2021.

VEGRO, C. L. R., FERREIRA, C. R. R. P. T. Evolução do consumo de fertilizantes no estado do Mato Grosso, 1987-20021. **Revista Informações Econômicas**, 2004.

VICENTE, J. R.; ANEFALOS, L. C.; CASER, D. V. **Influência de capital humano, insumos modernos e recursos naturais na produtividade agrícola.** Região e Espaço no Desenvolvimento Agrícola Brasileiro, 2003.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data.** London: The MIT, 2002.

## APÊNDICE A – PAÍSES ANALISADOS

Tabela 4: Amostra de Países analisados

País	Média	Desv. Pad.
Albânia	7553894	1151457
Argentina	995895.5	278059.5
Austrália	352110.8	85189.78
Áustria	6290020	644775.1
Belarus	2280104	409535.1
Bélgica	11849170	1004484
Bolívia	197740.3	64146.39
Brasil	1027053	272566.8
Brunei	1844359	377574.3
Bulgária	2171736	338652.8
Canadá	259648.1	60532.58
Chile	1038760	196553.9
China	6266948	2269624
Colômbia	1540103	293308.1
Costa Rica	4543733	459304.2
Croácia	3476919	1071002
Chipre	5504296	583782.8
República Tcheca	5364546	879558.8
Dinamarca	9274164	2113355
República Dominicana	6414416	569545.3
Equador	2622832	641054.5
El Salvador	5985440	699251
Estônia	1616082	324865.3
Finlândia	1766429	198255
França	7622383	734046.9
Georgia	1667768	377235.7
Alemanha	8249983	1366084
Hong Kong	12609486	2174955
Hungria	5256559	737742.3
Islândia	866562.1	75928.81
Indonésia	4955474	1545055
Irlanda	3410807	792001
Itália	13846914	959370.6
Jamaica	6662332	960487.3
Japão	15154151	2079447
Cazaquistão	285509.8	74347.79
Quirguistão	503358.8	67375.21
Letônia	1466209	187821.8
Líbano	14209977	2888805
Lituânia	2165911	420767.3
Malásia	7563327	2028672
Malta	35858942	5065219
Ilhas Maurício	19102642	1661532
México	1796341	210402.3
Mongólia	70337.92	24801.87
Marrocos	2630297	409599
Moçambique	420547	89338.8
Nova Zelândia	3342408	887745.3
Nigéria	221610.4	43604.58
Noruega	1381742	233454
Panamá	1534804	191866.7
Portugal	5083864	290200.5
Catar	1288808	450658.9
Senegal	1181089	209531.4

Eslováquia	4408841	1236485
Eslovênia	4715952	378619.9
Espanha	6839707	483607
Sri Lanka	7706619	1518783
Suécia	1761545	267282.1
Suíça	10580718	1275490
Tailândia	6835050	1913704
Tunísia	2273274	251924.6
Ucrânia	1934739	461119.5
Reino Unido	7222360	638432.6
Estados Unidos	1762938	304364
Uruguai	1800323	572938.8
Venezuela	1777058	627801.2
Vietnam	7011982	2195028

---

Fonte: Banco Mundial.